



EVROPSKÁ UNIE  
Evropské strukturální a investiční fondy  
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



Název projektu	Rozvoj vzdělávání na Slezské univerzitě v Opavě
Registrační číslo projektu	CZ.02.2.69/0.0./0.0/16_015/0002400

# Základy biofyziky

## Distanční studijní text

**David Korpas**

**Opava 2020**



**SLEZSKÁ  
UNIVERZITA**  
FAKULTA VEŘEJNÝCH  
POLITIK V OPAVĚ

**Obor:** biologické a příbuzné vědy, ošetrovatelství a porodní asistentství, fyzika

**Klíčová slova:** fyzikální veličiny a jednotky, termodynamika, buňka, ionizující záření, elektrický proud, optika

**Anotace:** Distanční podpůrný studijní materiál *Základy biofyziky* je určen pro obor pediatrické ošetrovatelství. Hlavním cílem je seznámit studenty kombinované formy studia s rozsahem a hloubkou probírané látky a doporučenou studijní literaturou.

U kombinované formy studia se předpokládá především samostudium za pomoci distančních studijních opor a doporučené literatury.

Tento text je rozdělen do kapitol ve shodě se sylabem předmětu.

**Autor:** **Ing. David Korpas, Ph.D.**

## Obsah

ÚVODEM.....	6
RYCHLÝ NÁHLED STUDIJNÍ OPORY.....	7
1 FYZIKÁLNÍ VELIČINY A JEDNOTKY. STAVBA HMOTY A MOLEKULOVÁ BIOFYZIKA.....	8
1.1 Molekulová biofyzika .....	12
1.2 Stavba atomu .....	12
1.2.1 Interakce vazebné.....	15
1.2.2 Interakce nevazebné.....	16
1.3 Molekulové vlastnosti plynů .....	17
1.4 Molekulové vlastnosti kapalin .....	19
1.4.1 Povrchové jevy.....	19
1.5 Molekulové vlastnosti pevných látek.....	22
2 TERMODYNAMIKA, DIFUZE, OSMÓZA .....	23
2.1 Teplota.....	23
2.2 Stavové veličiny .....	24
2.3 Termodynamika .....	25
2.4 Fázové přeměny .....	31
2.5 Disperzní soustavy – roztoky .....	31
2.6 Termodynamické vlastnosti roztoků .....	33
3 BIOFYZIKA BUŇKY, TKÁNÍ A ORGÁNŮ.....	36
3.1 Transport přes buněčnou membránu .....	39
3.2 Membránový potenciál.....	40
3.3 Akční (činnostní) potenciál .....	42
3.4 Mechanické vlastnosti tkání .....	44
3.5 Biomechanika kostí .....	46
3.6 Biofyzika svalů.....	47
3.7 Práce srdce, proudění krve .....	49
3.8 Biofyzika dýchání .....	51
3.9 Akční potenciály srdce .....	54
3.10 Akční potenciály mozku.....	55
4 BIOFYZIKA SMYSLOVÉHO VNÍMÁNÍ.....	58

4.1	Biofyzika chuti .....	61
4.2	Biofyzika čichu .....	62
4.3	Biofyzikální funkce lidského ucha .....	63
4.3.1	Sluchové vady .....	64
4.4	Biofyzikální funkce lidského oka.....	65
5	ELEKTRICKÉ PŘÍSTROJE A SYSTÉMY V OŠETŘOVATELSTVÍ. BEZPEČNOST POUŽITÍ.....	69
5.1	Základní pojmy .....	69
5.2	Účinky elektrických proudů na organismus.....	70
5.2.1	Stejnosměrný proud .....	70
5.2.2	Střídavý proud.....	71
5.3	Ochrana před účinky elektrického proudu .....	72
5.4	Zdravotnické elektrické rozvody.....	74
5.4.1	Barevné označování zásuvek .....	76
5.5	Bezpečnostně technická kontrola .....	77
6	ZÁKLADY AKUSTIKY A OPTIKY PRO ZDRAVOTNÍ PÉČI. ....	78
6.1	Základy akustiky .....	78
6.1.1	Fyziologická akustika .....	81
6.1.2	Vznik lidského hlasu.....	82
6.2	Základy optiky.....	84
6.2.1	Základní pojmy .....	84
6.2.2	Základní vztahy.....	85
6.2.3	Druhy čoček .....	87
6.2.4	Korekce zrakových vad.....	87
7	BIOFYZIKÁLNÍ PRINCIPY DIAGNOSTICKÝCH METOD. ....	90
7.1	Vlastní biosignály.....	91
7.2	Zprostředkované biosignály .....	92
7.3	Snímání biosignálů.....	92
7.4	Snímací elektrody.....	92
8	BIOFYZIKÁLNÍ PRINCIPY ZOBRAZOVACÍCH METOD.....	94
8.1	Základní pojmy .....	94
8.2	Kontrast .....	96
9	LITERATURA .....	97
	SHRNUTÍ STUDIJNÍ OPORY .....	98

PŘEHLED DOSTUPNÝCH IKON.....99

## **ÚVODEM**

## RYCHLÝ NÁHLED STUDIJNÍ OPORY

Distanční učební text *Biofyzika* je určen jako základní literatura k předmětu biofyzika pro obor *všeobecná sestra*. Přestože se může zdát, že při relativně jednoduchém ovládní dnešní moderních zdravotnických přístrojů už není třeba se zabývat základními vědeckými obory jako je biofyzika, má tento obor ve zdravotnickém vzdělávání stále své místo. Odbornost každého pracovníka se totiž ukáže až ve chvíli, kdy přístroj či jiný systém buďto nefunguje, jak očekáváme, nebo předkládá neočekávané výsledky. V tuto chvíli je třeba se hlouběji zabývat fyzikálními principy jeho činnosti a určit, zda chování systému je normální, či zda se jedná o závadu.

Tento učební text je rozdělen do jedenácti kapitol, které se dále dělí na články. Tento učební text by vám měl studium základů biofyziky co nejvíce ulehčit a dát představu o šíři probírané látky.

Je vhodné upozornit, že pro dobré pochopení problematiky tato studijní opora nestačí. Při čtení souvislého textu, např. z libovolné učebnice lékařské biofyziky pokrývající tuto problematiku, dojde ke snazšímu zapamatování a pochopení látky.

# 1 FYZIKÁLNÍ VELIČINY A JEDNOTKY. STAVBA HMOTY A MOLEKULOVÁ BIOFYZIKA.



## RYCHLÝ NÁHLED KAPITOLY

Vzhledem k tomu, že posluchači zdravotnických studijních oborů přicházejí na univerzitu z různých typů středních škol, je nutné zopakovat fyzikální jednotky, známé ze střední školy. Dále pak bude proveden popis chemických vazeb, stavby hmoty a základy molekulové fyziky látek.



## CÍLE KAPITOLY

Po prostudování této kapitoly budete umět:

- základní jednotky SI,
- stanovit tzv. rozměr veličiny
- rozpoznat základní chemické vazby.



## KLÍČOVÁ SLOVA KAPITOLY

základní jednotky SI, odvozené jednotky, rozměr veličiny, stavba atomu



## DEFINICE

Jednotka je referenční veličina, která slouží ke kvantitativnímu porovnání veličin. Základními jednotkami soustavy SI jsou ty uvedené v Tab. 1.

Tabulka 1: Základní jednotky SI

Základní veličina	Základní jednotka	
	značka	název
délka	m	metr
hmotnost	kg	kilogram
čas	s	sekunda



Základní veličina	Základní jednotka	
	značka	název
elektrický proud	A	ampér
termodynamická teplota	K	kelvin
svítivost	cd	kandela
látkové množství	mol	mol

Odvozené jednotky jsou vyjádřeny ze základních jednotek matematickými operacemi – násobením a dělením. Jednotky rovinného a prostorového úhlu – radián a steradián – se nazývají doplňkové jednotky.

### KONTROLNÍ OTÁZKA



Kolik je základních jednotek SI? <sup>1</sup>

Poslední skupinou jednotek jsou jednotky vedlejší. Jedná se o jednotky, které byly uznány pro používání z praktických důvodů. Jedná se především o jednotky časové (den, hodina, minuta), úhlové (stupeň, minuta, vteřina), dále objemové (litr) a hmotnostní (tuna).

Kromě výše uvedených jednotek existují i jednotky jiné, které nejsou zákonné a používají se např. z historických důvodů. Ve zdravotnictví se často používá pro vyjádření hodnoty krevního tlaku jednotka milimetr rtuťového sloupce mmHg, kde platí  $1 \text{ mmHg} = 133,322 \text{ Pa} = 1 \text{ Torr}$ . Dále pro energetickou hodnotu potravin kalorie, kde  $1 \text{ cal} = 4,1868 \text{ J}$ .

### DEFINICE



Rozměr je vyjádření nějaké fyzikální veličiny pomocí základních veličin.

Např. rozměrem síly  $F$  je  $\text{m.l.t}^{-2}$ . Častěji se setkáváme spíše s vyjádřením jednotky dané veličiny pomocí jednotek základních veličin (viz Tabulka 1), tedy např. pro sílu je rozměr jednotky newton  $[\text{N}] \text{ m.kg.s}^{-2}$ .

**Tabulka 2:** Odvozené jednotky SI

Odvozená veličina	Odvozená jednotka		
	značka	název	rozměr odvozené jednotky
rovinný úhel	rad	radián	1
prostorový úhel	sr	steradián	1
kmitočet	Hz	hertz	$\text{s}^{-1}$
síla	N	newton	$\text{m.kg.s}^{-2}$
tlak, (mechanické) napětí	Pa	pascal	$\text{m}^{-1}.\text{kg.s}^{-1}$

<sup>1</sup>Základních jednotek SI je 7.

Odvozená veličina	Odvozená jednotka		
	značka	název	rozměr odvozené jednotky
energie, práce, teplo	J	joule	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$
výkon	W	watt	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}$
elektrický náboj	C	coulomb	s.A
elektr. potenciál, elektr. napětí, elektromot. napětí	V	volt	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$
kapacita	F	farad	$m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^4 \cdot A^2$
elektrický odpor	$\Omega$	ohm	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-2}$
elektrická vodivost	S	siemens	$m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^3 \cdot A^2$
magnetický tok	Wb	weber	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
magnetická indukce	T	tesla	$kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
indukčnost	H	henry	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-2}$
Celsiova teplota	$^{\circ}C$	Celsiův stupeň	K
světelný tok	lm	lumen	cd.sr
osvětlenost	lx	lux	cd.m <sup>-2</sup>



### KONTROLNÍ OTÁZKA

Mezi základní jednotky SI nepatří:<sup>2</sup>

- a) A      b) V      c) cd      d) mol



### DEFINICE

Hodnota veličiny je číslo, kterým násobíme jednotku pro získání veličiny.

Hodnota veličiny závisí také na volbě jednotky, např. pro hmotnost  $m = 1 \text{ kg} = 1000 \text{ g} = 0,001 \text{ t}$  nebo pro čas  $t = 1 \text{ min} = 60 \text{ s} = 1/60 \text{ hod}$ . U fyzikálních veličin, které obvykle nabývají extrémně malých či velkých hodnot, a při použití násobků a dílů jednotek používáme exponenciální vyjádření, např.  $1,2 \text{ pF} = 1,2 \cdot 10^{-12} \text{ F}$ .

**Tabulka 3:** Násobky a díly jednotek

Předpona		Násobek	
značka	název	číselně	exponenciálně
Y	yotta	1 000 000 000 000 000 000 000 000	$10^{24}$
Z	zetta	1 000 000 000 000 000 000 000	$10^{21}$
E	exa	1 000 000 000 000 000 000	$10^{18}$

<sup>2</sup>Správná odpověď je b) V

P	peta	1 000 000 000 000 000	$10^{15}$
T	tera	1 000 000 000 000	$10^{12}$
G	giga	1 000 000 000	$10^9$
M	mega	1 000 000	$10^6$
k	kilo	1 000	$10^3$
h	hekto	100	$10^2$
da	deka	10	$10^1$
d	deci	0,1	$10^{-1}$
c	centi	0,01	$10^{-2}$
m	mili	0,001	$10^{-3}$
$\mu$	mikro	0,000 001	$10^{-6}$
n	nano	0,000 000 001	$10^{-9}$
p	piko	0,000 000 000 001	$10^{-12}$
f	femto	0,000 000 000 000 001	$10^{-15}$
a	atto	0,000 000 000 000 000 001	$10^{-18}$
z	zepto	0,000 000 000 000 000 000 001	$10^{-21}$
y	yokto	0,000 000 000 000 000 000 000 001	$10^{-24}$

**KONTROLNÍ OTÁZKA**

Proč jsou např. kmitočet elektromagnetického vlnění a četnost oběhu tělesa při kruhovém pohybu veličinami stejného druhu? <sup>3</sup>

- protože rozměr jejich fyzikálních jednotek je stejný  $s^{-1}$ , tj. hertz [Hz],
- protože mohou mít stejnou velikost,
- nejsou to veličiny stejného druhu.

Pro radiologii jsou velmi významné další tři odvozené veličiny a jednotky užívané v souvislosti s radiační ochranou, které jsou uvedeny v Tab. 4.

**Tabulka 4:** Odvozené veličiny a jednotky v radiační ochraně

Odvozená veličina	Odvozená jednotka		
	značka	název	rozměr odvozené jednotky
aktivita	Bq	becquerel	$s^{-1}$
dávka	Gy	gray	$m^2 \cdot s^{-2}$
dávkový ekvivalent	Sv	sievert	$m^2 \cdot s^{-2}$

<sup>3</sup>Správná odpověď je a.



## KONTROLNÍ OTÁZKA

Vyberte nesprávné odpovědi: <sup>4</sup>

Jednotka mmHg používaná ve zdravotnictví:

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

## 1.1 Molekulová biofyzika

- zkoumá složení a vlastnosti látek z hlediska fyzikálního pohybu molekul
- aplikuje principy molekulové fyziky na živý organismus a děje v nich probíhající.



## K ZAPAMATOVÁNÍ

Atom = nejmenší částice chemického prvku, která má všechny jeho vlastnosti.

Molekula = soubor atomů vázaných pevnými vazbami, nejmenší stabilní částice dané látky.

Látkové množství = počet základních částic (atomů, molekul, iontů) v nějakém souboru. Jednotkou v SI je 1 mol.

- počet částic v 1 molu je dán tzv. Avogadrovou konstantou  $N_A = 6,023 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ .
- další konstanta je molární objem  $V_m = 22,414 \text{ dm}^3$ , udává objem 1 molu plynu za normálních podmínek.
- normální podmínky jsou stanoveny jako teplota  $T_0 = 273,15 \text{ K}$  a tlak  $p_0 = 101325 \text{ Pa}$ .

Avogadrův zákon = stejné objemy ideálních plynů obsahují vždy stejný počet molekul

## 1.2 Stavba atomu

Pojem atom pochází z řeckého slova atomos – nedělitelný.

---

<sup>4</sup>Jediná nesprávná odpověď je b.

**DEFINICE**

Atom

- částice hmoty, která se už chemickými prostředky dále nedá dělit
- určuje vlastnosti příslušného chemického prvku
- za normálního stavu navenek elektricky neutrální
- atom se dále skládá z atomového jádra, obsahujícího protony a neutrony, a z obalu, obsahujícího elektrony.

**KONTROLNÍ OTÁZKA**

Pro praxi je dobré si pamatovat některé fyzikální konstanty. Přiřaďte fyzikálním konstantám jejich velikost: <sup>5</sup>

- 1) Avogadrova konstanta
  - 2) normální teplota
  - 3) molární objem
  - 4) normální tlak
- a)  $V_m = 22,414 \text{ dm}^3$
  - b)  $N_A = 6,023 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
  - c)  $p_0 = 101\,325 \text{ Pa}$ .
  - d)  $T_0 = 273,15 \text{ K}$

**PRO ZÁJEMCE**

Moderní atomové teorie se začínají rozvíjet od konce 19. století. Teorii o nedělitelných atomech vyvrátil roku 1897 J. J. Thomson, který elektron. Na základě tohoto objevu vytvořil tzv. Thomsonův model atomu. Ten předpokládal, že atom je tvořen rovnoměrně rozloženou kladně nabitou spojitou hmotou, ve které jsou rozptýleny záporně nabitě elek-

<sup>5</sup> 1-b, 2-d, 3-a, 4-c

trony. Představa evokovala rozložení rozinek v tradičním anglickém pudinku, odtud také označení pudinkový model atomu. Při pozdějších pokusech s průchody elektronů různými látkami bylo zjištěno, že prostor vyplněný atomy je nehomogenní a velkou většinou vlastně prázdný. Thomsonův model pak na začátku 20. století překonal Ernest Rutherford, který při interpretaci pokusů s rozptylem částic  $\alpha$  dokázal, že většina hmoty s kladným nábojem je umístěna ve velmi malém prostoru ve středu atomu s rozměry řádově  $10^{-15}$  m až  $10^{-14}$  m, přestože atomy mají rozměry řádově  $10^{-10}$  m. To vedlo k Rutherfordově modelu, podle kterého se atom skládá z kladně nabitého jádra, kolem kterého obíhají záporně nabitě elektrony. Toto evokovalo představu planet obíhajících okolo Slunce, a proto se tomuto modelu atomu říká také planetární model. Planetární model měl však některé nedostatky. Podle zákonů klasické elektrodynamiky by se elektron obíhající po kruhové dráze kolem jádra musel pohybovat s dostředivým zrychlením. Nabitá částice pohybující se se zrychlením však musí vysílat elektromagnetické záření, čímž ztrácí energii a v krátkém čase  $10^{-8}$  s by se elektrony spirálovitě zřítily do atomových jader. Tyto zásadní rozpory vysvětlila až kvantová teorie, podle které je elektromagnetické záření vysíláno i pohlcováno po kvantech. V roce 1913 pak Niels Bohr vytvořil podle této teorie svůj model kvantových elektronových drah v atomu, z čehož vychází Bohrov model atomu. Podle tohoto modelu obíhají elektrony atomové jádro jen na diskrétních drahách, přičemž mezilehlé dráhy nejsou povoleny a vyzařování energie není spojitě. Elektrony mohou pouze za určitých podmínek jednorázovými změnami přejít ze své energetické hladiny do jiné. Bohrov model byl stále založen na klasické fyzice, ale Bohr využil některých závěrů kvantové fyziky, čímž se odstranily nedostatky planetárního modelu. Předpokládal pohyb elektronů pouze po kruhových drahách, přestože obecně se vázané záporně nabitě částice v elektrostatickém poli pohybují po elipsách. V roce 1915 pak proto Sommerfeld vytvořil kvantovou teorii eliptických drah. Pro dva stupně volnosti tohoto pohybu elektronu je potřeba dvou kvantových čísel. Moderní kvantově-mechanický model atomu se dále formoval na základě de Broglieho teorie vlnových vlastností mikročástic a tzv. Schrödingerovy rovnice. Podle té není elektron popisován jako hmotný bod, ale jako vlnová funkce definující pravděpodobnost výskytu elektronu v různých místech prostoru. Spolu s Heisenbergovými relacemi neurčitosti to znamená, že geometricky pravidelné dráhy Bohrova modelu byly nahrazeny neostře definovanými oblastmi, ve kterých se elektron s určitou pravděpodobností nalézá. Tyto oblasti se nazývají orbitaly.

---

Stav elektronu je určen kvantovými čísly

- hlavním  $n$
- vedlejším  $l$
- magnetickým  $m$
- spinovým  $m_s$ .

Tabulka 5: Kvantová čísla

Kvantové číslo	Význam	Hodnoty
hlavní $n$	energie	$n = 1, 2, 3, \dots$
vedlejší $l$	velikost dráhového momentu hybnosti	$l = 0, 1, 2, \dots, n-1$
magnetické $m$	průmět dráhového momentu hybnosti do směru osy $z$	$m = 0, \pm 1, \dots, \pm l$
spinové $m_s$	průmět spinového momentu hybnosti do směru osy $z$	$m_s = \pm 1/2$

Při popisu dějů v živých organizmech se vychází z vlastností molekul a jejich vzájemného působení (interakcí). Interakce rozdělujeme na

- vazebné (silné, intramolekulární)
- nevazebné (slabé, mezimolekulární).

### 1.2.1 INTERAKCE VAZEBNÉ

- atom má tendenci dosáhnout elektronové konfigurace nejbližšího tzv. vzácného plynu. Tedy zaplnit všechny valenční orbitály (stabilní elektronová konfigurace)
- prvky vzácných plynů mají valenční orbitály 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.

## K ZAPAMATOVÁNÍ



Chemická vazba je interakce dvou nebo více atomů. Chemické vazby se zpravidla rozdělují do čtyř typů

- iontové
- kovalentní
- kovové
- vodíkovým můstkem.

Většinou existuje mnoho kombinací jednotlivých typů. Podmínkou vzniku vazby je, aby nová soustava měla nižší vnitřní energii, než je součet energií původně zúčastněných částic.

### Iontová vazba

Jeden atom k sobě přitáhne od druhého atomu elektron příp. více elektronů. Tak zde vzniknou dva ionty

- záporný (aniont) z atomu, který k sobě elektrony připoutal
- kladný (kationt) z atomu, který elektrony ztratil.

Pak jsou k sobě tyto ionty vázány elektrostatickou přitažlivou silou, protože se jedná o částicemi s opačným nábojem. Typické pro sloučeniny s iontovou (také nazývanou elektrostatická) vazbou je jejich dobrá rozpustnost ve vodě.

### Kovalentní vazba

Zúčastněné atomy zaplňují valenční vrstvu elektronového obalu, sdílí jeden nebo více párů elektronů mezi sebou.

- nejsilnější z chemických vazeb
- špatná rozpustnost
- nevodivost.

Vznik kovalentní vazby vysvětlují dvě teorie:

- teorie valenčních vazeb, která je založena na překryvu valenčních orbitalů
- teorie molekulových orbitalů, která uvažuje víceatomovou částici jako celek.



### KONTROLNÍ OTÁZKA

Vyberte nesprávnou odpověď: Mezi základní chemické vazby patří vazba: <sup>6</sup>

kyslíkovým můstkem, iontová, kovalentní, kovová

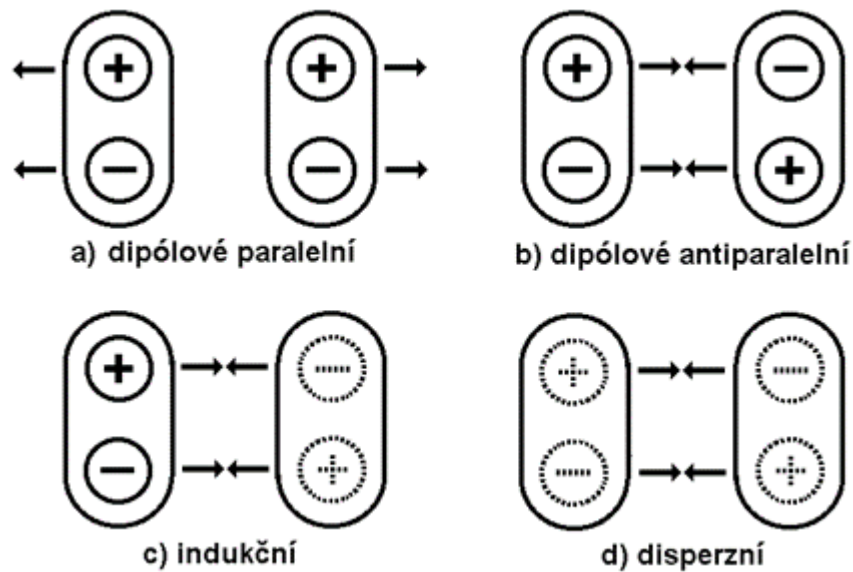
### 1.2.2 INTERAKCE NEVAZEBNÉ

Podle typu a orientace nábojů rozlišujeme tři druhy nevazebných interakcí:

- dipólové interakce (interakce dipól – dipól)
- indukční interakce (interakce dipól – indukovaný dipól)
- disperzní interakce (interakce indukovaný dipól – indukovaný dipól).

<sup>6</sup>Nesprávná odpověď je „kyslíkovým můstkem“.





**Obrázek 1:** Druhy nevazebných interakcí mezi molekulami [8]

Účinky nevazebných interakcí se rozdělují na

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

### 1.3 Molekulové vlastnosti plynů

Podle kinetické teorie plynů je průměrná kinetická energie molekul plynu (a tím jejich rychlosti) závislá jen na teplotě systému.

- monoatomické plyny = dodávaná tepelná energie se spotřebuje na translační pohyb
- víceatomické plyny = dodávaná tepelná energie se spotřebuje i na jiné druhy pohybu.

#### VĚTA



Daltonův zákon

Plyny jsou dokonale mísitelné. Každé složka ve směsi je možno přisoudit tzv. parciální (dílní) tlak:

- určen hustotou částic a jejich střední kinetickou energií
- takový tlak, který by složka měla, kdyby byla v soustavě sama
- celkový tlak směsi plynů pak roven součtu všech parciálních tlaků jednotlivých složek.

To vyjadřuje tzv. Daltonův zákon aditivity parciálních tlaků.

$$p = p_1 + p_2 + \dots + p_n = \sum_{i=1}^n p_i$$

---

Parciální tlaky dýchaných plynů (kyslíku a oxidu uhličitého) jsou rozhodující veličiny při dýchání.



### VĚTA

Henryův zákon

Množství rozpuštěného plynu závisí na chemickém složení plynu a kapaliny, a dále na teplotě a tlaku plynu nad kapalinou.

Při konstantní teplotě je množství plynu  $V_p$  rozpuštěného v kapalině  $V_k$  přímo úměrné parciálnímu tlaku plynu  $p_i$  v plynné fázi a jeho koeficientu rozpustnosti  $\alpha$ . Matematicky

$$V_p = \frac{\alpha \cdot p_i \cdot V_k}{p_B}$$

Koeficient  $\alpha$  je dán množstvím mililitrů plynu rozpuštěného v 1 ml tekutiny. Rozpustnost plynů v kapalinách tedy se zvyšující se teplotou klesá. Rozpustnost  $\text{CO}_2$  je 24-krát větší než  $\text{O}_2$ .



### KONTROLNÍ OTÁZKA

Jaký je celkový tlak směsi plynů? <sup>7</sup>

---

<sup>7</sup>Celkový tlak směsi plynů je roven součtu všech tlaků jednotlivých složek směsi (Daltonův zákon).

## 1.4 Molekulové vlastnosti kapalin

U kapalin se molekuly již navzájem prakticky dotýkají. Kapaliny zachovávají svůj objem, ale ne svůj tvar. Nemají tedy pevný tvar, ale přizpůsobují se tvaru nádoby, ve které se nacházejí. Objemová závislost na teplotě je menší než u plynů. Ideální kapalina:

- je dokonale nestlačitelná
- bez vnitřního tření.

Skutečná kapalina má na rozdíl od ideální kapaliny vnitřní tření a dá se mírně stlačit.

### VĚTA



Pascalův zákon

Vnější tlaková síla působící na kapalinu v libovolném směru vyvolá uvnitř kapaliny v každém místě stejný tlak. Tento tlak je kolmý na libovolnou plochu zvolenou uvnitř kapaliny.

Hydrostatický tlak kapaliny o hustotě  $\rho$  je v hloubce  $h$  pod hladinou

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

### KONTROLNÍ OTÁZKA



Na čem závisí hydrostatický tlak kapaliny v určité hloubce pod hladinou? <sup>8</sup>

### 1.4.1 POVRCHOVÉ JEVY

Povrchové jevy jsou způsobeny rozdíly ve vazebních silách na rozhraních mezi kapalinou a plynem nebo kapalinou a pevnou látkou

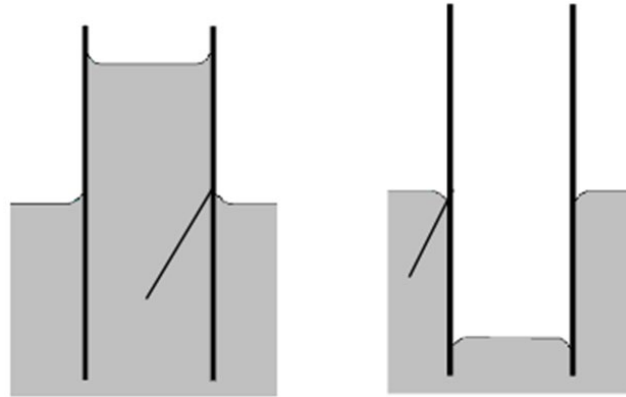
- na povrchu kapaliny je povrchová vrstva o tloušťce řádově  $10^{-8}$  m
- má snahu stahovat povrch kapaliny, aby měl co nejmenší obsah
- povrchové napětí  $\sigma$  a vzniká v důsledku existence tzv. kohezních sil.

Síly působící mezi molekulami téže látky jsou síly kohezní.

<sup>8</sup>Je přímo úměrný hustotě kapaliny, hloubce  $h$  pod hladinou a gravitační konstantě (Pascalův zákon).

Síly působící mezi molekulami různých látek jsou síly adhezní.

Jsou-li adhezní síly větší než síly kohezní, kapalina pevnou látku tzv. smáčí. V případě, že jsou adhezní síly menší než síly kohezní, kapalina pevnou látku nesmáčí.



**Obrázek 2:** Smáčivost a nesmáčivost, kapilární jevy – výslednice kohezních a adhezních sil [1]

U smáčivé kapaliny dojde ke stoupnutí hladiny – kapilární elevaci. U kapaliny nesmáčivé dojde k poklesu hladiny – kapilární depresi.



### VĚTA

Rovnice kontinuity

Je-li  $v_1$  rychlost hmotnostního prvku tekutiny při průřezu proudové trubice  $S_1$  a  $v_2$  rychlost hmotnostního prvku tekutiny při průřezu proudové trubice  $S_2$ , pak pro nestlačitelnou tekutinu platí

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

Pro stlačitelnou tekutinu pak

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



### VĚTA

Bernoulliho rovnice

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

Součet dynamického, hydrostatického a statického tlaku je v každém místě proudící tekutiny konstantní.

### KONTROLNÍ OTÁZKA

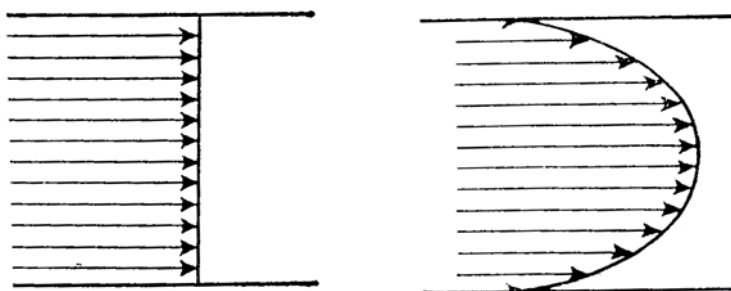


Co se stane s rychlostí proudící kapaliny v trubici, dojde-li ke zúžení trubice? <sup>9</sup>

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.

Kapalinu lze rozdělit na jednotlivé vrstvy, které se po sobě posouvají. Dynamická viskozita představuje sílu tření mezi dvěma vrstvami proudící kapaliny, které se stýkají v určité ploše.



Obrázek 3: Proudění ideální (vlevo) a skutečné kapaliny (vpravo) [10]

### KONTROLNÍ OTÁZKA



Má větší viskozitu voda nebo krev? <sup>10</sup>

<sup>9</sup>Rychlost proudění se zvýší (podle rovnice kontinuity).

<sup>10</sup>Krev. Viskozita krev je asi 4x větší než viskozita vody.

## 1.5 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 (pravidelné uspořádání částic)  
Mřížky:
  - iontové
  - atomové (chemické vazby)
  - molekulové
- monokrystaly (určité rozložení se periodicky opakuje v celé části krystalu)
- polykrystaly (skládají se z velkého počtu malých krystalů)
- amorfní látky (mají pravidelné uspořádání jen ve velmi krátkých úsecích).

Důležitou vlastností je směrová závislost určitých fyzikálních vlastností. Rozlišujeme tak látky

- izotropní (určitá vlastnost je pro všechny směry stejná)
- anizotropie (určité fyzikální vlastnosti závisí na směru).



### KONTROLNÍ OTÁZKA

Jak byste charakterizovali kostní tkáň z hlediska homogenity a izotropie? <sup>11</sup>

---

<sup>11</sup>Jedná je o tkáň nehomogenní a anizotropní.

## 2 TERMODYNAMIKA, DIFUZE, OSMÓZA

### RYCHLÝ NÁHLED KAPITOLY



Náplní této obsáhlé kapitoly je vysvětlení základních pojmů z termiky a termodynamiky. Zavedení pojmu ideální plyn a popis termodynamických dějů. Dále pak popis chemických vazeb, základy molekulové fyziky látek a vysvětlení jevů difúze a osmózy.

### CÍLE KAPITOLY



Po prostudování této kapitoly budete umět:

- popsat termodynamické děje,
- rozpoznat základní chemické vazby,
- znát význam difúze a osmózy pro živé organizmy.

### KLÍČOVÁ SLOVA KAPITOLY



teplota, teplo, stavové veličiny, ideální plyn, stavba atomu, difúze, osmóza

Termika je část fyziky zabývající se tepelnými jevy. Přestože ty provázejí lidstvo od ne-  
paměti, termika se mohla rozvíjet až od objevu teploměru.

### 2.1 Teplota

#### DEFINICE



Teplota je mírou tepelného stavu dané látky.

Ve zdravotnictví představuje měření teploty lidského těla významný zdroj informací. Teplotu známe z vlastní zkušenosti. Subjektivně vnímáme horko nebo chlad, případně jejich intenzitu.



## PRO ZÁJEMCE

Objektivní měření teploty zahájil švédský astronom, geodet a fyzik Anders Celsius. V roce 1742 uveřejnil své dílo o měření tepla „Pozorování o dvou neměnných stupních na teploměru“. Celsius stupnici rozdělil na 100 dílů a stanovil (z dnešního pohledu opačné) hodnoty pro var vody 0 °C a pro tání ledu 100 °C. Stupnici pak roku 1745 upravil do dnešní podoby botanik Linné, rovněž Švéd. Celsiova stupnice je tedy zavedena podle teplot tání ledu a varu vody při normálním atmosférickém tlaku 101 325 Pa.

Přiřadíme-li na Celsiově teplotní stupnici bodu 0 °C hodnotu 273,15 K, získáme teplotní stupnici zvanou Kelvinova.

Jednotkou teploty T je 1 K (kelvin). Jednotky kelvin a °C jsou tedy stejně velké a rozdíl v obou stupnicích je jen v jejich počátku.

Nejběžnějším typem teploměru je stále objemový rtuťový maximální teploměr.

## 2.2 Stavové veličiny

Termodynamické jevy se popisují stavovými veličinami:

- tlak
- objem
- teplota
- látkové množství.

Řízenou změnu stavových veličin označujeme jako termodynamický děj. Při popisu všech dějů budeme uvažovat tzv. ideální plyn.

Vzájemný vztah stavových veličin a je popsán tzv. stavovou rovnicí. Tu lze zapsat v různých tvarech, např.  $\frac{p \cdot V}{T} = konst.$  nebo  $p \cdot V = N \cdot k \cdot T$  nebo  $p \cdot V = n \cdot R_m \cdot T$



## KONTROLNÍ OTÁZKA

Identifikujte veličiny vystupující v různých zápisech stavové rovnice. <sup>12</sup>

<sup>12</sup>V-objem, p-tlak, T-teplota, N-počet částic, k-Boltzmannova konstanta, n-látkové množství, R<sub>m</sub>-plynová konstanta



## DEFINICE



Ideální plyn

Molekuly ideálního plynu jsou zanedbatelně malé, dokonale hladké a pružné a kromě vzájemných srážek na sebe nepůsobí žádnými silami.

Objem ideálního plynu je tak charakterizován

- velmi velkým počtem molekul
- nekonečně malých, ideálně pružných
- pohybujících se chaoticky velkými rychlostmi
- při vzájemných srážkách měnících své rychlosti
- mezi srážkami se pohybujících rovnoměrně přímočaře
- principem molekulárního chaosu – všechny polohy a všechny směry rychlostí jsou stejně pravděpodobné, velikosti rychlostí se mění zcela nepravidelně.

## KONTROLNÍ OTÁZKA



Mezi stavové veličiny nepatří: <sup>13</sup>

- a) tlak      b) rychlost pohybu      c) objem      d) látkové množství

## 2.3 Termodynamika

Život organismu = neustálé porušování termodynamické rovnováhy.

Termodynamika = obor fyziky zabývající se teplem a tepelnými jevy.

Teplo = část vnitřní energie, která přejde z tělesa o vyšší teplotě na těleso o teplotě nižší, aniž by se konala práce, tedy měnil objem.

## K ZAPAMATOVÁNÍ



Základním termodynamickým pojmem je soustava.

<sup>13</sup>Správná odpověď je b).

## Termodynamika, difuze, osmóza

Soustava = soubor těles, mezi nimiž je umožněna výměna tepla či jiných druhů energie.  
Soustavy dělíme

podle interakce s okolím

- otevřená: s okolím vyměňuje jak energii (teplo) tak částice,
- uzavřená: s okolím vyměňuje energii, ale ne částice,
- izolovaná: s okolím nevyměňuje ani energii ani částice;

podle obsahu fází (skupenství)

- homogenní: soustava obsahuje pouze jednu fázi,
- heterogenní: v soustavě se nachází více fází.

Při výkladu termodynamiky budeme sledovat vztahy několika veličin.

- tlak  $p$ , teplota  $T$ , objem  $V$
- energetické veličiny teplo  $Q$ , vnitřní energie  $U$ , práce  $W$ .

Vnitřní energii = součet energií všech částic v tělese.



### VĚTA

První věta termodynamická

Teplo přijaté tělesem je rovno součtu přírůstku vnitřní energie tělesa a vnější vykonané práce,

$$Q = \Delta U + W.$$

Tento vztah je matematickým vyjádřením 1. věty termodynamické. Celkové množství energie izolované soustavy zůstává zachováno



### KONTROLNÍ OTÁZKA

Jak definujeme teplotu? Co je to vnitřní energie? <sup>14</sup>

<sup>14</sup>Teplota je mírou tepelného stavu dané látky. Vnitřní energii je součtem energií všech částic v tělese.

## K ZAPAMATOVÁNÍ



### 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  $V = \text{konst.}$
- nekoná se žádná práce
- $\Delta W = 0$
- výpočtem 1. věty termodynamické  $Q = \Delta U = n \cdot C_V \cdot (T_2 - T_1)$
- všechno teplo dodané soustavě se spotřebuje na zvýšení její vnitřní energie.

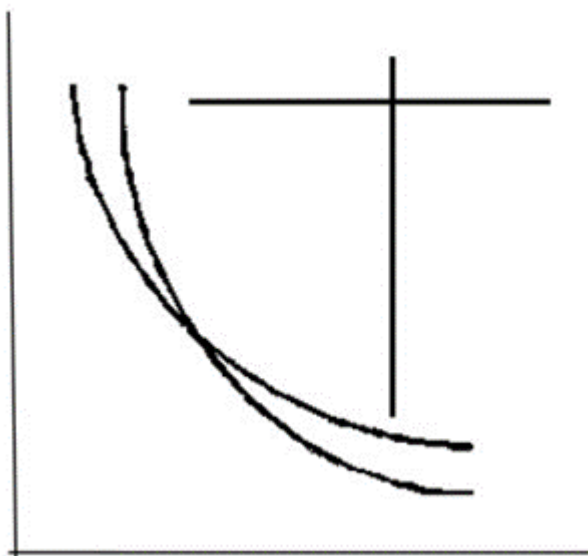
### Izobarický děj

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

### Adiabatický děj

- plyn nepřijímá ani neodevzdává teplo
- $\Delta W = 0$
- výpočtem 1. věty termodynamické máme práci plynu  $W = -\Delta U = n \cdot C_V \cdot (T_2 - T_1)$ .

Výklad termodynamických dějů souvisí s 1. větou termodynamickou. Na obrázku níže jsou diagramy jednotlivých dějů.



Obrázek 4: Diagramy termodynamických dějů



### SAMOSTATNÝ ÚKOL

Na obrázku výše nejsou popsány osy, ani nejsou přiřazeny křivky k jednotlivým termodynamickým dějům. Vyhledejte si samostatně informace k těmto typům diagramů, popište osy a přiřaďte křivky termodynamickým dějům.

---



### VĚTA

Druhá věta termodynamická

Tepelný stroj, který by trvale konal mechanickou práci pouze na úkor vnitřní energie, se nazývá perpetuum mobile druhého druhu a není možné jej sestavit.

---



### DEFINICE

V termodynamice je pomocí teploty  $T$  a tepla  $Q$  definován pojem entropie  $S$  vztahem

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

---

Je-li v jedné části soustavy koncentrace částic velká a v jiné části malá, pak tato soustava má větší schopnost konat práci než ta, u které je koncentrace částic v celé soustavě podobná. Entropie je tedy vysoká.

- soustava má snahu zaujmout stav s minimální energií
- stav s minimální energií nastane tehdy, jsou-li koncentrace všude stejné
- čím se systém více blíží stavu neuspořádanosti, tím více jeho entropie stoupá.

## VĚTA



Třetí věta termodynamická

$$\lim_{T \rightarrow 0} S = 0.$$

## KONTROLNÍ OTÁZKA



Vyberte všechna nesprávná tvrzení: <sup>15</sup>

- izobara má v p-V diagramu tvar hyperboly
- jsou-li všechny částice v jedné části soustavy, je její entropie minimální
- stavová rovnice vyjadřuje vzájemný vztah stavových veličin
- teplota absolutní nuly je -273,15 °C.

<sup>15</sup>Nesprávná tvrzení jsou a), b).

**KONTROLNÍ OTÁZKA**

Přiřaďte termodynamickým dějům jejich definice: <sup>16</sup>

1) izotermický

2) izochorický

3) izobarický

a) nemění se tlak

b) nemění se teplota

c) nemění se objem

---

<sup>16</sup>1-b, 2-c, 3-a

## 2.4 Fázové přeměny

### DEFINICE



Fáze je látka s určitými mikroskopickými vlastnostmi. Příkladem fází jsou výše zmíněné kapalné, plynné a pevné skupenství, představující rozdílné fáze nějaké látky. Styk dvou fází se označuje jako fázové rozhraní.

Fázová rozhraní mohou být různá:

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

Skupenství je dané vzájemnými vztahy mezi molekulami.

K běžným příkladům fázových přechodů patří skupenské fázové přechody, jako jsou

- tání (přeměna pevné fáze v kapalnou)
- tuhnutí (přeměna kapalné fáze v pevnou)
- vypařování (přeměna kapalné fáze v plynnou)
- kondenzace (přeměna plynné fáze v kapalnou)
- sublimace (přeměna pevné fáze v plynnou)
- desublimace (přeměna plynné fáze v pevnou).

Přechod mezi fázemi je spojen s určitým teplem, které látka musí přijmout či odevzdat, aby se fázový přechod uskutečnil. Toto teplo nazýváme skupenské teplo a značíme  $L$ .

## 2.5 Disperzní soustavy – roztoky

### K ZAPAMATOVÁNÍ



Soustavu, která obsahuje alespoň 2 fáze nebo 2 složky označujeme jako disperzní systém. Disperzní soustava je obecnější pojem pro to, co v případě kapalin nazýváme roztok. Rozlišujeme

- *dispersum* (rozptýlená složka)
- *dispersens* (disperzní prostředí).

Disperzní směsi:

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

U roztoků (*solutio*) pak

- rozpuštěná látka (*solutum*)
- rozpouštědlo (*solvens*)

Podle fází ve směsi

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

**Tabulka 6:** Klasifikace disperzních systémů [10]

disperzní prostředí	disperzní podíl	> 100 nm disperzní hrubé	1÷100 nm disperzní koloidní	< 1 nm disperzní analytické
plynné	plynný	-	-	směsi plynů
	kapalný	děšť, 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



## 2.6 Termodynamické vlastnosti roztoků

### DEFINICE

Df

Difúze

Jako difúze se označuje přesun látek z místa o vyšší koncentraci na místo o koncentraci nižší. U kapalin spočívá difúze v pronikání molekul jedné kapalné složky mezi molekuly druhé kapalné složky a naopak. Proces difúze umožňuje pohyb látek uvnitř buněk s látkovou výměnou neboli pasivní transport látek.

### VĚTA

V

První Fickův zákon

1. Fickův zákon určuje hustotu a směr tzv. difuzního toku  $j$  při tzv. ustálené difúzi. Jedná se o vektorovou veličinu.

$$\vec{j} = \frac{\Delta n}{\Delta S \cdot t}$$

Číselně vyjadřuje látkové množství dané látky (v molech), které projde jednotkovou plochou  $S$  za jednotku času  $t$ . Její směr pak vyjadřuje střední směr proudění částic.

### DEFINICE

Df

Druhý Fickův zákon platí pro neustálený stav: Časová změna koncentrace látky v daném místě je úměrná prostorové změně gradientu koncentrace.

Difúze má velký význam v biologických systémech. Patří mezi základní mechanismy pasivního transportu látek a využívá se např. při dialýze.



## KONTROLNÍ OTÁZKA

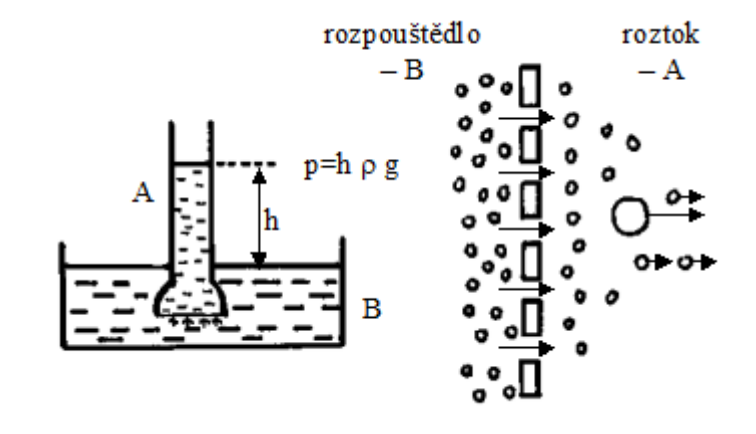
Rozdílné hodnoty jisté fyzikální veličiny jsou nutnou podmínkou difúze. Které veličiny? <sup>17</sup>



## DEFINICE

Osmóza je zředování roztoku samovolným přestupem molekul rozpouštědla přes polopropustnou (semipermeabilní) membránu. Polopropustná znamená, že je prostupná pouze pro molekuly rozpouštědla. Osmóza je důsledkem snahy po zředění koncentrovanějšího roztoku.

Mírou velikosti osmózy je tzv. osmotický tlak. Je to tlak nutný k zastavení osmózy.



Obrázek 5: Osmóza [8]

Osmóza a její mechanismus mají proto velký význam pro biologické objekty, zejména pro vodní regulaci.

- hypotonický roztok – nižší osmotický tlak než krevní plazma
- hypertonický roztok – vyšší osmotický tlak než krevní plazma
- izotonické roztoky – mají stejné osmotické tlaky.



## KONTROLNÍ OTÁZKA

Co je to osmotický tlak? <sup>18</sup>

<sup>17</sup>Jedná se o koncentraci částic.

**KONTROLNÍ OTÁZKA**



Jak můžeme popsat difúzi a osmózu? <sup>19</sup>

---

---

<sup>18</sup>Je to tlak potřebný k zastavení procesu osmózy. Tlak rozpouštědla pronikajícího přes polopropustnou membránu.

<sup>19</sup>Zjednodušeně je možno říci, že u difúze dochází k pohybu rozpuštěných látek, u osmózy k pohybu rozpouštědla. Koncentrovanější látky si své rozpouštědlo přitáhnou.

### 3 BIOFYZIKA BUŇKY, TKÁNÍ A ORGÁNŮ.



#### RYCHLÝ NÁHLED KAPITOLY

Buňka je základní stavební součástí živých organizmů. Z hlediska života jsou rozhodující děje biofyzikální děje, které probíhají na buněčné membráně. Jedná se o tzv. klidový a činnostní (akční) membránový potenciál. popis biomechaniky kostí, svalové kontrakce, práce srdce, proudění krve, dýchání, akčních potenciálů srdce a mozku. Bude vysvětlen srdeční cyklus, srdeční objemy a biofyzika dýchání a dechové objemy. Činnost orgánů se dá detekovat jako elektrický signál snímaný z povrchu těla – to jsou elektrokardiografické, elektroencefalografické a jiné signály. Těmto důležitým jevům se věnuje tato kapitola.

---



#### CÍLE KAPITOLY

Po prostudování této kapitoly budete umět:

- popsat stavbu buňky,
  - popsat jevy na buněčné membráně
  - vysvětlit klidový a akční membránový potenciál
  - posoudit mechanické vlastností tkání,
  - popsat srdeční činnost,
  - rozumět významu EKG.
- 



#### KLÍČOVÁ SLOVA KAPITOLY

buňka, buněčná membrána, klidový membránový potenciál, akční potenciál, deformace materiálu, biomechanika, práce svalu, ejekční frakce, dechové objemy, EKG, EMG

---



#### K ZAPAMATOVÁNÍ

Buňka je základní strukturální, funkční a rozmnožovací jednotka živého organismus. Na jejich strukturách probíhají biochemické reakce.

- tkáň = soubor buněk určitého typu

- orgán = účelná kombinace různých tkání
- systém = funkční spojení více orgánů

Rozlišujeme čtyři základní typy buněk

- svalové
- nervové
- pojivové
- epitelové.

a tři základní tvary buněk

- kulovitý
- vejčitý
- tyčinkový.

---

Chemické složení buňky

- voda 60 % - 90 %
  - rozpouštědlo
  - reakce v buňce probíhají ve vodných roztocích
  - štěpení molekul na ionty
  - akumulace tepla
- sušina (10 % - 40 %)
  - anorganické látky (1 % - 10 %)
  - organické látky (bílkoviny, sacharidy, tuky a nukleové kyseliny).

Stavební součástí všech buněčných struktur jsou molekuly bílkovin. Další základní makromolekulární látkou živých organismů jsou nukleové kyseliny

Na buňce rozlišujeme

- cytoplazmu
- jádro
- buněčné povrchy.

### **Cytoplazma**

= tvořena množstvím drobných buněčných struktur – plazmatických organel, které mohou být několikerého druhu. Základem plazmatických organel jsou biomembrány.

Cytoplazma – optické vlastnosti:

- bezbarvá

- propouští viditelné světlo
- obsahuje pigmenty

Cytoplazma – mechanické vlastnosti:

- elastická
- viskozita vyšší než vody

Cytoplazma – chemické složení:

- pH 6,8 (mírně kyselé prostředí)
- hlavní složka volná a vázaná voda (až 85 %)
- elektrolyty – ve vodě disociují na ionty (draselné, hořečnaté...)
- bílkoviny (cca 15%)
- lipidy (cca 2%)
- sacharidy (cca 1%).

### **Buněčné jádro**

- je tvořeno chromozómy (obsahuje i velkou molekulu DNA)
- je ohraničeno dvěma biomembránami (jaderný obal s jadernými póry)
- obsahuje jadérka (bílkoviny a RNA).

### **Buněčné povrchy**

- plazmatická membrána (tvořena glykoproteiny, reguluje příjem a výdej látek, polopropustná)
- buněčná stěna (u rostlinných buněk, tvořena polysacharidy a bílkovinami, určuje tvar buňky, propustná).

**Membrána** se podílí na mnoha funkcích:

- buněčný transport (výměna mezi intracelulárním a extracelulárním prostředím)
- dráždivost a vzrušivost
- energetika živých systémů
- imunita
- rozmnožování.



### **KONTROLNÍ OTÁZKA**

U kterých buněk lidského těla nedochází k dělení? <sup>20</sup>

---

<sup>20</sup>Jedná se o plně diferencované neurony.

Membrány oddělují cytoplazmu od prostředí. Obalují nebo tvoří její organely membránového charakteru (membránová soustava buňky):

- mitochondrie (tyčinkovité nebo vláknité útvary, několik set v jedné buňce, uvolňuje se zde energie z chemických látek)
- cytoskeletární aparát (bílkovinná vlákna, umožňují pohyb cytoplazmy uvnitř buňky a pohyb buňky)
- endoplazmatické retikulum (propojené ploché měchýřky, obsahuje enzymy, syntéza důležitých látek v buňce)
- Golgiho aparát (velké ploché měchýřky, syntéza látek biochemickými procesy)
- lysozomy (malé měchýřky, rozkládají některé nepotřebné látky)
- plastidy (u rostlinných buněk, např. leukoplasty, chromoplasty, chloroplasty)
- vakuoly (u rostlinných buněk, velký měchýř naplněný protoplazmou, enzymy)

Podle struktury dělíme buňky

- prokaryotické (bakterie a sinice)
- eukaryotické (houby, rostliny a mnohobuněční i jednobuněční živočichové).

## KONTROLNÍ OTÁZKA



Co zajišťují v buňce mitochondrie? <sup>21</sup>

### 3.1 Transport přes buněčnou membránu

Základem všech metabolických pochodů v buňce je transport plazmatickou membránou. Podle energetické náročnosti se rozlišují:

- pasivní transport (nevyžaduje dodání metabolické energie).
- aktivní transport (vyžaduje dodání metabolické energie).

#### Pasivní transport

Transport ve směru koncentračního nebo elektrochemického gradientu. Z energetického hlediska se tedy na transportu podílí:

- difúze (transport rozpuštěné látky podél koncentračního gradientu)
- elektrický (elektrochemický) gradient.
- usnadněná difúze (selektivní permeabilita)

<sup>21</sup>Uvolňuje se zde energie z chemických látek.

- plazmatická membrána obsahuje tzv. kanály (póry a otvory), jsou průchodné pouze pro ionty  $K^+$  a v klidu jsou většinou otevřené.
- membrána obsahuje také kanály, které jsou průchodné pouze pro ionty  $Na^+$  a v klidu jsou většinou zavřené.
- membrána je neprůchodná pro velké ionty.
- osmóza (transport rozpouštědla ve směru koncentračního gradientu rozpuštěné látky).
- vrátkování (proces otevírání a uzavírání kanálů)

### Aktivní transport

Transport proti směru koncentračního nebo elektrochemického gradientu. Je třeba pro něj dodávat energii z metabolických procesů. Rozlišujeme

- primární aktivní transport
  - sodíková pumpa = štěpení adenosintrifosfátu (ATP) na adenosindifosfát (ADP) a volný fosfát působením enzymů, které jsou uloženy v buněčné membráně. Rozštěpením jednoho molu ATP na ADP a volný fosfát se uvolní energie 33,5 kJ. To zajistí přenos 3  $Na^+$  ven z buňky a 2  $K^+$  opět do buňky.
  - Na – K pumpa udržuje uvnitř buňky po celý život nízkou koncentraci  $Na^+$  a vysoká  $K^+$ .
- sekundární aktivní transport
  - Od primárního aktivního transportu se liší tím, že vazebná afinita proteinu na vnější a vnitřní straně se nemění fosforylací, ale navázáním iontů, nejčastěji sodíkových. Sem je také možno zařadit sekundární aktivní transport glukózy ven z buňky při současném transportu  $Na^+$  do buňky.

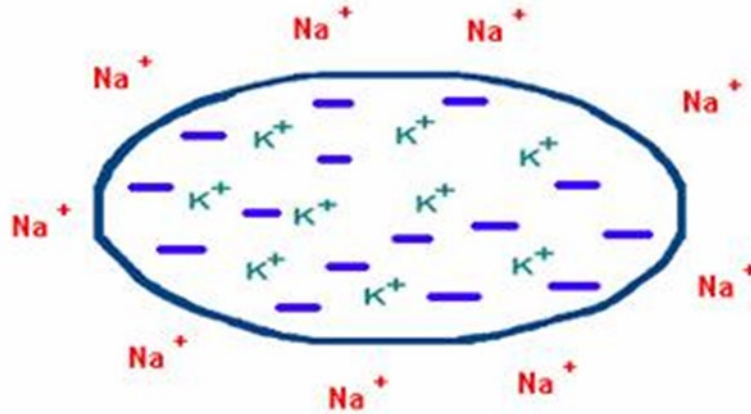
## 3.2 Membránový potenciál

Tělo buňky je ohraničeno buněčnou membránou. Z funkčního hlediska je membrána důležitá buněčná organela, která se podílí na udržování intracelulárního prostředí a složení extracelulárního prostředí.

V důsledku obsahu určitých iontů, např.  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Cl^-$  a jejich rozdílné průchodnosti membránou je buňka v klidu polarizována:

- vnitřek (intracelulární prostor) je negativní
- vnějšek (extracelulární prostor) je pozitivní.





Obrázek 6: Polarizace buněčné membrány

Napětí mezi intracelulárním a extracelulárním prostředím, se označuje jako klidový membránový potenciál. Velikost tohoto napětí se pohybuje v řádu jednotek až sta milivoltů. Pro buňky pracovního myokardu je typická hodnota klidového membránového potenciálu  $-90$  mV.

## K ZAPAMATOVÁNÍ



### Klidový membránový potenciál

- dán nerovnoměrným rozdělením iontů po obou stranách buněčné membrány – důsledek koncentračního gradientu iontů Na (uvnitř 30-krát více než vně buněk).
- 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 nesou ale vytvoří na vnějším povrchu membrány kladné napětí, které další pronikání zastaví
- dán nerovnoměrným rozdělením fyziologických iontů (K, Na, Cl, Ca) po stranách buněčné membrány

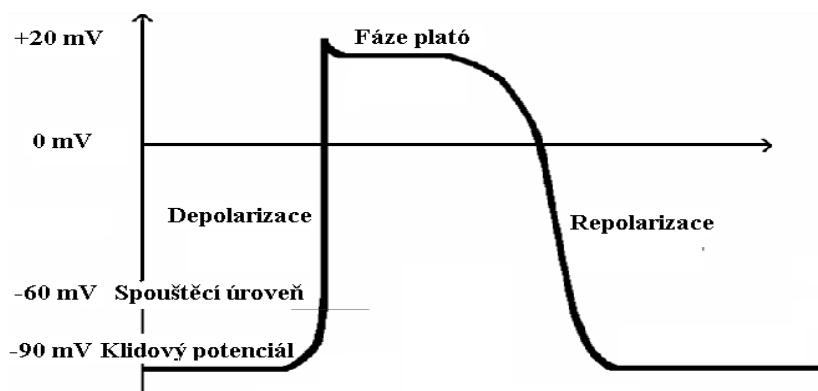
### Mechanismus vzniku

- ionty  $\text{Na}^+$  čerpány ven a  $\text{K}^+$  dovnitř buňky (aktivním transportem tzv. Na-K pum-pa)
- membrána pro  $\text{Na}^+$  málo propustná, takže koncentrační gradient  $\text{Na}^+$  nemůže být zpětnou difúzí zrušen
- pro negativně nabitě bílkoviny a fosfáty je membrána málo propustná
- membrána propustná pro  $\text{K}^+$ , ty pronikají z intracelulárního. do extracelulárního prostoru; proti tomu vzniká potenciál, až nastane rovnováha

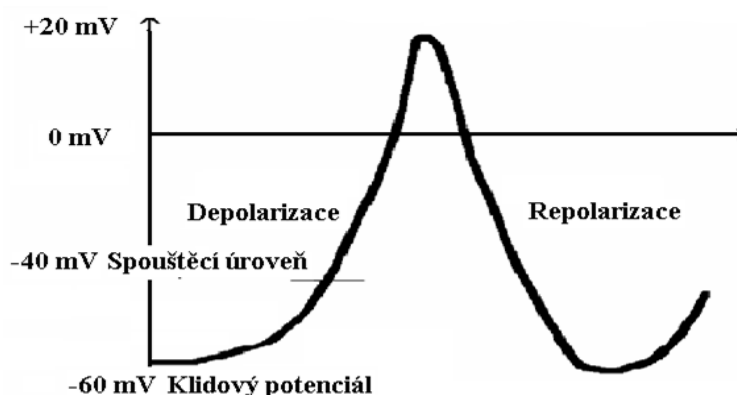
### 3.3 Akční (činnostní) potenciál

Akční neboli činnostní potenciál 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 viz obr. 7



Obrázek 7: Průběh akčního potenciálu na membráně buňky pracovního myokardu [12]



Obrázek 8: Průběh akčního potenciálu na membráně buňky převodního myokardu [12]



#### KONTROLNÍ OTÁZKA

Které ionty jsou dominantní při jevech na buněčné membráně? <sup>22</sup>

<sup>22</sup>Jsou to ionty  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Cl^-$ ,  $Ca^{2+}$

**KONTROLNÍ OTÁZKA**

Jaký je účel dlouhé fáze plató u průběhu akčního potenciálu na membráně buňky pracovního myokardu? <sup>23</sup>

**K ZAPAMATOVÁNÍ**

Vznik a průběh akčního potenciálu

- depolarizace a transpolarizace způsobeny náhlým zvýšením permeability membrány pro ionty  $\text{Na}^+$  – uplatní se jejich gradient – určité množství pronikne specifickým Na kanálem (jen několik ms) na vnitřní stranu membrány
- fáze plató – otevírá se (pomalý) vápenatý kanál, jím pronikají i Na = udržení depolarizace
- repolarizace – po odeznění Ca kanálu, vzrůstající napětí zvýší vodivost K kanálu
- Následkem podráždění se otevřou iontové kanály a změní se propustnost pro ionty (pro  $\text{K}^+$  vzroste málo, pro  $\text{Na}^+$  více), zrychlí se tok iontů z obou stran, vyrovnají se potenciály a dojde až k transpolarizaci (vnitřek buňky kladný).

Fáze depolarizace a plató = kontrakce (svalových) buněk

Fáze repolarizace = relaxace (svalových) buněk

Akční membránový potenciál má pro různé tkáně svůj charakteristický tvar a dobu trvání. Na průběhu akčního potenciálu se podílí přestup různých iontů přes membránu a tyto ionty procházejí svými vlastními membránovými kanály.

K tomu, aby byl spuštěn mechanismus akčního napětí, stačí vyvolá-li vnější zdroj potenciálový rozdíl na membráně, o velikosti 15 mV (z klidové hodnoty -70 mV na -55 mV). Ke změně membránového napětí může dojít teoreticky několika způsoby:

- změnou teploty
- změnou koncentrace iontů
- změnou hodnot koeficientů permeability.

<sup>23</sup>Zajišťuje postup depolarizace ve fyziologickém směru a zabraňuje trvalému stahu srdečního svalu.

### 3.4 Mechanické vlastnosti tkání

Fyzikální vlastnosti tkání:

- mechanické
  - statické
  - dynamické
- statické vlastnosti:
  - pevnost = odolnost látky proti působení vnější síly
  - pružnost (elasticita) = schopnost tělesa vrátit se po působení vnější síly do původního tvaru
  - roztažnost (distenzibilita) = poddajnost látky vůči působení deformující síly
  - tvárnost (plasticita) = schopnost látky měnit vlivem vnější síly trvale svůj tvar.
- dynamické vlastnosti:
  - vazkost (viskozita) = dynamická vlastnost látky, která se projevuje během deformačního děje jako odpor proti změně tvaru látky
  - závisí především na přitažlivých silách mezi částicemi.

Deformace vzniká působením vnější síly na reálná tělesa. To jsou taková, která nejsou ideálně tuhá, ale působením vnější síly mění svůj tvar.



#### DEFINICE

Základní fyzikální veličinou vztahující se k deformaci tělesa je mechanické napětí  $\sigma$ , definované podobně jako tlak

$$\sigma = \frac{\Delta F}{\Delta S}$$

Jednotkou mechanického napětí  $\sigma$  je 1 Pa (pascal). Rozměrem je  $\text{N}\cdot\text{m}^{-2} = \text{kg}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-2}$ .

Podle působení vnější síly na těleso rozlišujeme mechanické napětí

- tečné (síla je rovnoběžná s plochou, na níž těleso leží)
- normálové napětí (síla je kolmá na tuto plochu).

Při deformaci dochází ke změně rozměrů tělesa. Poměr přírůstku délkového rozměru  $\Delta L$  a původního rozměru  $L_0$  vzniklého deformací se označuje jako relativní prodloužení  $\Delta$

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$$

**VĚTA**

Vztah mezi relativním prodloužením a napětím udává tzv. Hookeův zákon

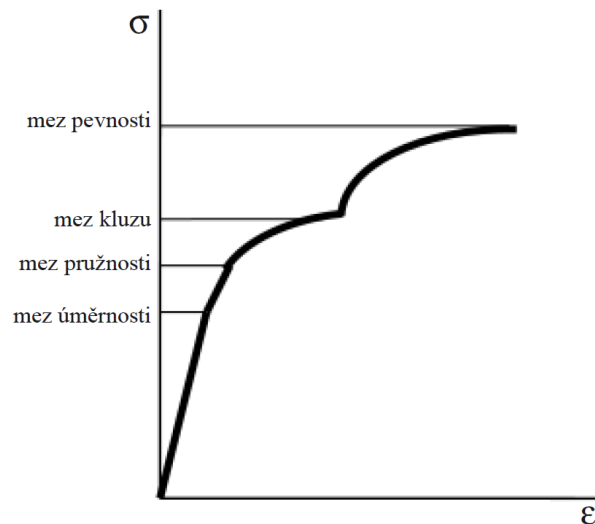
$$\sigma = E \cdot \varepsilon \text{ neboli } \frac{\Delta F}{\Delta S} = E \cdot \frac{\Delta L}{L_0},$$

kde E je modul pružnosti v tahu. Vzhledem k bezrozměrnosti relativního prodloužení je jednotkou E rovněž 1 Pa (pascal).

Každý materiál je charakterizován svou deformační křivkou, tedy závislostí mechanického napětí na relativním prodloužení.

**KONTROLNÍ OTÁZKA**

Čemu je úměrné prodloužení tělesa? <sup>24</sup>



**Obrázek 9:** Příklad deformační křivky materiálu [1]

Podle způsobu reakce na působení deformující síly dělíme látky na:

<sup>24</sup>Působící síle F a modulu pružnosti v tahu E.

- elastické
- plastické (deformace nastává až po určité hodnotě působící síly, po jejím ukončení si zachovávají dosaženou deformaci)
- viskózní (tekutiny)
  - newtonovské (rychlost deformace se mění lineárně s působícím mechanickým napětím)
  - ne-newtonovské (rychlost deformace se s působícím mechanickým napětím mění nelineárně)
- viskózně elastické (deformace závisí na vnější síle a čase, do původního stavu se nevrací samovolně, ale vlivem opačně působící síly)
- plastickou-viskózně-elastické (vykazují současně vlastnosti látek viskózních i plastických, k deformaci dochází až od jisté prahové síly). Do této skupiny patří většina měkkých tkání.



### KONTROLNÍ OTÁZKA

Co to je deformační křivka? Jaký je obecně její průběh? <sup>25</sup>

## 3.5 Biomechanika kostí

Pro pohybovou mechaniku všech obratlovců je oporou těla kostra složená z kostí, kloubů a vazů. Struktura kosti se přizpůsobuje a zesiluje podle směru trvalých zatěžovacích sil – (zákon o transformaci kostí). Struktura kosti je vybudována s minimem materiálu při maximální pevnosti v daném směru.

Základní typy kostní tkáně jsou

- spongiozní
- kompaktní.

Reálné kosti vykazují vždy kombinaci obou typu kostní tkáně.

Tvary kostí

- dlouhé kosti
  - prostředek kosti = diafýza
  - konce kosti = epifýza
- krátké kosti
- ploché kosti (žebra, spánková kost)

<sup>25</sup>Je to graf závislosti napětí (normálového) na relativním prodloužení. Průběh: pružná deformace – dopružování – mez pružnosti – tečení materiálu – mez kluzu – mez pevnosti.

- nepravidelné kosti (obratle).

Spojení kostí (biokinematické dvojice)

- rotační (loketní kloub)
- sférickou (kyčelní a ramenní kloub)
- komplikovanější (např. rotačně-posuvná dvojice kolenního kloubu).

### KONTROLNÍ OTÁZKA



Jaké jsou dva základní typy kostní tkáně? <sup>26</sup>

## 3.6 Biofyzika svalů

Svaly = motorické orgány živočichů. Mění energii chemických vazeb (glykogen) v mechanickou práci. Práce je vykonávána prostřednictvím svalového stahu (kontrakce), který je reakcí na nervový podnět.

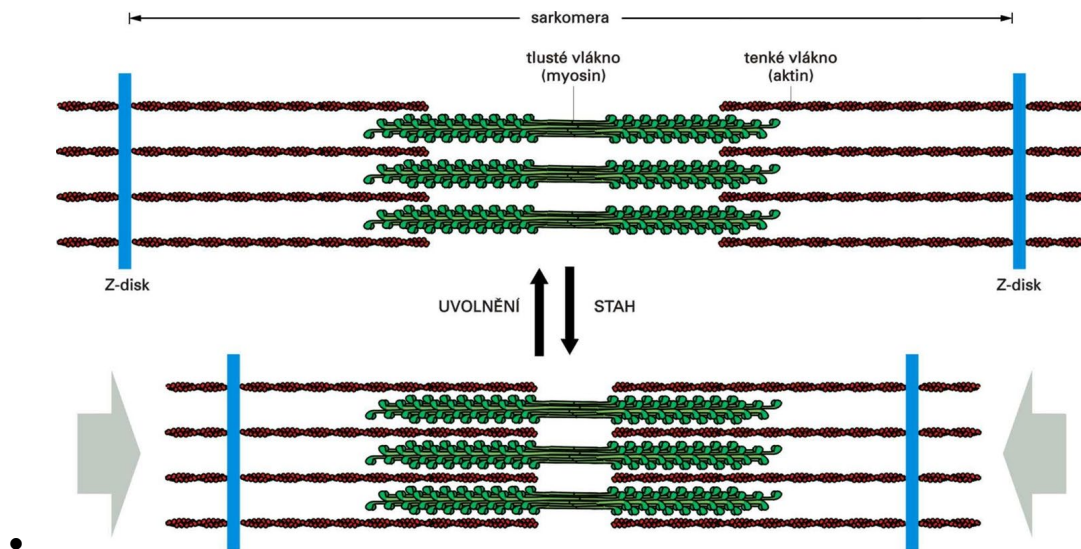
Svalové tkáň se rozděluje na

- kosterní svalovina (příčně pruhovaná) = inervovaná mozgovými a míšními nervy, ovládaná vůlí.
- hladká svalovina (útrobní) = mimovolní
- srdeční svalovina (myokard)
- myoepiteliální tkáň = umožňuje vylučování ze žláz.

Při kontrakci svalového vlákna se aktinová vlákna zasouvají mezi myozinové, čímž se sval zkracuje za vzniku mechanické síly. Při kontrakci vyvíjí sval sílu na své úpony. Rozlišuje se kontrakce

- izotonická (sval se zkracuje a prostřednictvím pák působí na pohyb pohyblivých částí těla = koná se mechanická práce)
- izometrická (sval nemění svou délku – síla vyvinutá svalem při izometrické kontrakci je použita pro vyrovnání jiných vnějších sil obvykle tíhových nebo pro zabránění pohybu).

<sup>26</sup> Spongiozní a kompaktní.



Obrázek 10: Schéma svalového stahu [10]

Při kontrakci se uvolňuje teplo 0,12 J/gram svalu.

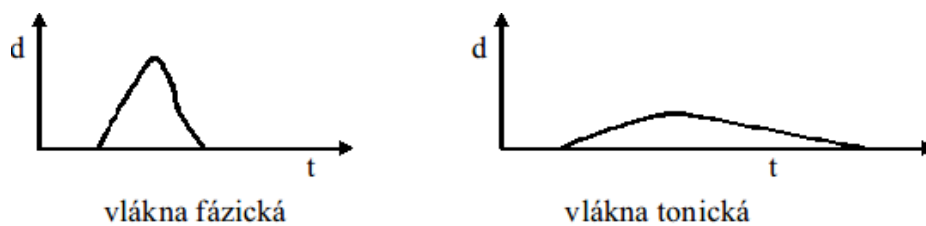
Vzniká teplo:

- aktivační (při každé jednotlivé aktivaci)
- zkracovací ( $3,5 \cdot 10^4 \text{ J} \cdot \text{m}^{-3}$  v průřezu svalu na 1 cm zkrácení).

Celkové teplo uvolněné akcí svalu je nezávislé na zatížení svalu. Kontraktilní elementy svalu se dovedou přizpůsobit různému zatížení.

Svalová vlákna se podle doby zkracování a relaxace dělí:

- tonická (stahují se pomalu a málo intenzivně)
- fázická (stahují se rychle a intenzivně).



Obrázek 11: Průběhy svalového tonu v čase [10]

Oba druhy vláken jsou zastoupeny v každém svalu podle jeho funkce.

Svalová síla = síla potřebná k natáhnutí maximálně kontrahovaného svalu na původní délku. Je největší na začátku natahování a postupně se snižuje.



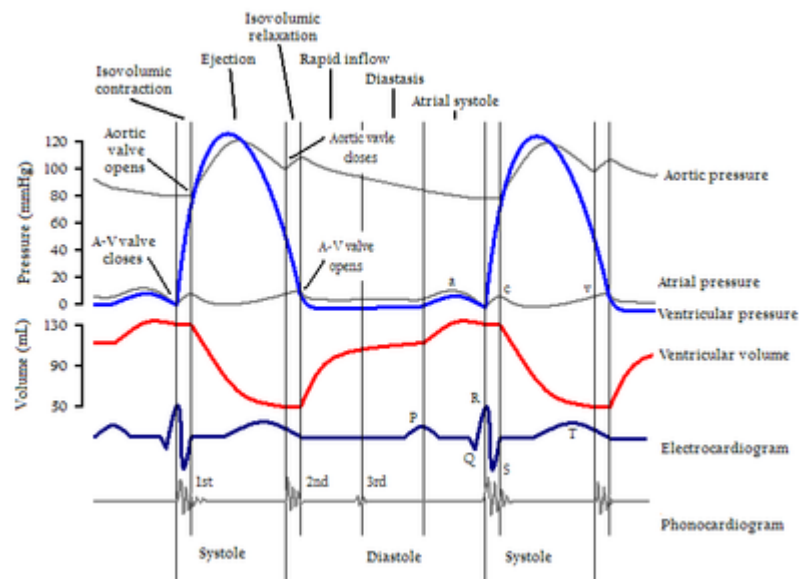
**KONTROLNÍ OTÁZKA**

Jaké jsou dva základní druhy svalových vláken? <sup>27</sup>

### 3.7 Práce srdce, proudění krve

Srdce je svalovým, dutým orgánem, který rytmickými stahy pohání krev v krevním řečišti. Je uloženo v osrdečníku, který tvoří jeho obal. Skládá se z pravé a levé síně, z pravé a levé komory.

- do pravé síně přitéká odkysličená krev z velkého krevního oběhu
- zezadu a shora ústí horní dutá žíla, zleva a zdola přes bránici pak dolní dutá žíla
- vstup do pravé komory je opatřen trojcípou chlopní
- výstup výtokového traktu je opatřen chlopní plicnice
- vstup do levé komory je přes dvojcípou chlopeň
- pravá a levá komora jsou od sebe odděleny mezikomorovou přepážkou (septum).



**Obrázek 12:** Fáze srdečního cyklu: plnění síní, plnění komor, vypuzení krve na těla a plic [[http://www.enotes.com/topic/Cardiac\\_cycle](http://www.enotes.com/topic/Cardiac_cycle)]

Srdeční cyklus

- v první (napínací) fázi komorové systoly prudce roste tlak v levé komoře, až převyší tlak v aortě
- následkem tohoto tlakového spádu, se otevírají semilunární chlopně. V ejekční (vypuzovací) fázi, která tímto začíná, se krev vyvrhuje do aorty.

<sup>27</sup>Tonická a fázická.

- dojde k ochabnutí, komorový tlak rychle klesá, zároveň klesá i tlak v aortě
- aortální chlopně se uzavírají a dojde ke krátkodobému obrácení směru toku krve
- pokles tlaku v aortě se zastaví až uzavřením semilunárních chlopní.

Během následné diastoly jsou aortální chlopně uzavřeny, protože tlak v levé komoře je nižší než v aortě a krev je relativně v klidu.

- tepový objem = množství krve vypuzené při jednom srdečním cyklu (70 ml)
- srdeční akce = počet srdečních cyklů (tepů) za minutu
- minutový objem srdce = množství vypuzené za minutu (tepový objem x srdeční akce), typicky  $70 \text{ ml} \times 72 \text{ /min} \approx 5 \text{ l/min}$
- srdce přečerpává za 1 minutu prakticky celý objem cirkulující krve
- srdeční index = minutový objem přepočtený na plochu těla.

Normální tlaky v systémovém (velkém) oběhu:

- aorta v době systoly =  $16 \text{ kPa} = 120 \text{ mmHg}$
- aorta v době diastoly =  $10,5 \text{ kPa} = 79 \text{ mmHg}$ .

Normální tlaky v plicním (malém) oběhu:

v době systoly =  $3,3 \text{ kPa} = 25 \text{ mmHg}$

v době diastoly =  $1,3 \text{ kPa} = 10 \text{ mmHg}$ .



## KONTROLNÍ OTÁZKA

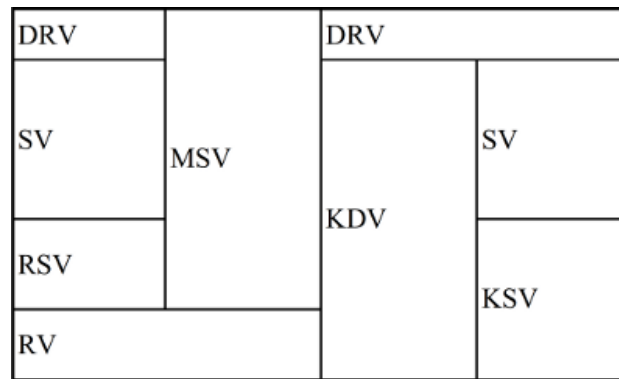
Co je to tepový objem a jaká je jeho průměrná hodnota? <sup>28</sup>

Srdeční objemy

- DRV – diastolický rezervní objem
- SV – systolický objem MSV – maximální systolický objem
- RSV – rezervní objem
- RV – reziduální objem
- KDV – konečný diastolický objem
- KSV – konečný systolický objem.

---

<sup>28</sup>Množství krve vypuzené při jednom srdečním cyklu. Tento objem činí asi 70 ml.



Obrázek 13: Srdeční objemy [10]

**DEFINICE**

Ejekční frakce = podíl objemu krve vypuzené při jednom srdečním stahu k množství krve před stahem.  $EF = SV/KDV$  [%].

### 3.8 Biofyzika dýchání

Dýchání je základní životní funkce, spočívající ve výměně dýchacích plynů (kyslíku a oxidu uhličitého) mezi organismem a externím prostředím. Vdechovaný vzduch je však směsí více různých plynů:  $N_2$  (78,03 %),  $O_2$  (20,99 %), vzácné plyny (0,95 %),  $CO_2$  (0,003 %).

Dýchání může rozdělit na

- vnější (výměna dýchacích plynů mezi alveolárním vzduchem a krví)
  - plicní ventilace (doprava vzduchu do alveolů a zpět do zevního prostředí)
  - distribuce (promíchání inspirovaného vzduchu se zbytkovým plicním vzduchem)
  - respirace (výměna plynů mezi plicními sklípky a plicními kapilárami přes alveokapilární membránu)
  - perfuse (trvalá cirkulace krve plicním řečištěm – podílí se na udržování tlakového gradientu pro  $O_2$  a  $CO_2$ )
  - difúze (přestup  $O_2$  a  $CO_2$  ve směru tlakového gradientu přes alveolární membránu).
- vnitřní (výměna dýchacích plynů mezi krví a tkáněmi).

$O_2$  se přenáší:

- fyzikálně rozpuštěný (1,5 %)
- chemicky vázaný na hemoglobin (98,5 %)

CO<sub>2</sub> se přenáší

- fyzikálně rozpuštěný
- vázaný ve formě bikarbonátu
- ve vazbě na proteiny plazmy a hemoglobin.



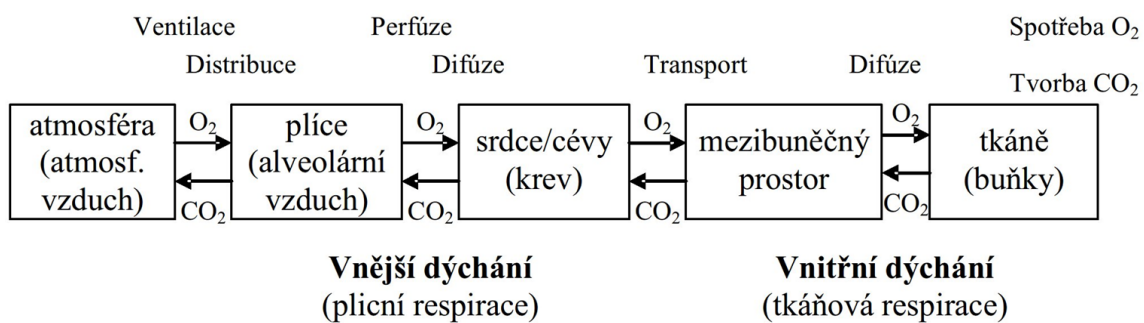
## KONTROLNÍ OTÁZKA

Jaké plyny označujeme jako dýchací? <sup>29</sup>

Z hlediska časového průběhu se dechový cyklus rozděluje

- nádech (inspirium)
- výdech (expiriu).

Uplatňují se termodynamické zákony (stavová rovnice, Daltonův zákon, Henryův zákon, Fickovy zákony). Podmínkou proudění vzduchu v dýchacích cestách je tlakový rozdíl mezi atmosférou a alveolami.

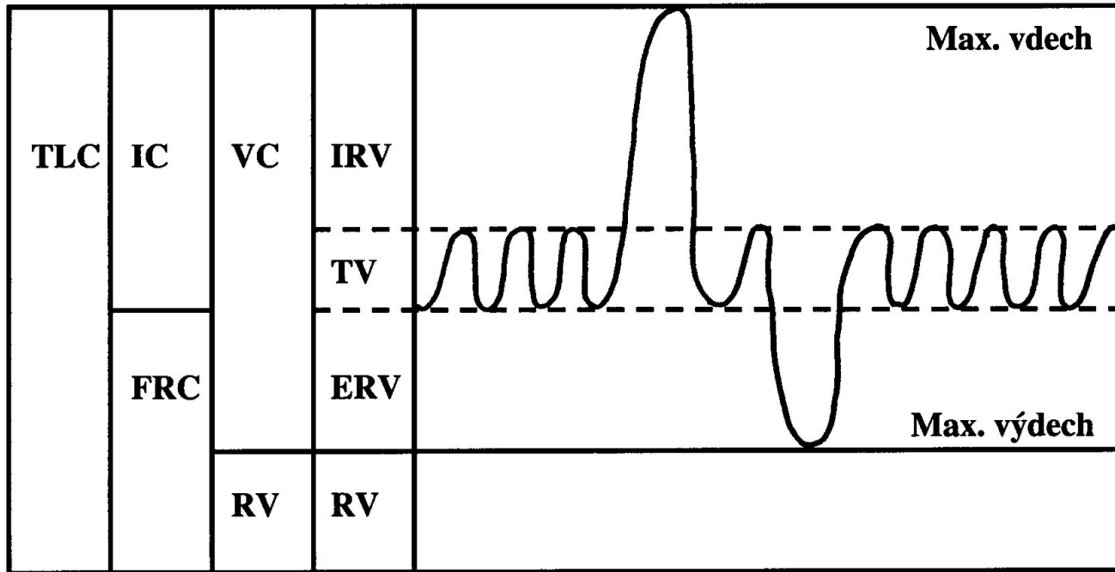


Obrázek 14: Výměna dýchacích plynů [10]

## Dechové objemy

- dechový objem (TV), asi 500 ml (15–18 % vitální kapacity).
- inspirační rezervní objem (IRV) = množství vzduchu, které lze maximálním úsilím vdechnout ještě po normálním nádechu, asi 2500 ml (60 % vitální kapacity).
- expirační rezervní objem (ERV) = množství vzduchu, které lze maximálním úsilím ještě vydechnout po klidovém výdechu, asi 1000 ml (25 % vitální kapacity).
- reziduální objem (RV) = množství vzduchu, které zůstává v plicích i po maximálním výdechu, asi 1000–2000 ml.

<sup>29</sup>Jedná se o kyslík O<sub>2</sub> a oxid uhličitý CO<sub>2</sub>



Obrázek 15: Dechové objemy [10]

### Plicní kapacity

- Vitální kapacita plic  $VC = ERV + VT + IRV$
- Inspirační kapacita plic  $IC = VT + IRV$
- Expirační kapacita  $EC = VT + ERV$
- Funkční reziduální kapacita  $FRC = RV + ERV$
- Celková kapacita plic TLC

Spirometrie = funkční vyšetření plic.

### Přístroj spirometr

- s uzavřeným systémem
- s otevřeným okruhem.

### Spirometrické parametry:

- PEF = vrcholová výdechová rychlost
- FEV 1 = usilovně vydechnutý objem vzduchu za jednu vteřinu
- MEF (25, 50, 75) = maximální výdechové průtoky (na různých procentuálních úrovních vydechnuté FVC)
- FRC = funkční reziduální kapacita
- TGV = nitrohruční objem plynů měřený pletysmograficky

### 3.9 Akční potenciály srdce

U buněk srdečního svalu je během diastoly klidový potenciál asi  $-80$  až  $-90$  mV, daný ionty  $K^+$ . V průběhu systoly vzniká akční potenciál, který má charakteristické plató (viz obr. 7). Průběh akčního potenciálu včetně refrakterní periody je tak řádově delší než u nervových či jiných vláken. V období plató se zvýší propustnost membrány pro vápenaté ionty, které pak působí podobně jako ionty sodné, takže přispějí k udržení stavu depolarizace. Teprve po snížení zvýšené permeability pro vápenaté ionty se zvýší permeabilita pro draselné ionty a dojde k repolarizaci a klidovému potenciálu.



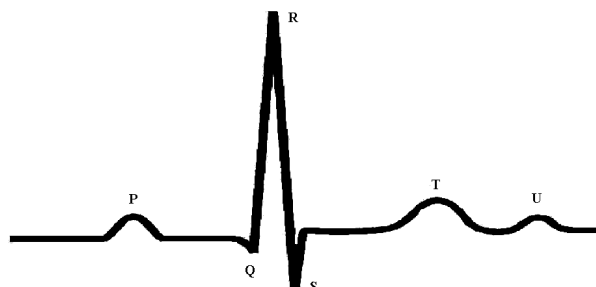
#### KONTROLNÍ OTÁZKA

Jaká je velikost klidového membránového potenciálu buněk pracovního myokardu? Vyhledejte si v doporučené literatuře, jak se tato velikost stanovila.<sup>30</sup>



#### K ZAPAMATOVÁNÍ

Při obvyklém snímání EKG je depolarizovaná oblast elektronegativní vzhledem k polarizovaným oblastem. Podrážděná myokardiální vlákna se chovají jako dipól a vytvářejí elementární elektrická pole, která jsou v souhrnu charakterizována vektorem srdečního elektrického pole. Elektrické projevy lze sledovat buď elektrodami zavedenými do srdce (epimyokardiálními či endokardiálními), nebo povrchově z končetin a hrudníku. Je-li spojnice snímacích povrchových elektrod umístěna přibližně ve směru podélné srdeční osy, má elektrokardiogram známý tvar podle obrázku níže. Umístění povrchových elektrod je kvůli dobré reprodukovatelnosti standardizováno na bipolární končetinové svody (Eithoven), unipolární zvětšené končetinové svody (Goldberg) a unipolární hrudní svody (Wilson).



Obrázek 16: Základní tvar povrchové křivky EKG [12]

<sup>30</sup>Je to přibližně  $-90$  mV. Tuto velikost lze stanovit výpočtem tzv. Nerstovy rovnice.

- fyziologický srdeční cyklus začíná oblou a pozitivní vlnou P. Ta trvá asi 80 ms a je obrazem depolarizace síní
- následuje úsek PQ, daný izoelektrickou linií, trvající rovněž asi 80 ms
- dále přichází komorový komplex, složený z kmitů QRS a vlny T
  - negativní kmit Q je obrazem začátku depolarizace komorového myokardu v oblasti septa
  - výrazný a pozitivní kmit R značí postup vzruchu přes stěnu srdečních komor
  - negativní kmit S je obrazem aktivace komorového myokardu při bazi levé komory
- úsek ST je izoelektrická linie po dobu asi 120 ms
- vlna T trvá asi 160 ms a je obrazem repolarizace komorového myokardu
- za vlnou T ještě někdy následuje vlna U, repolarizace Purkyňových vláken.

### KONTROLNÍ OTÁZKA



Která vlna povrchového EKG odpovídá repolarizaci síní? <sup>31</sup>

## 3.10 Akční potenciály mozku

Základní jednotka nervové soustavy = neuron.

- dendrity (krátké výběžky buňky, přijímají a zpracovávají signály)
- buněčné tělo (jádro, cytoplazma, organely)
- iniciální segment (vznik akčních potenciálů)
- nervové vlákno (axon, neurit; vedení vzruchů).

Jediný neuron může přijímat informace z mnoha neuronů a i mnoha neuronům přijatou informaci předávat.

Synapse = spojení neuronů nebo neuronů a jiných cílových buněk (smyslové buňky).

Rozlišujeme

- synapse elektrické = těsné spojení mezi buňkami, obousměrný přenos vzruchu,
- synapse chemické = neurony se přímo nedotýkají, jednosměrný přenos vzruchu.

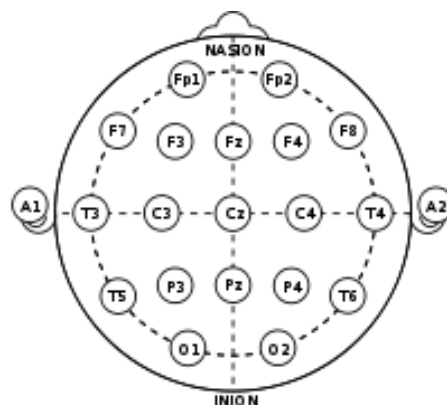
Rozdělení mozku

- přední mozek

<sup>31</sup>Žádná, toto je skryto výraznějším QRS komplexem.

- koncový mozek
  - mozková kůra
  - čichový mozek
  - bazální ganglia
- mezimozek
- střední mozek
- zadní mozek
  - metencephalon
    - mozeček
    - Varolův most
  - míšň mozek
    - prodloužená mícha

Elektroencefalografie (EEG) = diagnostická metoda používána k záznamu časových změn elektrické aktivity (polarizace neuronů) centrálního nervového systému). Záznam časová aktivity se nazývá elektroencefalogram. Změny v polarizaci neuronů jsou snímány povrchovými elektrodami. Pro rozmístění elektrod na povrchu je používán standardizovaný systém 10/20.



**Obrázek 17:** Umístění elektrod EEG [10]

Na průběhu elektroencefalogramu se rozlišují tyto významné vlny:

- vlny alfa:  $f = 8-13$  Hz, amplituda  $< 50 \mu\text{V}$ , tělesný a duševní klid



- vlny beta:  $f = 15-20$  Hz, amplituda  $= 5-10 \mu\text{V}$ , zdravý člověk v bdělém stavu

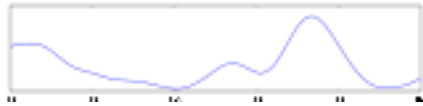




- vlny théta:  $f = 4-7$  Hz, amplituda  $> 50 \mu\text{V}$ , rytmus u dětí, u dospělých je patologický



- vlny delta:  $f = 1-4$  Hz, amplituda  $= 100 \mu\text{V}$ , v hlubokém spánku,



Evokované potenciály = významné změny v EEG signálu vyvolané nějakým vnějším podnětem (světlo, zvuk aj).

Příklady

- VEP = Visual Evoked Potential
- AEP = Auditory Evoked Potential
- BERA = Brainstem Electrical Response Audiometry
- CERA = Cortical Electrical Response Audiometry
- SSEP = Somato-Sensory Evoked Potential.

## KONTROLNÍ OTÁZKA



Jaké vlny rozlišujeme na záznamu EEG? <sup>32</sup>

<sup>32</sup>Alfa, beta, théta a delta.

## 4 BIOFYZIKA SMYSLOVÉHO VNÍMÁNÍ.



### RYCHLÝ NÁHLED KAPITOLY

Náplní této kapitoly je biofyzika vnímání. Všechny smysly a zpracování vnějších podnětů jsou založeny na biofyzikálních principech. Pomocí nich se počítky, mající původně jiné fyzikální vlastnosti (zvukové, světelné vlnění, chemické složení) transformují na nervové vzruchy šířící se do centrálního nervového systému. Každý živý organismus je vystaven určitým vlivům vnějšího prostředí a změnám. Náplní této kapitoly je popsat biofyzikální mechanismy přizpůsobení člověka na změny různých parametrů vnějšího prostředí (teplota, tlak, hluk, elektrická a magnetická pole) a popsat účinky, které tyto změny vyvolávají.



### CÍLE KAPITOLY

Po prostudování této kapitoly budete umět:

- rozlišit různé druhy podnětů,
- posoudit činnost receptoru vzhledem k intenzitě podnětu,
- znát základy biofyziky vnímání,
- posoudit vliv vnějších faktorů na organismus.



### KLÍČOVÁ SLOVA KAPITOLY

vjem, podnět, receptor, sluch, čich, chuť, zrak, hluk, práh bolesti, termoregulace



### DEFINICE

Vnímání = příjem a uvědomování si informací z vnějšího a vnitřního prostředí organismu.

Počítek = nejjednodušší prvek vnímání, základ pro složitější procesy; výsledný prvek jednoho smyslového analyzátoru.

Vjem = výsledek většího množství počítek.

---

## VĚTA



Objektivní fyziologie smyslů - Stevensův zákon:

$$R = A \cdot S^n$$

(R = počitek, A = konstanta, S = velikost podnětu, n = 0,2 až 3,5 pro různé druhy podnětů)

---

## K ZAPAMATOVÁNÍ



Druhy podnětů jsou především:

- zrakový
- sluchový
- čichový
- chuťový
- hmatový.

---

## KONTROLNÍ OTÁZKA



Co je to Stevensův zákon? <sup>33</sup>

---

## K ZAPAMATOVÁNÍ



Smyslové receptory se rozdělují podle:

- Druhu působící energie (adekvátní energie)
  - mechanoreceptory
  - termoreceptory
  - chemoreceptory
  - fotoreceptory.

---

<sup>33</sup>Je to mocninná funkce, vyjadřující vztah mezi intenzitou počitku a intenzitou podnětu.

- Složitosti:
  - volná nervová zakončení (nejjednodušší)
  - smyslová tělíska
  - smyslové buňky (nejsložitější).
- Místa vzniku podnětů a způsob zachycení:
  - Exogenní:
    - telereceptory (vzdálené zdroje podnětů – čich, sluch, zrak)
    - exteroreceptory (dotek s organismem – chuť, kožní vnímání)
  - Endogenní:
    - proprioreceptory (svaly, šlachy, klouby)
    - interoreceptory (ve vnitřních orgánech).
- Působení podnětu
  - přímo na receptor
  - přenos a zpracování dalšími fyzikálními strukturami.

---

Reakce smyslového receptoru na podnět závisí na kvalitě, intenzitě, trvání a rychlosti změny intenzity podnětu. Biofyzikální podstata podnětu je důležitá pro samotný vznik podráždění v nervových zakončeních, protože každý druh receptoru může na nervové signály transformovat pouze energii určitého typu. Biofyzikální vhodný podnět se nazývá adekvátní (viz rozdělení receptorů podle působící energie).



### KONTROLNÍ OTÁZKA

Jaké různé druhy receptorů jsou u člověka? <sup>34</sup>



### K ZAPAMATOVÁNÍ

Z hlediska účinku na receptor rozdělujeme podněty na

- adekvátní (nejcitlivější, nejnižší práh)
- podprahové (nízké intenzity, nejsou schopné vyvolat podráždění s následným vznikem vzruchu)
- prahový (nejnižší intenzita, která vyvolá vznik akčního potenciálu)
- nadprahové podněty (s větší intenzitou).

---

<sup>34</sup>Mechanoreceptory, termoreceptory, chemoreceptory, fotoreceptory

Při podráždění nervového vlákna adekvátním podnětem vznikají akční potenciály. Akční potenciál se buď

- rozvine (nadprahový stimul libovolné velikosti)
- nevznikne vůbec (podprahový stimul).

Jestliže čas trvání podnětu přesáhne užitečný čas, intenzitu prahového podnětu to neovlivňuje. Rychlost změn intenzity podnětu má však také svůj vliv.

Vznik akčních potenciálů na buňce vyvolá elektrický impulz. To způsobí rozdíl elektrických poměrů mezi tak podrážděnou buňkou a okolím. Vyvolá to průtok elektrického proudu a akční potenciál se tak šíří i na další buňky.

### KONTROLNÍ OTÁZKA



Jaké účinky má podprahový podnět? <sup>35</sup>

## 4.1 Biofyzika chuti

Receptory chuti jsou tzv. chuťové pohárky. Jsou inervovány více neurony, na asi pět pohárků pak připadá jedno nervové vlákno. Tyto receptory jsou nerovnoměrně rozmístěny v chuťových pohárcích, které se nacházejí především na jazyku, ale také na patře a v krku. Chuťových pohárků má člověk 500-10000.

Rozeznáváme 4 základní druhy chuťových počitků

- sladký = rozeznáván na špičce jazyka
- kyselý = na stranách jazyka
- hořký = na kořenu jazyka
- slaný = na stranách jazyka.

Někdy se uvádí také

- umami (vnímá aminokyselinu kyselinu glutamovou a její soli – glutamáty)
- vápníkový
- tučný.

Ostatní chutě vznikají kombinací těchto vjemů v koncovém mozku.

- kyselost je zprostředkována protony ( $H^+$ )
- slanost ionty anorganických solí

<sup>35</sup>Obvykle žádné, nedojde ke vzniku počitku.

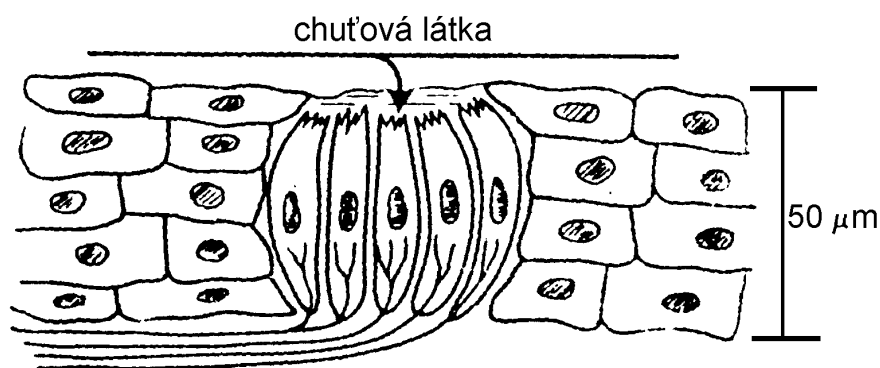
- sladkost převážně organickými látkami
- hořkost, která je kromě organických látek vyvolána solemi hořčíku a vápníku.

Centrum vnímání chuti se nachází v temenním laloku mozkové kůry, kde se kombinací základních složek tvoří výsledná chuť. Ta je ovlivněna nejen složením jídla, ale také jeho teplotou a především vůní. Chuť je totiž velmi úzce spjata s čichem.



## KONTROLNÍ OTÁZKA

Jaká je poloha receptorů pro slanou chuť? <sup>36</sup>

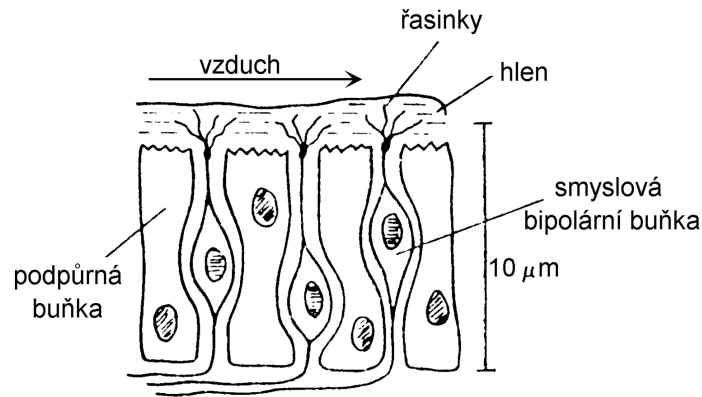


Obrázek 18: Chuťový pohárek [10]

## 4.2 Biofyzika čichu

Čich = schopnost vnímat chemikálie rozpuštěné ve vzduchu nebo ve vodě ve velmi nízkých koncentracích. Čich velmi úzce souvisí s chutí a jejich receptory jsou podobné. U savců je čichovým receptorem nažloutlá a bohatě prokrvená sliznice, umístěná u stropu nosní dutiny, v níž jsou uložena nervová zakončení. Během dýchání přes čichové buňky prochází vzduch s rozpuštěnou vonnou látkou. Vzruchy z nich jsou vedeny do mozku, kde vzniká čichový vjem. Povrch čichové sliznice (epitelu) u člověka je pouze asi do 5 cm<sup>2</sup>. Lze rozlišit až 4000 různých pachů.

<sup>36</sup>Jsou umístěny po stranách jazyka.



Obrázek 19: Čichové buňky [10]

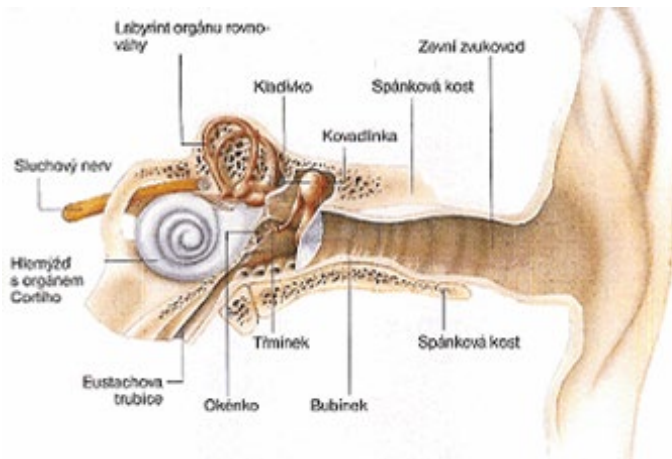
### 4.3 Biofyzikální funkce lidského ucha

Sluch je fylogeneticky nejmladším smyslem. Sluch se někdy také označuje jako velmi jemný hmat. Sluchový analyzátor je nejsložitější způsob mechanického vnímání. Podstatnou charakteristickou zvuku je jeho kmitočet. Určuje výšku zvuku (tónu), tedy odráží periodicitu zvukového děje ve vědomí. Výška tónu je objektivní. Vnímání výšky tónu je subjektivní.

Kmitočtový rozsah lidského sluchu je asi 16 Hz až 16 kHz (tj. cca 9 oktáv), maximálně až do 20 kHz. Kmitočtový rozsah lidské řeči = 100 Hz až 8 kHz.

Anatomickým orgánem sluchového a rovnovážného ústrojí je ucho. Dělí se na:

- vnější ucho
  - ušní boltec
  - zevního zvukovod
- střední ucho
  - dutinka v pyramidě spánkové kosti
  - tři drobné sluchové kůstky (kladívko, kovádlínka a třmínek)
  - navzájem spojené jemnými klouby
- vnitřní ucho
- hlemýžď, vestibulární labyrint, Cortiho orgán.



Obrázek 20: Anatomie ucha

### 4.3.1 SLUCHOVÉ VADY

Stejně jako u jiných vad, platí i u vad sluchových, že se mohou lišit stupněm závažnosti – od lehkých přes středně těžké a těžké až po velmi těžké. Navíc však v tomto případě musíme rozlišovat i různé typy vad:

- převodní (konduktivní)
- percepční (senzoneurální)
- smíšené (kombinované).

Toto dělení rozhoduje, do jaké míry a jakými prostředky lze vadu odstranit, zmírnit nebo alespoň kompenzovat.

Převodní poruchy jsou ty, jejichž příčina je v zevním nebo středním uchu; převodní se jim říká proto, že je při nich poškozen nebo zcela znemožněn převod zvuků do vnitřního ucha. Často jsou spojeny i s bolestí v uchu nebo s výtokem z něj. Ztráta sluchu obvykle nepřesahuje 60 dB, takže zvuky hlasitější tito lidé slyšet mohou. Proto také právě tyto osoby nejvíce těží z pomoci sluchových pomůcek (sluchadel). Převodní poruchu sluchu mohou vyvolat i úrazy hlavy, a to nejčastěji rozpojením či zlomením sluchových kůstek.

Percepční nedoslýchavost je následkem poruchy vnitřního ucha. O percepční nedoslýchavosti mluvíme, pokud jsou poškozené vláskové buňky, nervová vlákna nebo jejich spojení s hlemýžďem, nebo pokud nefungují optimálně. Pokud je poškozená část vnitřního ucha, ztratí se nebo sníží schopnost přeměnit mechanickou energii na elektrickou, která je posílána do mozku.



**KONTROLNÍ OTÁZKA**

Jaké jsou druhy sluchových vad? <sup>37</sup>

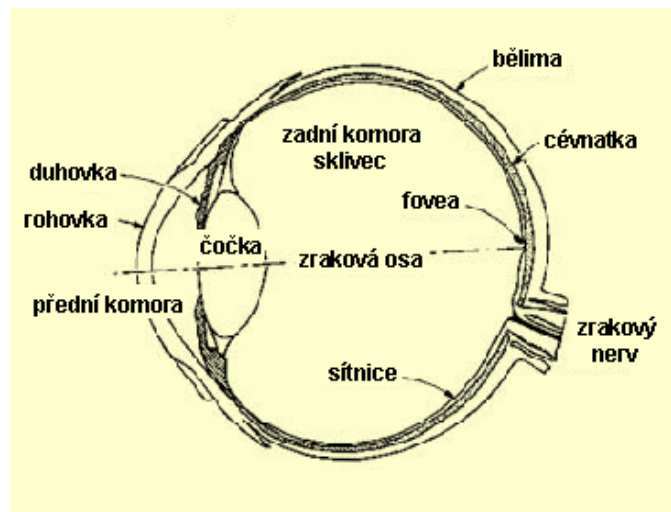
**4.4 Biofyzikální funkce lidského oka****DEFINICE**

Světlo = příčné elektromagnetické vlnění. Rychlost šíření závisí na prostředí. Pro všechny elektromagnetické vlny ve vakuu platí rychlost  $c=3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . Podobně jako u světla platí

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

Vidění = příjem a zpracování informací o vnějším světě zrakovým analyzátozem – okem. To zahrnuje i další přídatné celky = oční víčka, řasy, slzné žlázy, spojivky, zevní oční svaly. Primární obraz vzniká optickou a fotochemickou cestou.

Optické dráhy = systém nervových buněk zajišťující přenos informace do mozku.



**Obrázek 21:** Schéma lidského oka [<http://www.paladix.cz/clanky/barevne-videni-druhy-pohled.html>]

<sup>37</sup>Jsou tři – převodní, percepční a smíšené.

#### Bělima

- tloušťka 1–1,5 mm, v zadní části je otvor pro průchod nervu

#### Cévnatka

- tvoří temnou komoru pro sítnici a udržuje teplotu oka

#### Sítnice

- světločivná vrstva oka, obsahuje fotoreceptory – tyčinky a čípky

#### Rohovka

- tloušťka 0,7 mm

#### Duhovka

- kruhový otvor (zornice)

#### Čočka

- vyvíjí se po celý život, ve stáří akomodace klesá a se čočka mění v tuhé jádro.

#### Sklivec

- složení 99 % H<sub>2</sub>O, 7 g NaCl na 1 litr, změna kyselosti vyvolá změnu očního tlaku

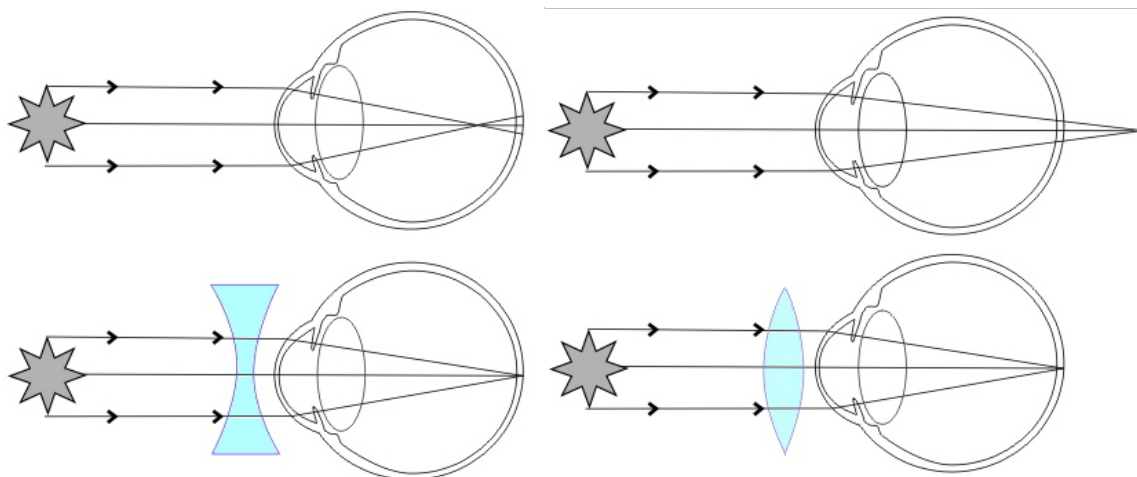
#### Komorová voda

- mezi rohovkou a duhovkou, tekutina 7–8 % NaCl na 1 l.

Člověk má světločivé buňky v sítnici každého oka.

- tyčinky (asi 130 milionů buněk) – rozlišují pouze odstíny šedi a zajišťují vidění i za slabé intenzity světla = skotopické vidění.
- čípky (asi 7 milionů buněk) – umožňují barevné vidění (modrá, zelená a červená). Zajišťují vidění za dobrých světelných podmínek = fopické vidění.

Zdravé oko tvoří bodovou zobrazovací soustavu a jeho obrazové ohnisko leží na sítnici. V tomto případě je oko emetropické. V případě, kdy obrazové ohnisko neleží na sítnici nebo optický systém oko nezobrazuje bodově, jedná se o ametropické oko.



**Obrázek 22:** Krátkozrakost a její korekce, dalekozrakost a její korekce  
 [http://www.cocky-online.cz/ocni-vady-kratkozrakost/]

Ametropie = refrakční vady oka.

Druhy ametropií (podrobněji viz kapitola 11):

- Sférická:
  - krátkozrakost (myopie) = lomivost příliš velká, paprsky se sbíhají před sítnicí; koriguje se čočkou rozptylkou;
  - dalekozrakost (hyperopie) = lomivost příliš malá, paprsky se sbíhají za sítnicí; koriguje se čočkou spojkou;
- Asférická:
  - astigmatismus = lámavé plochy nemají souměrný sférický (kulový) tvar, způsobující nepřesné zaostření světla na sítnici; paprsky světla se nespojují na sítnici do jednoho ohniska, ale vzájemně se míjejí a na sítnici se projevují jako různě velké a zakřivené plošky; v malé míře přítomen u každého, ale vyrovnán oční čočkou.

Konvenční zraková vzdálenost pro čtení = 0,25 m.

Presbyopie (starozrakost, vetchozrakost) = přirozená degenerace oční čočky, není možné již ostře vidět předměty v konvenční zrakové vzdálenosti.

### KONTROLNÍ OTÁZKA



Co je to žlutá skvrna? (použijte případně doporučenou literaturu)<sup>38</sup>

<sup>38</sup>Jedná se místo na sítnici, kde je největší hustota čípků, a proto nejostřejší vidění.



## KONTROLNÍ OTÁZKA

Jak byla stanovena hodnota konvenční zrakové vzdálenosti? (použijte případně doporučenou literaturu) <sup>39</sup>

---

---

<sup>39</sup>Je to nejmenší vzdálenost předmětu od oka, kde je oko minimálně namáháno (akomodace).

## 5 ELEKTRICKÉ PŘÍSTROJE A SYSTÉMY V OŠETŘOVATELSTVÍ. BEZPEČNOST POUŽITÍ.

### RYCHLÝ NÁHLED KAPITOLY



V této kapitole se seznámíme s bezpečností používání elektrických přístrojů, účinky elektrického proudu na člověka. Také se seznámíme s bezpečností používání elektrických přístrojů a zvláštnostmi elektrických rozvodů ve zdravotnických zařízeních

---

### CÍLE KAPITOLY



Po prostudování této kapitoly budete umět:

- orientovat se v bezpečné obsluze zdravotnických elektrických přístrojů,
  - posoudit bezpečnost přístrojů
  - popsat účiny elektrického proudu na organismus
  - identifikovat zdravotnické prostory z hlediska bezpečnosti
  - orientovat se v barvách zásuvek na zdravotnickém pracovišti
  - popsat důležitost bezpečnostně-technických kontrol.
- 

### KLÍČOVÁ SLOVA KAPITOLY



elektrický proud, bezpečnost, krytí, světelná návěstí, záložní zdroje, izolace

---

### 5.1 Základní pojmy

Elektrický proud se definuje jako uspořádaný pohyb nosičů elektrického náboje. Elektrické napětí je zase definováno jako rozdíl elektrických potenciálů mezi dvěma body, kde napětí měříme. Je vhodné si uvědomit základní fyzikální odlišnosti mezi těmito veličinami, alespoň na laického uživatelského pohledu.

- elektrický proud je veličina „dynamická“, veličina charakterizující tok. Je tím, co se skutečně nějak projevuje (zahřívá topnou spirálu, rozsvítí žárovku, roztočí motor, aj.)

- elektrické napětí je veličina „statická“, která je přítomna, aniž by se cokoli dělo (napětí mezi zdírkami zásuvky, póly baterie).

Samozřejmě obě veličiny jsou spolu svázány (v nejjednodušším výkladu) tzv. Ohmovým zákonem.

Druhy elektrického proudu

- stejnosměrný (z baterií, případně usměrněných zdrojů)
- střídavý, technický kmitočet 50 Hz (běžný z rozvodné sítě)

## 5.2 Účinky elektrických proudů na organismus

Většina tkání v organismu jsou vodiče elektrického proudu, protože obsahují velké množství vody. Z pohledu elektrických vlastností jsou charakterizované svou

- impedancí (odporem) či vodivostí
- kapacitou
- indukčností.

Účinek elektrického proudu je výsledkem interakce nábojů iontů a makromolekul, membránových potenciálů a dalších jevů. Účinek elektrického proudu závisí kromě intenzity (amplitudy) i na druhu a elektrických vlastnostech tkáně. Elektrický proud může u člověka způsobit i úraz. Nejcitlivějšími tkáněmi jsou mozek, dýchací hrudní svaly, nervová centra a srdce.

**Tabulka 7:** Příklady některých účinků elektrického proudu a jejich úrovní

1 mA	práh cití
5 mA	hranice bezpečného proudu přes kůži
10 až 20 mA	dráždění svalů
50 mA	dráždění srdečních a dýchacích svalů
100 až 300 mA	riziko fibrilace komor
6 A	trvalá kontrakce komor

### 5.2.1 STEJNOSMĚRNÝ PROUD

- má na organismus elektrolytické účinky
- protéká tkáně pohybem iontů
- dráždivé účinky mohou nastat pouze při zapnutí, vypnutí nebo náhlé změně proudu

- tepelné účinky se musí projevit při každém průchodu elektrického proudu vodičem
- čím je větší odpor větší, tím větší je i vzniklé teplo.

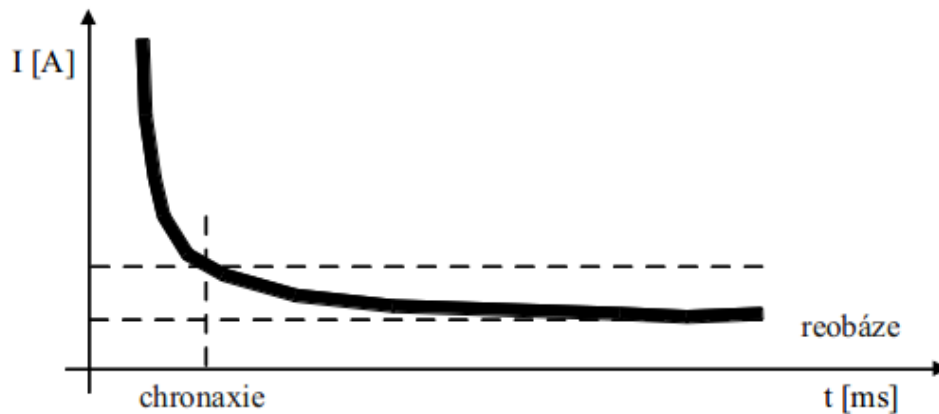
Léčba stejnosměrným proudem se nazývá galvanoterapie, která se aplikuje pomocí kovových elektrod. Průchodem elektrického proudu se zlepšuje prokrvení tkání a zvyšuje se látková výměna.

Dělí se na

- galvanizaci (léčba chronických onemocnění, poúrazových stavů, poruch prokrvení, spazmů svalstva aj.)
- iontoforézu (aplikace léčiva, jehož molekula má na povrchu elektrický náboj).
- impulzoterapii (aplikace nízkofrekvenčních proudů – rozcvičování svalů, stimulace hladkého svalstva, elektrostimulace denervovaných svalů).

K vyjádření dráždivosti tkání se používá tzv. Hoorwegova-Weissova křivka, udávající závislost amplitudy prahového stimulačního proudu na šířce impulsu. Má tvar hyperboly a jsou na ní definovány dvě charakteristické hodnoty:

- reobáze, jako proudový stimulační práh pro teoreticky nekonečně široký impuls (hodnota proudu, pod kterou podráždění vyvolat nelze);
- chronaxie, jako šířka impulsu, při které je práh roven dvojnásobku reobáze.



Obrázek 23: Hoorwegova-Weissova křivka [12]

## 5.2.2 STŘÍDAVÝ PROUD

Střídavý nízkofrekvenční proud (50 až 500 Hz) má pouze slabé elektrolytické účinky, jsou však význačné účinky dráždivé.

Dráždivý účinek roste se stoupajícím kmitočtem asi do 100 Hz. Střídavý vysokofrekvenční proud prakticky nemá žádné elektrolytické účinky a dráždivé účinky se stoupajícím kmitočtem klesají, mohou se plně uplatnit tepelné účinky, které jsou pro vyšší kmitočty už dominantní.



### KONTROLNÍ OTÁZKA

Jaké jsou dominantní účinky stejnosměrného proudu? Jaké proudu střídavého? <sup>40</sup>

---



### KONTROLNÍ OTÁZKA

Jaké znáte terapeutické účiny elektrického proudu? <sup>41</sup>

---

## 5.3 Ochrana před účinky elektrického proudu

Podstatou ochrany před úrazem elektrickým proudem jsou ochrany:

- před nebezpečným dotykem tzv. živých částí (částí, které jsou a mohou být při normálním provozu pod napětím)
- před nebezpečným dotykem neživých částí (částí, které nejsou za normálních okolností pod napětím, avšak mohou pod ním být při stavu jedné nebo více závad, tedy při poruchovém stavu)
- před přepětím
- před nadproudy
- před poruchovými proudy

Principiální způsoby ochrany před nebezpečným dotykem:

- zabránit průchodu proudu tělem
- omezit proud, který může tělem procházet, na bezpečnou hodnotu
- samočinným odpojením od zdroje

Ochrana před dalšími účinky

- tepelnými (aby nedošlo k přehřátí vodičů a způsobení požáru)
- nadproudy (samočinným odpojením od zdroje, omezením nadproudu)
- přepětím
- poruchovými proudy.

---

<sup>40</sup> Stejnosměrný proud má především galvanické účinky, střídavý především dráždivé, s vyššími kmitočty pak i tepelné.

<sup>41</sup> Elektroterapie srdce (kardiostimulace, defibrilace), elektroléčba v rehabilitaci.



## Značení vodičů

- L1, L2, L3: fázové vodiče (třífázová soustava); barvy hnědá a černá
- L: fázový (živý) vodič u jednofázové soustavy
- N: neutrální vodič; barva modrá
- PE: ochranné uzemnění; barva zeleno-žlutá
- PEN: sdružený vodič neutrální a ochranný; barva zeleno-žlutá

Živých částí (jsou určeny k vedení el. proudu a jsou normálně pod napětím)

- jedнопólově: kontaktně nebo přeskokem se uzavírá okruh přes tělo do země
- dvoupólově: mezi živými částmi o různém potenciálu

Neživých částí (vodivé či nevodivé, za normálního provozu bez napětí, při poruše mohou být pod napětím)

- kontaktně (nebo přeskokem) z neživých částí, které se vlivem poruchy ocitnou pod napětím.

## Barvy světelných návěstí

- Červená: nebezpečí vyžadující okamžitou reakci
- Žlutá: opatrnost nebo zvýšená pozornost
- Zelená: připraven k provozu

Stupeň krytí udává odolnost elektrických přístrojů proti vniknutím předmětů nebo kapalin. Vyjadřuje se v tzv. IP kódu, který je tvořen znaky „IP“ následovanými dvěma číslicemi: první číslice udává ochranu před vniknutím předmětů, druhá číslice označuje stupeň krytí před vniknutím kapalin.

**Tabulka 8: Stupně krytí před vniknutím předmětu**

stupeň	Krytí před vniknutím předmětů
IP 0x	bez ochrany
IP 1x	velkých
IP 2x	malých
IP 3x	drobných
IP 4x	velmi drobných
IP 5x	prachu částečně
IP 6x	prachu úplně

V příslušné technické normě jsou pak definovány přesné rozměry předmětů.

**Tabulka 9:** Stupně krytí před vniknutím kapalin

stupeň	Krytí před vniknutím kapalin
IP x0	bez ochrany
IP x1	Chráněno proti kapající vodě 1+0,5 mm za minutu.
IP x2	Chráněno proti kapající vodě 3+0,5 mm za minutu.
IP x3	Chráněno proti vodní tříšti.
IP x4	Chráněno proti stříkající vodě.
IP x5	Chráněno proti tryskající vodě.
IP x6	Chráněno proti intenzivně tryskající vodě.
IP x7	Chráněno proti ponoření do vody na 30 minut do hloubky 1 metr.
IP x8	Chráněno proti potopení do vody.
IP x9	Chráněno proti tryskající vysokotlaké teplé vodě.

---

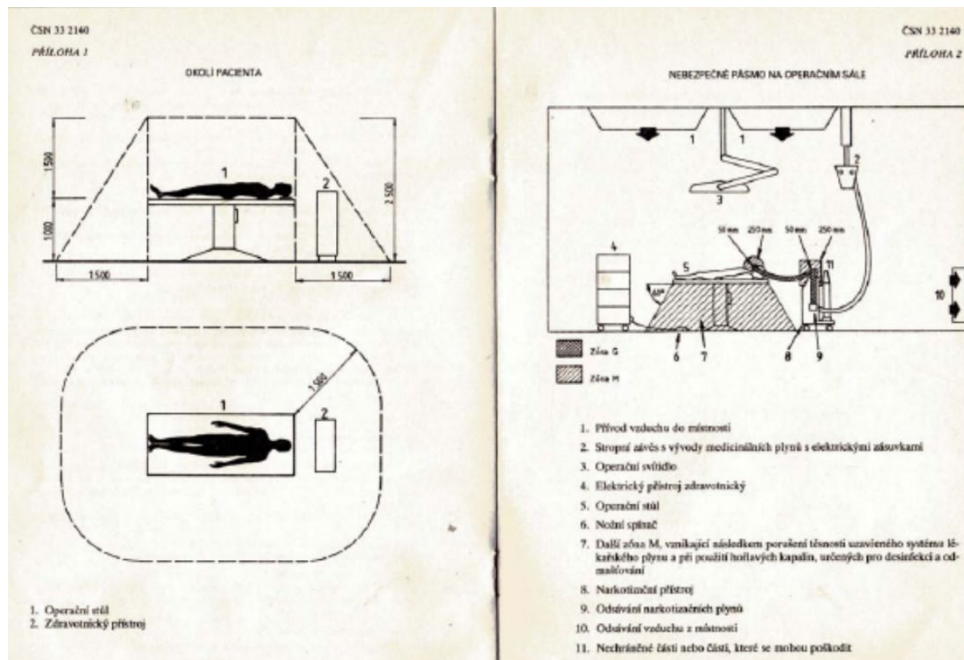
## 5.4 Zdravotnické elektrické rozvody

Klasifikace prostor z hlediska nebezpečí úrazu elektrickým proudem

- normální: vnější vlivy nezvyšují nebezpečí úrazu el. proudem
- nebezpečné: přechodně nebo trvale zvýšené nebezpečí v důsledku vnějších vlivů (vlhkost, horko, otřesy, chemicky (korozivně) agresivní
- zvláště nebezpečné: trvale zvýšené nebezpečí (mokro, stísněné prostory s vodivým okolím, kombinace horka a vlhka)

Zdravotnická pracoviště patří mezi prostory zvláště nebezpečné.

Ve zdravotnických zařízeních se rozlišují různé prostory, viz orientační obrázky níže.



**Obrázek 24:** Orientační zobrazení prostor na operačním sále

- skupina 0: zdravotnický prostor, kde se nepředpokládá použití žádných příložných částí a kde porucha (zkrat) zdroje nemůže způsobit ohrožení života.
- skupina 1: zdravotnický prostor, kde při první závadě nebo při přerušení základního napájení je možné připustit přerušení provozu (funkce) zdravotnických elektrických přístrojů, aniž by došlo k ohrožení pacienta. V tomto zdravotnickém prostoru se předpokládá použití příložných částí: – zevně; – uvnitř těla, ale ne v místech, která jsou vyhrazena skupině 2.
- skupina 2: zdravotnický prostor, kde se předpokládá použití aplikovaných částí: – pro intrakardiální použití; nebo – pro náročná ošetření, nebo chirurgické zákroky, kde výpadky (přerušení) napájení může ohrozit pacienty


#### Zajištění kontinuity dodávky el. energie

- dva nezávislé přívody z veřejné elektrické sítě
- záložní zdroje (místní nouzové zdroje): např. diesela agregát, UPS.


#### Hlídač izolačního stavu

- monitoruje nepřetržitě odpor mezi krajními vodiči sekundárního obvodu a ohlašuje pokles pod 50 k $\Omega$
- hlášení (alarm) je akustické a světelné • akustické lze vypnout, světelné nikoli, ustane až se svod odstraní


### 5.4.1 BAREVNÉ OZNAČOVÁNÍ ZÁSUVEK

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.


Žlutá barva 

- pro zdravotnickou izolovanou soustavu, která se používá pro napájení zdravotnických elektrických přístrojů, jejichž charakter použití vylučuje likvidovat prvou závadu izolace přerušením napájení a tím vypnutí přístroje, protože vyřazení přístroje z provozu by mohlo ohrozit život nebo zdraví pacientů.

Oranžová barva 

- pro vývody velmi důležitých obvodů, což je v principu zdravotnická izolovaná soustava s ještě vyšším stupněm zajištění dodávky elektrické energie napájeno z UPS.

Kromě těchto, normou požadovaných rozlišení, je možné použít další rozlišení, i když jejich počet by měl zůstat velmi nízký.

Hnědá barva 

- pro vývody méně důležitých obvodů např. pro zdravotnické přístroje, které se při používání dostanou do kontaktu s pacientem.

Bílá barva 

- pro vývody méně důležitých obvodů pro úklidové a údržbářské stroje a přístroje a další méně náročné spotřebiče (například vařiče, ledničky nebo radiopřijímače na sesternách). Pro zdravotnické přístroje se mohou použít pouze v mimořádných situacích.

## 5.5 Bezpečnostně technická kontrola

Bezpečnostně technická kontrola (dále jen BTK), nebo někdy lidově revize, jsou kontroly stavu, správné funkčnosti a bezpečnosti zdravotnických přístrojů.

Ve zdravotnictví se jedná o přezkoušení současně jak bezpečnosti, tak i funkčnosti.

BTK pomáhá zajistit:

- provozuschopnost
- plnou funkčnost či alespoň nezbytnou funkčnost
- vhodnost ke klinickému užití – stále vyhovovat technickým požadavkům pro dané vyšetření/ošetření
- bezpečnost pro pacienta, pro obsluhu a pro okolí.

Jedná se o povinnou kontrolu zakotvenou v legislativě a její splnění se vyžaduje a kontroluje.

Za stav zdravotnického prostředku je odpovědný poskytovatel zdravotní péče.

Obvyklá periodicita kontrol je u všech značek přístrojů jeden rok.

## 6 ZÁKLADY AKUSTIKY A OPTIKY PRO ZDRAVOTNÍ PÉČI.



### RYCHLÝ NÁHLED KAPITOLY

V této kapitole budou stručně vysvětleny základy akustiky a fyziologické akustiky, a dále principy paprskové optiky, jejíž pochopení je důležité pro zvládnutí vztahů v optické soustavě oka. Dále budou vysvětleny podstaty refrakčních zrakových vad a jejich korekce.

---



### CÍLE KAPITOLY

Po prostudování této kapitoly budete:

- rozumět fyzikální podstatě zvuku
  - orientovat se v hodnotách akustického tlaku a intenzity,
  - rozumět fyzikální podstatě světla,
  - znát základní vztahy pro paprskovou optiku,
  - popsat základní oční vady a jejich korekci.
- 



### KLÍČOVÁ SLOVA KAPITOLY

zvuk, audiologie, práh bolesti, akustika, světlo, paprsková optika, oční vady

---

### 6.1 Základy akustiky



#### DEFINICE

Zvuk je mechanické vlnění (tlakové změny) šířící se prostředím v kmitočtovém rozsahu lidského sluchu (tj. 16 - 20 000 Hz). Rychlost šíření ve vzduchu je asi 340 m/s a je závislá na teplotě podle vztahu  $v=331,82+0,81 \cdot t$ .

---

## DEFINICE



Tóny jsou zvuky, které jsou charakteristické periodickými změnami tlaku.

---

## K ZAPAMATOVÁNÍ



Parametry tónů jsou:

- výška – dána základním kmitočtem
  - barva – dána složením vyšších harmonických složek
  - hlasitost – dána hladinou akustického tlaku či hladinou intenzity.
- 

Výška tónu

- absolutní
- relativní (hudební intervaly).

## DEFINICE



Akustický tlak = změny tlaku prostředí způsobené procházející akustickou vlnou. Jednotkou je pascal (Pa).

Intenzita = množství akustické energie, která projde určitou plochou ve směru kolmém na šíření zvuku. Jednotkou je watt na metr čtvereční. V audiologii je intenzita zvuku vyjadřována jako hladina intenzity, jednotkou jsou decibely (dB).

Hlasitost = subjektivní vjem, který vyvolá určitá intenzita zvuku. Jednotkou hlasitosti je fón (Ph). Vjem hlasitosti není u všech tónů stejný. U frekvencí pod 1 kHz a nad 4 kHz je třeba vyšší intenzity zvuku, abychom vnímali tón stejně hlasitě jako u frekvencí mezi 1–4 kHz.

Práh sluchu (HTL - Hearing Threshold Level) = nejmenší intenzita zvuku, která u daného jedince vyvolá sluchový vjem.

Práh bolesti (MDL - Most Discomfort Level) = intenzita zvuku, při které již vzniká bolestivý pocit.

---



## DEFINICE

Hluk jsou rušivé tlakové změny prostředí rozeznatelné lidským sluchem.

U sluchu stejně jako u jiných smyslů je oblast vnímání intenzit ohraničena, a sice prahy slyšení a bolesti. Prahová intenzita však není totožná pro zvuky všech kmitočtů. Nejnížší je pro střední kmitočtovou oblast asi 1 kHz - 3 kHz. Tón o kmitočtu 1 kHz byl zvolen jako referenční a jeho prahová intenzita je  $10^{-2} \text{ W.m}^{-2}$ . Od referenčního tónu směrem k nižším i vyšším kmitočtům citlivost klesá.

Jednotka intenzity akustického podnětu je  $\text{W.m}^{-2}$ . Je však výhodnější uvádět intenzitu ve vztahu k nějaké referenční úrovni, a proto byl zaveden pojem hladina intenzity. Hladina intenzity je dána logaritmem podílu určité intenzity k referenční hodnotě  $I_0=10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$ .

$$L = 10 \log \frac{I}{I_0} [\text{dB}] \quad (5-1)$$

Podobně je možno vycházet z definice zvuku jako tlakových změn prostředí. Zvolíme-li si referenční hodnotu  $p_0=2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}$ , pak protože

$$L = \frac{p^2}{\rho \cdot c} \quad (5-2)$$

dostáváme

$$L = 10 \log \frac{I}{I_0} = 10 \log \frac{p^2}{p_0^2} = 20 \log \frac{p}{p_0} = L_p \quad (5-3)$$

Vyjádření v hladině intenzity nebo v hladině akustického tlaku jsou tedy ekvivalentní a numericky shodné. V následující tabulce jsou uvedeny hladiny akustického tlaku (intenzity) charakteristických zvuků vyskytujících se běžně v našem okolí.

**Tabulka 10:** Hladiny akustických tlaků běžných zdrojů

Zdroj zvuku	Hladina akustického tlaku [dB]	vzdálenost zdroje zvuku od posluchače
sluchový práh	0	
kvalitní tichá komora bez pacienta	do 10	difúzní pole



Zdroj zvuku	Hladina akustického tlaku [dB]	vzdálenost zdroje zvuku od posluchače
zasněžený les při bezvětří	10-20	difúzní pole
tichý předměstský byt v noci	25-35	difúzní pole
šepot v tichém prostředí	40	1 m
městský byt ve dne	40-60	difúzní pole
hlasitý hovor v tiché místnosti	50-60	difúzní pole
vysavač	65-75	1 m
mixér	85	1 m
klakson	90-100	1 m
symfonický orchestr ff	do 100	střed orchestru
sbíječka	110	1 m
motor proudového letadla	120	10 m
práh bolesti	130	

### KONTROLNÍ OTÁZKA



Jak je stanovena jednotka decibel? <sup>42</sup>

Negativní účinky hluku na lidské zdraví můžeme rozdělit na

- specifické (projevující se poruchami činnosti sluchového analyzátoru)
- nespecifické (mimosluchové, dochází k ovlivnění funkcí různých systémů organismu).

Za nepříznivé zdravotní účinky hluku jsou považovány:

- poškození sluchového aparátu
- vliv na kardiovaskulární systém
- obtěžování a rušení spánku
- nepříznivé ovlivnění osvojování řeči a čtení u dětí.

#### 6.1.1 FYZIOLOGICKÁ AKUSTIKA

Zdroje zvuku:

- reproduktor, hlasivky

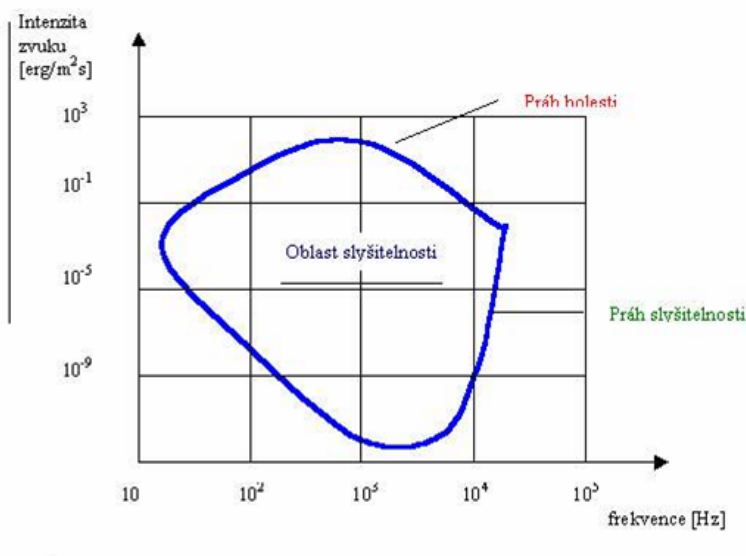
Vodiče zvuku:

- vzduch, plyn, tekutá i pevná látka, ale vždy hmotná – tj. nikoliv vakuum

<sup>42</sup>Je to desetinásobek logaritmu podílu daného akustického tlaku nebo intenzity ke stanovené referenční hodnotě.

Přijímače zvuku:

- mikrofon, sluchový orgán



Obrázek 25: Sluchové pole [http://envi.upce.cz/pisprace/starsi/krato/hluk.htm]

### 6.1.2 VZNIK LIDSKÉHO HLASU

Vznik lidského hlasu je umožněn rozechvíváním vzduchového sloupce proudem vzduchu z plic v rezonančních dutinách nad sevřenými hlasivkami. Tak vznikají zvuky o různých kmitočtech, které se dále mění rezonancí v nosohltanové, hrudní a ústní dutině. Resonanční pásma se nazývají formanty.



#### PRO ZÁJEMCE

Složený průběh akustického signálu lze obecně rozložit na řadu harmonických průběhů. Tedy každý periodický signál je možné rozložit na součet harmonických (sinusových) průběhů, s rostoucím kmitočtem. Toto se nazývá kmitočtové spektrum a rozsah kmitočtů se označuje jako pásmo. Viz následující obrázek, kde obecný periodický signál se skládá ze čtyř kmitočtových složek (100, 200, 300 a 400 Hz). Každá z těchto složek má samozřejmě obecně různou amplitudu a přispívá tedy různě k výsledné podobě signálu.

Na zvuk (hlas) je možno pohlížet jako na součet akustických signálů o různých kmitočtech, tedy jako na shluk samostatných signálů se vzrůstajícími kmitočty.

Rozsah netrévaného lidského hlasu je asi dvě oktávy. Kmitočtové složky mluveného slova jsou

- maximálně: 125 Hz až 6000 Hz
- nezbytně (telefonie): 300 Hz až 3400 Hz

Hlásky = základní akustické prvky řeči.

- hluboké: (o, u, m, h, l, p)
- vysoké: (s, z, c, f, i).

### KONTROLNÍ OTÁZKA



Jaký je přibližný kmitočtový rozsah lidského hlasu? <sup>43</sup>

---

Samohlásky

- místem vzniku je hrtan
- mají periodický charakter
- v kmitočtové spektru jsou charakteristická pásma = formanty.

Souhlásky

- tvoří se za překážkou v cestě vydechovaného vzduchu
- rozlišujeme
  - třené (vzniklé vířením vzduchu v zúžené části)
  - ražené (po rychlém uvolnění zúžené části)
- mají neperiodický charakter.

### KONTROLNÍ OTÁZKA



Jak je možné, že známou osobu poznáme po hlase? <sup>44</sup>

---

<sup>43</sup> Kmitočtový rozsah lidské řeči = 100 Hz až 8 kHz

<sup>44</sup> Je to umožněno přítomností vyšších kmitočtových složek ve spektru řeči známého člověka, které jsou charakteristické a naše vnímání je již dovede rozeznat.

## 6.2 Základy optiky

V praxi pracujeme se světlem obvykle jako s paprskem. Ve skutečnosti je však světlo elektromagnetickým zářením, a má tedy stejné vlastnosti jako jiné druhy elektromagnetického záření (např. infračervené, ultrafialové, mikrovlnné, aj.).



### DEFINICE

Světlo je příčné elektromagnetické vlnění. Pro všechny elektromagnetické vlny ve vakuu platí, že se šíří rychlostí  $c=3 \cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

$$\text{vlnová délka } \lambda = \frac{\text{rychlost světla}}{\text{frekvence vlnění}} = \frac{c}{f}$$

Optika:

- geometrická
  - přímočaré šíření
- vlnová
  - studuje vlnové vlastnosti (ohyb světla, difrakční jevy)
- kvantová
  - studuje elementární vlastnosti záření:

Zdroje světla

Vlastní

- teplotní
- luminiscence
- výbojky, lasery

Nevlastní

- odraz světla

### 6.2.1 ZÁKLADNÍ POJMY

Optické zobrazení – transformace vstupního svazku světelných paprsků optickými prostředky (zobrazovací soustavou) ve výstupní svazek.

Zobrazovací soustava je soubor zobrazovacích prvků (např. optických ploch – nejčastěji rovinných a kulových – zrcadla, lámavé plochy a čočky) sloužících k požadovanému optickému zobrazení.

Optická plocha je nejjednodušší zobrazovací prvek tvořený hladkým zobrazovacím rozhraním mezi dvěma různými prostředími.

Optická osa je přímka procházející středem křivosti kulové zobrazovací plochy (kulové úseče) a vrcholem této plochy.

Poloměr křivosti kulové zobrazovací plochy určuje vzdálenost středu křivosti a vrcholu této plochy.

Předmětový prostor je prostor, ve kterém se nachází zobrazovaný předmětový bod (např. reálný předmět).

Obrazový prostor je prostor, ve kterém se nachází bod vytvořeného obrazu.

Reálný (skutečný) obraz je obraz, u kterého světelné paprsky procházejí body obrazu.

Zdánlivý obraz je obraz, u kterého světelné paprsky neprocházejí body obrazu, ale vzniknou jejich extrapolací do obrazového prostoru.

Předmětové ohnisko je bod na optické ose zobrazovací soustavy, který se zobrazí v nekonečnu, ležící ve vzdálenosti  $f$  od vrcholu rozhraní.

Obrazové ohnisko je bod na optické ose zobrazovací soustavy, ve kterém se vytvoří obraz předmětu umístěného v nekonečnu, ležící v ohniskové vzdálenosti.

## 6.2.2 ZÁKLADNÍ VZTAHY

### Zákon odrazu světla

Při dopadu světelného paprsku na rozhraní dvou různých prostředí dojde k jejich částečnému nebo úplnému odrazu. Odražený paprsek zůstává v rovině dopadu. Úhel odrazu  $\alpha$  je roven úhlu dopadu  $\alpha'$  světelného paprsku.

### Zákon lomu světla

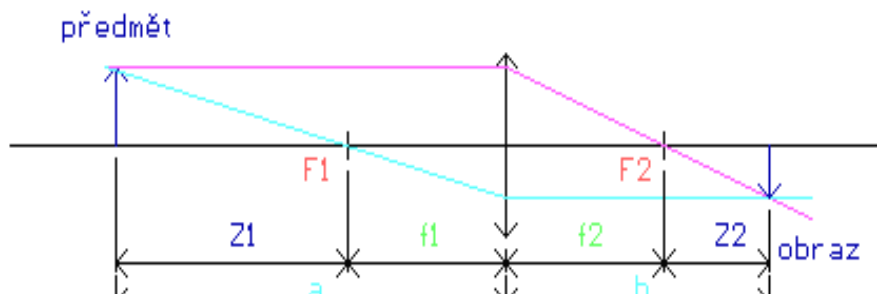
Světelný paprsek dopadající na rozhraní dvou různých optických prostředí prochází částečně z jednoho prostředí do druhého. Prošlý paprsek se láme v rovině dopadu. Poměr sinů úhlu dopadu  $\alpha$  a úhlu lomu  $\beta$  je roven poměru indexů lomu prostředí.

### Pravidla paprskové optiky

- paprsek jdoucí středem se neláme.
- paprsek směřující do ohniska vychází rovnoběžně s osou.
- paprsek jdoucí rovnoběžně s osou vychází směrem z ohniska.

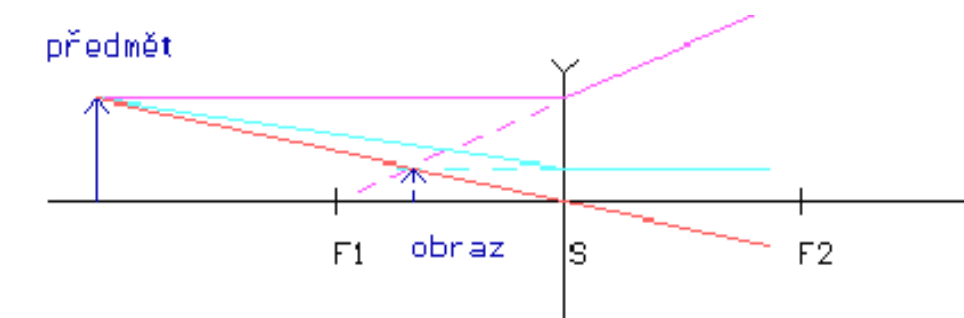
Použití při konstrukci obrazu získaného pomocí čoček (známé z fyziky základní školy).

Spojná čočka (spojka):



Obrázek 26: Zobrazení spojkou

Rozptylná čočka (rozptylka):



Obrázek 27: Zobrazení rozptylkou

Platí několik jednoduchých vztahů:

- Rovnice čočky:  $1/a + 1/b = 1/f$
- Newtonova rovnice  $z_1 * z_2 = f_1 * f_2$
- Optická mohutnost čočky:  $\varphi = 1/f$  jednotka [D] = dioptrie

kde

$f_1, f_2$  = ohniskové vzdálenosti

$F_1, F_2$  = ohniska

$a, b$  = vzdálenost předmětu resp. obrazu od čočky

$z_1, z_2$  = vzdálenost předmětu resp. obrazu od ohniska

Optické zobrazení

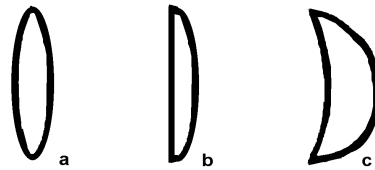
- odrazem
  - zrcadlo kulové, rovinné, parabolické
  - kulová zrcadla dutá a vypuklá
- lomem

- čočky.

### 6.2.3 DRUHY ČOČEK

Spojka – ohnisková vzdálenost a optická mohutnost  $>0$ :

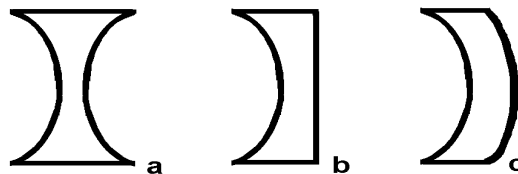
- dvojevypuklá – bikonvexní (a)
- ploskovypuklá – plankonvexní (b)
- dutovypuklá – konkávkonvexní (c)



Obrázek 28: Druhy spojných čoček

Rozptylka – ohnisková vzdálenost a optická mohutnost  $<0$ :

- dvojdutá – bikonkávní (a)
- ploskodutá – plankonkávní (b)
- vypuklodutá – konvexkonkávní (c)



Obrázek 29: Druhy rozptylných čoček

### 6.2.4 KOREKCE ZRAKOVÝCH VAD

emetropie – stav, při němž je správný poměr mezi lomivostí optického aparátu oka a předozadní délkou očního bulbu

ametropie – porucha vidění způsobená nepoměrem mezi předozadní délkou očního bulbu a lomivostí optické soustavy oka.

Druhy ametropií

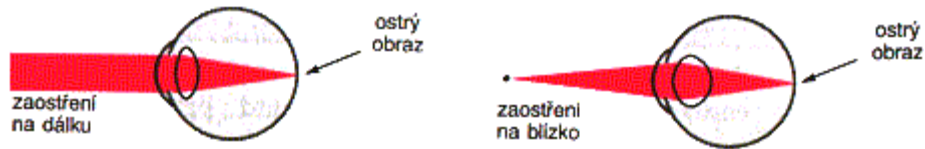
Sférická:

- krátkozrakost (myopie)
- dalekozrakost (hyperopie)

Asférická:

- astigmatismus

### Emetropické oko

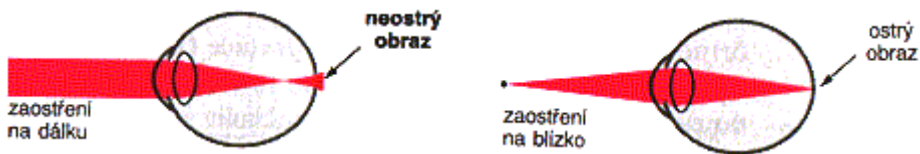


**Obrázek 30:** Fyziologické (emetropické) oko [Schmidt, F.: Fyziologie, Scientia Medica, 1993]

### Ametropie sférické

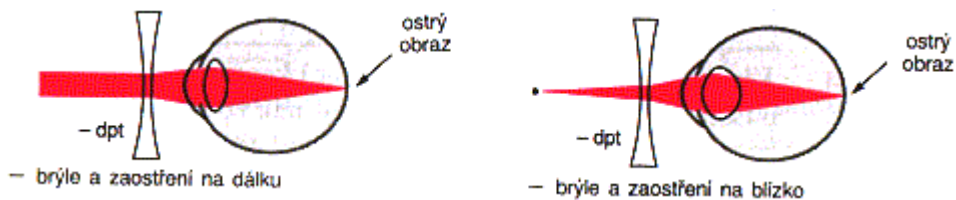
#### Oko myopické (krátkozraké)

Velká lomivost, paprsky se sbíhají už před sítnicí



**Obrázek 31:** Principiální schéma myopie

Korekce: rozptylkou - ohnisko čočky je ve vzdáleném bodě



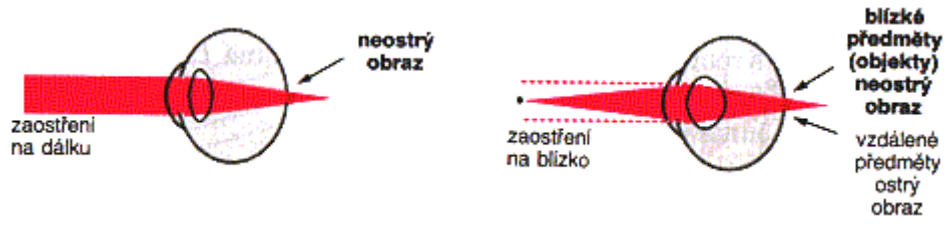
**Obrázek 32:** Korekce myopie

Krátkozraké oko vidí vzdálené předměty nezřetelně a větší. Akomodací nelze upravit

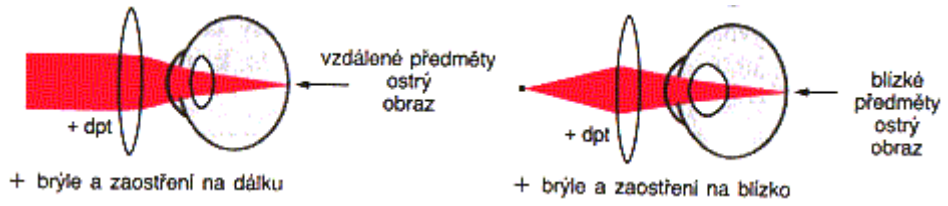
#### Oko hyperopické (hypermetropické, dalekozraké)

Paprsky se sbíhají až za sítnicí.





Obrázek 33: Principiální schéma hyperopie



Obrázek 34: Korekce hyperopie

## 7 BIOFYZIKÁLNÍ PRINCIPY DIAGNOSTICKÝCH METOD.



### RYCHLÝ NÁHLED KAPITOLY

V této kapitole se seznámíme s principy snímání a hodnocení biologických signálů, které jsou dnes velmi důležité v diagnostickém procesu.

---



### CÍLE KAPITOLY

Po prostudování této kapitoly budete umět:

- rozeznat vlastní a zprostředkované biosignály,
  - vybrat vhodnou metodu snímání biosignálů,
  - blíže pochopit některé základní diagnostické metody.
- 



### KLÍČOVÁ SLOVA KAPITOLY

signál, elektroda, biosignál, snímání, diagnostika

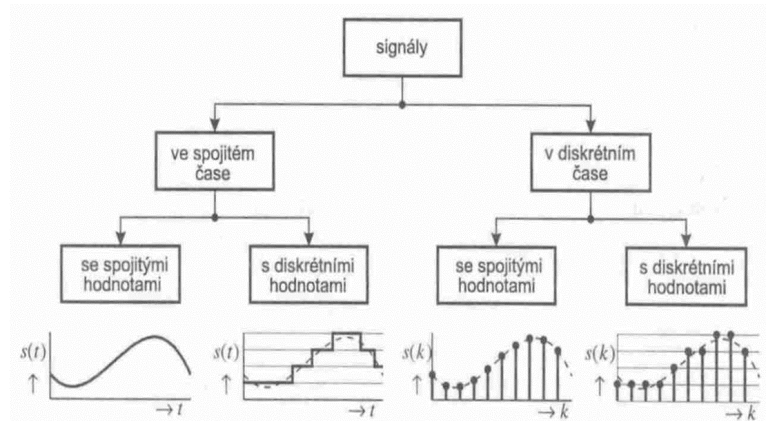
---



### DEFINICE

Signálem rozumíme závislost nějaké veličiny na čase.

- ve většině případů jde o elektrické napětí
  - Může to být také zvuk, vlnění, čísllice – fyzikální podstata není důležitá.
-



Obrázek 35: Rozdělení signálů

Typy biosignálů podle aktivity biologického systému.

- vlastní
- zprostředkované

Typy biosignálů podle fyzikálního charakteru:

- elektrické
- neelektrické

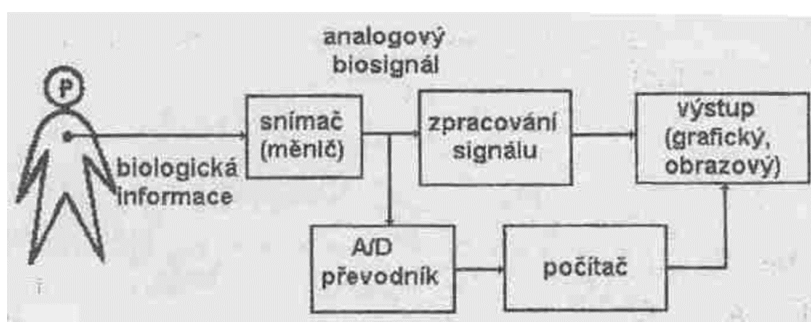
## 7.1 Vlastní biosignály

Druh projevu	Způsob snímání	Diagnostická metoda
<b>Mechanické</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• pohyb</li> <li>• rychlost</li> <li>• tlak</li> <li>• mech. výkon</li> </ul>	mechanoelektrické měniče	spirometrie fonokardiografie tonometrie
<b>Tepelné</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• teplota těl. jádra</li> <li>• povrchové rozložení</li> <li>• vyzařování IR záření</li> </ul>	teploměry kapalné krystaly detektor IR záření	termometrie kontaktní termografie termovize
<b>Aktivní elektrické</b>	elektrody	EKG, EMG, EEG, ERG
<b>Magnetické</b>	kvantový magnetometr	MKG, MMG, MEG
<b>Vnitřní prostředí</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• pH</li> </ul>	elektrody	monitorování vnitřního prostředí

## 7.2 Zprostředkované biosignály

Modulovaná veličina	Způsob modulace	Snímací zařízení	Diagnostická metoda
Rentgenové záření	útlum	fotomateriál luminis. stínítko	skiografie skiaskopie
Jaderné záření	rozložení aktivity zářiče emise fotonů emise pozitronů	scitnilační detektory	pohybová scintigrafie gama kamera SPECT PET
Viditelné záření	odraz, lom	oko fotografická kamera videokamera	endoskopie videoendoskopie
Ultrazvuk	odraz změněná frekvence	piezoelektrický měnič	ultrasonografie dopplerovské metody
Elektrický proud	elektrická vodivost stimulace	elektrody	reoplethysmografie chronaximetrie
Elektromagnetické pole	rezonanční radiofrek- venční puls	měřicí cívky	magnetická rezonanční tomografie

## 7.3 Snímání biosignálů



Obrázek 36: Obecné schéma snímání biosignálů

## 7.4 Snímací elektrody

Podstatné je převést původní biologickou veličinu (tlak, teplotu, aj.) na elektrické napětí, které můžeme dále zpracovávat.

K tomu se využívají měniče:

- mechanoelektrické

- termoelektrické
- fotoelektrické
- radioelektrické

## K ZAPAMATOVÁNÍ



### Druhy elektrod:

- podle reakce s vodivým prostředím
    - polarizované = elektrodový potenciál se při průchodu proudem mění v důsledku koncentrační nebo chemické polarizace
    - nepolarizované = elektrodový potenciál je stálý
  - podle velikosti
    - mikroelektrody
    - makroelektrody
  - podle umístění
    - povrchové
    - hloubkové
- 

### Zpracování signálů

- zesílení
- digitalizace
- filtrace

## 8 BIOFYZIKÁLNÍ PRINCIPY ZOBRAZOVACÍCH METOD.



### RYCHLÝ NÁHLED KAPITOLY

V této kapitole budou objasněny některé obecné pojmy z radiologie. Jde o získání získání celkového pohledu na problematiku, které se pak věnuje samostatný předmět Zobrazovací metody a radiační ochrana.

---



### CÍLE KAPITOLY

Po prostudování této kapitoly budete umět:

- speciální pojmy používané v diagnostickém zobrazování,
  - blíže pochopit význam kontrastu v zobrazovacích metodách.
- 



### KLÍČOVÁ SLOVA KAPITOLY

zobrazovací systém, latentní obraz, kontrast

---

### 8.1 Základní pojmy

Ionizující záření

- záření tvořené přímo (nabitě částice s dostatečnou energií, např. elektron) nebo nepřímo ionizujícími částicemi (nenabitě částice, např. fotony, které mohou uvolnit přímo-ionizující částice) nebo jejich směsí.

Ionizace

- tvoření iontů dělením molekul nebo přidáváním nebo odnímáním elektronů z atomu nebo molekuly.

Rentgenový zobrazovací systém

- zobrazovací systém, který využívá k přenosu informace mezi primárním parametrickým polem (zobrazovanou scénou) a receptorem rentgenového obrazu elektro-

magnetické vlnění v rentgenové části spektra (ionizující záření generované z rentgenky).

#### Konvenční rentgenový zobrazovací systém

- vytváří sumační stínový obraz snímané scény bez použití digitálních technik ke zpracování obrazového signálu.

#### Soustava rentgenového zobrazení

- soustava zdroje záření (rentgenky) a receptoru (detektoru) rentgenového obrazu pro specifikovanou radiologickou techniku.

#### Sumační stínový obraz

- vzniká jako společný průmět (superpozice) prostorové distribuce primárního parametru (scény) ve směru svazku, kterou prochází rtg záření z jeho zdroje (rentgenky) na detektor (receptor obrazu).

#### Sumační nativní (prostý) obraz

- obraz scény, ve které nebyly provedeny změny modulace primárního parametrického pole pomocí přídavných kontrastních látek.

#### Kontrastní látky

- látky různého chemického složení a různých fyzikálních vlastností, které mění (zvyšují nebo snižují) absorpci rtg záření jimi naplněných nebo obklopených struktur. Pozitivní kontrastní látky absorpci rtg záření zvyšují, negativní snižují.

#### Latentní obraz

- informace obsažená ve svazku záření, jehož prostorové rozložení hustoty toku je modulováno průchodem zobrazovaným objektem. Latentní obraz není přímo viditelný.

#### Skiografie (fluorografie/radiografie)

- technika pro získání, záznam a případné zpracování informací obsažených v latentním rtg obrazu na ploše receptoru obrazu buď přímo – přímá skiografie – nebo po jejím přenosu – nepřímá skiografie. Pro skiografii je charakteristický požadavek na získání co nejkvalitnějšího obrazu.

#### Skioskopie (fluoroskopie)

- technika k získání trvale nebo periodicky, posloupnosti latentních rtg obrazů a jejich současné prezentaci jako viditelných obrazu.

### Seriograf

- zařízení dovolující snímat série snímků na jeden nebo několik skiagrafických filmů pomocí manuálně nebo automaticky ovládaného transportního mechanismu filmu nebo skiagrafické kazety. Termín seriograf byl dříve používán jako synonymum pro spotkameru (zařízení pro sejmutí jednoho nebo více snímků jejichž objekt a okamžik je vybrán během skiaskopie), nyní se jedná o všeobecný pojem.

### Radiologický obraz

- informace získaná použitím ionizujícího záření prezentovaná jako viditelný obraz vhodný pro lékařskou diagnózu.

## 8.2 Kontrast



### DEFINICE

Vztah (rozdíl) mezi intenzitami nebo jasy dvou sousedních ploch.

---

Negativní kontrast = absorbující (zobrazovaná) část snižuje intenzitu na detektoru.

Kontrast je přímo úměrný (lineárně závislý) na absorpčním koeficientu absorbující látky (tkáně)

Rozdíl v kontrastu závisí pouze na rozdílu útlumu, nezávisí na její absolutní hodnotě

Pro dutinu v ozářeném objektu bude platit, že kontrast snižuje.

Pro RTG kontrast platí opačná terminologie než v klasické fotografii. Kontrastní snímek (ve fotografii nazýván „tvrdým“) se v RTG terminologii nazývá „měkkým“.



### K ZAPAMATOVÁNÍ

Vytvořený kontrast je kritickým parametrem pro volbu zobrazovací metody. Čím lepší je kontrast, tím lepší je i diagnostická výtěžnost dané zobrazovací metody.

---



## 9 LITERATURA























- [1] Kubeš P., Kyncl Z. Fyzika I. 1. vydání. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1994. 190 stran.
- [2] [www.szu.cz](http://www.szu.cz) [cit. 2019-12-25]
- [3] <http://www.csets.sk/konf99/Zeman.htm> [cit. 2019-12-18]
- [4] <http://astronuklfyzika.cz/DetekceSpektrometrie.htm> [cit. 2019-12-21]
- [5] Vacek K., Nauš J. Vybrané partie z fyziky pro biology. 1. vydání. Praha: Academia, 1986. 208 stran
- [6] Navrátil L., Rosina J. a kol.: Medicínská biofyzika, Grada, 2005.
- [7] Rosina J., Kolářová H., Stanek J.: Biofyzika pro studenty zdravotnických oborů, Grada, 2006.
- [8] Hálek J. a kol.: Biofyzika pro bakaláře, II. vydání Olomouc 2002.
- [9] Hrazdára I. a kol.: Biofyzikální principy lékařské přístrojové techniky, MU Brno 1999.
- [10] Hálek, J. Elektronické texty přednášek z Lékařské biofyziky, dostupné na síti UP Olomouc F:\Software\HALFYZ
- [11] Hrazdára I., Mornstein V. Lékařská biofyzika a přístrojová technika. Neptun Brno, 2001.
- [12] Korpas D. Kardiostimulační technika. Mladá fronta, 2011
- [13] Beneš J., Stránský P., Vitek F. *Základy lékařské biofyziky*. Praha: Univerzita Karlova, 2005. ISBN 80-246-1009-4.

## **SHRNUTÍ STUDIJNÍ OPORY**

Blahopřejeme, došli jste až na konec této studijní obory. Pokud jste průběžně a samostatně odpovídali na kontrolní otázky, měli byste mít dobrou představu o tom, které pasáže si ještě musíte zopakovat.

Doporučuje pro samostudium zvolit i některou doporučenou literaturu.

## PŘEHLED DOSTUPNÝCH IKON

	Čas potřebný ke studiu		Cíle kapitoly
	Klíčová slova		Nezapomeňte na odpočinek
	Průvodce studiem		Průvodce textem
	Rychlý náhled		Shrnutí
	Tutoriály		Definice
	K zapamatování		Případová studie
	Řešená úloha		Věta
	Kontrolní otázka		Korespondenční úkol
	Odpovědi		Otázky
	Samostatný úkol		Další zdroje
	Pro zájemce		Úkol k zamyšlení

Pozn. Tuto část dokumentu nedoporučujeme upravovat, aby byla zachována správná funkčnost vložených maker. Tento poslední oddíl může být zamknut v MS Word 2010 prostřednictvím menu Revize/Omezit úpravy.

Takto je rovněž omezena možnost měnit například styly v dokumentu. Pro jejich úpravu nebo přidávání či odebrání je opět nutné omezení úprav zrušit. Zámek není chráněn heslem.

Název: **Název studijní opory**

Autor: **Jména autorů každé na nový řádek včetně titulů**

Vydavatel: Slezská univerzita v Opavě  
Fakulta veřejných politik v Opavě

Určeno: studentům SU FVP Opava

Počet stran: 100

Tato publikace neprošla jazykovou úpravou.