

# Biofyzika

Ústav nelékařských zdravotnických studií



**SLEZSKÁ  
UNIVERZITA**  
FAKULTA VEŘEJNÝCH  
POLITIK V OPAVĚ

Iveta Bryjová

LS 2024

# Sylabus

- Fyzikální veličiny jednotky.
- Termodynamika a molekulová biofyzika.
- Biofyzika buňky.
- Biofyzika tkání a orgánů.
- Biofyzika vnímání, ekologická biofyzika.
- Účinky tepla, termometrie. Biorytmy.
- Zdroje a druhy ionizujícího záření, detekce ionizujícího záření.
- Biologické účinky ionizujícího záření.
- Demonstrace zdravotnických prostředků, speciální požadavky.
- Práce s elektrickými přístroji, rizika a zásady bezpečnosti u elektrospotřebičů.
- Zdravotnické elektrické rozvody.
- Základy optiky.

# Bio**ph**ysics

magnetic

er

motors

imaging

bioacoustics

diffusion

molecular

electrophysiology

fluorescence

radiation

quantum

# Struktura živé hmoty

Veškerý materiální svět je tvořen částicemi hmoty (látkou) + energetickými poli (silami)



Živá a neživá hmota – jak se od sebe liší?

# Struktura hmoty

- Cokoliv, co zabírá prostor a má hmotnost je hmota
- Hmota je tvořena z hlediska vnějšího pohledu různými látkami
- Veškerá hmota sestává z + a – nabitých částic

## Zákon zachování hmoty

### Lavoisiérův zákon

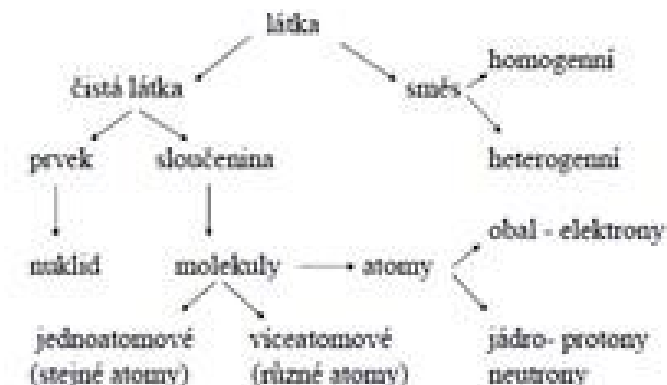
- Hmota se netvoří ani nemůže být zničena
- Při chemických reakcích zůstává hmotnost všech zúčastněných sloučenin konstantní
- Hmotnost v uzavřené soustavě je konstantní
- Energie je nezničitelná, může přecházet v jiné formy

### Daltonova atomová teorie

### Zákon stálých objemů – 1809 – Guy Lussac zákon

- Plyny se slučují v jednoduchých objemových poměrech:
- 2 objemy H + 1 objem O = 2 objemy vodní páry

### Rozdělení hmoty



# Struktura hmoty

## Látkové množství

Avogadrova konstanta  $N_A = 6,022\ 141\ 29\ (27) \times 10^{23}\ \text{mol}^{-1}$

Je definována pomocí základní jednotky SI  $\Rightarrow N_A = \frac{N}{n}$

Počet atomů C v 0,012 kg (12 g) nuklidu  $^{12}\text{C} \Rightarrow M(^{12}\text{C}) = N_A m(^{12}\text{C})$

Molární hmotnost – hmotnost 1 molu látky [ $\text{kg mol}^{-1}$ ]  $\Rightarrow M_C = 12\ \text{g mol}^{-1}$

$$6,022 \times 10^{23}\ \text{mol}^{-1} = 0,012\ \text{kg mol}^{-1} = 12\ \text{g mol}^{-1}$$

Atomová konstanta vyjadřuje  $\frac{1}{12}$  klidové hmotnosti  $^{12}_6\text{C} \Rightarrow m_u = 1,661 \times 10^{-27}\ \text{kg}$

Atomová hmotnost  $\Rightarrow A_r = \frac{m_a}{m_u}$

Relativní molekulová hmotnost

Množství částic v 1 molu

# Formy hmoty

Hmota má duální charakter

## Pole (záření)

- Převážně vlnový charakter (elektromagnetické, gravitační, jaderné, mezonové atd.)
- Bosony – základní kvantum elmag pole (foton)
  - Nulová klidová hmotnost, rychlost světla, celočíselný spin – neplatí vylučovací princip
- Mezi základními složkami hmoty působí vzájemné síly – **silové interakce**

## Látka

- Převážně korpuskulární charakter
- Soubory základních částic, makroskopické soustavy, kosmická tělesa, atd.
- Základní částice – fermiony
  - Nenulová klidová hmotnost (energie), rychlost menší než rychlost světla, poločíselný spin, vylučovací princip

# **Fyzikální veličiny a jednotky**



# Fyzikální veličiny a jednotky

- **Fyzikální veličina** charakterizuje fyzikální vlastnosti, stavy fyzikálních objektů a jejich změny, které lze **změřit** → číselná hodnota a jednotka.
- **Jednotky fyzikálních veličin**
  - Referenční veličina, kvantitativní porovnání
  - Zákonné měřicí jednotky (SI)
- **Hlavní jednotky**
  - Základní (metr, kilogram, sekunda, ampér, kelvin, mol, kandela)
  - Odvozené
    - Jsou určeny definičním vztahem příslušné veličiny
    - Doplňkové jednotky (radián, steradián)
- **Vedlejší jednotky**
  - Časové (den, hodina, minuta)
  - Objemové (litr)
  - Hmotnostní (tuna)
  - Astronomická jednotka, parsek eV, °C ...

# Fyzikální veličiny a jednotky

- **Mezinárodní soustava jednotek SI**

- Systéme International Units
- r. 1875, 17 zemí, metrická konvence
- Legislativní orgán Conférence générale des Poids et Mesures (CGPM)
  - Generální konference pro váhy a míry
  - General Conference on Weights & Measures
  - Zasedá každé čtyři roky
- Mezinárodní komise pro váhy a míry
  - International Committee for Weights & Measures (CIPM)
  - Zasedá jednou ročně
- SI – Georgiho systém (c.g.s. system) cm, g, s
  - Roku 1960 prohlášen za mezinárodní systém
  - Roku 1971 doplněn o mol

## Použití soustavy v lékařství

30. valné shromáždění WHO květen 1977

U nás přijata r. 1974 zák. 7/1974;

norma ČSN 01 1300

1.1.1980 vstoupila v platnost

# Fyzikální veličiny a jednotky

- **Jednotky používané z historických důvodů**

- mmHg (1 mmHg = 133,322 Pa = 1 Torr)
- 1 cal = 4,1868 J

- **Násobné a dílčí jednotky vytvořené z hlavních pomocí předpon**

- mili (0,001 /  $10^{-3}$ ), mikro ( $10^{-6}$ ), nano ( $10^{-9}$ ), piko ( $10^{-12}$ ), femto ( $10^{-15}$ ), atto ( $10^{-18}$ )
- kilo (1000 /  $10^3$ ), mega ( $10^6$ ), giga ( $10^9$ ), tera ( $10^{12}$ ), peta ( $10^{15}$ ), exa ( $10^{18}$ )
- deci (0,1 /  $10^{-1}$ ), centi ( $10^{-2}$ ), deka ( $10^1$ ), hekto ( $10^2$ )

Základní veličina	Základní jednotka – značka	Základní jednotka – název
Hmotnost	kg	kilogram
Elektrický proud	A	ampér
Svítivost	cd	kandela

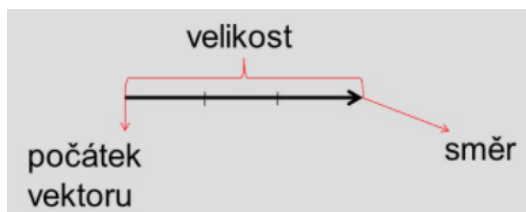
# Fyzikální veličiny a jednotky – odvozené SI

## • Rozměr

- Vyjádření nějaké fyzikální veličiny pomocí základních veličin
- např. newton [N]  $\text{m.kg.s}^{-2}$

## • Veličiny

- Skalární
  - Čísla
  - Velikost a jednotka
- Vektorové
  - Šipky
  - Velikost, směr, jednotka
  - $\vec{F}$



Odvozená veličina	Odvozená jednotka – značka	Odvozená jednotka – název	Rozměr odvození jednotky
Prostorový úhel	sr	Steradián	1
Síla	N	Newton	$\text{m.kg.s}^{-2}$
Energie, práce, teplo	J	Joule	$\text{m}^2.\text{kg.s}^{-2}$
Elektrický náboj	C	Coulomb	s.A
Kapacita	F	Farad	$\text{m}^{-2}.\text{kg}^{-1}.\text{s}^4.\text{A}^2$
Elektrická vodivost	S	Siemens	$\text{m}^{-2}.\text{kg}^{-1}.\text{s}^3.\text{A}^2$
Magnetická indukce	T	Tesla	$\text{kg.s}^{-2}.\text{A}^{-1}$
Celsiova teplota	°C	Celsiův stupeň	K
Osvětlenost	lx	lux	$\text{cd.m}^{-2}$

# Různé doplňkové jednotky

## **Decibel (dB) – logaritmická jednotka**

- Zejména k vyjádření akustické intenzity
- Rozdíl 20 dB znamená rozdíl  $10\times$  větší amplitudy signálu a  $100\times$  většího výkonu
- Ve významu absolutní hodnoty zvuku  $0 \text{ dB} = 10^{-12} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$  (prahová intenzita slyšitelnosti čistého tónu o  $f = 1000 \text{ Hz}$ )

## **Dobsonova jednotka (DU – Dobson Unit)**

- Jednotka mohutnosti ozonové vrstvy
- $1 \text{ DU} = 0,01 \text{ mm}$  vrstvy čistého ozonu za standardních podmínek
- Výchozí hodnota 300 DU vychází ze stavu ozonové vrstvy nad Labradorem
- G. M. B. Dobson, studium ozonové vrstvy v letech 1920–1960

Druh záření (název)	Vlnová délka $\lambda$ v metrech (m)	Frekvence $\nu$ v Hertzich (Hz)	Energie fotonu $\varepsilon = \hbar\omega$ (eV)	Charakteristická teplota $\Theta = \hbar\omega / k$ (K)
Rozhlasové vlny dlouhé střední krátké	1–15 km 200–700 m 2–100 m	$10^6$ – $10^5$ $10^7$ – $10^6$ $10^8$ – $10^7$	$10^{-9}$ – $10^{-10}$ $10^{-8}$ – $10^{-9}$ $10^{-7}$ – $10^{-8}$	$10^{-5}$ – $10^{-6}$ $10^{-4}$ – $10^{-5}$ $10^{-3}$ – $10^{-4}$
Hertzovy vlny	0,1–2 m	$10^9$ – $10^8$	$10^{-6}$ – $10^{-7}$	$10^{-1}$ – $10^{-2}$
Mikrovlny	1–100 mm	$10^{11}$ – $10^{10}$	$10^{-4}$ – $10^{-5}$	$10^1$ – $10^{-1}$
Tepelné záření	10–1000 $\mu$ m	$10^{13}$ – $10^{12}$	$10^{-1}$ – $10^{-3}$	$10^3$ – $10^1$
Světlo infračervené	0,75–10 $\mu$ m	$10^{14}$ – $10^{13}$	$10^0$ – $10^{-1}$	$10^4$ – $10^3$
Světlo viditelné	0,35–0,75 $\mu$ m	$10^{15}$ – $10^{14}$	$10^1$ – $10^0$	$10^5$ – $10^4$
Světlo ultrafialové	0,014–0,35 $\mu$ m	$10^{16}$ – $10^{15}$	$10^2$ – $10^1$	$10^6$ – $10^5$
Měkké RTG záření	10–1000 Å	$10^{17}$ – $10^{16}$	$10^3$ – $10^2$	$10^7$ – $10^6$
Tvrdé RTG záření	1–10 Å	$10^{18}$ – $10^{17}$	$10^4$ – $10^3$	$10^8$ – $10^7$
Měkké záření $\gamma$	0,1–1 Å	$10^{19}$ – $10^{18}$	$10^5$ – $10^4$	$10^9$ – $10^8$
Tvrdé záření $\gamma$	000,1–0,1 Å	$10^{21}$ – $10^{19}$	$10^7$ – $10^5$	$10^{11}$ – $10^9$
Zánikové záření	$10^{-13}$ – $10^{-12}$ m	$10^{21}$ – $10^{20}$	$10^7$ – $10^6$	$10^{11}$ – $10^{10}$
Penetrantní záření	$10^{-15}$ – $10^{-13}$ m	$10^{23}$ – $10^{21}$	$10^9$ – $10^7$	$10^{13}$ – $10^{11}$

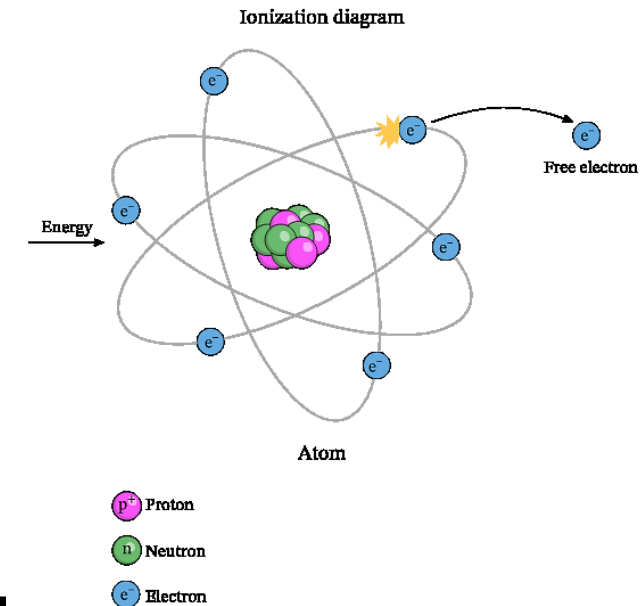
a) Gama záření (nepřímě ionizující záření, ionizace absorpcí fotonu)		
Vlnová délka:	$10^{-13}$ – $10^{-12}$ m	Frekvence: $10^{20}$ – $10^{21}$ Hz
Přirodní zdroj:	Přechody v jádře atomu	
Umělý zdroj:	Urychlovače, radioizotopy	
Detekce:	Plynové, jiskrové, scintilační detektory	
Oblast radiologie:	Nukleární medicína	
b) Rentgenové záření (nepřímě ionizující záření, ionizace absorpcí fotonu)		
Vlnová délka:	$10^{-10}$ m	Frekvence: $10^{18}$ Hz
Přirodní zdroj:	Přechody v obalu atomu	
Umělý zdroj:	Rentgenka	
Detekce:	Plynové, krystalové, scintilační, fotochemické detektory	
Oblast radiologie:	Rentgenová diagnostika (rentgen, výpočetní tomografie) Rentgenová terapie	
c) Infračervené záření (neionizující záření)		
Vlnová délka:	$10^{-5}$ m	Frekvence: $10^{13}$ Hz
Přirodní zdroj:	Vibrace a rotace molekul	
Umělý zdroj:	Tělesa s teplotou vyšší než 0 K	
Detekce:	Radiotermometry, termokamery	
Oblast radiologie:	Termografie	
d) Rádiové vlny (neionizující záření)		
Vlnová délka:	$10^0$ – $10^4$ m	Frekvence: $10^4$ – $10^8$ Hz
Přirodní zdroj:	Pohyb téměř volných elektronů	
Umělý zdroj:	Vysílač vysokofrekvenčního elektromagnetického signálu	
Detekce:	Přijímač vysokofrekvenčního elektromagnetického signálu	
Oblast radiologie:	Nukleární magnetická rezonance	
e) Ultrazvukové vlny (mechanické vlnění)		
Vlnová délka:	$10^{-3}$ m	Frekvence: $10^6$ – $10^7$ Hz
Přirodní zdroj:	Chvění těles	
Umělý zdroj:	Magnetostrikční a piezoelektrický oscilátor	
Detekce:	Magnetostrikční a piezoelektrický oscilátor	
Oblast radiologie:	Sonografie	
f) Korpuskulární záření (přímě a nepřímě ionizující záření, ionizace nárazem)		
Vlnová délka:	de Broglieova vlnová délka $\lambda = h / mv$	
	Frekvence: $\nu = mc^2 / h$	
Přirodní zdroj:	Přirozeně radioaktivní prvky	
Umělý zdroj:	Uměle radioaktivní prvky, urychlovače	
Detekce:	Plynové, jiskrové, krystalové, scintilační detektory	

# Ionizace

- Vznik iontu
- Obvykle odtržením elektronu od neutrální částice

# Druhy záření

- Rádiové vlny (**I/N**)
- Mikrovlny (**I/N**)
- Tepelné (**I/N**)
- Světlo IF, viditelné, UV (**I/N**,
- RTG záření (**I/N**)
- Gama záření (**I/N**)



# Otázky

- Kolik je základních jednotek SI?
- Mezi základní jednotky SI nepatří:

a) A

b) V

c) cd

d) mo

- Vyberte všechny správné odpovědi

## **Jednotka mmHg používaná ve zdravotnictví:**

a) udává tlak   b) udává délku   c) odpovídá 133 Pa   d) odpovídá 1 Torr

- Která elektromagnetická záření patří mezi ionizující?
- Vysvětlete pojem ionizace?



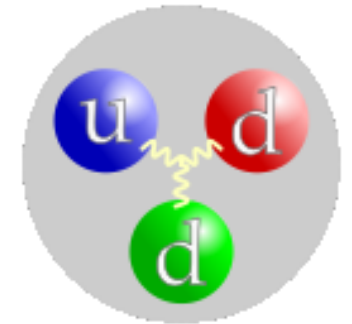
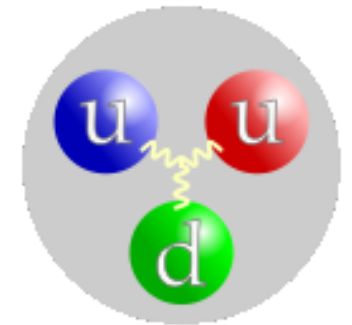
# Atom

- **Atom – 5. století př. n. l.**

- První výzkumy složení látek až v 18. století
- Základy atomové fyziky až na konci 19. století
- Nejmenší částice, na které lze hmotu chemickou cestou rozložit

- **Základní pojmy**

- Látky jsou složené z atomů, různá skupenství–jiná uspořádání
- Atomový obal + jádro
  - Obal – určitý počet elektronů (záporný náboj)
  - Jádro – **protony** (kladný náboj) + **neutrony** (elektricky neutrální)
  - Protony + neutrony = nukleony
  - Náboje elektronu a protonu se liší jen znaménkem –/+ VELIKOST je stejná  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$



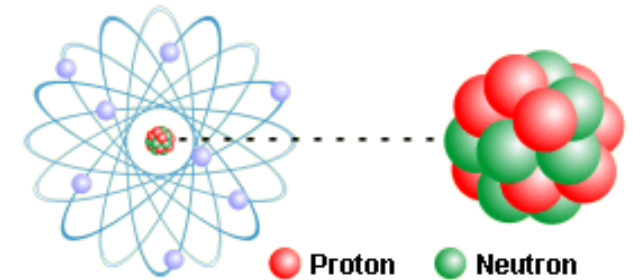
# Termodynamika a molekulová fyzika

## Molekulová biofyzika

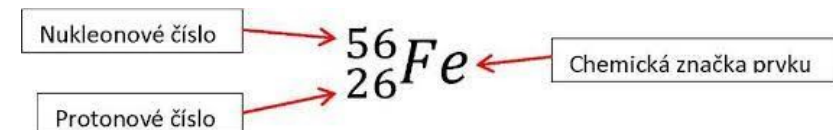
- Zkoumá složení a vlastnosti látek z hlediska fyzikálního pohybu molekul
- Aplikuje principy molekulové fyziky na živý organizmus a děje v nich probíhající
- **Elementární částice hmoty**
  - Protony, neutrony, elektrony → stavební kameny všech atomů

## • Atom

- Nejmenší částice chemického prvku, která má všechny jeho vlastnosti
- $10^{-10}$  m
- Jádru, elektronový obal
- Elektronový obal – spektrální a chemické vlastnosti, záporný náboj
- Jádru – ( $1,6 \cdot 10^{-15}$ – $15 \cdot 10^{-15}$ ), fyzikální vlastnosti, protony + neutrony, kladný náboj
- Protonové číslo  $Z$  – počet protonů v jádře
- Neutronové číslo  $N$  – počet neutronů v jádře
- Nukleonové číslo  $A$



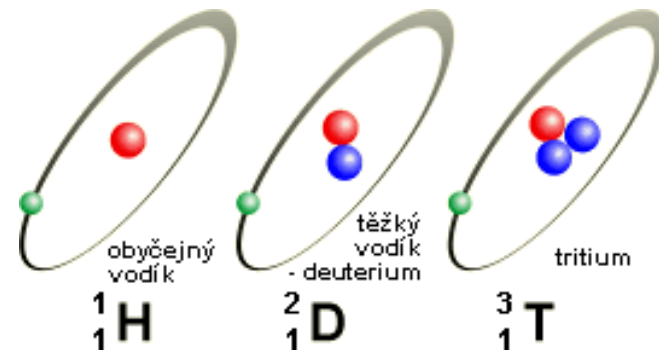
$$A = N + Z$$



# Termodynamika a molekulová fyzika

## Izotopy

- Označení pro nuklid v rámci souboru nuklidů jednoho chemického prvku



## Ionizace a ionty

- Působí-li na atom dostatečně velká energie (např. zahřívání, ozáření, silné elektrické pole), může se z jeho obalu odtrhnout jeden nebo více elektronů

# Termodynamika a molekulová fyzika

## Molekula

- Soubor atomů vázaných pevnými vazbami
- Nejmenší stabilní částice dané látky

## Látkové množství

- Počet základních částic (atomů, molekul, iontů) v nějakém souboru
- Jednotka SI 1 mol
- Avogadrova konstanta  $N_A = 6,023 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
- Avogadrův zákon = stejné objemy ideálních plynů obsahují vždy stejný počet molekul

## Interakce v přírodě

Silná — Slabá (intermolekulární, tj. mezimolekulární; van der Waalsovy síly, Londonova disperzní síla) — Elektromagnetická — Gravitační (Newtonův gravitační zákon)

Vazebné – silné, intramolekulární  
Nevazebné – slabé, mezimolekulární

# Termodynamika a molekulová fyzika

## Vazebné interakce

- Atom má tendenci dosáhnout elektronové konfigurace nejbližšího tzv. vzácného plynu. Tedy zaplnit všechny valenční orbitaly (stabilní elektronová konfigurace)
- Prvky vzácných plynů mají valenční orbitaly kompletně zaplněné elektrony a jsou chemicky inertní, tj. už nevytvářejí další vazby
- Vazba nastane jen tehdy, vznikne-li přeskupením valenčních elektronů větší stabilita než elektronovým přeskupením v atomech

## Chemická vazba je interakce dvou nebo více atomů

- Iontové (aniont k sobě elektrony připoutal kationt, který elektrony ztratil)
- Kovalentní (atomy zaplňují valenční vrstvu elektronového obalu)
- kovové
- vodíkovým můstkem

# Termodynamika a molekulová fyzika

## Nevazebné interakce

- Dipólové interakce (interakce dipól – dipól)
- Indukční interakce (interakce dipól – indukovaný dipól)
- Disperzní interakce (interakce indukovaný dipól – indukovaný dipól)

## Účinky nevazebných interakcí:

- Statické (uplatňují se např. v prostorových vztazích částí řetězce molekul bílkovin)
- Dynamické (rozpoznávání správných partnerů při biochemických reakcích)

## Formy hmoty

- Látka – pevné, kapalné, plynné, plazmatické skupenství
  - Krystalické látky
  - Tekutiny
- Pole (záření) – gravitační pole Země, teplo, světlo, zvuk, elmag., aj.

# Termodynamika a molekulová fyzika

## Molekulové vlastnosti kapalin

- Ideální kapalina
  - Dokonale nestlačitelná
  - Bez vnitřního tření
- Pascalův zákon
  - Hydrostatický tlak kapaliny o hustotě  $\rho$  je v hloubce  $h$  pod hladinou

$$p = \frac{dF}{dS} = h \cdot \rho \cdot g.$$

Na čem závisí hydrostatický tlak kapaliny v určité hloubce pod hladinou?

## Povrchové jevy

- Na povrchu kapaliny je povrchová vrstva o tloušťce řádově  $10^{-8}$  m
- Má snahu stahovat povrch kapaliny, aby měl co nejmenší obsah
- Povrchové napětí  $\sigma$  a vzniká v důsledku existence tzv. kohezních sil
  - kohezní / adhezní síly

# Termodynamika a molekulová fyzika

## Rovnice kontinuity

$$S_1 \cdot v_1 = S_2 \cdot v_2 = \text{konst.}$$

$$S_1 \cdot v_1 \cdot \rho_1 = S_2 \cdot v_2 \cdot \rho_2 = \text{konst.}$$

## Bernoulliho rovnice

$$\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 + \rho \cdot \Delta h \cdot g + p = \text{konst.}$$

Co se stane s rychlostí proudící kapaliny v trubici, dojde-li ke zúžení trubice?



# Termodynamika a molekulová fyzika

## Transportní jevy

- Viskozita
- Difuze
- Dialýza
- Osmóza

## Viskozita

- Charakterizuje **vnitřní tření** kapaliny
- Závisí především na přitažlivých silách mezi částicemi
- Kapaliny s větší přitažlivou silou mezi částicemi mají větší viskozitu
- Větší viskozita zpomaluje pohyb kapaliny nebo těles v kapalině
- Převrácená hodnota viskozity se nazývá tekutost

**Má větší viskozitu voda nebo krev?**



# Termodynamika a molekulová fyzika

## Molekulové vlastnosti pevných látek

- Přitažlivé síly mezi částicemi jsou tak silné, že omezují jejich vzájemný pohyb
- Částice konají pouze kmitavý pohyb kolem rovnovážných poloh
- Zachovávají svůj objem i tvar a jsou prakticky nestlačitelné

## Z hlediska vazby atomů, molekul či iontů rozdělujeme:

- Krystalické látky
  - Iontové mřížky
  - Atomové (chemické vazby)
  - Molekulové
- Monokrystalické látky
- Polykrystalické látky
- Amorfnní látky

## Směrová závislost určitých fyzikálních vlastností

- Izotropní – určitá vlastnost je pro všechny směry stejná
- Anizotropní – určité fyzikální vlastnosti závisí na směru

# Termodynamika a molekulová fyzika

## Skupenské stavy hmoty

- Kapaliny, plyny, pevné látky, plasmy + mezistavy
- Vlastnosti látek vyplývají ze síly, kterou jsou k sobě vázané složky látky
- Pevné skupenství – zachovává objem i tvar
- Kapalné skupenství – zachovává objem
- Plynné skupenství – přijímá „tvar“ podle nádoby
- Plasma – přibližuje se plynu
- Plyny
  - Dokonale stlačitelné
  - Jejich smísením vznikne jediná fáze
  - Každý z plynů zaujme celý prostor (objem)
  - Každý plyn se projevuje určitým parciálním tlakem
  - Rychlost pohybu molekul vysoká
  - Difuzní výměna plynů velmi rychlá (dýchání)

# Termodynamika a molekulová fyzika

## Skupenské stavy hmoty

### Kapaliny

- Nelze zanedbat soudržnost molekul
- Význam tvaru a polaritý molekul
- Spojují možnost difuze a možnost zachování struktury – procesy v b. membránách

### Pevné látky

- Složky hmoty pevně spojeny v krystalické mřížce
- Látky bez mřížky přechlazení kapaliny s extrémně vysokou viskozitou

### Plasma

- Molekulární a el. nabité částice
- Vzniká z plynného skupenství
- Ionizující molekuly plynu
- Příčina – vysoká teplota, př. Slunce

### Změny skupenství

Způsoby dodávání a odebrání energie  
pevné – nejpomalejší reakce  
plasma – nejrychlejší reakce

# Termodynamika

## Termika

## Termodynamika

- Obor fyziky zabývající se teplem a tepelnými jevy
- 18. a 19. století první úvahy o teple, průmyslová revoluce

## Teplota

- Míra tepelného stavu dané látky
- Část vnitřní energie, která přejde z tělesa o vyšší teplotě na těleso o teplotě nižší, aniž by se konala práce, tedy měnil objem

## Anders Celsius – objektivní měření teploty

$$0\text{ }^{\circ}\text{C} = 273,15\text{ K}$$

Jednotka teploty T – 1 K (kelvin).

Kelvin a  $^{\circ}\text{C}$  jsou stejně velké a rozdíl v obou stupnicích je v jejich počátku

# Termodynamika

## Stavové veličiny

- Termodynamické jevy se popisují stavovými veličinami:
- Tlak
- Objem
- Teplota
- Látkové množství

## Termodynamický děj

**Ideální plyn** – objem ideálního plynu

**Stavová rovnice**  $\frac{p \cdot V}{T} = konst.$  nebo  $p \cdot V = N \cdot k \cdot T$  nebo  $p \cdot V = n \cdot R \cdot m \cdot T$

# Termodynamika

**Soustava** – soubor těles, mezi nimiž je umožněna výměna tepla či jiných druhů energie

## Podle interakce s okolím

- Otevřená – s okolím výměna energie i hmoty
- Uzavřená – s okolím výměna energie
- Izolovaná – s okolím si nevyměňuje ani energii ani hmotu
- Adiabaticky uzavřená – je dokonale tepelně izolovaná od okolí

## Podle skupenství (obsahu fází)

- Homogenní – soustava obsahuje pouze jednu fázi
- Heterogenní – v soustavě se nachází více fází

Vztahy veličin:  $p$ ,  $T$ ,  $V$ ,  $Q$ ,  $U$ ,  $W$

Vnitřní energie = součet energií všech částic v tělese

# Hlavní termodynamické zákony

## 1. Termodynamický zákon – zákon zachování energie

$$\Delta U = Q + W$$

## 2. Termodynamický zákon

Určuje směr předávání energie

### 1. Termodynamický zákon

Nedostupnost absolutní nuly

Žádným konečným počtem konečných termodynamických procesů není možné dosáhnout nuly absolutní teplotní škály

**Entropie** – stavová veličina, její změna je nezávislá na způsobu přechodu mezi jednotlivými stavy, závisí pouze na počátečním a konečném stavu

$$\Delta S = \frac{\Delta Q}{T}$$



# Termodynamika

## Izotermický děj

- Teplota plynu se nemění,  $dT = 0$  nebo  $T = \text{konst.}$
- Nenarůstá tedy tepelný pohyb částic látky, a tím se nemění ani vnitřní energie
- $U = 0$
- Všechno teplo dodané soustavě spotřebuje na konání práce.

## Izochorický děj

- Objem plynu se nemění,  $dV = 0$  nebo  $V = \text{konst.}$
- Nekona se žádná práce
- $\Delta W = 0$
- Všechno teplo dodané soustavě se spotřebuje na zvýšení její vnitřní energie

## Izobarický děj

- Tlak plynu se nemění,  $dp = 0$  nebo  $p = \text{konst.}$
- Mění se teplota  $T$  a objem  $V$

## Adiabatický děj

- Plyn nepřijímá ani neodevzdává teplo
- $\Delta W = 0$

# Termodynamika

## Fázová rozhraní

- kapalina – plyn
- plyn – pevná látka
- kapalina – kapalina

Skupenství je dané vzájemnými vztahy mezi molekulami

## Skupenské fázové přechody

- tání (přeměna pevné fáze v kapalnou)
- tuhnutí (přeměna kapalně fáze v pevnou)
- vypařování (přeměna kapalně fáze v plynnou)
- kondenzace (přeměna plynně fáze v kapalnou)
- sublimace (přeměna pevně fáze v plynnou)
- desublimace (přeměna plynně fáze v pevnou)

# Termodynamika

## Disperzní systémy

- dispersum (rozptýlená složka)
- dispergens (disperzní prostředí)

## Disperzní směsi

- heterogenní (složky mají dvě různé fáze-skupenství)
- homogenní (obě složky jsou v jedné fázi)

### U roztoků:

- rozpuštěná látka (solutum)
- rozpouštědlo (solvens)

### Podle fází ve směsi

- aerosoly (pevné nebo kapalně látky v plynech)
- emulze (dvě nebo více nerozpustných kapalin)
- pěny (plyny v kapalinách)
- suspenze (pevné látky v kapalinách)

# Klasifikace disperzních systémů

disperzní prostředí	disperzní podíl	> 100 nm disperzní hrubé	1÷100 nm disperzní koloidní	< 1 nm disperzní analytické
plynné	plynný	-	-	směsi plynů
	kapalný	déšť, mlha	aerosoly	páry kapalin v plynu
	pevný	prach, dým	aerosoly	páry + tuhé látky v plynu
kapalné	plynný	bubliny pěny	pěny	roztoky plynů v kapalinách
	kapalný	emulze	lysoly	směsi kapalin
	pevný	suspenze	lysoly	pravé roztoky tuhých látek
pevné	plynný	tuhé pěny, bubliny plynů v pevných látkách	tuhé pěny	plyny rozpuštěné v pevných látkách
	kapalný	pevné látky s uzavřenými kapičkami	tuhé pěny	krystalická voda
	pevný	tuhé směsi	tuhé soli	tuhé roztoky, směsné krystaly

# Termodynamické vlastnosti roztoků

## Difuze

- Tepelný pohyb částic (disperzního podílu) jedné látky do druhé
- Koncentrační gradient
- Pohyb látek uvnitř a vně buňky
- Ovlivněn T látky
- Zvýšení entropie → stav s nejnižší vnitřní energií
- Matematický popis – Fickovy zákony

## 1. Fickův zákon

- Hustota difuzního roztoku  $j$  je úměrná záporně vzatému gradientu koncentrace

$$j = -D \cdot \text{grad } c$$

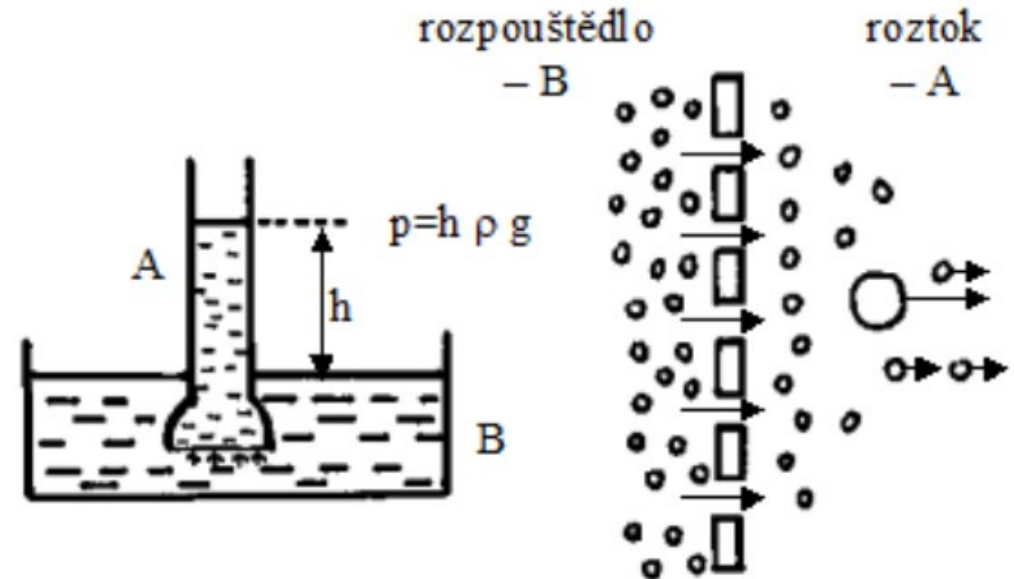
## 2. Fickův zákon

- Platí pro neustálený stav
- Časová změna koncentrace látky v daném místě je úměrná prostorové změně gradientu koncentrace

# Termodynamické vlastnosti roztoků

## Osmóza

- Zředování roztoku samovolným přestupem molekul semipermeabilní membránou
- Osmotický tlak
- Význam zejména pro vodní regulaci
  - Hypotonický roztok – ↓ osmotický tlak než KP
  - Hypertonický roztok – ↑ osmotický tlak než KP
  - Izotonický roztok – = osmotické tlaky
- Co je to osmotický tlak?
- Jak můžeme popsat difúzi a osmózu?



# Biofyzika buňky

Struktura buněčné membrány

Fyzikální vlastnosti membrány

Transportní mechanismy

Cytoskelet – komponenty, dynamika

Buněčné organely

Biochemické procesy v buňce – metabolismus, signalizace, enzymy

Pokročilé metody v biofyzice buňky – fluorescenční mikroskopie, elektronová mikroskopie, spektroskopie, elektroforéza, chromatografie

# Biofyzika buňky

Buňka je základní morfologickou a funkční jednotkou většiny živých organizmů

Buňka má všechny projevy živé hmoty

- Chemické složení: bílkoviny, nukleové kyseliny, sacharidy.
- Chemické procesy: základní metabolismus má stejný průběh (skládání a rozkládání látek).
- Dynamika, neustálé proměny a výměna látek, energie a informací s prostředím.
- Reakce na podněty z vnějšího prostředí a přizpůsobení se.
- Rozmnožování (reprodukce), vede k zachování rodu a druhu na základě dědičnosti.
- Dědičnost.
- Růst (neplatí obecně).
- Evoluce (vývoj), živé soustavy se neustále dlouhodobě přizpůsobují měnícím se podmínkám.
- Buňka je základní stavební a funkční jednotkou (výjimku tvoří nebuněčné organismy).

Největší buňka? Nejmenší buňka? Tvar buněk?

Kolik buněk obsahuje lidský organismus?



# Biofyzika buňky – struktura b. membrány

## Lipidová dvouvrstva

- lipidová dvouvrstva, amfifilní molekuly fosfolipidů
- semipermeabilní
- umožňuje selektivní transport látek
- udržování homeostázy
- brání samovolné difuzi molekul
- impermeabilní pro většinu molekul rozpustných ve vodě

## Membránové proteiny

- tvoří zhruba 50 % hmotnosti většiny plasmatických membrán živočichů – oproti lipidové dvojvrstvě mnohem větší, jejich počet je asi 50× menší
- zahrnují integrální a periferní proteiny, transport, signální přenos a enzymatická aktivita

## **Lipidové rafty – kombinace glykosfingolipidů a proteinových receptorů → organizace plasmatické membrány do malých kompartmentů (mikrodomény)**

- Cholesterol a glykolipidy – stabilizace membrány, buněčná komunikace a rozpoznávání

# Biofyzika buňky – fyzikální vlastnosti b. membrány

## **Fluidita**

Závisí na složení lipidů a teplotě

Vyšší obsah nenasycených mastných kyselin zvyšuje fluiditu

## **Membránový potenciál**

Elektrický potenciál napříč membránou, důležitý pro funkci nervových a svalových buněk

## **Permeabilita**

Selektivní propustnost membrány pro různé molekuly a ionty

# Biofyzika buňky – biochemické procesy v buňce

## **Metabolismus**

Katabolismus: Rozklad molekul za účelem uvolnění energie

Anabolismus: Syntéza složitějších molekul z jednodušších

## **Signalizace**

Receptory a ligandy: Přenos signálů přes membránu

Sekundární poslové: cAMP, IP3, Ca<sup>2+</sup> a jejich role v signální transdukci

## **Enzymy**

Kinetika enzymů: Michaelis-Mentenova rovnice a faktory ovlivňující enzymovou aktivitu

Inhibice enzymů: Kompetitivní a nekompetitivní inhibice

# Biofyzika buňky – signalizace mezi buňkami

## Mezibuněčná komunikace

- koordinace růstu, diferenciací, metabolismu buněk tkání a jiných mnohobuněčných struktur
- komunikace **přímým kontaktem buňka-buňka** – spoje v plasmatické

membráně – výměna malých molekul (např. koordinace metabolických odpovědí); určení tvaru buněk

- interakce buňka-buňka = počátek vývoje a diferenciací tkání, vazba specifického proteinu jedné buňky na receptor buňky druhé
- extracelulární **signální molekuly** – syntetizovány „**signalizujícími**“ buňkami, vyvolají odpověď jen v „cílových“ buňkách (s receptory)
- **signální transdukce** – „přeměna“ extracelulárního signálu na buněčnou odpověď

# Biofyzika buňky – komunikace extracelulárními signály

1. Syntéza signální molekuly „signalizující“ buňkou
2. Uvolnění signální molekuly „signalizující“ buňkou
3. Transport „signálu“ k cílové buňce
4. Detekce „signálu“ specifickým receptorovým proteinem
5. Změna buněčného metabolismu, funkce nebo vývoje vyvolaná komplexem signál-receptor
6. Odstranění signálu, obvykle „ukončí“ buněčnou odpověď

# Biofyzika buňky

BUŇKA JE NEJMENŠÍ USPOŘÁDANÁ OTEVŘENÁ DYNAMICKÁ SOUSTAVA  
SCHOPNÁ SAMOSTATNÉHO ŽIVOTA

MYŠLENKU ZÁKLADNÍ A FUNKČNÍ JEDNOTKY ORGANIZMU VYSLOVIL  
JAKO PRVNÍ J. E. PURKYNĚ V ROCE 1837

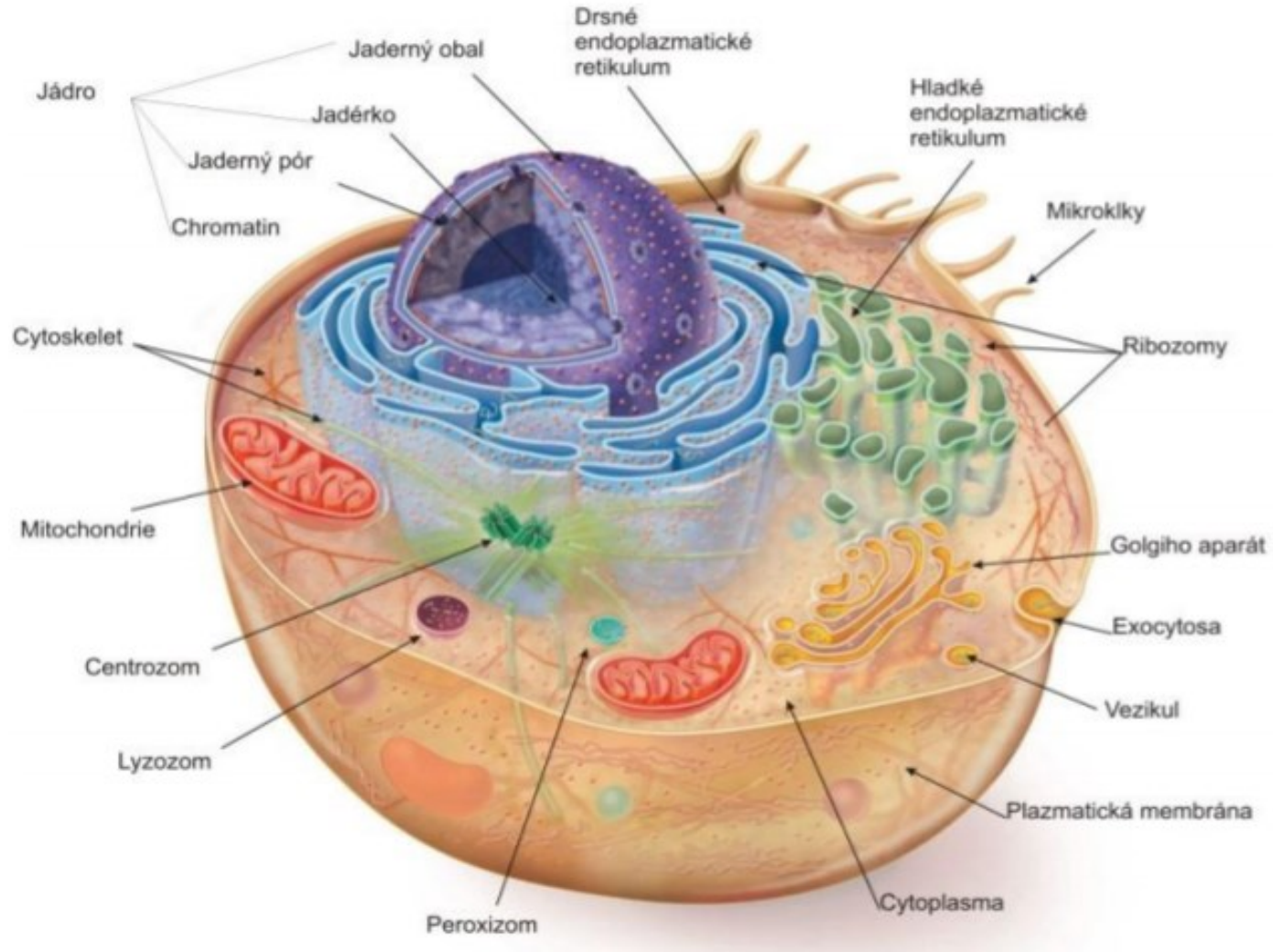
Buňka je základní stavební a funkční jednotka všech organismů

tzv. buněčný princip organizace živých systémů – všechna těla jsou vždy sestavena z buněk a všechny děje organismu se odehrávají díky buňkám

Buňka je membránou ohraničená jednotka naplněná koncentrovaným vodným roztokem chemických sloučenin schopná vytvářet kopie sama sebe

Prokaryotické buňky x eukaryotické buňky

# Biofyzika buňky



## Pravá buňka

### Buněčná hmota

- Protoplasma

### Jaderná hmota

- Karyoplazma
  - Buněčné jádro

### Buněčná hmota

- Cytoplasma
  - Buněčné organely

# Biofyzika buňky

- Plazmatická membrána
- Obklopuje buňku, lipidy + proteiny + molekuly sacharidů (glykoproteiny, glykolipidy)
- Polopropustná, iontové kanály, transportní proteiny
- Podobnou membránou je obklopeno i b. jádro a b. organely
- Průměrná tloušťka buněčných membrán je  $\sim 7$  nm
- Lipidy – fosfolipidy (fosfatidylcholin a fosfatidylethanolamin)
- Množství proteinů v membráně je závislé na její funkci
- Průměrně membrána obsahuje 50 % proteinů
- Membrány eukaryotických b. obsahují glykosfingolipidy, sfingomyelin a cholesterol



# Biofyzika buňky – bazální membrána

Bazální vrstva (basal lamina)

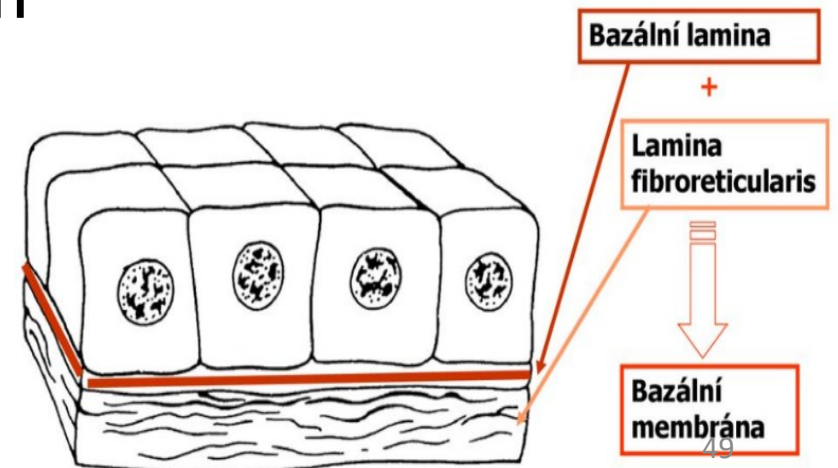
Souhrnné označení pro *lamina basalis* a *lamina fibroreticularis*

Složena z mnoha typů proteinů, udržují buňky pohromadě, regulují jejich vývoj, určují jejich růst

CAVE! Bazální lamina x bazální membrána

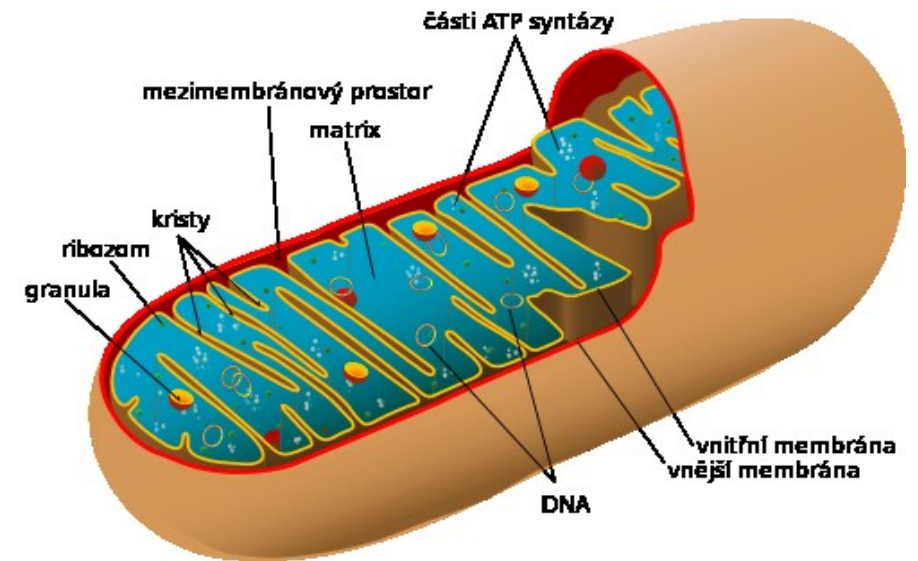
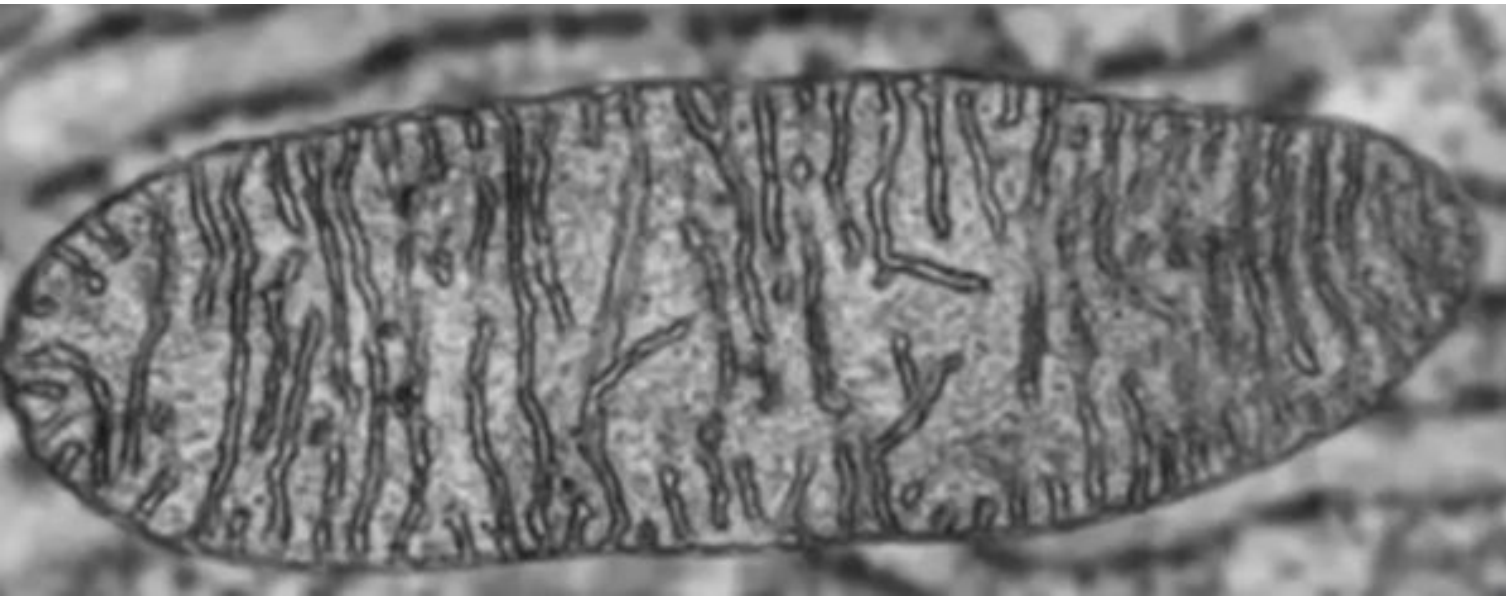
Bazální membrána = lamina basalis + lamina fibroreticularis)

**Bazální lamina (*lamina basalis*)** – selektivní bariéra, odděluje epitelovou tkáň od pojivové, tloušťka 30–100 nm



# Biofyzika buňky – mitochondrie

- Produkce energie ATP (oxidativní fosforylace)
- Dvojitá membrána + vnitřní hmota (vlastní DNA a ribozomy)
- Ve všech buňkách mnohobuněčných organismů (vyjma erytrocytů)
- Vysokoenergetické molekuly ATP (adenosintrifosfát) → „palivo“ buněk
- Bakteriální původ, vlastní „bakteriální“ DNA dědí se výhradně po matce



# Biofyzika buňky – lyzosity

Nacházejí se v cytoplazmě buněk

Každý lyzosom obsahuje různé enzymy →

- Odbourává odpadní látky
  - Fagocytární vakuola
  - Autofágní vakuoly
  - Autolytický rozklad při apoptóze (např. krystalky kyseliny močové pohlcují fagocyty při dně, jejich pohlcení spustí uvolnění lyzosomálních enzymů → kloubní zánětlivá reakce)

Katabolické, transportní (mukolipin...), sekretorní funkce

**Primární lyzosity s enzymy** – vznikají v G. aparátu

**Sekundární lyzosity** – spojením primárního lyzosomu a fagozomu (autolyzosity – likvidují části organel v b.; heterolyzosity – likvidují fagocytární části)

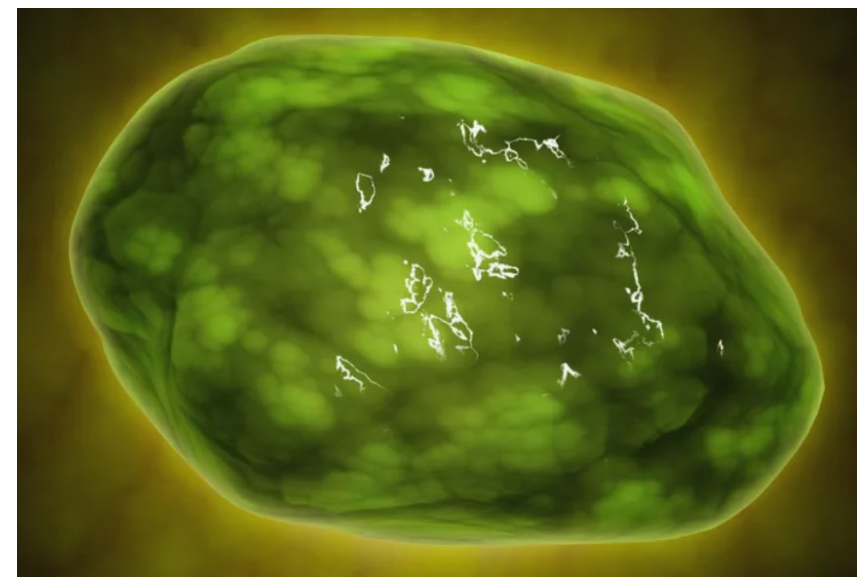
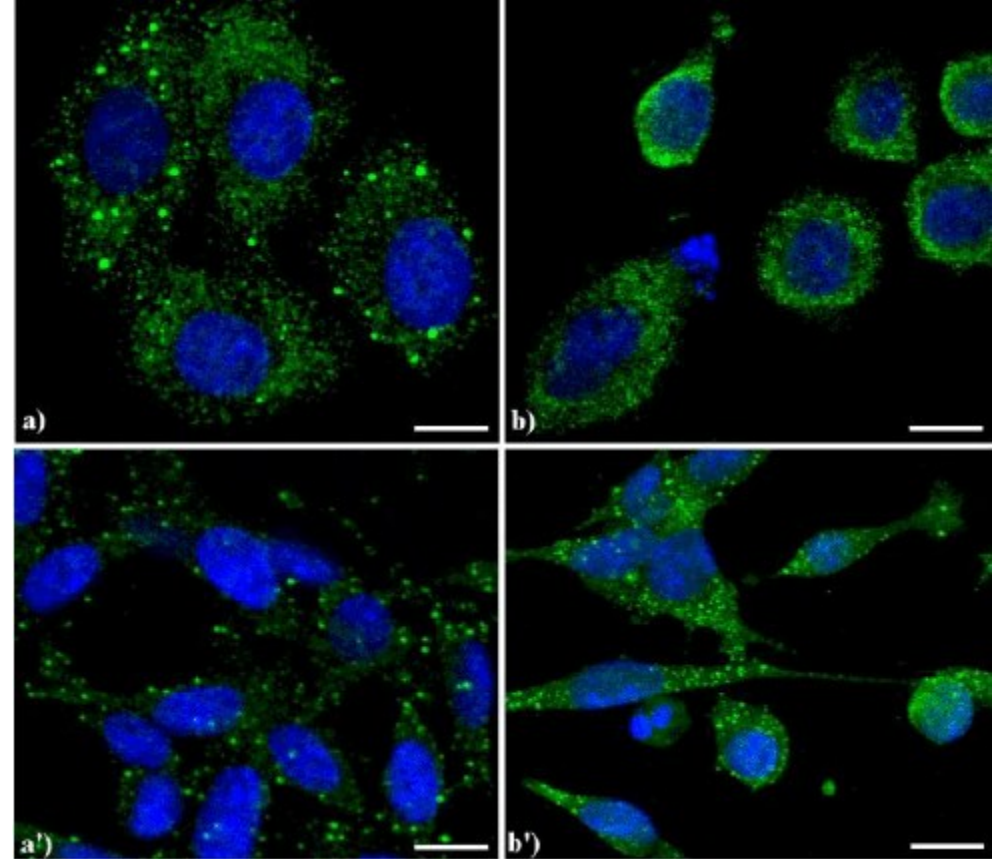
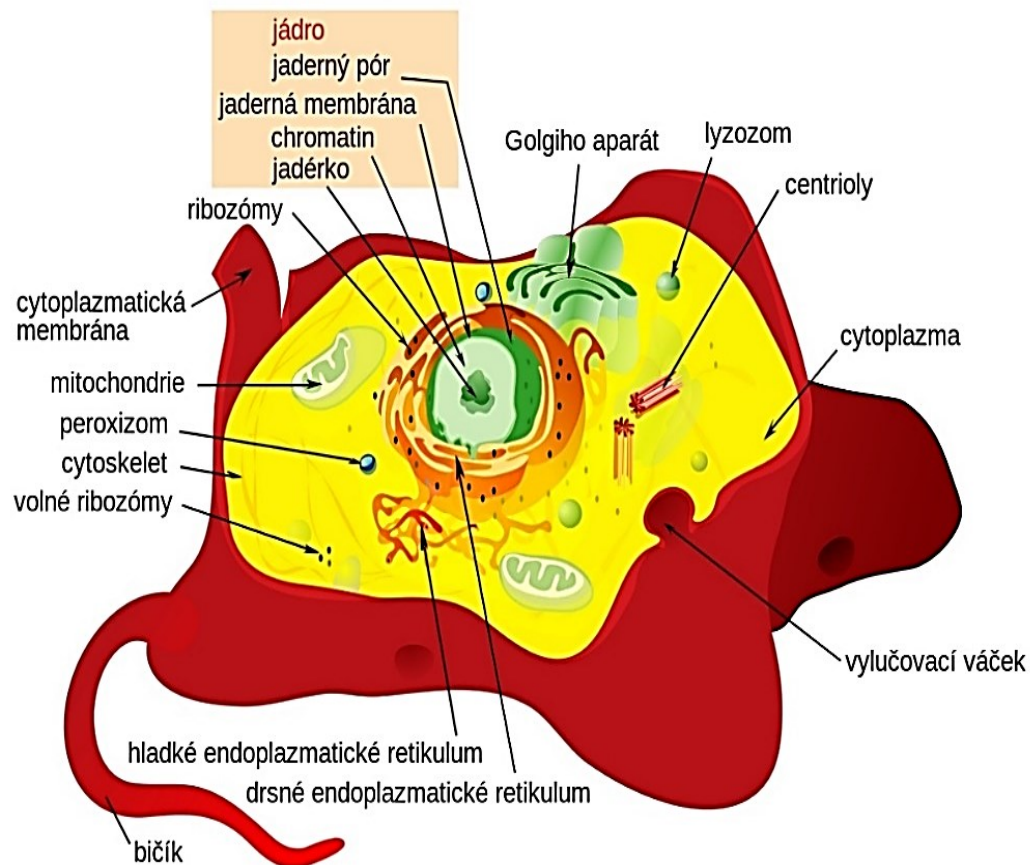
**Terciální lyzosity** – obsahují nestravitelné zbytky

Poruchy lyzosomálního systému: např. Fabryho choroba a MPS II – Hunter

Enzym	Substrát
Ribonukleáza	RNA
Deoxyribonukleáza	DNA
Fosfatáza	Fosfátové estery
Glykosidázy	Složené sacharidy: glykosidy a polysacharidy
Arylsulfatázy	Sulfátové estery
Kolagenáza	Proteiny
Kathepsidy	Proteiny



# Biofyzika buňky – lyzosity



## Shrnutí

- Zajišťují likvidaci buněčných součástí
- Rozkládají buněčné organely
- Rozkládají cizorodé organické látky
- Hydrolytické enzymy štěpí organické látky

# Biofyzika buňky – peroxisomy

0,5  $\mu\text{m}$  membránou obalené organely tvořené v endoplazmatickém retikulu

Membrána => oboustranný transport látek do matrix peroxisomů

- Ochrana proti kyslíkovým radikálům
- Tvorba žlučové kyseliny
- Metabolismus tuků (katabolismus mastných kyselin s velmi dlouhým řetězcem)

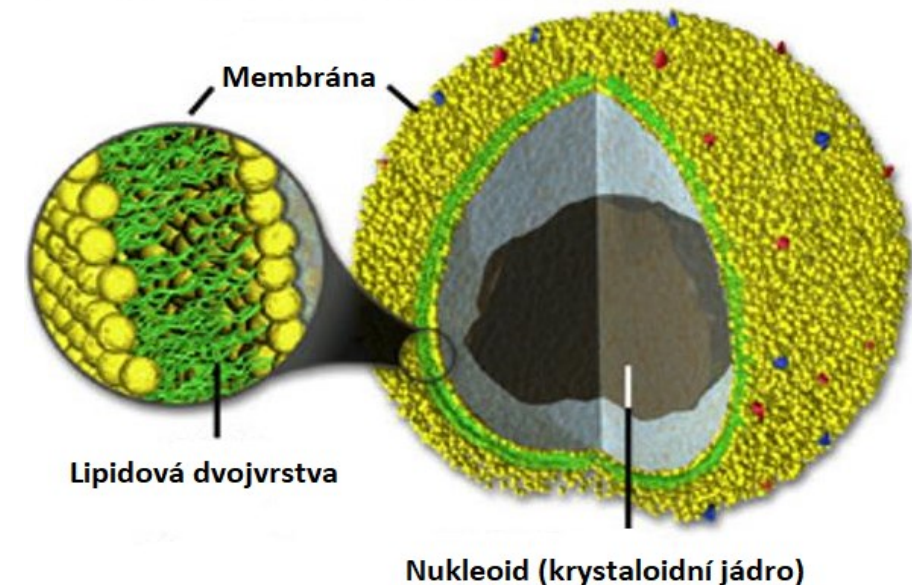
Mohou se množit dělením (rozdíl lyzosity)

Porucha peroxisomového membránového transportéru → *adenodystrofie vázaná na chromozom X, Zellwegerův syndrom*

# Biofyzika buňky – peroxisomy

## Shrnutí

- Eukaryotické buněčné organely oválného tvaru obalené jednoduchou membránou
- Neobsahují DNA, ribosomy
- Proteiny jsou kódovány v jádře
- Betaoxidace mastných kyselin, detoxifikace reaktivních forem  $O_2$ , metabolismus purinů, syntéza éterových lipidů







# Biofyzika buňky – cytoskelet b.

- Dynamika cytoskeletu – polymerizace a depolymerizace, motorové proteiny
- Systém vláken, který udržuje strukturu buňky
- Umožňuje jí měnit tvar, pohybovat se
- Mikrotubuly (buněčné dělení, transport vesikul), intermediární filamenta (mechanická stabilita buňky), mikrofilamenta (buněčný pohyb a tvar), proteiny (→ opora buňky, b. dělení, b. transport)



16.05.2024



Biofyzika



55

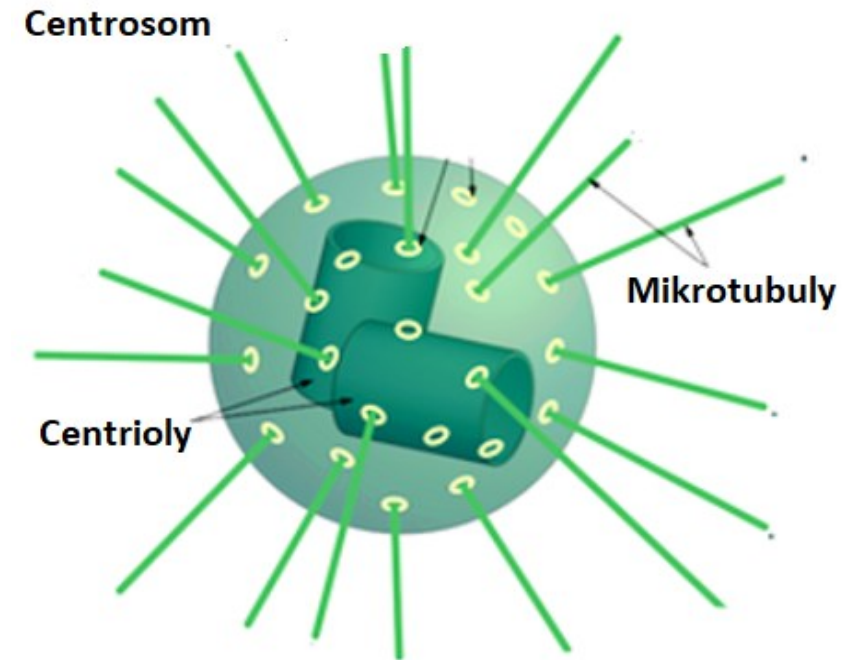
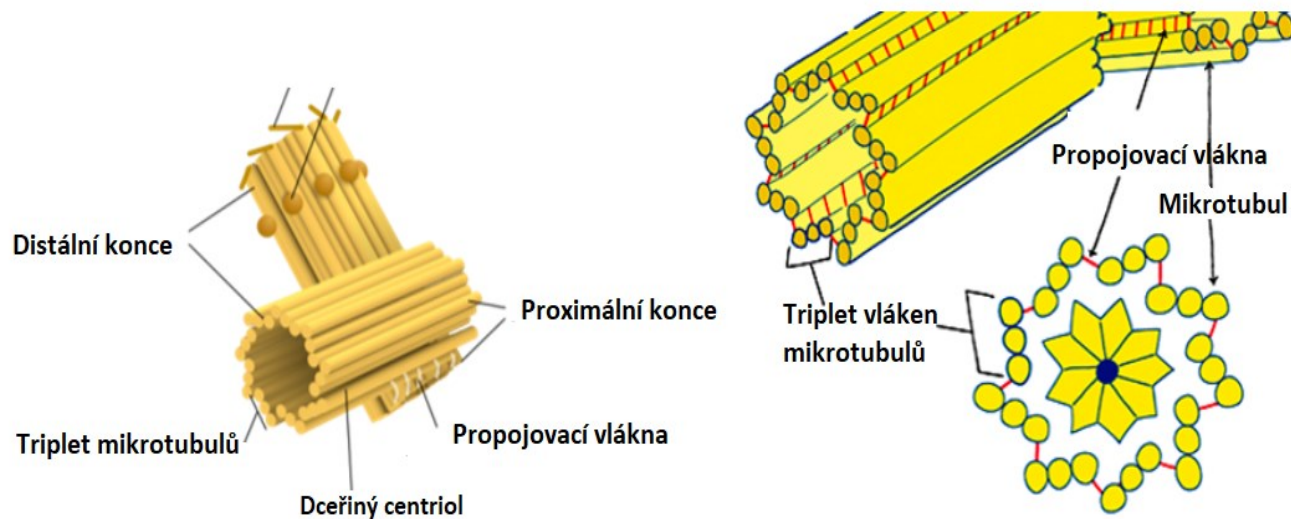
# Biofyzika buňky – centrozomy

Jsou umístěné poblíž jádra eukaryotických živočišných b.

2 centrioly (párové organely poblíž jádra, svírají )

Bez centrozomu **není možné** jaderné dělení

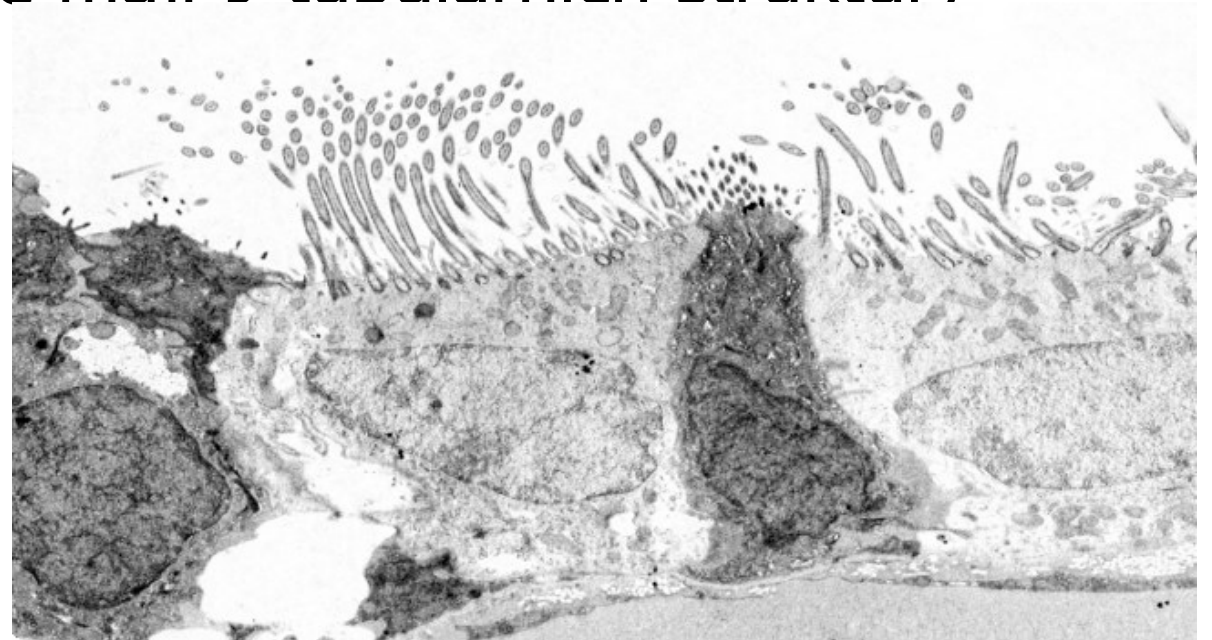
Význam v proliferaci b.





# Biofyzika buňky – cilie

- Pohyblivé výběžky na povrchu některých epitelových b.
- Podobají se řasám
- Pohyb umožněn dyneinem, molekulární motory
- Podobnost s centriolami (ve stěně mají 9 tubulárních struktur)
- *Bazální granulum*
- DC, vejcovody
- Komunikační prostředek b.



# Biofyzika buňky – ER

Komplexní soubor tubulů a dutých lamel prostupujících hustě b. cytoplasmou eukaryotických buněk

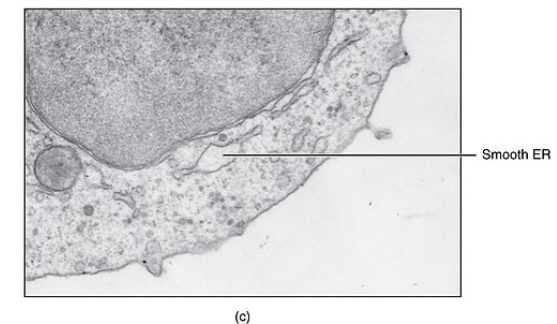
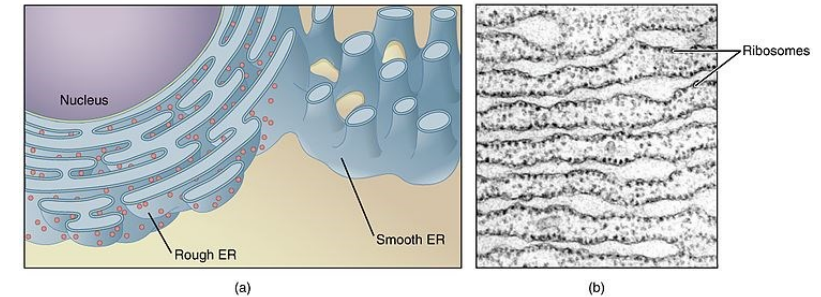
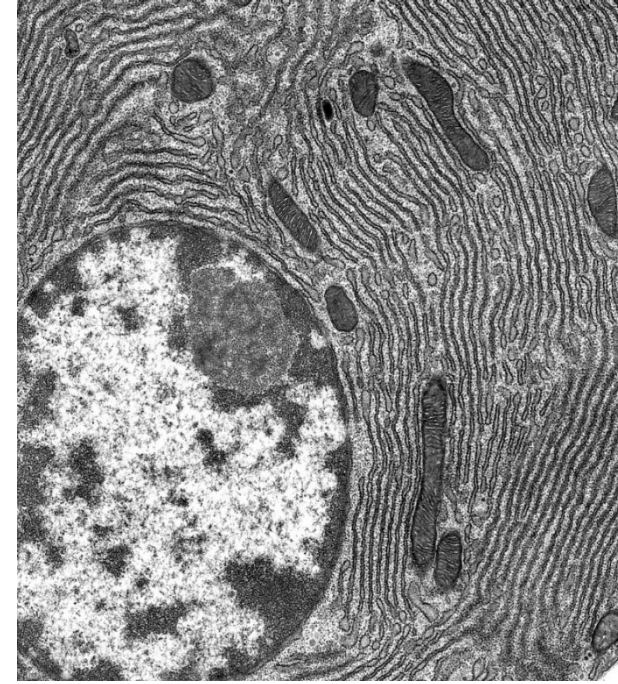
Stěny tubulů tvoří membrána

Drsné (granulární) ER – ribozomy (také volné)

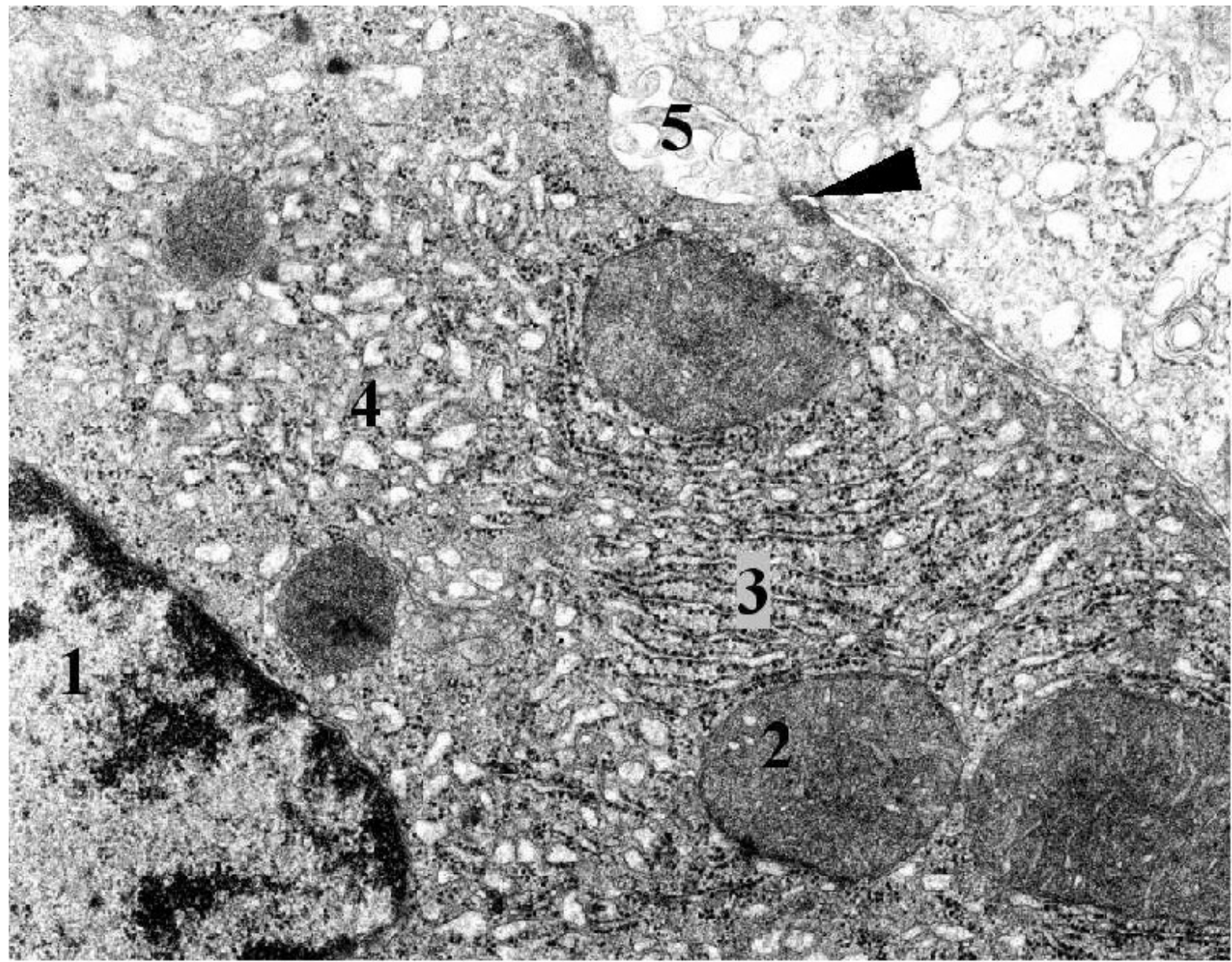
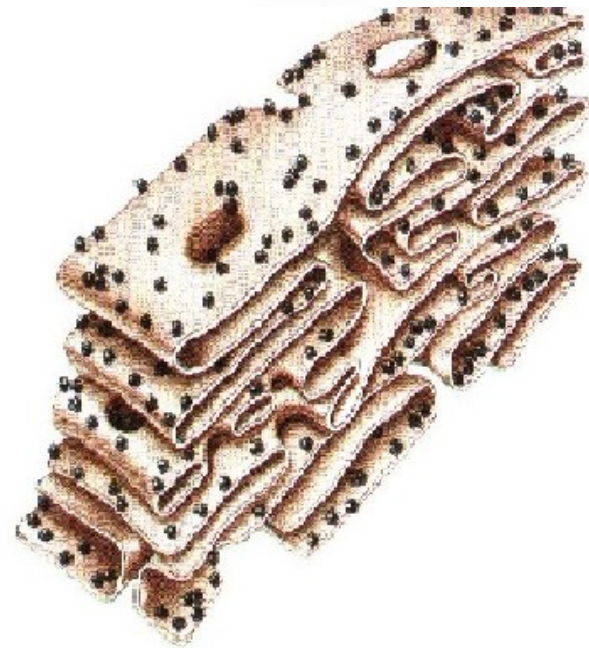
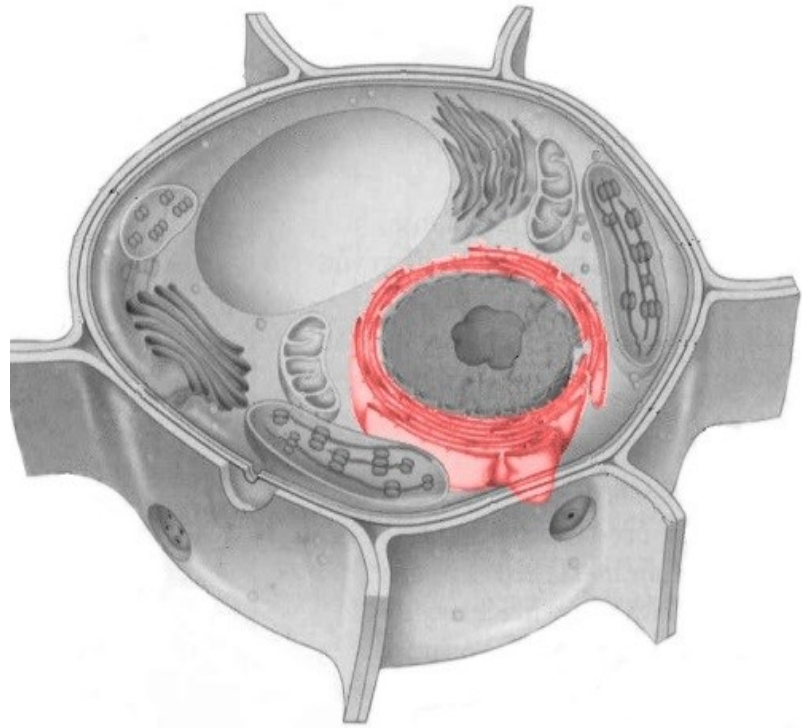
- Syntéza proteinů

Hladké (agranulární) ER

- Syntéza steroidních hormonů, detoxikační procesy, sarkoplazmatické retikulum (kosterní b., srdeční sval)



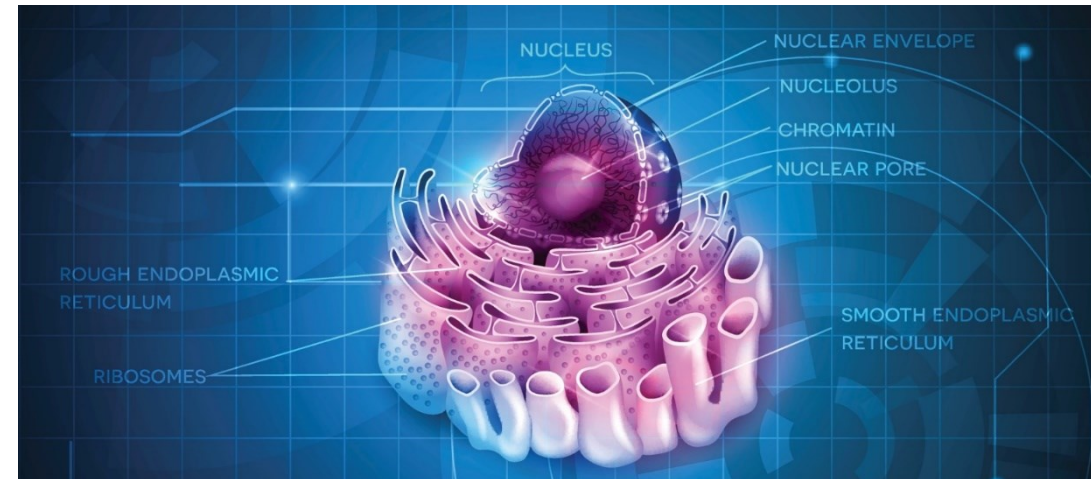
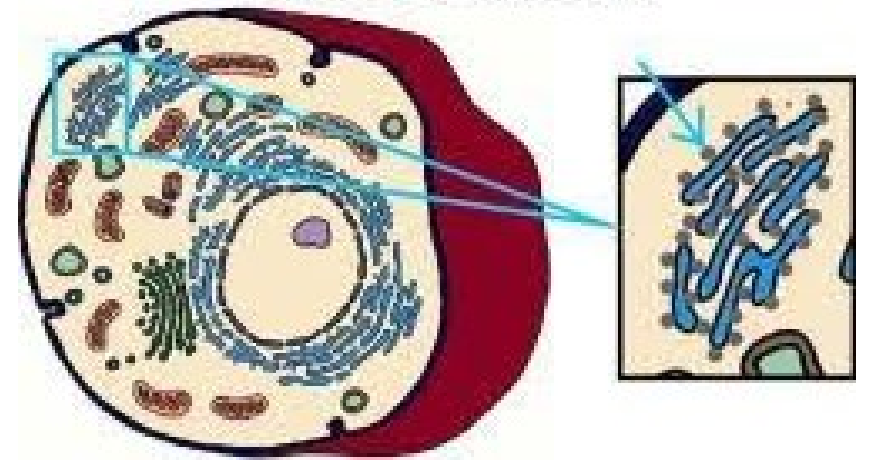






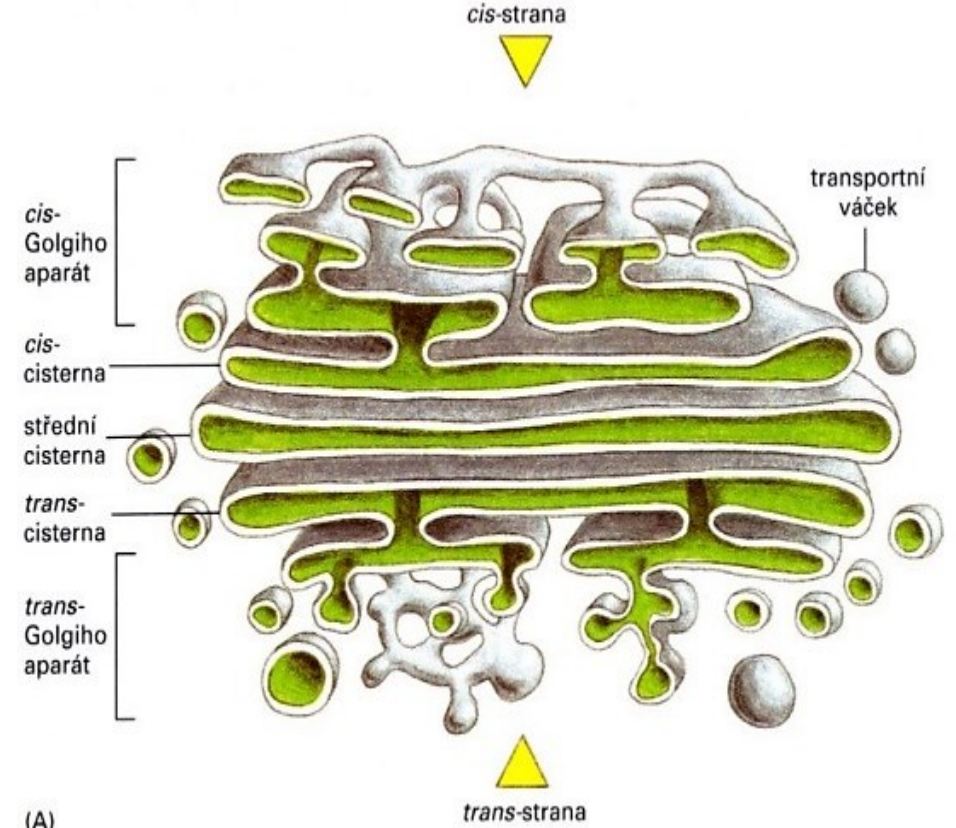
# Biofyzika buňky – ribozomy

- Hlavní funkcí je produkce bílkovin
- Jsou tvořeny proteiny a ribozomální RNA
- V cytoplazmě jsou buď vázané na membránu drsného ER, nebo volně rozptýleny
- Vázané syntetizují veškeré transmembránové proteiny
- Volné syntetizují cytoplazmatické proteiny



# Biofyzika buňky – Golgi

- Soubor uzavřených cisteren (váčků)
- U všech eukaryot jeden nebo více GA
- Obvykle uloženy poblíž jádra
- Endomembránový systém b. (G. aparát + b. jádro + ER + b. membrána)
- Hlavní funkce je transport látek
- Polarizovaná struktura s cis/trans částí



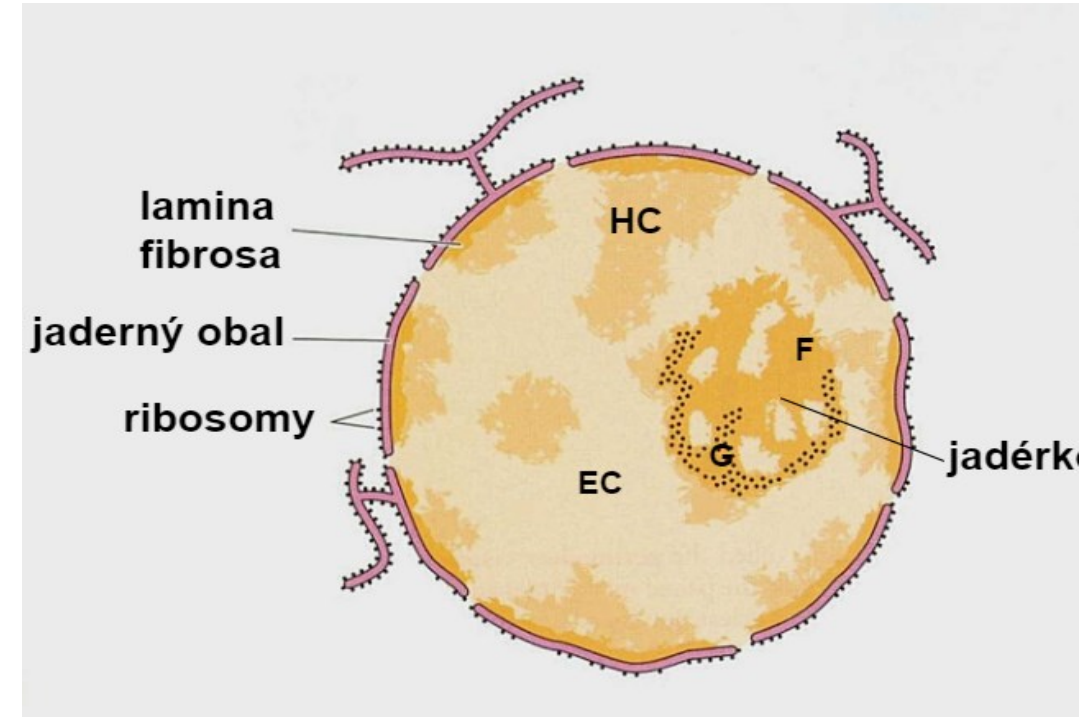
# Biofyzika buňky – jádro

## Jádro (latinsky *nukleus*, řecky *karyon*)

- Základní stavební složka buňky
- Řídí a kontroluje činnost celé buňky
- DNA uložené v chromozomech
  - Řízení a rozmnožování b.
  - Předávání genetické informace
- Chybí jen v erytrocytech
- Tvar kulovitý, ovoidní, vřetenovitý, tyčinkovitý ...

## Jádro se skládá z:

- Jadérko retikulárního typu
- Heterochromatin
- Euchromatin



# Biofyzika buňky – jádro

## Jaderná membrána

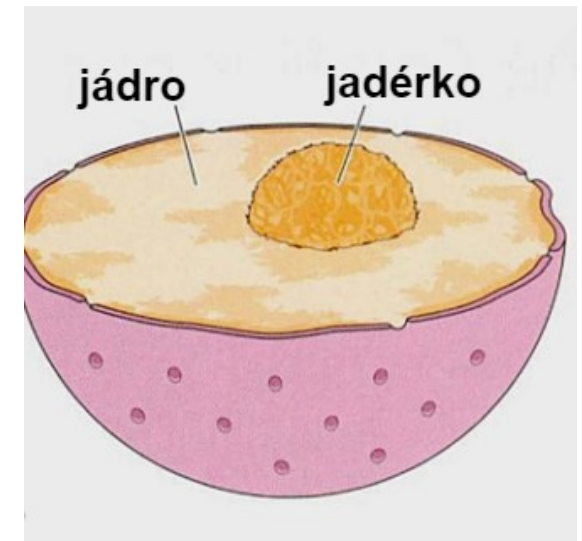
- Obaluje jádro
- Dvojitá (vnější a vnitřní list), mezi listy je perinukleární prostor
- Povrch porézní – tok látek mezi jádrem a cytoplazmou

## Chromatin

- Hmota vyplňující vnitřek jádra
- Složena z DNA a bílkoviny

## Jadérko (nucleolus)

- Na svém povrchu nemá membránu
- Zhuštěná hmota jádra
- Zóna perinukleárního chromatinu
- *Pars granulosa, pars fibrosa*
- Obsahuje velké množství RNA



## Chromozómy

Chromozomální sada

Haploidní

Diploidní

23 párů chromozomů (22 + 1)

Počet v jádře celkem 46

***Chromozómy jsou patrné pouze ve fázi mitózy***



# Biofyzika buňky – jádro

Buněčné jádro je největší buněčná organela umístěná ve středu buňky

- Je obaleno jadernou membránou s póry pro transport látek, uvnitř jádra je tekutá hmota (karyoplazma, nukleoplazma).
- Karyoplazma je hmota podobná cytoplazmě, ale vyskytuje se pouze v buněčném jádře.
- Je to vysoce viskózní kapalina obsahující chromozomy a jadérko.
- Obsahuje nukleotidy nutné pro stavbu DNA a enzymy řídící biochemické pochody v jádře.

V jadérku přímo vzniká velké množství rRNA a následně ribozomy, ty jsou po spojení s rRNA jadernými póry transportovány do cytoplazmy.

- Jadérko není stálou buněčnou strukturou, při mitotickém dělení jádra mizí a objevuje se znovu na konci jaderného dělení.

**Základní funkcí jádra je řízení přepisu dědičných informací v buňce a jejich přenos na ribozomy, podílí se na přesném rozdělení genetického materiálu do nových buněk při buněčném dělení (mitóze).**



# Biofyzika buňky – shrnutí fcí hlavních organel

**Jádro** – obsahuje buněčný genom (veškerou buněčnou informaci), syntéza DNA a RNA. I v mnohobuněčném organismu má každá buňka stejnou genetickou informaci (krom červených krvinek). Rozdíly jsou dány jen rozdílnou expresí genů. V jádře probíhá syntéza DNA, musí DNA replikovat a buňka potřebuje vyjádřit nějakou informaci z DNA, tak zde musí docházet k transkripci (tedy přepis z DNA do RNA).

**Cytosol** – syntéza proteinů (některých), glykolýza, metabolické dráhy pro syntézu aminokyselin (= základní stavební kameny proteinů), nukleotidů (základní stavební kameny nukleových kyselin).

**Endoplasmatické retikulum** – syntéza membránových (např. přenašečové proteiny, kanály, transportéry atd.) a sekrečních proteinů a většiny lipidů. Zbytek proteinů je syntetizován v cytosolu.

**Golgiho aparát** – kovalentní modifikace proteinů z ER, třídění proteinů a lipidů pro sekreci a transport do jiných částí buňky.

**Mitochondrie** – syntéza ATP oxidační fosforylací.

**Chloroplasty** – syntéza ATP a fixace uhlíku fotosyntézou, specifické pro rostlinné buňky.

**Lyzosomy** – membránové struktury, kde dochází k odbourávání látek uvnitř buňky (enzymaticky).

**Endosomy** – membránové struktury, které slouží k třídění materiálu z endocytózy a GA.

**Peroxisomy** – staré organely, oxidace toxických molekul, beta oxidace (odbourávání) mastných kyselin.

# Biofyzika buňky – transport via b. membránu

## **Pasivní transport**

- Difuze
  - Prostá – průchod látek po koncentračním spádu, bez spotřeby energie, molekuly malých rozměrů
  - Facilitovaná – ve směru koncentračního spádu, bez spotřeby energie, aminokyseliny, větší ionty
  - Osmóza
  - Prostup iontovými kanály

## **Aktivní transport – řízený přenos látek, ATP**

- Iontové pumpy

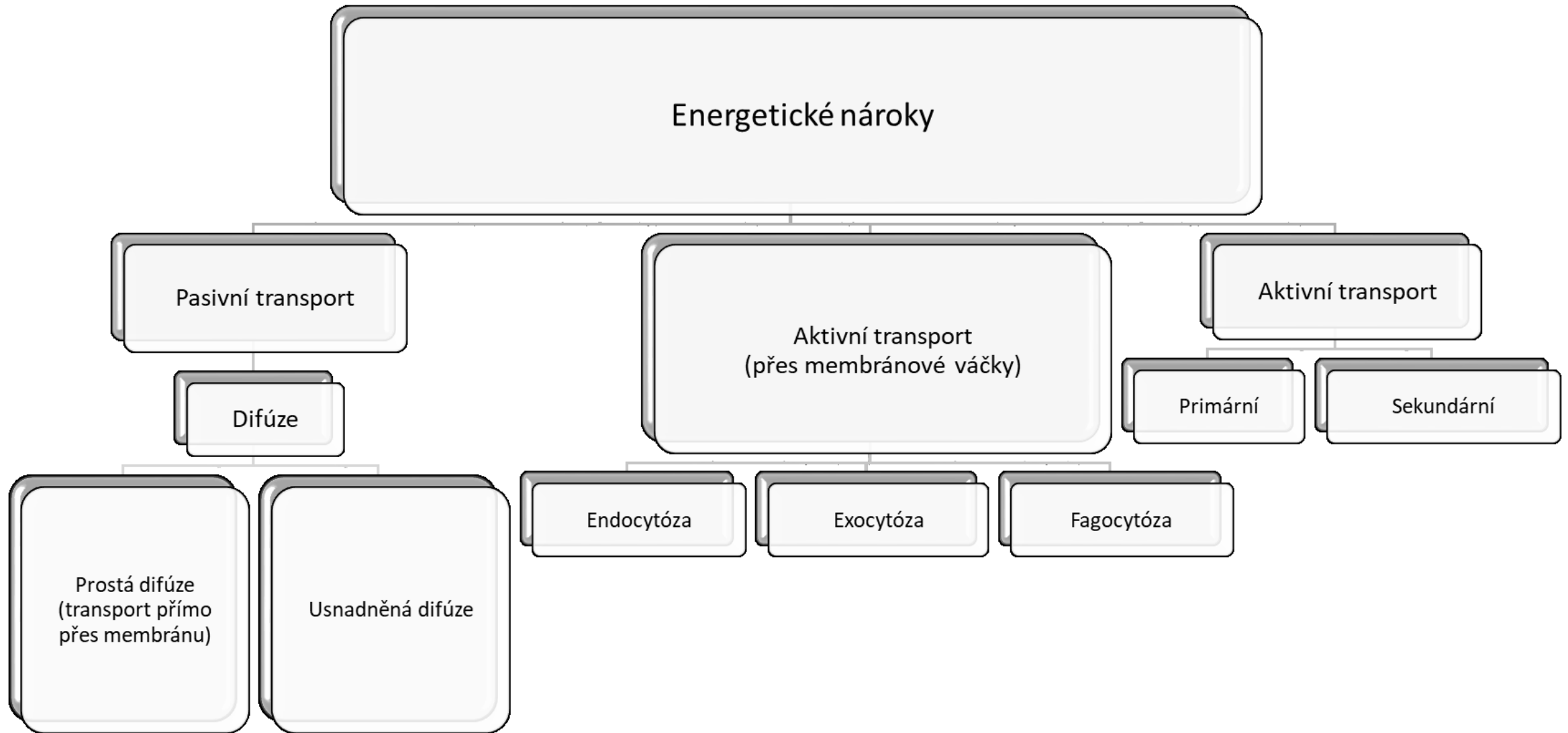
## **Endocytóza**

- Fagocytóza – pohlcování větších částic, panožky, částice se obklopí do měchýřku
- Pinocytóza – tekutiny, vchlípení části plazmatické membrány, vytvoření váčku s transportovanou tekutinou

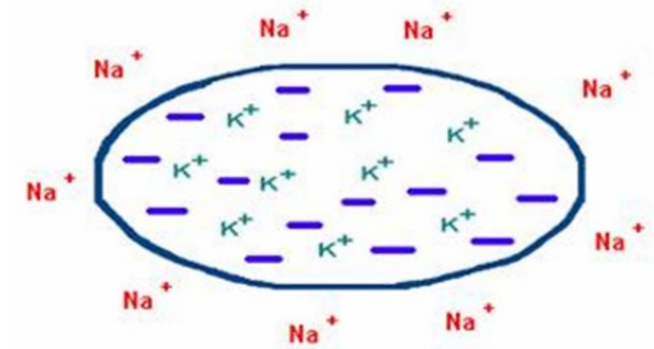
## **Exocytóza**

# Biofyzika buňky – transport via b. membránu

- Spřažený transport (sekundární aktivní transport)
- Aktivní transport
- Endocytóza a exocytóza
- Prostá difúze
- **Podle energetických nároků** na přechod látek přes buněčnou membránu dělíme transport na ***pasivní*** (není závislý na přísun energie) a ***aktivní*** (vyžaduje energii)
- **Z hlediska zapojení membrány resp. membránových proteinů**
  - Přímý transport přes membránu
  - Transport za účasti membránových proteinů (kanály, přenašeče)
  - Transport prostřednictvím membránových váčků (exocytóza a endocytóza)



# Membránový potenciál

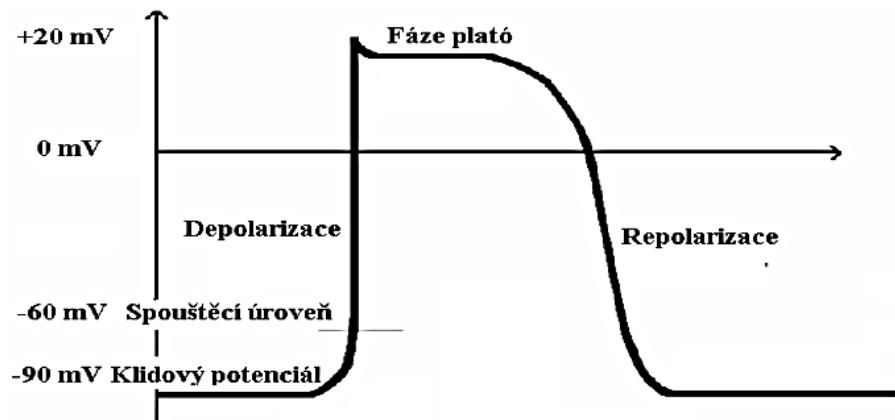


- Je dán nerovnoměrným rozdělením iontů po obou stranách buněčné membrány – důsledek koncentračního gradientu iontů Na (uvnitř 30× více než vně buněk).
- Je dán nerovnoměrným rozdělením fyziologických iontů ( $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Cl^-$ ,  $Ca^+$ ) po stranách buněčné membrány.
- Rozdíl elektrických potenciálů vzniká aktivním transportem (klidový membránový potenciál) a pasivním transportem (akční potenciál) iontů přes buněčnou membránu.
- Buněčná membrána je pro ionty  $Na^+$  propustná, ty začínají pronikat vně.
- Elektrický náboj který nešou ale vytvoří na vnějším povrchu membrány kladné napětí, které další pronikání zastaví.

# Akční potenciál

AP (činnostní) je rychlá změna napětí na membráně některých buněk. Intracelulární prostor se z hodnoty  $-90$  mV dostává za krátkou dobu jednotek milisekund na hodnotu  $+20$  až  $+30$  mV.

- Možnost se u vzrušivých membrán šířit i do okolí.
- Může být vyvolán chemickými ději, vnějšími jevy, příchodem vzruchu nebo změnou napětí na membráně.
- Časové a napěťové poměry na membráně závisejí na typu buňky.



Které ionty jsou dominantní při jevech na buněčné membráně?

# Biofyzika buňky – AP v kardiomyocytech

Klidový potenciál – záporné napětí na membráně  $\sim -90$  mV

- POUZE v tomto období je možné vyvolat depolarizaci a AP

## Akční potenciál

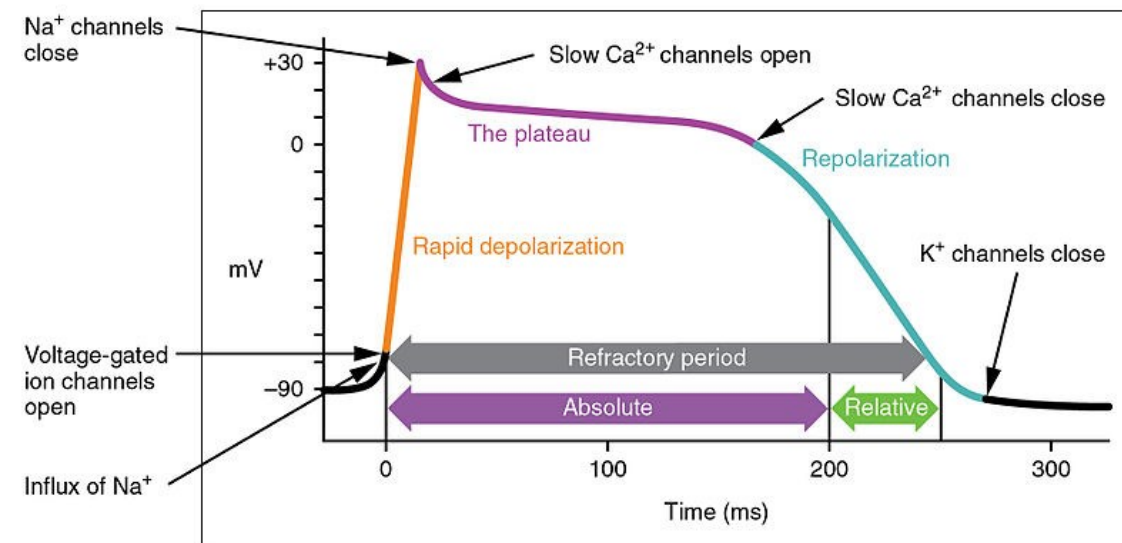
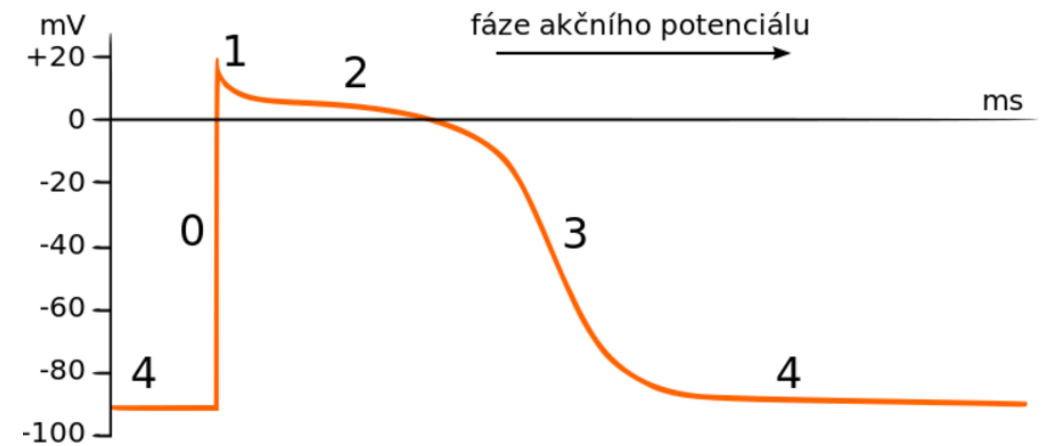
- V průběhu AP nelze vyvolat další depolarizaci, buňka je v refrakterní fázi, čímž brání vzniku tetanického stahu

Fáze:

- Depolarizace
- Fáze plató – její hlavní funkcí je prodloužení refrakterity buňky (**absolutní refrakterita**, nelze vyvolat další AP)
- Repolarizace – **relativní refrakterita** (další příchozí AP může vyvolat následnou depolarizaci, která je však patologická)

# Biofyzika buňky – AP v kardiomyocytech

- **Depolarizace** – vstup  $\text{Na}^+$  do buňky (Na je depolarizačním iontem, rychlý)
- **Fáze plató** – vstup  $\text{Ca}^{2+}$  do buňky a výstup  $\text{K}^+$  z buňky (zároveň pumpování  $\text{Na}^+$  a  $\text{Ca}^{2+}$  z buňky)
- **Repolarizace** – výstup K z buňky (zároveň pumpování  $\text{Na}^+$  (Na/K-ATPáza) a  $\text{Ca}^{2+}$  z buňky (Ca-ATPáza))





# **Biofyzika tkání a orgánů**

## **Mechanické vlastnosti tkání a orgánů**

# Mechanické vlastnosti tkání a orgánů

Mechanické vlastnosti biomateriálů jsou dány stavbou a uspořádáním tkáně

Elastin, kolagen – základní stavební prvky

- Elastin – pružné deformace
- Kolagen – tuhost, pevnost v tahu

Biologické tkáně – viskoelasticita, nelinearita

- Viskoelasticita – poddajnost biologických struktur, široká variabilita

Základní mechanické vlastnosti

- Tuhost
- Pevnost
- Elasticita
- Plasticita
- Mez pružnosti
- Biologická pevnost

# Biomechanika tkání a orgánů

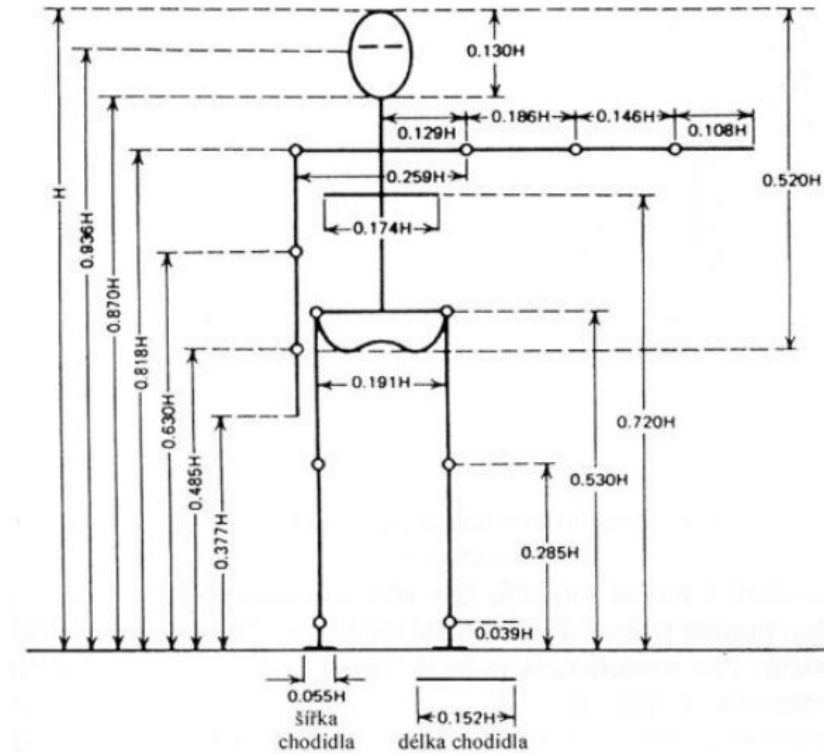
## Biomechanika

- Zabývá se mechanickou strukturou
- Mechanickým chováním
- Mechanickými vlastnostmi živých organismů
- Mechanickými interakcemi

Studium odezvy živé tkáně na vnější energetické působení

Mechanika pohybu těla – soustava jednotlivých segmentů

- Velikost
- Délka
- Hmotnost
- Hustota  $\rho = \frac{m}{V} \approx 1100 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$
- Těžiště – působíště tíhové síly KDE?



# Biomechanika tkání a orgánů

Biomechanika zkoumá mechanické parametry kostí, šlach a vazů, chrupavek, kloubních spojení, svalů.

- Pohybový systém:
  - Pasivní – neprodukuje energii, neslouží jako primární zdroj energie k vykonání pohybu; kosterní soustava, šlachy, vazy, chrupavky, klouby.
  - Aktivní
- Kostí
  - Pevnost – základní mechanická vlastnost
  - Působením síly se deformují
  - Wolfův zákon o transformaci kostí

# Biomechanika tkání a orgánů

## Šlachy a vazy

- Přenos svalové síly na kost nebo chrupavku
- Uložení elastické energie
- Vazy stabilizují klouby
- Podílejí se na spojení kostí
- Pohyblivost kloubních spojení
- 70 % voda, pevná část – 75 % kolagen
- Elastinová vlákna – 150–200 % pružné deformace, menší pevnost
- Kolagenní vlákna větší pevnost, tuhost, protažení kolem 10 %

S rostoucím věkem dochází ke snížení meze pevnosti v tahu!

# Biomechanika tkání a orgánů

## Chrupavka

- Mechanické vlastnosti jsou dány uspořádáním vláken a tekutiny mezibuněčné hmoty
- Vlákná kolagenu a elastinu tvoří pórovitou substanci prostoupenou tekutinou – tvoří až 80 % hmotnosti chrupavky
- Funkce: přenos tlakového zatížení v kloubním spojení; tlumení rázových zatížení, snižování koeficientu tření

## Kloubní spojení

- Cirkumdukce
- Pohyb v kloubu je omezován kloubním pouzdem

## Svalový systém

- 40–45 % hmotnosti lidského těla
- Dráždivost, vodivost, stažlivost, přizpůsobení tvaru a možnosti regenerace
- Anatomická jednotka – příčně pruhované svalové vlákno
- Funkční jednotka – motoneuron
- Stah, kontrakce, fixace, kinetika

# Biomechanika tkání a orgánů

## Svalová síla

- Chlapci ve věku 15–18 let stisknou rukou silou 390–490 N
- Dívky 290–390 N
- Práváci mívají v průměru o 50 N větší sílu v pravé ruce
- U leváků nemusí být levá ruka silnější
- Sílu stisku ruky měříme dynamometrem
- Žvýkácí svaly člověka vyvinou sílu až 4 000 N.
- Sval se při kontrakci zkracuje o 30–40 % své délky

## Mechanické vlastnosti svalů

- Pevnost svalu v tahu v klidu je 0,26 až 0,9 MPa
- Pevnost maximálně kontrahovaného svalu je různá pro různé svaly 1,25 MPa (menší než u šlach)



# Biomechanika tkání a orgánů

## Výkon při svalové kontrakci

- Okamžitý výkon je cca 50–150 W
- Bazální výkon celého organismu cca 100 W a s věkem mírně klesá
- Celkový výkon srdce na čerpání krve a na stálé napětí svalů je přibližně 13 W
- Jen cca 10 % výkonu srdce je určeno na čerpání krve
- Téměř 90 % je spotřebováno na napětí srdečního svalu
- Účinnost svalové práce je asi 20 %, 80 % energie se mění na teplo

## Účinnost svalové kontrakce

- Účinnost je poměr spotřebované energie k energii dodané
- Maximální účinnost v lidském svalu při delší práci je asi 15–17 %

# Biomechanika tkání a orgánů

## **Mechanická funkce srdečně-cévního systému**

- Srdce – práce, zdroj mechanické energie
- Cévy – rozvodový systém, zákony proudění
- Krev – pohyblivá složka, mechanické vlastnosti tekutin
- Přenos živin, krevních plynů, odvádění metabolitů
- Velký (srdce – tělo)                      Malý (srdce – plíce)
- KO je jednosměrný

Krev proudí díky tlakovým rozdílům mezi tepennou a žilní částí systému, způsobených činností srdce

# Biomechanika tkání a orgánů

## Srdce

- Srdce pracuje jako píst, který při každém pohybu vytlačí tlakem  $p$  objem krve  $\Delta V$
- $p = 13,3 \text{ kPa}$ ,  $V = 70 \text{ ml}$ ,  $v = 0,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
- Normální tlak v aortě je při stahu komorové svaloviny (systola) cca  $16 \text{ kPa}$ , při uvolnění (diastola) cca  $10,5 \text{ kPa}$

## Srdeční práce

- Levá komora při systole vykoná práci  $W = 0,93 \text{ J}$
- Práce pravé komory činí 20 % práce komory levé
- Celková mechanická práce je pak rovna  $1,12 \text{ J}$
- Kromě toho musí srdce konat práci potřebnou k udržení svalového tonu
- Celkový srdeční výkon je  $13 \text{ W}$  (13 % celkového klidového výkonu organismu)
- Práce, kterou srdce vykoná za 60 let života, je větší než  $2 \text{ GJ}$

# Biomechanika tkání a orgánů

## Cévy

- Tepny s převahou elastických vláken – pružníkové – vyrovnávají pulsační proud krve, mají málo vláken hladkého svalstva, nemohou aktivně měnit světlost, velké a středně velké tepny
- Tepny s převahou hladkého svalstva ve stěně (oblast arteriol) – muskulární – mohou měnit průsvit cévy, mohou ovlivnit krevní průtok a periferní odpor

## Mechanické vlastnosti cév

- Cévní odpor závisí především na geometrických poměrech cév
- Odpory jednotlivých úseků se řadí do série, tím získáme celkový periferní odpor
- Rozhodující význam má úsek arteriol (cca 40 %)
- Vazodilatace vede ke snížené periferního odporu, vazokonstrikce ho zvyšuje

*Napětí stěny roztaženého dutého tělesa je přímo úměrné součinu tlaku uvnitř tělesa a poloměru křivosti tělesa a nepřímo úměrné tloušťce stěny*

# Biomechanika tkání a orgánů

## Proudění krve v cévách

- Laminární
- Turbulentní
- Reynoldsovo číslo  $R_e$  – chování proudící kapaliny
- Za fyziologických podmínek je tok krve v cévách laminární – rovnoběžný s podélnou osou cévy
- Rychlost proudění závisí na vzdálenosti od stěny cévy, čím blíže, tím je proudění pomalejší
- Turbulence se objevují zejména za zúžením cévy (ateroskleróza) nebo při stavech se sníženou viskozitou krve (anémie)

Krev je neneutronovská kapalina  
– viskózně-elastická –

## Proudění krve v kapilárách

- Prostup živin a kyslíku z krve do intersticiální tekutiny
- Dialyzační membrána – filtrace, resorpce, ve směru koncentračního gradientu

# Složení lidského těla – vybrané tělesné parametry

## Průměrný mladý muž

Bílkoviny a podobné organické sloučeniny	18 % celkové hmotnosti
Minerální látky	7 %
Tuky	15 %
Voda	60 %
ICT	40 %
ECT	20 %

Rychlost „sesychání“ mezi 20–60 rokem je u mužů vyšší 9 % (u žen 5 %)

Př.: Muž ve věku 20 let s hmotností 69 kg má v těle obsaženo asi 42 kg vody a jen 27 kg ostatních látek (bílkoviny, tuky, minerály apod.). Ve věku 60 let při hmotnosti 83 kg má v těle obsaženo jen asi o 1 kg více vody ve srovnání s věkem 20 let (43 kg), zatímco obsah ostatních látek se zvýší téměř o 13 kg (na asi 40 kg).

Žena ve věku 20 let s hmotností 60 kg má v těle obsaženo asi 30,7 kg vody a 29,3 kg ostatních látek. Ve věku 60 let při hmotnosti 66,5 kg má v těle obsaženo prakticky nezměněné množství vody (30,6 kg), obsah ostatních látek se zvýší přibližně o 6,6 kg proti věku 20 let (na asi 36 kg).

# Složení lidského těla – vybrané tělesné parametry

## Měření výšky a stanovení hmotnosti

- Základní kritérium pro výpočet hmotnostního indexu
- Výška – výškoměr, měření v poloze vzpřímené, naboso, ráno
- Hmotnost – ve spodním prádle, bez obuvi, ráno, nalačno

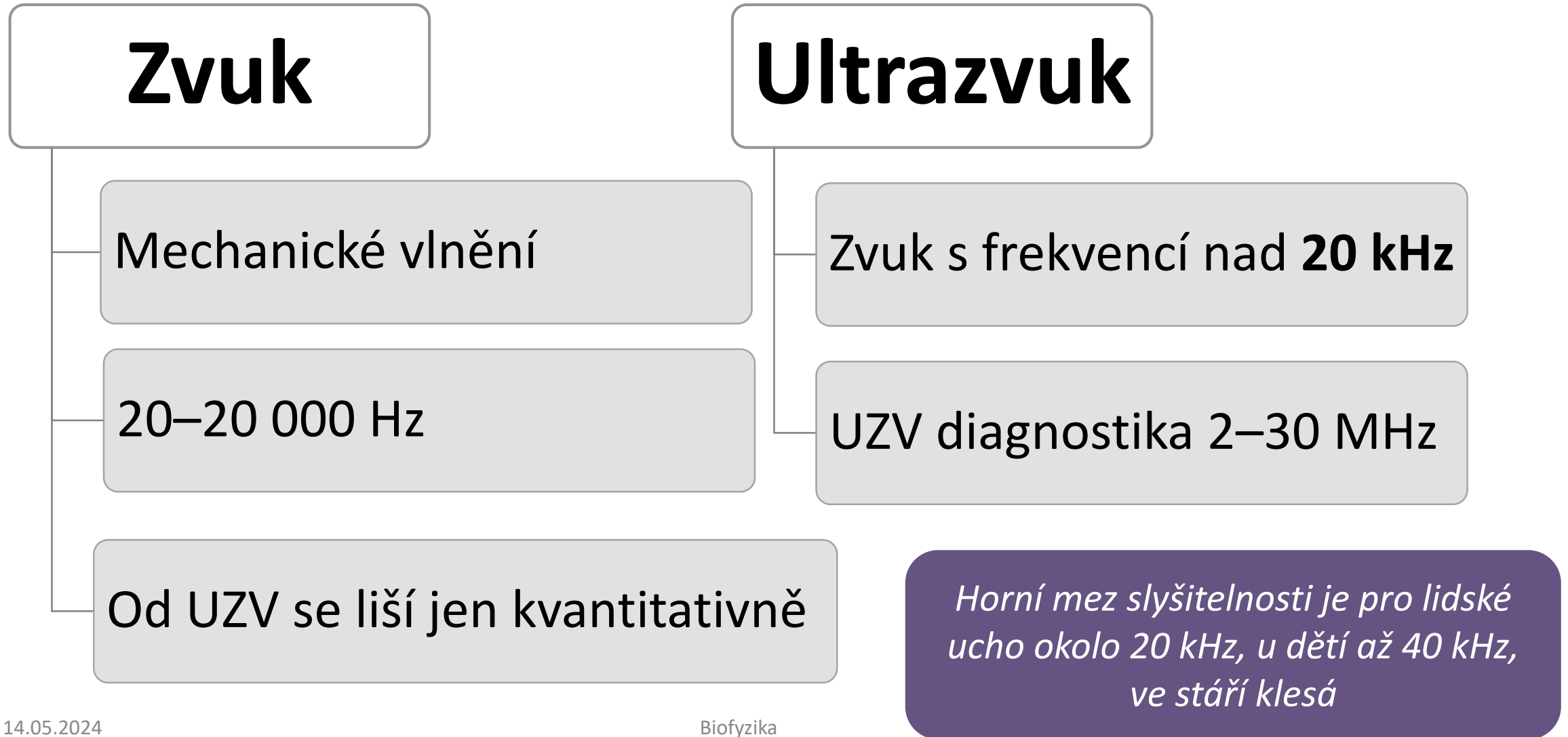
## Hmotnostní index

- Brocův index
- WHR index
- BMI (Queteletův index) 
$$BMI = \frac{\text{hmotnost v kg}}{(\text{výška v m})^2}$$
  - Hodnota BMI pouze orientační kritérium, pouze u člověka s normální rozložením tuku

# **Biofyzika vnímání**

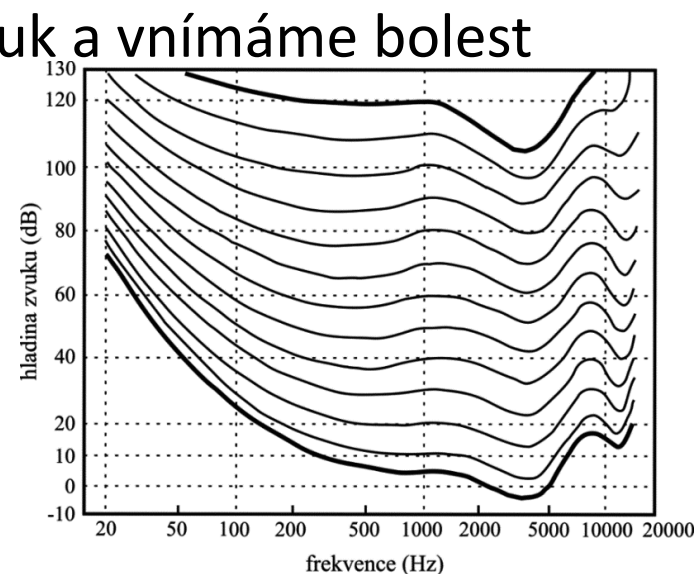
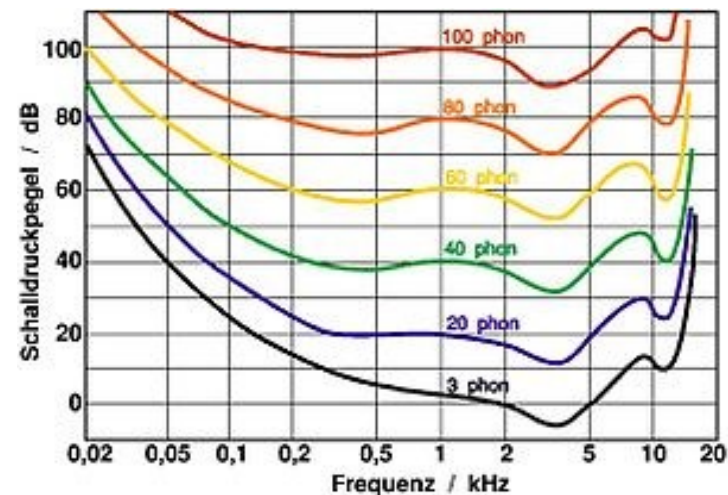


# Biofyzika vnímání – zvuk a audiometrie



# Biofyzika vnímání – zvuk a audiometrie

- Zvuk – mechanické (akustické) vlnění
- Zdravé ucho vnímá frekvenci 16–20 000 Hz
- U každé frekvence je rozlišitelný rozsah intenzit, které slyšíme
- Oblast slyšení omezena prahem slyšení a prahem bolesti
- U každé slyšitelné frekvence existuje intenzita, kdy neslyšíme zvuk a vnímáme bolest
- Schopnost posoudit dva zvuky stejně silně slyšitelné
- Izofon = křivka stejné hlasitosti
- 0 izofona = práh slyšení, 120 izofona = práh bolesti
- Nejcitlivější vnímání 1–5 kHz
- **Son** – jednotka hlasitosti (1 son = 1000 Hz/40 dB) **Fon** – hladina hlasitosti



# Biofyzika vnímání – audiometrie

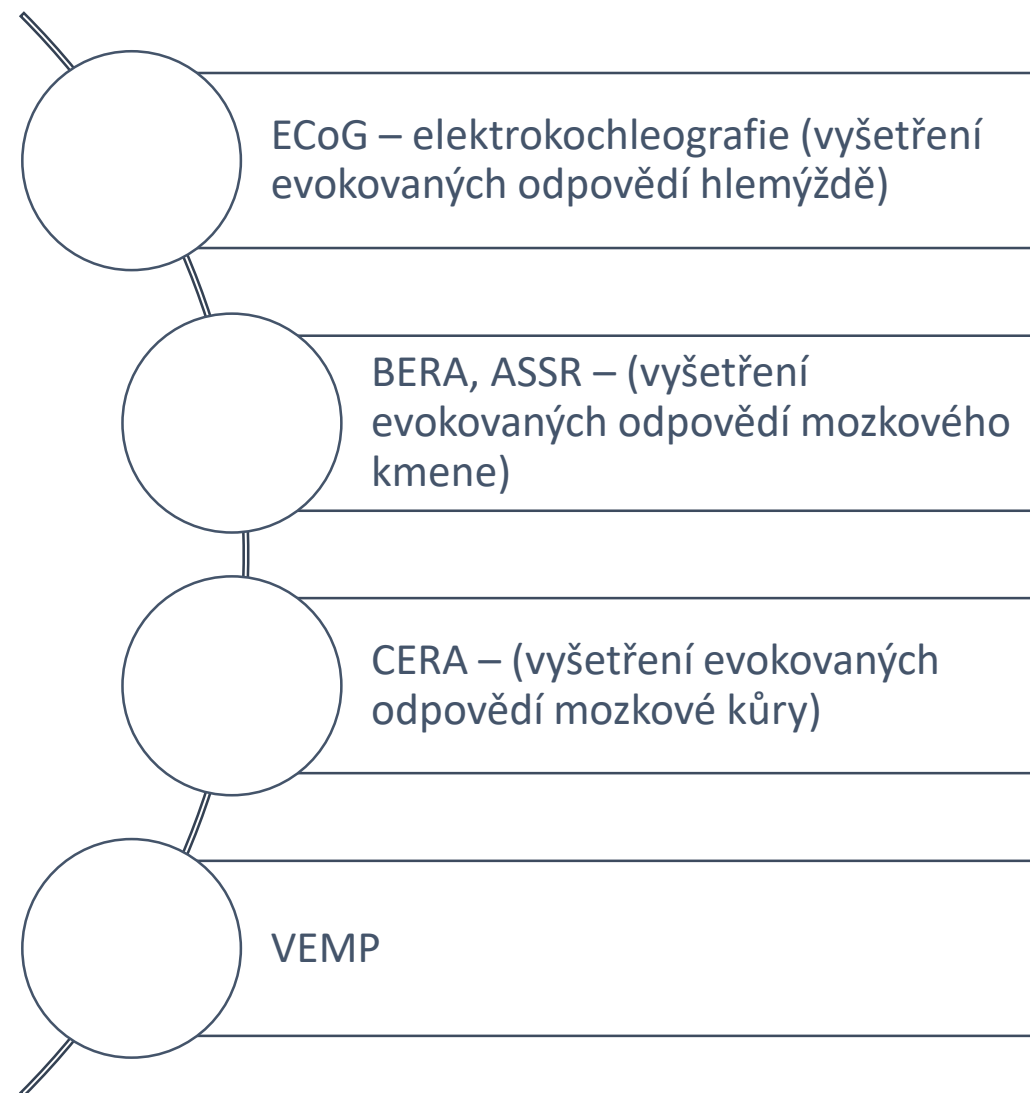
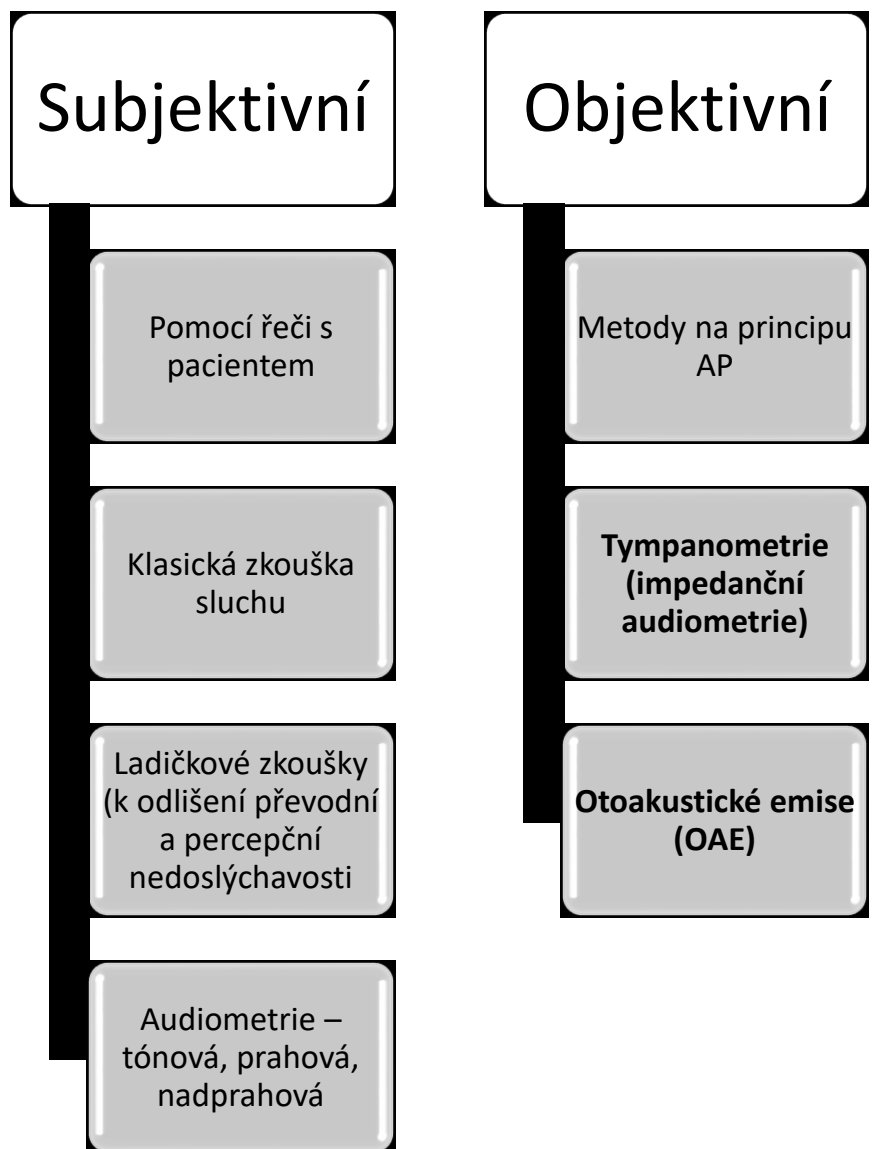
## **Audiometrie – ušní vyšetření**

- Snížení vnímání některých frekvenčních oblastí nebo celého rozsahu
- Kvalitativní a kvantitativní posouzení poruch slyšení
- Audiometr – frekvence a hladina intenzity tónu
- Audiogram

## **Vyšetřovaná onemocnění**

- Presbykusie (degenerativní onemocnění)
- Akutní trauma sluchového aparátu (výbuch)
- Úrazy hlavy, infekční onemocnění (spalničky)
- Neurinom

# Audiometrie



# Hodnocení výsledků audiometrie

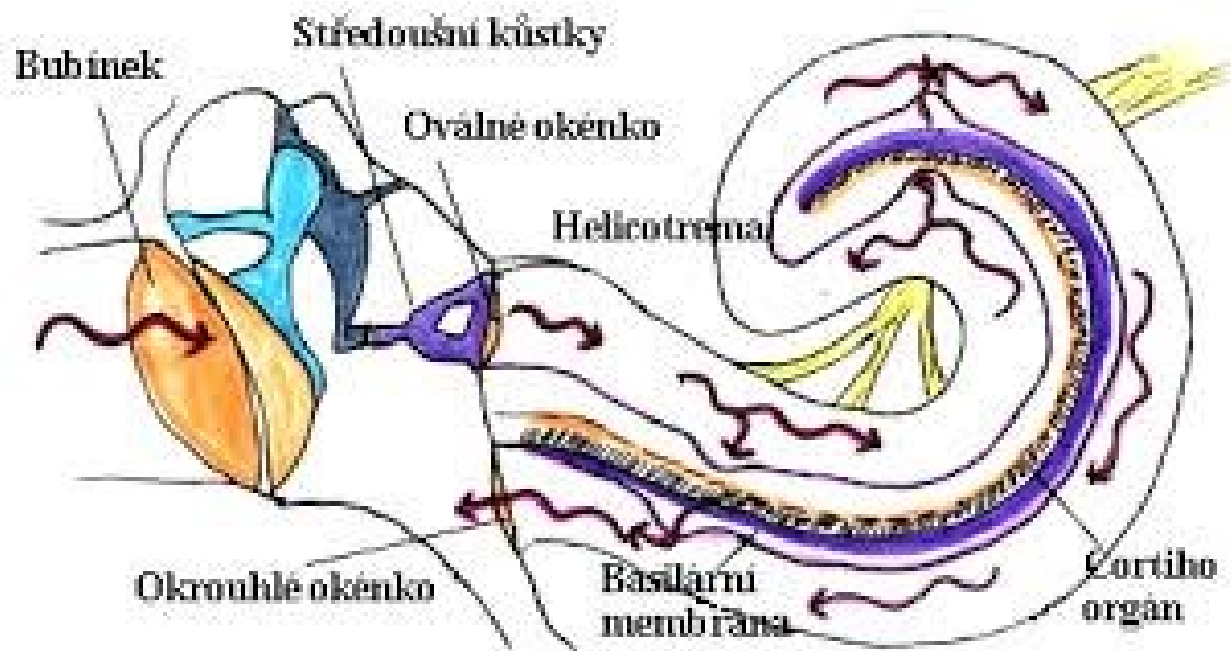
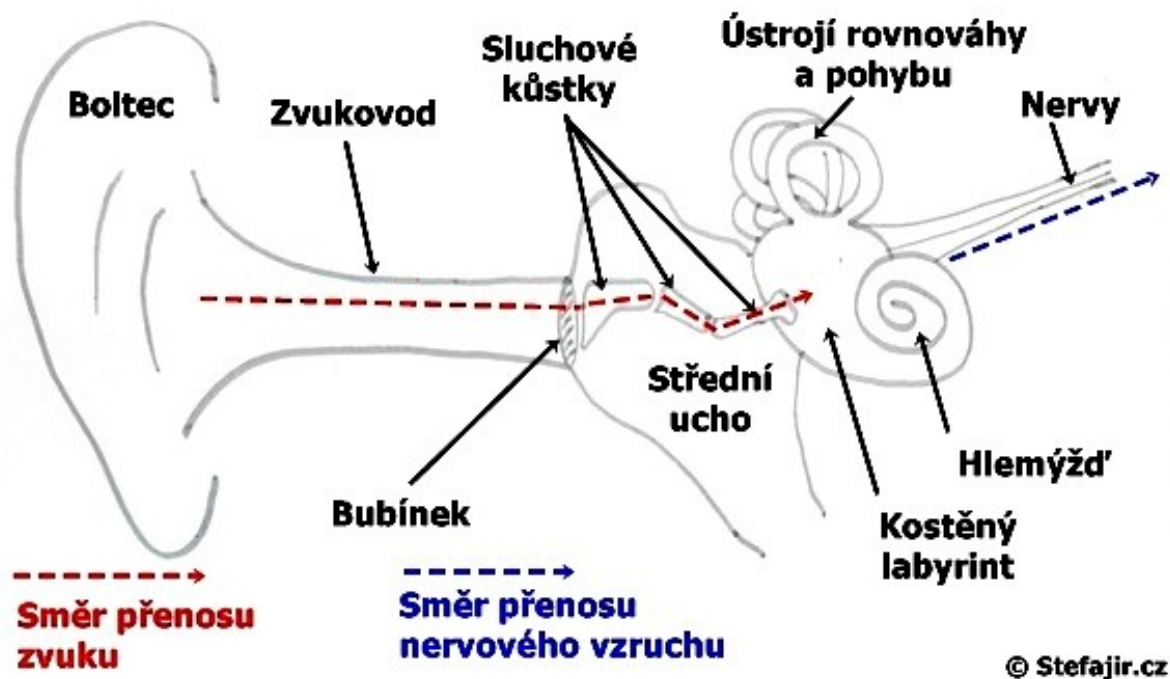
## Ztráta sluchu je často popisována takto:

- za normální sluch se považuje sluch do 15 dB ztrát,
- percepční porucha se projevív ztrátou symetrickou ve vedení kostním i vzdušném,
- převodní nedoslýchavost se projevív ztrátou ve vedení vzdušném, zatímco vedení kostní je normální.

## Míra ztráty sluchu se hodnotív jako:

- Mírně těžká ztráta sluchu = 25–40 dB,
- Středně těžká ztráta sluchu = 41–65 dB,
- Těžká ztráta sluchu = 66–90 dB,
- Velmi těžká porucha včetně hluchoty = 90 a více dB.

# Biofyzika vnímání – audiometrie



# Audiologie, foniatrie, neurootologie

- **Audiologie** – zabývá se jak studiem zdravého, tak i poškozeného sluchu
- **Foniatrie** se věnuje poruchám řeči, sluchu a hlasu. Využívá chirurgické, medikamentózní i edukační metody (nácvik správné hlasové tvorby, především u hlasových profesionálů, například zpěváků, hlasatelů nebo herců).
- **Neurootologie** se zabývá závratěmi ORL původu a ušními šelesty.

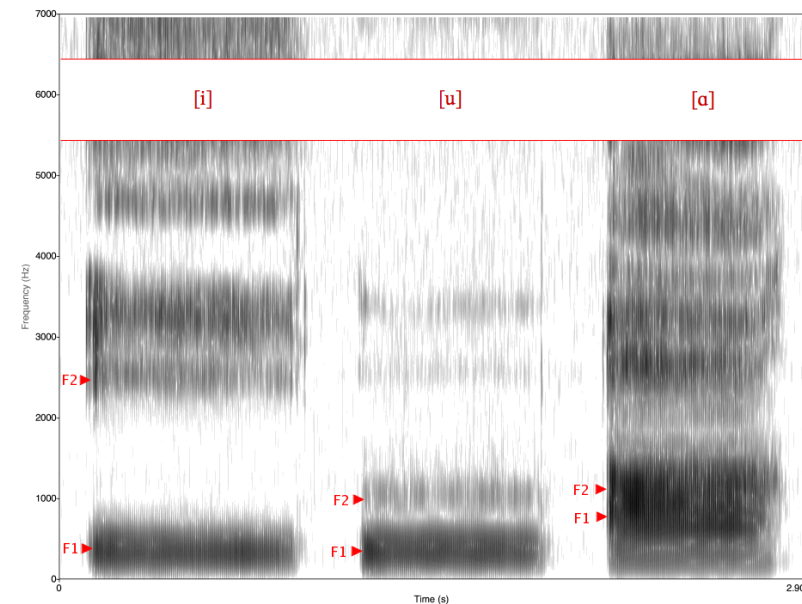
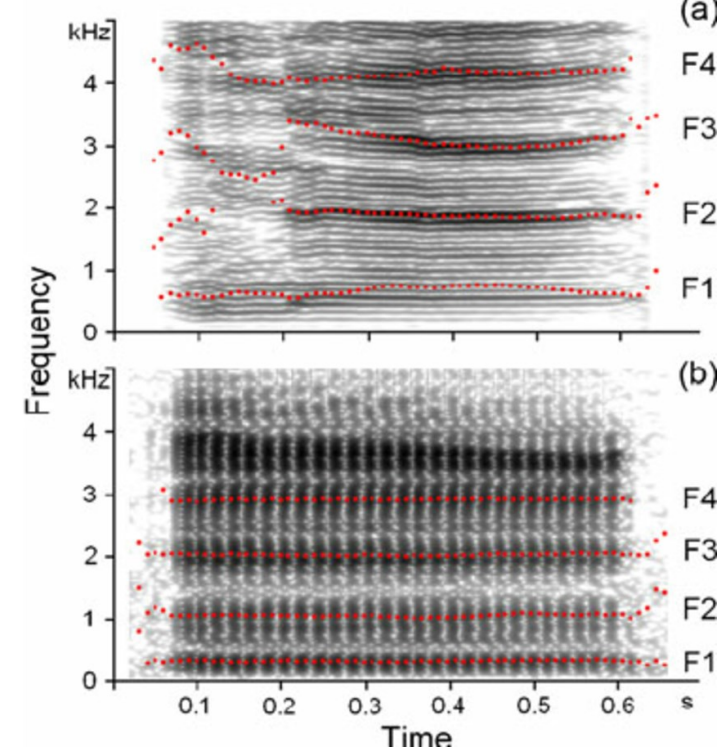
# Biofyzika vnímání – rezonance

## Dutiny – rezonátory

**Akustické vlnění** vzniká prouděním vzduchu z plic mezi štěrbinou hlasivek → rozechvějí se → od nich se rozechvěje proud vzduchu → dopad na ucho => hlas

Zvuk je ovlivněn velikostí štěrbiny a **tvarem rezonančních dutin**

- Dutina hrtanová
- Dutina ústní
- Změna tvaru některé dutiny → změna barvy hlasu
- Změna tvaru dutin v různých místech dýchacích cest → různě znějící kašel
- Tvar dutiny ústní – výslovnost samohlásek
  - Každá samohláska má vlastní tvar úst a frekvenci = formant hlásky
  - Formant se mění podle polohy jazyka, vzdáleností zubů a rtů

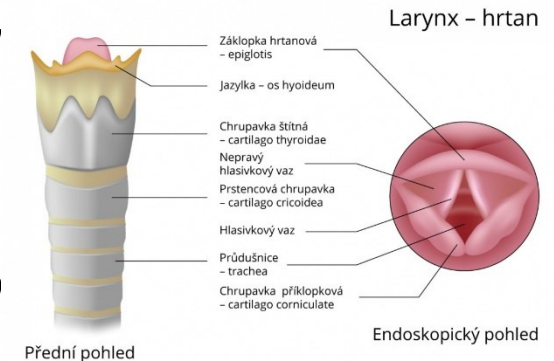




# Biofyzika vnímání – funkce hrtanu

## Tvorba hlasu, dýchání, kašlán a polykání

- Výška hlasu je určena délkou, napětím, postavením hlasivek a tlakem vydechovaného vzduchu
- Rozsah hlasu 2–5 oktáv
- Síla hlasu je dána velikostí rozkmitu hlasivek – mohutnost výdechového proudu
- Hlas je formován hrtanovou záklopkou, hrtanem, hltanem, jazykem, měkkým patrem, t
- Rozpětí se snižuje při mutaci a ve stáří



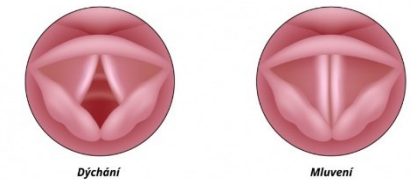
## Dýchání probíhá pomocí otevírání hlasové štěrbin

Štěrbina se oproti tomu krátce uzavírá při kašli

Po uzavření následuje nárazový výdech, díky němuž se sliznice dýchací trubice čistí a zbavuje hlenu nebo jiných těles zvenčí

Automatickým reflexem se štěrbina také uzavírá, když hrozí vnik vody nebo dalších cizích těles do plic

Polykání bez nebezpečí udušení umožňuje sklopení hrtanové příklopky



# Zdravotnické prostředky

# Demonstrace zdravotnických prostředků, speciální požadavky

## Zdravotnický prostředek (ZP)

definice § 2 zákona [č. 268/2014 Sb.](#), o zdravotnických prostředcích

**Povinnosti výrobce jsou dány zákonem č. 268/2014 Sb., o zdravotnických prostředcích a Nařízením vlády č. 54/2015 Sb., o technických požadavcích na zdravotnické prostředky**

*„se rozumí nástroj, přístroj, zařízení, programové vybavení, materiál nebo jiný předmět, použitý samostatně nebo v kombinaci, včetně programového vybavení určeného jeho výrobcem ke specifickému použití pro diagnostické nebo léčebné účely a nezbytného k jeho správnému použití, určený výrobcem pro použití u člověka za účelem*

- stanovení diagnózy, prevence, monitorování, léčby nebo mírnění choroby,*
- stanovení diagnózy, monitorování, léčby, mírnění nebo kompenzace poranění nebo zdravotního postižení,*
- vyšetřování, náhrady nebo modifikace anatomické struktury nebo fyziologického procesu,*
- kontroly početí,*

*a který nedosahuje své hlavní zamýšlené funkce v lidském organismu nebo na jeho povrchu farmakologickým, imunologickým nebo metabolickým účinkem, jehož funkce však může být takovými účinky podpořena.“*

# Demonstrace zdravotnických prostředků, speciální požadavky

## Třídy ZP

- Podle míry zdravotního rizika, kterou představuje jejich použití pro uživatele, popřípadě pro jinou fyzickou osobu (např. obsluhu), se zdravotnické prostředky rozdělují do rizikových tříd **I, IIa, IIb a III**, přičemž třída I soustřeďuje nejméně rizikové zdravotnické prostředky.
- Třidu zdravotnického prostředku určuje jeho výrobce při uvedení zdravotnického prostředku na trh, přičemž musí respektovat klasifikační pravidla stanovená prováděcími předpisy.

# Demonstrace zdravotnických prostředků, speciální požadavky

## Třídy ZP

- ZP se dělí do tříd I, IIa, IIb a III podle vzrůstající míry rizikovosti.
- Klasifikace se provádí podle klasifikačních kritérií uvedených v příloze č. 9 nařízení vlády.
- Klasifikaci ZP stanovuje jeho výrobce a musí být uvedena v ES prohlášení o shodě.
- Klasifikaci stanovuje výjimečně poskytovatel zdravotní péče, není-li známa.
- **Poskytovatel nesmí měnit zatřídění ZP.**

## Klasifikační kritéria – zvláštní pravidla

# Demonstrace zdravotnických prostředků, speciální požadavky

## Klasifikační kritéria – zvláštní pravidla

- Prostředky zvlášť určené k použití při dezinfekci, čištění, oplachování, případně hydrataci kontaktních čoček spadají do třídy IIb.
- Prostředky zvlášť určené k použití při dezinfekci zdravotnických prostředků spadají do třídy IIa. ► **M5 Pokud nejsou zvlášť určeny pro dezinfekci invazivních prostředků, kdy spadají do třídy IIb. ◀**
- Toto pravidlo se nepoužije pro výrobky určené k fyzikálnímu čištění zdravotnických prostředků, které nejsou kontaktními čočkami.

# Demonstrace zdravotnických prostředků, speciální požadavky

## Kdo může provádět instruktáž ke zdravotnickým prostředkům?

Novela zákona č. 268/2014 Sb., o zdravotnických prostředcích a o změně zákona č. 634/2004 Sb., o správních poplatcích, ve znění pozdějších předpisů, v § 61, odst. 2 uvádí: *„Instruktáž může provádět pouze osoba, která na základě odpovídajícího vzdělání, praktických zkušeností a proškolení výrobcem nebo jím pověřenou osobou, popřípadě zplnomocněným zástupcem daného výrobce nebo jím pověřenou osobou, poskytuje dostatečnou záruku odborného provádění instruktáže o správném používání daného zdravotnického prostředku. Poskytovatel zdravotních služeb, který používá tyto zdravotnické prostředky, je povinen zajistit provedení instruktáže pracovníků, kteří jsou určeni k jejich používání či obsluze.“*

Z uvedeného vyplývá, že okruh osob, které mohou instruktáž provádět se podle výše uvedené citace § 61 odst. 2 rozšířil o osobu pověřenou výrobcem, popřípadě zplnomocněného zástupce daného výrobce nebo jím pověřenou osobu. Osoby, které mohou provádět instruktáž jsou tedy:

- Osoba proškolená výrobcem
- Osoba proškolená osobou pověřenou výrobcem
- Osoba proškolená zplnomocněným zástupcem daného výrobce
- Osoba proškolená osobou pověřenou zplnomocněným zástupcem daného výrobce

## Aktivní ZP

- Podle § 2 odst. 4 ZoZP rozumí zdravotnický prostředek, jehož činnost je závislá na zdroji elektrické nebo jiné energie, která není přímo dodávána lidským organismem nebo gravitací.

Je poskytovatel zdravotních služeb povinen zajistit instruktáž k implantabilnímu zdravotnickému prostředku, který není aktivní, a ke zdravotnickým prostředkům rizikové třídy IIb a III, které nejsou aktivními zdravotnickými prostředky?

- Pokud výrobce nestanovil, že osoba obsluhující implantabilní zdravotnický prostředek, který není aktivní, a zdravotnický prostředek rizikové třídy IIb nebo III, který není aktivní, musí absolvovat instruktáž, není poskytovatel zdravotních služeb v souladu s § 61 ZoZP povinen instruktáž zajistit.



# Návod k použití ZP

Mohu používat ZP, pokud nemám k dispozici český návod k použití?

- Ustanovení § 60 zákona č. 268/2014 Sb. uvádí, že *„Poskytovatel zdravotních služeb je povinen zajistit, aby byl uživateli dostupný návod k použití zdravotnického prostředku v českém jazyce a informace, které se vztahují k jeho bezpečnému používání; povinnost zajištění dostupnosti návodu k použití neplatí u zdravotnického prostředku rizikové třídy I nebo IIa, u něhož výrobce stanovil, že jej není třeba pro bezpečné používání zdravotnického prostředku“*.
- V případě, že poskytovatel nebude moci zajistit, aby byl návod k použití v českém jazyce uživateli dostupný, nelze ZP při poskytování zdravotních služeb používat. Zákon č. 268/2014 Sb. v tomto nepřipouští žádnou výjimku, tedy ani pro ZP dodané před rokem 2000. Lze tedy dovodit, že povinnost poskytovatele zdravotních služeb zajistit návod k použití ZP v českém jazyce se vztahuje na všechny ZP vyjma těch, u nichž výrobce stanovil, že jej není pro bezpečné použití třeba.

# Opakované použití jednorázových ZP

## **Je možné použít zdravotnické prostředky pro jedno použití po jejich resterilizaci / reprocessingu?**

Není. V případě opakovaného použití zdravotnického prostředku pro jedno použití dochází kromě porušení § 59 zákona č. 268/2014 Sb., i k závažnému porušení zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví, ve znění pozdějších předpisů.

Nejsou dodrženy podmínky stanovené prováděcím předpisem – vyhláškou č. 306/2012 Sb., příloha 3 „*opakovaně používané zdravotnické prostředky se dezinfikují, čistí a sterilizují podle návodu výrobce. Jednorázové pomůcky se nesmí opakovaně používat ani po jejich sterilizaci; “*.

Legislativní změny v této oblasti však mohou přijít v souvislosti s připravovaným evropským předpisem (evropským nařízením), týkajícím se zdravotnických prostředků.

# Proškolení k používání ZP

**Jaké náležitosti by měl obsahovat doklad o proškolení výrobcem nebo jím pověřenou osobou, popřípadě zplnomocněným zástupcem daného výrobce nebo jím pověřenou osobou, pro osobu provádějící instruktáž dle § 61 odst. 2 zákona č. 268/2014 Sb.?**

Z ustanovení § 61 vyplývá, že z dokladu by mělo být jasné, že se jedná o proškolení v oblasti instruktáže, že proškolení bylo poskytnuto výrobcem nebo jím pověřenou osobou, popřípadě zplnomocněným zástupcem daného výrobce nebo jím pověřenou osobou. Vhodné je uvádět:

- identifikační údaje ZP, pro které bylo provedeno proškolení
- identifikace výrobce (název, obchodní firma výrobce)
- datum, kdy bylo proškolení provedeno,
- jméno osoby, která proškolení provedla, (včetně podpisu)
- jméno osoby, která absolvovala proškolení,
- informace o rozsahu provedeného proškolení (jaké činnosti a čeho se proškolení týkalo)

# Instalace ZP

## **Kdo a jak může instalovat zdravotnický prostředek u poskytovatele zdravotních služeb?**

Ustanovení § 59 odst. 1 písm. d) ZoZP stanoví, že Poskytovatel zdravotních služeb je povinen zajistit, aby při nakládání se zdravotnickým prostředkem byla dodržována pravidla podle § 45 odst. 2 přiměřeně. V ustanovení § 45 odst. 2 písm. a) ZoZP se pak zmiňuje nutnost nakládání se zdravotnickým prostředkem v souladu s návodem k použití a dalšími pokyny výrobce. Z výše uvedeného vyplývá, že tato povinnost se vztahuje přiměřeně i na poskytovatele zdravotních služeb.

Při instalaci, jako jednoho z úkonů předcházejících používání ZP, je tedy nutné, aby se ZP bylo nakládáno v souladu s jeho návodem k použití a dalšími pokyny výrobce, tj. pokud výrobce uvede požadavky vztahující se k instalaci ZP (např. specifikaci osoby, která může instalaci ZP provádět), je nutné jeho pokyny v rámci nakládání se ZP, tedy při instalaci, respektovat.

# Překlady návodů k použití ZP

- Distributor/Dovozce smí distribuovat a dovážet na trh České republiky pouze zdravotnické prostředky (dále též „ZP“) **s návodem k použití v českém jazyce**, které má zajistit přímo výrobce ZP.
- V praxi je však běžné, že výrobce návod nepřeloží a autorizuje k překladu návodů přímo distributora/dovozce.
- Distributor/dovozce má tak od výrobce doklad, kde je psáno, že jej výrobce autorizuje k překladu a úpravě návodů.

## ... a ještě k jazyku návodům k použití ZP

Lze místo návodu k zdravotnickému prostředku mít návod ve slovenském jazyce? Jedná se o starší přístroj, jiný návod k němu není a slovensky všichni rozumí.

- Ne. Zákon č. 268/2014 Sb. v § 60 odst. 1 **explicitně požaduje po poskytovateli zdravotních služeb zajištění návodu v českém jazyce.**
- Dále pak v § 59 se píše, že poskytovatel zdravotních služeb nesmí používat zdravotnický prostředek při poskytování zdravotních služeb, jestliže nemá k dispozici návod k použití v českém jazyce; tato podmínka nemusí být splněna u zdravotnického prostředku rizikové třídy I nebo IIa, u něhož výrobce stanovil, že jej není třeba pro bezpečné používání zdravotnického prostředku.
- **Z výše uvedeného je tak zřejmé, že návody ke zdravotnickým prostředkům musí být vždy v jazyce českém.**

# Zdravotnické elektrické obvody

# Zdravotnické elektrické rozvody

- Bezpečná energie pro všechny elektrické přístroje
- Bezpečnostní a provozní parametry → standardy
  - ČSN 33 2140 *Elektrický rozvod v místnostech pro lékařské účely*
  - ČSN 34 1720 *Zdravotnická rentgenová pracoviště*
  - ČSN 36 0082 *Umělé osvětlování ve zdravotnických zařízeních*
- Z principu musí norma pro elektrické rozvody navazovat na obecně platnou normu a vhodným způsobem ji modifikovat pro potřeby zdravotnictví.
- ČSN 33 2140 doplněn textem z budoucí normy pro elektrické rozvody ČSN 33 2000-7-710.
- TNI 33 2140 doplňují nové informace pro uživatele z oblasti elektrických rozvodů v místnostech pro lékařské účely a obsahují řešení odpovídající poznání v oboru po roku 2000.



# Zdravotnické elektrické rozvody – požadavky

## 1. Ochrana proti přímému elektrickému nebezpečí

Ohrožení nebezpečným dotykovým napětím (ochrana před úrazem elektrickým proudem).

## 2. Ochrana proti nepřímému elektrickému nebezpečí

Ohrožení způsobené přerušením dodávky elektrické energie, výbuchem, požárem, nebezpečnými účinky statické elektřiny a elektromagnetickým rušením citlivých zdravotnických přístrojů.

### Oblast použití normy TNI 33 2140

- nemocnice, kliniky a polikliniky (i mobilní),
- sanatoria, domovy pro seniory, pečovatelské ústavy,
- ordinace praktických lékařů a stomatologů,
- jiná ambulantní zařízení (pracovní a sportovní lékařství)

# Zdravotnické elektrické rozvody – základní podmínky

- Ochrana před nebezpečným dotykovým napětím musí ve všech místnostech zdravotnických zařízení vyhovovat **ČSN 33 2000-4-41**.
- V místnostech pro lékařské účely musí být použity rozvodné soustavy TN-S, TT nebo IT.
- Zásuvkové vývody musí být umístěny tak, aby bylo možné připojit zdravotnické přístroje bez prodlužovacích šňůr a rozboček.
- Rozváděč zdravotnického oddělení je posledním bodem, ve kterém může dojít ke změně rozvodné soustavy TN-C na TN-S, nesmí být ale umístěn v místnosti pro lékařské účely.
- Pro zdravotnické prostory musí být napájení elektrickou energií bezpečné, spolehlivé a kvalitní i v mezních situacích. Vodič PEN v rozvodné soustavě TN-C musí mít průřez minimálně  $10 \text{ mm}^2$ .

# Zdravotnické elektrické rozvody – definice

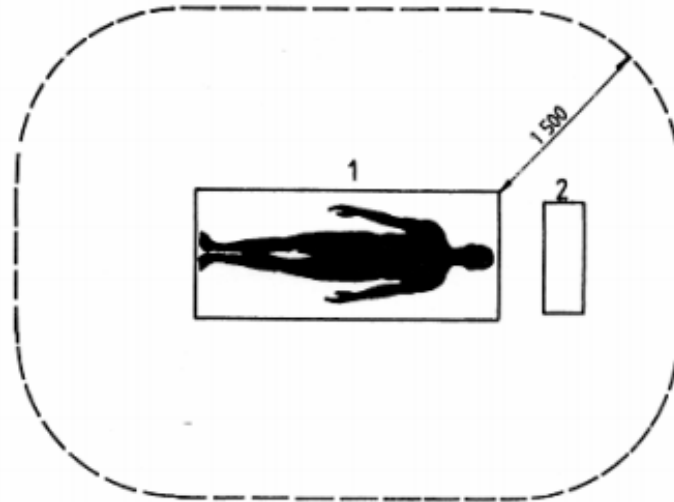
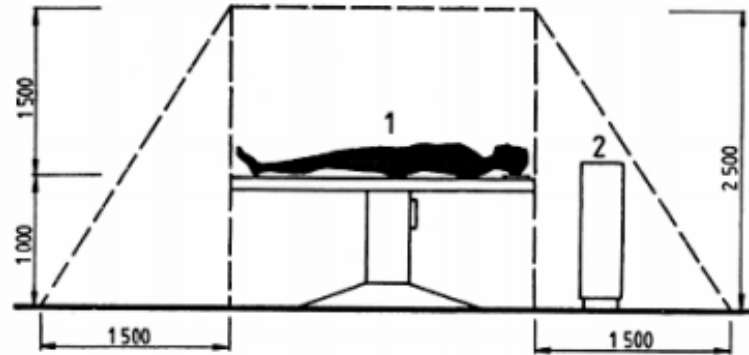
- **Zdravotnický prostor** – prostor určený ke stanovení diagnózy, pro léčení (i kosmetické), sledování a péči o pacienty. K zajištění ochrany pacientů před možnými elektrickými nebezpečími musí být v lékařských prostorech použita doplňující ochranná opatření v závislosti na poskytované péči (podle terapie nebo diagnózy). Podle způsobu používání zdravotnických prostor jsou prostory rozděleny do skupin **0**, **1** nebo **2** pro jednotlivé zdravotnické postupy.
- **Pacient** – živá bytost (osoba nebo zvíře) podstupující zdravotnické nebo dentální vyšetření nebo léčbu.
- **Elektrický zdravotnický přístroj** – určený výrobcem pro diagnostiku, léčení nebo monitorování pacienta nebo detekuje přenos energie do pacienta nebo z něj, má jedno připojení k napájecí síti.
- **Příložná část** – část zdravotnického elektrického přístroje, která při normálním použití přichází nezbytně do fyzického dotyku s pacientem, aby zdravotnický přístroj mohl plnit svoji funkci.

# Zdravotnické elektrické rozvody – definice

- **Skupina 0** – nejsou použity žádné příložné části, zkrat zdroje nemůže způsobit ohrožení života.
- **Skupina 1** – prostor, kde při závadě je možné připustit přerušení funkce zdravotnických elektrických přístrojů, aniž by došlo k ohrožení pacienta. Vyšetření nebo ošetření lze opakovat. Příložné části se přikládají zevně nebo uvnitř těla, ale ne na srdci.
- **Skupina 2** – zdravotnický prostor, kde se předpokládá:
  - intrakardiální použití příložných částí (operační sál, JIP),
  - přerušení napájení může ohrozit život pacientů nebo jejich vyšetření,
  - ošetření není
- **Klasifikace zdravotnického prostoru** musí být provedena ve spolupráci se zodpovědnými pracovníky zdravotnických zařízení, kteří budou elektroinstalaci používat, na základě toho, jaké zdravotnické procedury se budou v prostorech vykonávat a jaké přístroje používat.
- **Zdravotnický elektrický systém** – sestava zdravotnických přístrojů.
- **Pacientské prostředí** – prostor, ve kterém může nastat úmyslný nebo neúmyslný kontakt mezi pacientem a elektrickým zdravotnickým přístrojem nebo mezi pacientem a osobami dotýkajícími se částí zdravotnického elektrického přístroje možné opakovat.

# Zdravotnické elektrické rozvody – definice

## Pacientské prostředí



# Zdravotnické elektrické rozvody – barevné značení el. zásuvek

V místnostech pro lékařské účely se používá několik druhů napájecích systémů, které musí být jednoznačně od sebe odlišeny, protože v důsledku může nesprávné použití způsobit nepříjemnosti, případně i ohrožení zdraví nebo života pacientů. Podle ČSN 33 2140 musí být použita:

- **Zelená barva** – pro připojení zdravotnických i jiných elektrických přístrojů, které musí mít zajištěno nouzové napájení, ale přerušení do 2 minut (což je nejdelší čas, kdy dojde k obnovení napětí na těchto vývodech) neohrozí život nebo zdraví pacientů, neohrozí základní provoz zdravotnického zařízení a nezpůsobí nenahraditelné škody.
  - Při bezporuchovém provozu jsou tyto zásuvky napájeny ze základního zdroje, při závadě na základním zdroji nebo závadě na přívodu jsou napájeny z hlavního nouzového zdroje.
    - Nouzovým zdrojem je zpravidla diesela agregát s automatickým startem. Tento zdroj dodává elektrickou energii po celou dobu přerušení napájení ze základního zdroje.
  - Při písmenovém označení bude použito písmeno D, protože obvody, které mají zajištěno napájení z hlavního nouzového zdroje, se nazývají důležité obvody.

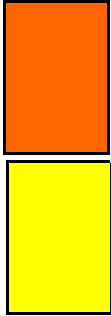
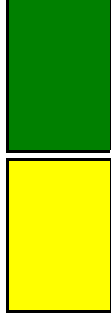
# Zdravotnické elektrické rozvody – barevné značení el. zásuvek




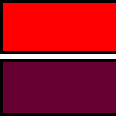
- **Žlutá barva** víčka zásuvek pro zdravotnickou izolovanou soustavu, která se používá pro napájení zdravotnických elektrických přístrojů, jejichž charakter použití vylučuje likvidovat prvou závadu izolace přerušением napájení a tím vypnutí přístroje, protože vyřazení přístroje z provozu by mohlo ohrozit život nebo zdraví pacientů.
  - Transformátor, použitý pro vytvoření zdravotnické izolované soustavy má primární vinutí napájené z důležitých obvodů.
  - Závada zdravotnické izolované soustavy je signalizována optickou a akustickou signalizací.
  - Při písmenovém označení bude použito písmeno Z jako zkratka pro zdravotnickou izolovanou soustavu.
- **Oranžová barva** víčka zásuvek je určena pro vývody **velmi důležitých obvodů**, což je v principu zdravotnická izolovaná soustava s ještě vyšším stupněm zajištění dodávky elektrické energie, protože primární vinutí jejího ochranného oddělovacího transformátoru **je napájeno z UPS**, prakticky vždy provozovaného v on-line režimu, tedy bez přerušení napájení připojených přístrojů (podle ČSN 33 2140 maximálně 15 sekund).
  - Protože nouzový zdroj má omezený výkon a omezenou dobu provozu, mohou být z tohoto typu zásuvek napájeny pouze zdravotnické přístroje, které podporují nebo nahrazují základní životní funkce, nemají zajištěno nouzové napájení jiným způsobem a doba obnovení napětí hlavního nouzového zdroje je pro ně příliš dlouhá.
  - Při písmenovém označení budou označeny písmenem V, protože obvody s popsáním způsobem zajištění dodávky elektrické energie se nazývají velmi důležité obvody.

## Zdravotnické elektrické rozvody

**Vývody, určené pro napájení zdravotnických přístrojů musí mít prakticky ve všech případech použitý proudový chránič s citlivostí 30 mA.**



<p><b>A) kombinace žlutooranžová</b></p>		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tyto zásuvky povinně použít pro připojení zdravotnických přístrojů (a žádných jiných el. spotřebičů) v: předoperačních a pooperačních místnostech, operačních sálech, operačních sádrovnách, hemodialyzačních odděleních, katetrizačních sálech (katetrizace cév a srdečních du místnostech intenzivní péče, odděleních s centrálním sledováním pacientů (lůžkové monitory připojené na centrální monitor), angiografických pracovištích.</li> <li>2. Doporučeno pro připojení zdrav. přístrojů na pracovištích, kde se provádějí endoskopické výkony, zákrokových sálech, pro přístroje připojené na katétrů zaváděné jinam než do srdečně cévního systému, pokud je možné, preferovat před zásuvkami s jiným značením.</li> <li>3. Vzhledem k omezenému elektrickému příkonu této napájecí soustavy <b>nepřipojujte zařízení s velkou spotřebou</b> – obvykle jsou to spotřebiče, které nejsou vodivě spojené s pacientem nebo s obsluhou (generátory chladu či tepla pro matrace/přikrývky na op. sálech, různé kompresory, chladničky, mrazicí boxy, dočasná výpomocná topidla či chlazení pro úpravu teploty v místnosti apod.). Natož obecné nepřístrojové spotřebiče (mikrovlnné trouby, varné konvice, chlazené zásobníky Beck pitné vody aj).</li> </ol> <p><b>Žlutá barva</b> značí, že zásuvka poskytuje speciální a zároveň maximální možný stupeň ochrany před úrazem elektrickým proudem, a to i v případě izolační závady na zdravotnickém přístroji. I při takové závadě (oznamované opticky a akusticky) se může práce nerušeně dokončit.</p> <p><b>Oranžová barva</b> značí, že zásuvka je napájena z centrálního náhradního zdroje elektřiny, který dodává energii bez přerušení (tzv. UPS). Přístroje zapojené do této zásuvky „nepoznají“ výpadek ve veřejné elektrosíti.</p>
<p><b>B) kombinace žlutozelená</b></p>		<p>Pro připojení přístrojů jak je uvedeno v A-bod 1 nebo A-bod 2, jako druhá volba, pokud nejsou k dispozici zásuvky s barvou žlutooranžová. Opět platí zásada rozumného a nezbytného zatěžování (viz A-bod 3).</p> <p><b>Žlutá barva</b> viz A</p> <p><b>Zelená barva</b> značí, že v případě výpadku el. proudu ve veřejné elektrosíti začne být zásuvka během 30 sekund napájena z dieselaagregátu. Na rozdíl od zálohy typu UPS vznikne tedy prodleva, během níž není v zásuvce napětí. Většina přístrojů obsahuje citlivé počítačové prvky a musí být uváženo, zda po obnově napájení nenastane potřeba opětovného startu, resetu apod., což může představovat další zdržení a stress pro obsluhu, případně potřebu přivolat technickou pomoc. Je také třeba počítat s tím, že krátkodobé přerušení v zásuvce nastane v okamžiku, kdy dodávka elektřiny z veřejné sítě se obnoví a dieselaagregát se odpojí.</p>

<p><b>C) samotná oranžová nebo oranžová s bílým rámečkem</b></p>		<p>Vhodné pro přístroje vyžadující elektrické napájení bez přerušování, přitom nespádající do výčtu v A-bod 1 a A-bod 2. Opět platí zásada rozumného a nezbytného zatěžování (viz A-bod 3).</p> <p>Význam oranžové barvy vysvětlen v A. <b>Pozor, zásuvka neposkytuje žádný zvláštní, zvýšený stupeň ochrany před úrazem elektrickým proudem.</b></p>
<p><b>D) zelená</b></p>		<p>Vhodné pro přístroje, které by neměly být dlouho bez el. napájení, ale nevadí jim jeho přerušování na 15-20 sekund, přitom nespádající do výčtu v A-bod 1, příp. v A-bod 2.</p> <p>Příkonové omezení není tak silné jako u zásuvek nesoucích žlutou nebo oranžovou barvu a proto lze rozumně rozšířit jejich použitelnost na přístroje a zařízení vyjmenovaná v A-bod 3.</p> <p>Význam zelené barvy vysvětlen v B. <b>Pozor, zásuvka neposkytuje žádný zvláštní, zvýšený stupeň ochrany před úrazem elektrickým proudem.</b></p>
<p><b>E) béžová s bílým rámečkem nebo tmavě šedá</b></p>		<p>Přednostně zdravotnické přístroje na jiných pracovištích než je vyjmenováno v A-bod 1, příp. bod 2. Velmi vhodné pro spotřebiče vyjmenované v A-bod 3.</p> <p>Béžová nebo tmavě šedá barva značí, že zásuvka poskytuje zvýšenou ochranu před úrazem elektrickým proudem. Ale pozor, není ošetřeno proti výpadku napájení z veřejné elektrovedné sítě.</p>
<p><b>F) bílá</b></p>		<p>Normální spotřebiče (případně zdravotnické přístroje na jiných pracovištích než je vyjmenováno v A, bod 1, příp. 2., jestliže není jiná, lepší možnost).</p> <p>Normální stupeň ochrany před úrazem elektrickým proudem (jako v domácnosti, v kanceláři, v denní místnosti personálu apod.). Žádné zálohování nouzovým zdrojem el. proudu při výpadku napájení z veřejné elektrovedné sítě.</p>
<p><b>G) červená nebo bordó s bílým rámečkem nebo červená s klíčem v zásuvkových otvorech</b></p>		<p>Určeno pro počítače (zvýšená ochrana proti rušení elektrickými impulsy).</p> <p>Napájení není zálohováno ani UPS, ani diesलगregátem. Normální stupeň ochrany před úrazem el. proudem.</p>

# **Základy optiky**

# Vnímání zrakových podnětů

## Světlo a jeho podstata – optika

Světlo je částí spektra elektromagnetického záření – optické záření je v rozsahu vlnových délek:

- Viditelné 50 % (365–780 nm)
- Infračervené 45 % (780 nm–1 mm)
- Ultrafialové 5 % (100–365 nm)

## Geometrická optika

## Vlnová optika

## Elektromagnetická optika

## Kvantová optika

# Oko – optický systém

Zobrazení obrazu okolního světa

Příjem a zpracování informace

Fotony viditelného světla – 380 až 780 nm

Fyzikální, fyziologický, psychologický proces

Optická a fotochemická cesta primárního obrazu vnějšího světa

Informace se dostává do mozku po optické dráze a ve zrakovém centru v mozkové kůře je zpracována

# Anatomie oka

Bulbus oculi – průměr cca 24 mm

Sclera

Cornea

Conjunctiva

Choroidea

Retina

Corpus ciliare

Iris

Pupila

Lens crystalina

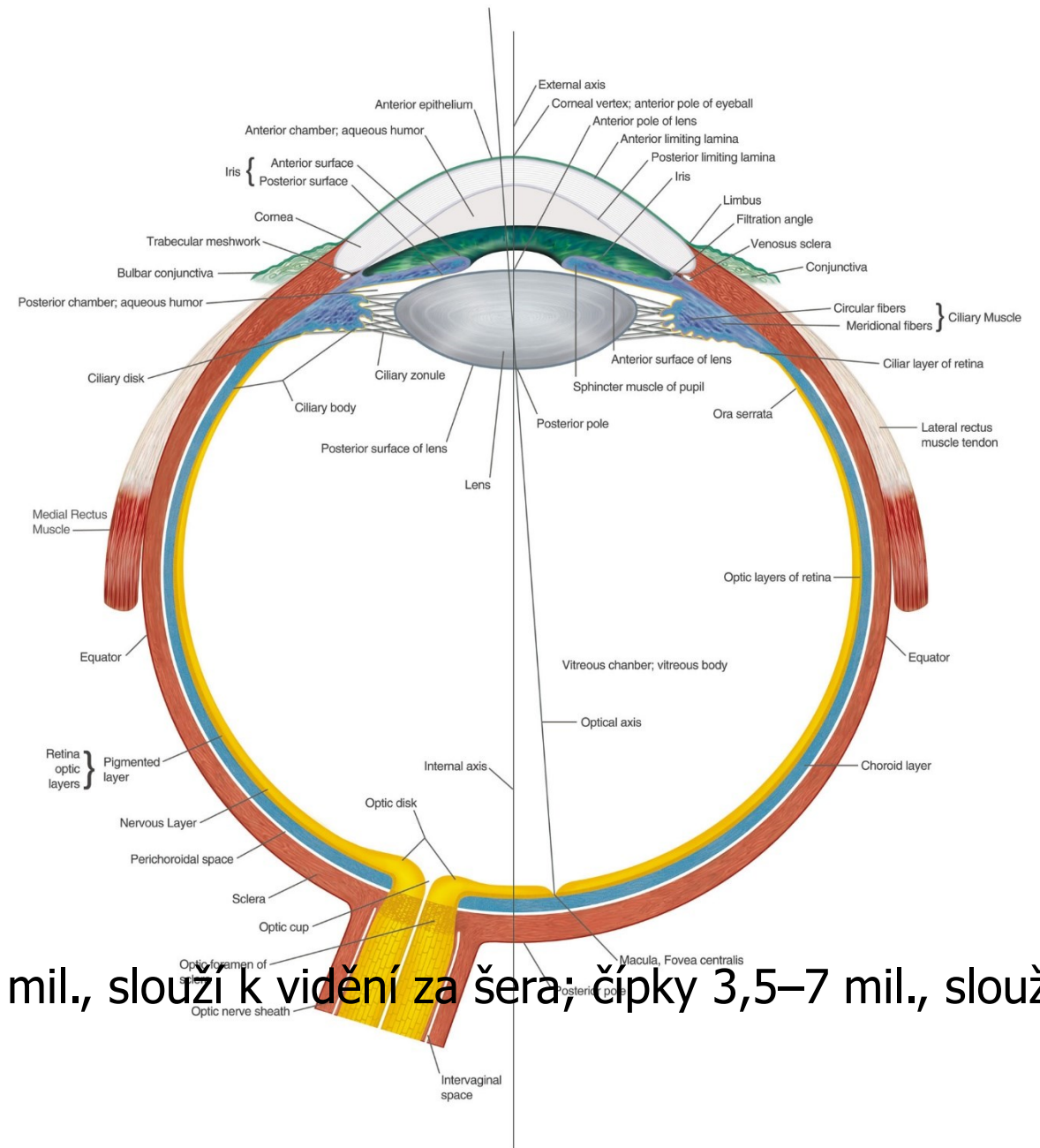
Corpus vitreum

Nervus opticus

Světlocitlivé buňky – fotoreceptory (tyčinky 75–150  $\mu\text{m}$ , slouží k vidění za šera; čípky 3,5–7  $\mu\text{m}$ , slouží k vidění za denního světla)

Žlutá skvrna

Slepá skvrna



# Zpracování optické informace

## Tyčinky a čípky – adaptace oka na světlo

- Fotopické (denní) – čípky, citlivost má maximum na 555 nm

Při jasu vyšším než  $10^2 \text{ cd.dm}^{-2}$

- Mezopické – při snížené intenzitě, čípky i tyčinky, max. při 509 nm
- Skotopické (noční) – tyčinky, ztráta barevného vidění
  - Při jasu nižším než  $10^{-3} \text{ cd.dm}^{-2}$

Světlolomný aparát – rohovka, čočka, komorová voda, sklivec (vytvoření obrazu)

Světlocitlivý aparát – tyčinky a čípky (fotoreceptory)

# Světlořadný aparát – vytvoření obrazu

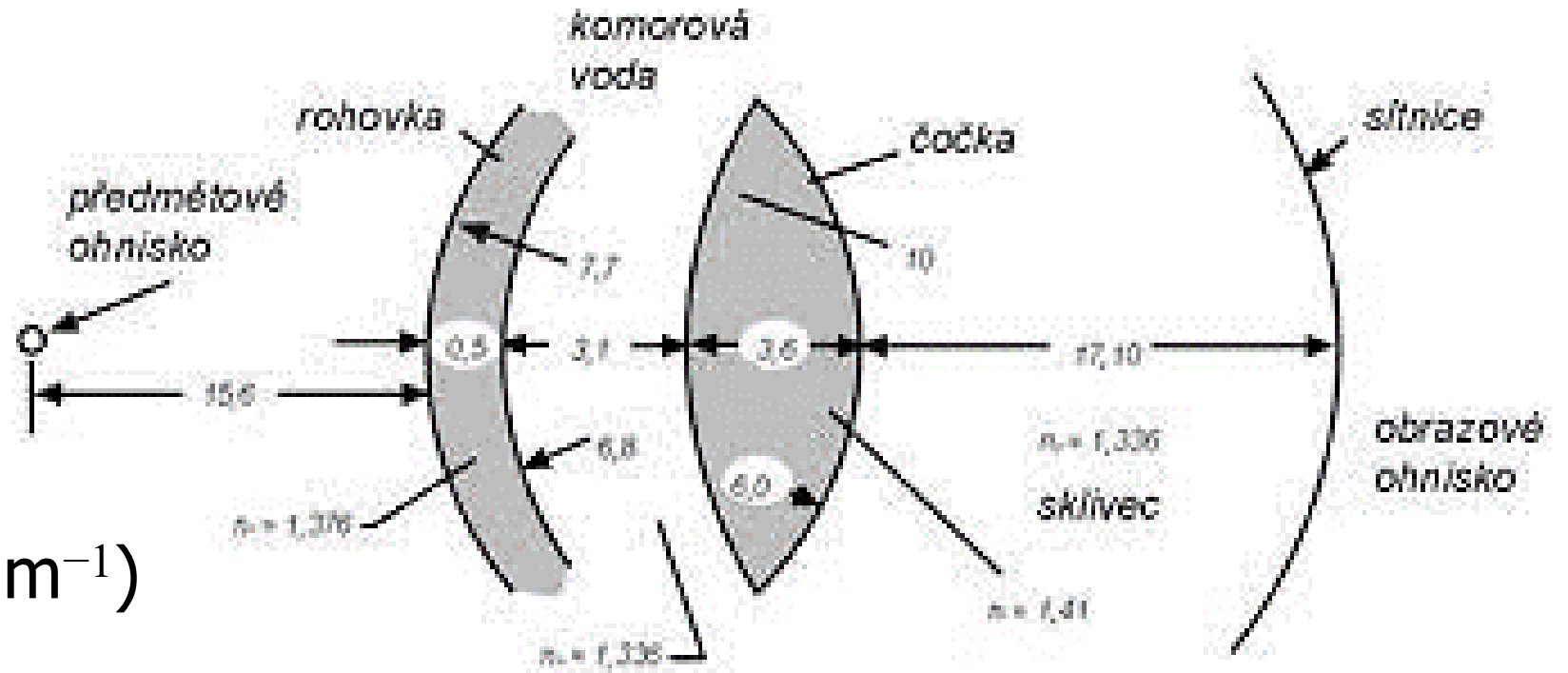
## Gullstrandův model oka

Při vytváření obrazu musí světelný paprsek projít cestou k sítnici čtyřmi optickými prostředími:

- rohovka
- komorová voda
- čočka
- Sklivec

Jednotka lomivosti  $D$  ( $m^{-1}$ )

Akomodace oka





# Světločivný aparát – fotoreceptory

## **Tyčinky – funkce**

Rodopsin (tzv. zrakový purpur) → retinal + opsin – reverzibilní rychlá reakce

Při silném osvětlení se mění na retinol – reverzibilní pomalá reakce

Avitaminóza A?

## **Čípky – funkce**

Žlutá skvrna

Fotopické vidění, zraková ostrost, intenzita, barva, sytost

Trichromatická teorie

Barvocit

# Vady oka a jejich korekce

Krátkozrakost (myopie) – konkávní čočky (rozptylky)

Dalekozrakost (hypermetropie) – spojky

Vetchozrakost (presbyopie) – „staré oko“

Astigmatismus – cylindry

Poruchy barevného vidění – barva předmětu představuje vjem vznikající souhrou tří jevů:

- Barva souvisí s vlastnostmi pozorovaného objektu
- Barva souvisí se zdroji osvětlení scény a jejich vlastnostmi
- Barva souvisí s mechanismy vnímání člověkem
- Protanomálie
- **Deuteranomálie**
- Protanopie
- Deuteranopie
- Tritanopie