

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
Zdravotně sociální fakulta**



**VYBRANÉ KAPITOLY  
Z APLIKOVANÉ BIOFYZIKY**

*doplňkové texty pro posluchače kombinované formy studia  
studijního programu „Ochrana obyvatelstva“*

*studijního oboru „Ochrana obyvatelstva se zaměřením na CBRNE“*

**doc. MUDr. Jozef Rosina**

**ČESKÉ BUDĚJOVICE 2007**

- Cílem předmětu je podat studentům principy teoretické fyziky v návaznosti na její aplikace v různých oblastech života, zejména však v oblasti medicínských aplikací a v ochraně obyvatel. Cílem je, aby studenti získali co možná největší podíl znalostí, které budou moci využít v praxi.
- Na internetu bude vystaven dostatečně rozsáhlý sylabus jednotlivých přednášek a seminářů, tak, aby studentům bylo zřejmé, co bude odpřednášeno. Mnohé věci v sylabech jsou však uvedeny pouze v heslech, co nutí studenty, aby je sami nastudovali z nově připravené učebnice.
- Klíčová slova jsou v sylabech uvedena silnějším typem písma, tak, aby studenti mohli podle těchto slov pracovat s internetem a s jinými bibliografickými zdroji.
- Je připraven soubor otázek, které ověří, jestli studenti kurz pochopili.

### **1. Stavba hmoty**

### **2. Přeměna energie v organismu**

### **3. Sedimentace krve**

### **4. Odstředivá síla**

### **5. Letecká doprava a kosmické lety**

### **6. Vnější tlak a organismus**

### **7. Sterilizace**

### **8. Biofyzikální aspekty regulace teploty, využití tepla a chladu**

### **9. Vliv vlhkosti vzduchu na organismus**

### **10. Hluk a audiometrie**

### **11. Poslech, poklep, pohmat**

### **12. Ultrazvuk**

### **13. Biologické membrány, klidový a akční membránový potenciál**

### **14. Elektrický proud**

### **15. Dýchání, fyzikální základy dýchání. Krevní oběh**

### **16. Optické záření, oko, přístroje a zařízení využívající optické metody**

### **17. Biomechanika, deformace pevného tělesa a její význam ve zdravotnictví**

### **18. Ionizující záření**

### **19. Využití ionizujícího záření v medicíně**

### **20. Laser a jeho uplatnění ve zdravotnictví**

### **21. Nukleární magnetická rezonance**

## 1. Stavba hmoty, síly v přírodě

**Elementární částice hmoty** (protony, neutrony, elektrony) jsou stavebními kameny atomů. Všechny atomy (průměr atomu je řádově  $10^{-10}$  m) se skládají z atomového jádra a elektronového obalu. Elektronový obal je tvořen, jak již název napovídá, záporně nabitými elektrony, a je odpovědný za chemické a spektrální vlastnosti atomu. Atomové jádro nese odpovědnost za fyzikální vlastnosti látek, je složeno z protonů a neutronů, v něm je soustředěna téměř veškerá hmotnost atomu a nese kladný elektrický náboj.

### Atomové jádro

Jádro atomu bylo objeveno v roce 1906 Ernestem Rutherfordem. Po mnoha experimentech své vědecké skupiny vyslovil závěr, že uvnitř atomu je malé jádro, v němž je soustředěna téměř veškerá hmota atomu a veškerý kladný náboj.

Hmotnost jader obvykle udáváme v atomových hmotnostních jednotkách (ta je definována jako  $1/12$  hmotnosti izotopu uhlíku  $^{12}\text{C}$ ), nebo pomocí klidové energie (udávané v eV).

### Elektronový obal

Uspořádání elektronů se řídí obecnou zásadou, že libovolný systém (v daném případě elektronový obal) je stabilní, je-li jeho **celková energie minimální**.

Charakteristika každého elektronu, nacházejícího se v elektronovém obalu, je jednoznačně určena **čtyřmi kvantovými čísly** (hlavní popisuje hladinu, na které se elektron nachází; vedlejší určuje typ orbitalů; magnetické určuje orientaci jednotlivých orbitalů v prostoru; spinové popisuje tzv. vnitřní moment hybnosti) a dále se podřizuje také **Pauliho vylučovacímu principu**. Toto pravidlo říká, že dva elektrony se nemohou nacházet ve stejném stavu, ve kterém by měly stejná všechna čtyři kvantová čísla, jejich stavy se musí lišit alespoň v jednom kvantovém čísle.

### Formy hmoty

Dvě nejznámější formy hmoty jsou **pole (záření)** a **látka**. Pojem záření zahrnuje běžné jevy kolem nás: např. magnetické pole, teplo, světlo, zvuk, aj. Nejlépe prozkoumané je pole elektromagnetické (jeho elementární kvanta - fotony - mají nulovou klidovou hmotnost, pohybují se konstantní rychlostí rovnou rychlosti světla ve vakuu). Mezi látky řadíme fyzikální objekty malých rozměrů, např. elektrony, protony a neutrony, atomy a molekuly.

### Disperzní systém

Disperzní systém je soustava látek, která obsahuje alespoň **dvě složky** - fáze, přičemž jedna složka (disperzní podíl) je rozptýlena v druhé složce (disperzním prostředí). Disperzním systémem je např. krev, která obsahuje složku korpuskulární (krvinky) a tekutou (plazma).

Obsahuje-li systém dvě složky a existuje-li určitá hranice mezi částicemi tvořícími obě složky, takový systém se nazývá **heterogenní**. Obsahuje-li naopak dvě složky a složka tvořící disperzní podíl je rozptýlena ve složce tvořící disperzní prostředí v tak drobných částicích (atomech, molekulách), že nelze mluvit o rozhraní, takový systém se nazývá **homogenní**.

### Transportní jevy

Transportní jevy jsou děje, které probíhají v důsledku pohybu disperzí a dochází při nich k transportu látek. Mezi tyto jevy patří:

### Viskozita

Viskozitou se rozumí **vnitřní tření** (vznikající vzájemným silovým působením částic) mezi vrstvami proudící kapaliny. Na stykové ploše dvou vrstev kapaliny pohybujících se různou

rychlostí se projevuje viskozita tečným napětím, jímž se snaží rychlejší vrstva urychlovat pomalejší, a pomalejší naopak zadržovat vrstvu rychlejší.

### **Difúze**

Difúzi definujeme jako pohyb částic (disperzního podílu) jedné látky do druhé. Pohyb je vyvolaný **koncentračním spádem** (gradientem) a řídí se snahou o úplné vyrovnaní koncentrace v celém objemu.

### **Dialýza**

Je to difúze malých molekul a iontů z koloidního roztoku dialyzační membránou do čistého rozpouštědla. V medicíně jsou dialýzou z těla odstraněny odpady metabolismu, které jsou u zdravého člověka odstraňovány pomocí ledvin. Tento proces je život zachraňující výkon, bez něhož by člověk s nefunkčními ledvinami zemřel.

### **Osmóza**

Mezi živými tkáněmi existují **polopropustné** (semipermeabilní) **membrány**, které propouštějí molekuly rozpouštědla (nejčastěji vody), ale přitom nepropouštějí molekuly látek, které jsou ve vodě rozpuštěné (disperzní podíl). Snaha po vyrovnaní koncentrací se může realizovat pouze průnikem rozpouštědla do roztoku.

### **Jevy na rozhraní mezi dvěma fázemi**

Molekuly, nacházející se na povrchu kapaliny mají odlišné vlastnosti od molekul uvnitř kapalné fáze. Mají větší energii než ostatní molekuly a výsledkem je vznik **povrchového napětí**, veličiny, která charakterizuje závislost povrchové energie kapaliny na jejím povrchu (kapalina má snahu mít co nejmenší energii, proto se snaží mít i nejmenší energii povrchovou).

### **Interakce v přírodě**

V přírodě existují čtyři základní druhy interakcí:

**silná interakce**

**slabá interakce**

**elektromagnetická interakce**

**gravitační interakce**

Silná interakce představuje základní **interakci mezi částicemi jádra**. Je to nejsilnější známá interakce, umožňuje existenci jader. Má dostatečnou sílu na to, aby překonala vzájemné elektromagnetické odpuzování kladně nabitých protonů.

Slabá interakce je zodpovědná za některé atomární jevy, např. **podílí se na přeměně beta**. Typickým příkladem slabé interakce je přeměna jaderného neutronu v elektron, nebo jaderného protonu v pozitron.

Elektromagnetická interakce působí **mezi elektricky nabitými částicemi jádra a obalu**. Její dosah je teoreticky nekonečně velký. Je to druhá nejsilnější interakce. Nosičem elektromagnetické interakce je foton. Fotonům v různých procesech (tj. při různých energiích) se říká například částice gama, rentgenové záření, světlo, mikrovlny, radiové vlny apod..

Gravitační interakce je nejslabší interakce, ale **působí na všechny částice ve vesmíru**. Ze všech interakcí je nejznámější (není známa částice, která by nepodléhala gravitační interakci). Dosah gravitační interakce je nekonečně velký, její velikost se zmenšuje s kvadrátem vzdálenosti.

## 2. Přeměna energie v organismu

### Potřeba energie

Denní **potřeba energie** závisí na mnoha podmínkách a je i při tělesném klidu (klidová přeměna) velmi rozdílná. Proto byl definován základní (bazální) metabolismus. Příjem i ztráta tepla teplokrevných organismů musí být stejné, nemá-li se měnit jejich teplota. Produkci tepla organismem lze určit z látkové výměny: spotřeba kyslíku udává množství spalovacích pochodů probíhajících v těle.

**Bazální metabolismus** se zjišťuje nalačno ráno pomocí měření spotřebovaného kyslíku za tělesného klidu. Při některých onemocněních dojde ke snížení bazálního metabolismu (snížená funkce štítné žlázy, podvýživa apod.). Za jiných stavů je bazální metabolismus zvýšený (hyperfunkce štítné žlázy). Bazální metabolismus je nejnižší ve spánku.

**Tvorba tepla** je přibližně přímo **úměrná hmotnosti**, jeho **ztráta** je přímo **úměrná velikosti povrchu** živočicha. U malých teplokrevných organismů je ztráta tepla pro poměrně velký povrch velká, a proto je tepelná výměna u nich relativně rychlá. Obráceně je tomu u velkých teplokrevných organismů, v nichž se vytváří poměrně velké teplo, a jeho ztráty jsou malé. Tyto vztahy vyplývají ze vztahu mezi hmotností (objemem) a povrchem. Velikost teplokrevných zvířat má proto svou horní hranici. Ta může být překročena, žije-li zvíře ve vodě (např. velryba), kde ztráta tepla povrchem je mnohem větší.

Energetická potřeba je kryta třemi základními živinami: **bílkovinami**, **tuky** a **sacharidy**

Pro organismus je nezbytný i přívod minerálních látek, zvláště vápníku, železa, jodu. Kromě toho potřebujeme i tzv. stopové prvky a vitaminy.

### Hladovění

Hladovění dělíme na částečné, kdy člověk nepřijímá pouze některé složky potravy, nebo úplné. S hladem se člověk setkává např. při vynuceném snížení příjmu potravy při nedostatku, nebo při nemoci, mnohdy se s ním setkávají obyvatelé tzv. třetího světa. Fyziologicky prospěšné hladovění je jednoduše řečeno hladovka (půst). Jedná se o dobrovolné naprosté zřeknutí se jídla. Je to něco zcela jiného než hladovka vynucená okolnostmi. Pokud se ocitnete bez přísunu jídla a bez vyhlídky na změnu, budete prožívat obrovský stres, strach ze smrti hladem a to vše dokáže ublížit. Pokud se člověk dobrovolně zřekne jídla (s možností kdykoliv s hladověním přestat), dá tělu šanci, aby se samo vypořádalo nejenom s nadbytečnými kilogramy, ale také s některými toxiny uloženými v tkáních apod. Je prokázáno, že půst nebo hladovění zpomalují stárnutí, zlepšují obranyschopnost a látkovou výměnu.

### 3. Sedimentace krve

#### Fyzikální podstata sedimentace krve

V okolí každého tělesa je **gravitační pole** a to se projevuje působením gravitační síly na všechny objekty v tomto poli. Podle Newtona gravitačního zákona velikost gravitační síly je přímo úměrná součinu hmotností ( $m_1, m_2$ ) obou bodů, ale nepřímo druhé mocnině jejich vzdálenosti  $r$ .

Tíhová síla způsobuje, že všechny volně puštěné předměty padají volným pádem. Je to rovnoměrně zrychlený pohyb se zrychlením  $g$ . Toto zrychlení nezávisí na hmotnosti padajícího tělesa a nazývá se **tíhové zrychlení**.

Podobný jev pozorujeme i při **sedimentaci krve**. Je-li krev v klidu v nádobě, působí na každou krvinku jak síla tíhová, tak síla vnitřního tření. To má za následek, že krvinky padají proti proudu plazmy a jejich pád se zpomaluje. Rychlost sedimentace závisí i na množství krvinek v objemové jednotce, a proto sedimentace neprobíhá stejně rychle. V průběhu sedimentace ubývá krvinek z vrchních vrstev, ve spodních vrstvách se koncentrace zvyšuje a sedimentační rychlost snižuje.

## 4. Odstředivá síla

### Využití odstředivé síly ve zdravotnictví

V zemském gravitačním poli sedimentují měřitelnými rychlostmi pouze těžší částice. Sedimentace lehkých částic trvá velmi dlouho. Sedimentaci lze urychlit zvětšením síly, která na částice působí opačným směrem než síla vnitřního tření. Toho se dosahuje působením **odstředivé síly**. Je to setrvačná síla, která **působí při křivočarém pohybu** (pohybu po kružnici). Odstředivá síla vzniká jako **reakce síly dostředivé**, kdy se těleso snaží **setrvat v přímočarém pohybu**. Velikost odstředivé síly je stejná jako velikost dostředivé síly. Směr odstředivé síly je od středu zakřivení (od středu kružnice).

Toho se využívá v odstředivkách (**centrifugách**). Rotor odstředivky se otáčí velkou rychlostí a vznikající odstředivá síla se využívá např. k oddělování těžších látek od lehčích, pevných látek od kapalných apod. Při dostatečně velké frekvenci otáčení rotoru lze urychlit sedimentaci i velmi jemných suspenzí.

Rychlost sedimentace závisí nejenom na velikosti a hustotě částic, ale také na velikosti odstředivé síly. Tato síla, jak je zřejmé z výše uvedeného vzorce, se zvětšuje s druhou mocninou počtu otáček a s poloměrem rotoru (vzdálenost částice od středu rotace). Proto je možno v ultracentrifugách při více než 60 tisících otáčkách za minutu dosáhnout hodnot přetížení až několika milionů g.

Ultracentrifuga je schopna odstředit nejen pevné viditelné částice, nebo viry a ribosomy, ale také bílkoviny a nukleové kyseliny.

## 5. Biofyzikální aspekty letecké dopravy

### Biofyzikální aspekty kosmických letů

Na každé těleso na povrchu Země působí vedle gravitační síly ještě odstředivá síla. Ta je největší na rovníku, protože je zde největší vzdálenost od osy otáčení. Naopak, nulová je odstředivá síla na pólech, poněvadž jimi osa otáčení prochází. Na rovníku má odstředivá síla opačný směr než síla gravitační a tělesa zde padají s menším zrychlením. Naopak, na pólech je zrychlení volného pádu největší. Zrychlení volného pádu nazýváme tíhové zrychlení, jeho velikost závisí na zeměpisné šířce. Uvedená hodnota  $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$  odpovídá naší zeměpisné šířce.

### Přetížení a beztlížný stav

Při dosažení oběžné dráhy kolem Země, působí na člověka v kosmické lodi vedle gravitační síly stejně velká síla odstředivá, která má opačný směr. Obě síly se navzájem vyrovnají a nastává **beztížný stav**.

Člověk snáší dobře libovolnou rychlost, ale nesnáší libovolné zrychlení, které se projevuje nejen při startu rakety, ale i např. při návratu raketoplánu na zemský povrch. Přetížení se obvykle vyjadřuje v násobcích normálního tíhového zrychlení  $g$  ( $G$ ), např.  $2 G$ .



## 6. Vnější tlak a organizmus

### Působení vnějšího tlaku na organizmus

Na úrovni hladiny moře má **atmosférický tlak** hodnotu asi 101,3 kPa (760 mm Hg). Celkový tlak vzduchu je dán součtem parciálních tlaků jednotlivých plynů ve vzduchu (tzv. Daltonův zákon).

### Vliv podtlaku na organizmus

S rostoucí nadmořskou výškou klesá atmosférický tlak exponenciálně (obr. 4). V našich nadmořských výškách je při normálním atmosférickém tlaku nasycení arteriální krve kyslíkem až 97%. Do výšky asi 5 000 m je parciální tlak kyslíku asi 50% a nasycení krve kyslíkem je 80%. Pak podstatně klesá, protože výrazně klesá i atmosférický tlak. Pokles tlaku vzduchu s rostoucí nadmořskou výškou je zcela přirozený, neboť ve větších výškách „tlačí“ na barometr kratší vzduchový sloupec.

### Výšková hypoxie

Při náhlém přechodu netrénovaných jedinců do výšek nad 2 500 m dochází často k nevolnostem, jejichž hlavní příčinou je nedostatek kyslíku. Hlavními příznaky **výškové hypoxie** jsou bolesti hlavy (asi u 70 % lidí již ve výškách nad 2500 m), zvracení, závratě, zkrácený dech, nespavost, nechutenství, bušení srdce, únava nebo slabost, malátnost, desorientace, ortostatické potíže (vrávoravá chůze) apod.. Vrávoravá chůze (charakteristická pro velmi opilého člověka) může být způsobena výškovým otokem mozku (VOM). Postižená osoba má problémy kráčet rovně nebo při chůzi padá. Léčbou je okamžitý sestup. Vrávoravá chůze může přetrvat celé dny po sestupu.

Na **extremní výšky** není možné se adaptovat, jde o patologické stimuly způsobující rychlé zhoršování výkonu, mentálního stavu, vyčerpání, bolestí hlavy, nastupuje i sněžná slepota (z UV odrazu od sněhu, oči bolí a nelze je otevřít proti světlu). **Citlivost** různých orgánů a tkání na nedostatek kyslíku je rozdílná.

### Vliv přetlaku na organizmus

Při potápění těsně pod vodní hladinou mohou být dýchací cesty prodlouženy speciální dýchací trubicí pro potápěče (šnorchl), takže je zachován přístup atmosférického vzduchu. Dýchání je ale ztíženo, protože se nejenom zvětší mrtvý prostor, ale při vdechu se musí překonávat i **tlak vody**, působící na hrudník. Tento tlak se zvyšuje na každých 10 m hloubky o 98 kPa (735 mm Hg) nad hodnotu atmosférického tlaku působícího na úrovni vodní hladiny. Dýchání ve větších hloubkách (až do 70 m) je možné pouze pomocí speciálních přístrojů, kterými se automaticky nastavuje tlak vdechovaného vzduchu z tlakové láhve, kterou má potápěč sebou, na hodnotu odpovídající tlaku okolní vody.

Snižuje-li se tlak (při postupném vynořování potápěče), snižuje se i tlak dusíku ve vydechovaném vzduchu. Avšak parciální tlak dusíku ve tkáních je ještě vysoký. Je-li návrat na hladinu pomalý a postupný, dusík ze tkání difunduje krví do alveolů plic a je vydýcháván. Při příliš rychlém vynoření difúze nestačí a ve tkáních i v krvi vznikají bubliny dusíku, které vyvolávají syndrom nazývaný dekompresní nebo častěji **kesonová nemoc**.

**Léčebné využití přetlaku** se provádí v přetlakových komorách, tzv. hyperbarických komorách.

### Otrava kyslíkem

Fyziologické účinky plynů jsou v relaci s parciálním tlakem. Se vzestupem parciálního tlaku kyslíku stoupá riziko plicní toxicity O<sub>2</sub>.

## 7. Sterilizace

### Základní pojmy

Sterilizací se rozumí usmrcení nebo odstranění všech forem mikroorganismů přítomných v určitém prostředí nebo na předmětech. **Sterilizace je pojem absolutní.** Přítomnost i nejmenšího počtu zárodků na předmětu nebo v prostředí vylučuje sterilitu. Sterilizace se provádí fyzikálními nebo chemickými postupy.

### Fyzikální postupy sterilizace

Var za normálního tlaku

Var pod tlakem

Suché teplo

Ultrafialové záření

Ionizující záření

Ultrazvuk

Sterilizace v oleji

Sterilizace filtrací

### Destilace, termostat, inkubátor

**Směsi** nebo **roztoky** látek s různou teplotou se **oddělí destilací**. Při destilaci se přemění jedna z látek směsi, zahřáté na teplotu varu dané látky v páru, která pak ochlazením zkapalní.

**Termostaty** jsou přístroje na vytváření a udržování libovolně vysoké **stálé teploty**. Užívají se v laboratořích, hlavně na kultivaci bakterií, tkáňových kultur, konzervování krve, urychlování sérologických reakcí apod. Termostaty dělíme na vzduchové a kapalinové. První jsou stavěny jako kovové skříňky s dvojitými stěnami, mezi kterými je izolační látka pro snížení tepelných ztrát. Ve skřínce se v dolní části nachází žhavicí, nebo nahoře chladicí těleso, které termostat vyhřívá nebo chladí.

**Inkubátor** pro předčasně narozené děti je v podstatě termostat vyrobený alespoň částečně ze skla (nebo plexiskla), takže v něm lze novorozeně pozorovat. Mimoto je inkubátor uzpůsoben tak, že sestra může novorozeně běžně ošetřovat, aniž ho musí vyjmout anebo se ho přímo dotknout, čímž se snižuje možnost nákazy. T

## 8. Biofyzikální aspekty regulace teploty, využití tepla a chladu

### Regulace teploty lidského těla

Tělesná teplota je dána stavem rovnováhy mezi tvorbou tepla organismem, příjmem tepla z vnějšího prostředí a výdejem tepla z organismu (termoregulace). Člověk patří k teplokrevním (homoiotermním) živočichům, jejichž teplota je udržována v dostatečně širokém rozsahu teploty vnějšího prostředí na konstantní úrovni.

Podrobnější studium distribuce tepla v organismu ukázalo, že na stálé teplotě je udržována jen určitá centrální část těla, nazvaná také **tepelné jádro** organismu. Tkáně na periferii kolem jádra, např. končetiny a kůže, nazýváme **tepelným obalem**.

Centrum pro regulaci tělesné teploty je umístěno v hypotalamu - je to tzv. **termoregulační centrum**. U zdravého člověka je nastaveno na teplotu kolem 36,5 °C. Tělesná teplota kolísá během 24 hodin v poměrně úzkém rozmezí v závislosti na místním čase.

V našich podmínkách je však významnou většinou teplota vzduchu nižší a proto organismus teplo nepřijímá, ale naopak, dochází k výdeji tepla z organismu. Při něm se uplatňují čtyři fyzikální mechanismy:

Kondukce (vedení)

Konvekce (proudění)

Radiace (sálání)

Evaporace (vypařování)

### Měření teploty

Lékařský teploměr

Bimetalové teploměry

Kovový odporový teploměr

Termočlánek

Termistorová termometrie

Použití optických snímačů

### Infračervené záření (IR)

#### Využití infračerveného záření

Solux

Koupele

Sedací lázeň

Vířivá lázeň

Perličková lázeň

Sauna

Lokálně používané tepelné procedury

Parafínové zábaly

### Chlad

Za některých okolností není možné zajistit optimální teplotu prostředí, ve kterém člověk pobývá. V praxi musíme rozlišovat, zda chlad působí jen **místně**, nebo celkově. Při působení chladu na **celé tělo** dojde na počátku k **podchlazení tepelného obalu**, později i **jádra**.

Kritické rozhraní pro přežití i dlouhodobou morbiditu je přibližně 30 °C tělesného jádra.

### Využití kryoterapie v medicíně

Lokální léčba chladem

Priessnitzovy obklady

## 9. Vliv vlhkosti vzduchu na organismus

### Vlhkost vzduchu

**Vlhkost vzduchu** je pro organismus důležitým fyzikálním faktorem. Způsobuje ji obsah vodních par, jejichž množství je proměnlivé.

K poruchám termoregulace dochází zejména při větším pracovním zatížením. Při velké vlhkosti se pot tvoří, ale neodpařuje se a neodebírání tak teplo z tělesného povrchu. Důsledkem **přehřátí organismu** je při selhání termoregulačních mechanismů **úpal**. Je provázen celkovou malátností, nevolností, zvracením a zvýšením tělesné teploty. Od úpalu je potřeba odlišit **úžeh** (sluneční úpal), spojený s následky nadměrného ozáření slunečním zářením.

## 10. Hluk a audiometrie

### **Vliv hluku na organismus, ochrana proti hluku na pracovišti, audiometrie**

Zvuk je každé mechanické vlnění v látkovém prostředí, které je schopno vyvolat v lidském uchu sluchový vjem.

„Nelibozvučné“ směsi tónů nazýváme hluk. Jde o směs tónů, které mají různé kmitočty a hladiny hlasitosti, změny akustického tlaku ve zvukové vlně jsou nepravidelné a neperiodické.

Poškození sluchu hlukem může být akutní, kdy dochází k poškození bubínku, středního i vnitřního ucha a charakterizujeme ho jako úraz (akustické trauma). Je to stálá ztráta sluchu vyvolaná jednorázovým krátkodobým působením velmi intenzivního zvuku.

Naproti tomu chronické akustické trauma hodnotíme jako chorobu z povolání. Chronické poškození sluchu se vyvíjí postupně. Nejprve se projevuje jako sluchová únava, což je reverzibilní (vratná) ztráta sluchu pro frekvence kolem 4 kHz. Je to přechodné zvýšení prahu slyšitelnosti po působení zvuku o hladině intenzity nad 100 dB. Může trvat i léta. Jestliže člověk pracuje i nadále v hlučném prostředí, dochází k trvalému zvýšení prahu slyšitelnosti i pro nižší frekvence, vzniká nedoslýchavost. Stálá ztráta sluchu je tedy vyvolaná opakovaným působením velmi silného zvuku po měsíce nebo léta. Je nazvána hluchota z povolání.

Společným znakem všech sluchových vad je více nebo méně výrazné snížení vnímání některých frekvenčních oblastí nebo i celého rozsahu sluchových frekvencí. Vyšetření, které umožňuje kvalitativně i kvantitativně posoudit poruchu slyšení, se nazývá audiometrie. Na přístroji - audiometru - můžeme libovolně nastavit frekvenci i hladinu intenzity tónu. Vyšetřujeme každé ucho zvlášť pomocí sluchátek.

## 11. Poslech, poklep, pohmat

### Fyzikální vyšetřovací metody

Jsou to takové postupy, při nichž se diagnosticky využívá fyzikálních principů v nejširším slova smyslu. Mezi základní vyšetřovací metody v medicíně patří vyšetření **poklepem (perkuse)**, **poslechem (auskultace)**. Při těchto vyšetřovacích metodách se nejvíce uplatňuje **sluchový analyzátor**. Má-li být nález hodnotitelný, je k tomu třeba tichého prostředí. Základním faktorem je stav sluchu vyšetřujícího lékaře. Ale i silná vrstva podkožního tuku vyšetřovaného nebo silná svalová vrstva zeslabují intenzitu zvuku vyvolaného poklepem. Vyšetřované orgány slouží jako rezonátory zvuků vzniklých poklepem.

Dnes se používá téměř výlučně **poklepu prsty na prst druhé ruky**. Takto vyvolaný zvuk má různý charakter podle druhu a stavu tkání, ve kterých se šíří. Z jakosti pokleповého zvuku usuzujeme na anatomický tvar orgánů, posuzujeme velikost nebo eventuální změny orgánů dutiny hrudní a břišní. Platí zásada, že čím **vzdušnější** je **orgán**, tím **zvučnější a hlubší** bude i pokleповý tón. Čím **méně vzduchu** obsahuje vyšetřovaný orgán, tím **kratší a vyšší** pokleповý zvuk bude vydávat.

Při **poslechu** můžeme být ovlivněni zvuky vznikajícími např. při nesprávném vložení oliv fonendoskopu (fonendoskop nasazujeme tak, aby „olivky“ směřovaly dopředu ve směru zvukovodu) do zvukovodů. Poslech zhoršuje i úzká nebo příliš měkká hadička fonendoskopu. Poslechu se používá k vyšetřování plic, srdce, tepen a někdy i dutiny břišní.

Mnohem častěji než přímý poslech (přikládání ucha přímo na tělesný povrch) se používá dnes poslech nepřímý, při kterém používáme **fonendoskop**. Výhodou fonendoskopu je, že máme možnost poslechu oběma ušima a možnost lepší orientace v poslouchané oblasti. Zvonovitým zakončením fonendoskopu jsou lépe slyšet zvuky o nízké frekvenci, zvuky o vysoké frekvenci zvýrazňuje membrána v plochem zakončení fonendoskopu.

**Pohmat** (palpace) se považuje za nejdůležitější metodu vyšetření břicha.

## 12. Ultrazvuk (UZ)

### Charakteristika a vlastnosti

V plynech a kapalinách se zvuk šíří podélným mechanickým vlněním. V pevných látkách se šíří zvuk též vlněním příčným. Naše ucho vnímá jen kmity o frekvenci 20 Hz až 20 000 Hz. **Nižší kmitočty než 20 Hz** vnímáme jako rázy bez zvukového počítka a označujeme je jako **infrazvuk**. Zvukové vlny s frekvencí **nad 20 000 Hz** označujeme jako **ultrazvuk**. V medicínských aplikacích se využívá ultrazvuk mnohem vyšších frekvencí, řádově  $10^6$ - $10^7$  Hz. Pro zobrazovací metody důležitou vlastností ultrazvukového vlnění je, že se **odráží, láme a ohýbá na rozhraní dvou prostředí** s různými akustickými vlastnostmi (akustickou impedancí). Velikost **akustické impedance** je dána součinem rychlosti šíření ultrazvuku a hustoty prostředí, kterým se ultrazvuk pohybuje. Ve srovnání s kůží a proto by docházelo k velkým odrazům na rozhraní vzduch - kůže. Je proto nutné před vyšetřením nanést na povrch těla v místech pohybu ultrazvukové sondy **gel**, tím se **zajistí impedanční přizpůsobení** a bezeztrátový průnik ultrazvuku do tkáně. U kosti, díky jiným akustickým vlastnostem, kromě velkého odrazu na povrchu, dochází i ke značnému pohlcování ultrazvuku, energie ultrazvuku se mění v teplo a efekt se projeví jako tzv. periostální bolest. Proto je největší pozornost věnována možnosti **tepelného poškození vyšetřované tkáně**. Rizikovým faktorem je i **ultrazvuková kavitace** (vznik dutinek), avšak při standardních vyšetřeních je její vznik málo pravděpodobný. Platí, že **velikost absorpce je přímo úměrná frekvenci**. To znamená, že s rostoucí frekvencí ultrazvuku roste jeho absorpce a klesá jeho pronikavost. Toto zjištění má význam pro volbu vhodné frekvence ultrazvuku při zobrazování hlouběji uložených struktur. S rostoucí frekvencí ultrazvuku se sice zlepšuje kvalita rozlišení detailů, ale klesá jeho pronikavost a opačně. Proto méně hluboko uložené struktury jsou zobrazovány s větším rozlišením použitím vyšší frekvence a naopak pro pozorování hluboko uložených struktur je využívána nižší frekvence na úkor ztráty rozlišení detailů.

### Výroba ultrazvuku

Mechanické generátory

Magnetostrikční generátory

Piezoelektrické měniče

### Obecný princip sonografie

Sonografie je založena na různém odrazu ultrazvuku od různých tkání. V lékařské ultrazvukové diagnostice jednoznačně dominují zobrazovací systémy, které spojují výhody ultrazvukové tomografie (ultrazvuková tomografie je vlastně dvojrozměrným zobrazením akustických rozhraní, od nichž se odrazí ultrazvukové vlnění), s dopplerovským měřením parametrů toku krve.

Sonografický přístroj se sestává ze dvou hlavních částí, a to piezoelektrického krystalu, který vyrábí a následně vysílá ultrazvukové vlnění a který také ultrazvukové vlnění, odražené od vyšetřované tkáně přijímá a převádí zpět na elektrický signál, a počítače, který zmiňovaný elektrický signál zpracovává a předkládá nám ho v obrazovém, případně i zvukovém provedení. V praxi se té součásti přístroje, v níž je umístěn měnič říká sonda a tuto sondu lékař přikládá na povrch těla pacienta. Výsledné zobrazení potom pozoruje na obrazovce, případně poslouchá upravený zvuk z reproduktoru.

Protože ultrazvuk se dobře šíří v prostředí obsahujícím tekutinu a velmi špatně pokud se setkává se vzdušným nebo pevným prostředím, vyslaný ultrazvukové **vlnění tekutým prostředím projde**, proto ho nevidíme a **tato část se jeví na obrazovce jako černá, od plynu či pevné látky se odrazí** a na obrazovce ho vidíme jako **bílý**. To všechno vidíme jako dvourozměrný obraz všeho co se nachází v rovině ultrazvukového vlnění. Problém je v tom,

že u orgánů, které vlnění silně odráží, jako zmiňované kosti či plíce, vidíme jen jejich přivrácený povrch a nemůžeme je proto vyšetřovat.

### **Účinky ultrazvuku**

Mechanické účinky

Tepelné účinky

Fyzikálně chemické a disperzní účinky

Chemické a elektrochemické účinky

Biologické účinky

### **Principy diagnostického užití ultrazvuku**

Ultrazvuk v gynekologii

Ultrazvuk v kardiologii

Denzitometrie

### **Principy terapeutického užití ultrazvuku**



### 13. Biologické membrány, klidový a akční membránový potenciál

Biologické **membrány** jsou tvořeny vhodně uspořádanými **lipidy** a **proteiny** s malým množstvím vázaných **cukrů** (vázaných v glykolipidech a glykoproteinech). Membrány mají jednotný organizační princip: dvojnou vrstvu membránových lipidů s více či méně do ní zanořenými proteiny. Membránové proteiny zajišťují řadu specifických procesů spojených s transportními a rozpoznávacími funkcemi membrán (pumpy, nosiče, iontové kanály, receptory, enzymy apod.).

Základními funkcemi biologických (plazmatických) membrán jsou propustnost a řízený transport látek (aktivní regulace složení nitrobuňčného prostředí), dynamika membránových molekul, zpracování informací a elektrické vlastnosti.

#### Klidový membránový potenciál

Na membránách všech živých buněk se v podmínkách fyziologického klidu vytváří tzv. klidový membránový potenciál, který je dán nerovnoměrným rozdělením základních fyziologických iontů (patří sem zejména ionty draselné, sodné, chloridové, vápenaté) po obou stranách buněčné membrány. Je to možné díky **rozdílné propustnosti buněčné membrány** pro různé ionty, **difúzi iontů** ovlivněnou elektrickým a koncentračním gradientem mezi vnitřní a vnější stranou membrány a **aktivním procesům**, které využívají specifické iontové pumpy (největší význam má  $\text{Na}^+\text{-K}^+\text{-ATPáza}$ ).

#### Akční membránový potenciál

Dráždivost je obecnou vlastností všech živých organismů. **Vzrušivost** je schopnost buněk odpovědět na podráždění (podnět). Jestliže dráždíme vzrušivou buňku **podprahovými podněty**, dochází ke krátkodobé změně potenciálu, který se velmi brzy vrací na původní úroveň (tato lokální změna může dosáhnout až asi 15mV). Překoná-li ale podráždění tuto prahovou úroveň (tzv. **prahový potenciál**), dojde k prudké reakci a změně membránového potenciálu (změna elektrického stavu buněčné membrány), protože se mění vodivost (propustnost) membrány pro ionty. Výsledkem je změna polarizace a potenciálu na kladnou hodnotu (kolem +20 mV). Je vytvořen tzv. **akční potenciál**.

## 14. Elektrický proud

**Elektrický proud** je usměrněný pohyb volných elektricky nabitých částic - elektronů anebo iontů.

Látky, ve kterých existují volné pohyblivé částice s nábojem, se nazývají **vodiče**. Nejvíce používanými vodiči jsou **kovy** (vodiče 1. řádu), ve kterých se mohou volně pohybovat elektrony uvolněné z elektronových obalů atomů.

V jiném typu vodičů - **elektrolytech** (vodiče 2. řádu), se mohou pohybovat ionty, kladně i záporně nabitě částice (kationy a aniony), vzniklé elektrolytickou disociací elektricky neutrálních molekul. **Elektrolytická disociace** je jev, při kterém se ve vodném roztoku molekuly kyselin, zásad i solí rozpadnou na kationy (kladně nabitě částice) a aniony (záporně nabitě částice). Kationy i aniony existují v roztoku, i když roztokem neprochází elektrický proud. Rozpad molekul na elektricky nabitě částice (elektrolytická disociace) v roztoku nebývá úplný. **Stupeň disociace** má vliv na chemické vlastnosti roztoku.

Kromě vodičů rozdělujeme látky podle elektrické vodivosti a její závislosti na teplotě ještě na izolanty a polovodiče. **Izolanty** jsou látky, které neobsahují volné částice s nábojem, obsahují pouze neutrální atomy a molekuly a proto nevedou elektrický proud. Aby nedošlo k úrazům elektrickým proudem obalujeme vodiče izolantem. **Polovodiče** jsou látky, které se za normálních teplot chovají jako izolanty, jejich měrný odpor je vysoký. Se vzrůstem teploty hodnota měrného odporu klesá a polovodiče se začínají chovat jako vodiče, vedou elektrický proud. Mezi polovodiče patří především prvky čtvrté základní skupiny Mendělejevovy soustavy prvků, např. uhlík, křemík, germanium, cín, dále např. selen, síra, vizmut, jod, telur a některé sloučeniny oxidů apod..

Je-li tok elektricky nabitých částic vodičem neměnný (tj. je-li konstantní co do velikosti a směru), říkáme, že vodičem prochází **stejnoseměrný** elektrický proud.

Proud, při němž se směr pohybu částic s nábojem periodicky mění, nazýváme střídavým proudem. **Střídavý** proud prochází např. elektrickým obvodem připojeným k elektrické síti. V tomto případě se proud s časem mění podle funkce sinus a takové proudy označujeme jako proudy harmonické. Napětí zdroje střídavého proudu se rovněž periodicky mění a mění se i polarita pólů zdroje. Oproti stejnosměrnému proudu, k jehož charakteristice postačí pouze udání velikosti, je popis střídavého proudu složitější. Charakterizuje ho nejen největší hodnota proudu v průběhu periody (amplituda proudu), ale také počet period za sekundu, tedy frekvence střídavého proudu. Jednotkou frekvence je hertz - Hz.

Elektrický proud se do organismu může dostat ze zevních zdrojů, nebo vzniká v lidském organismu jako výsledek dějů na membránách buněk vzrušivých tkání a orgánů. Proto se elektrické vlastnosti tkání a orgánů člověka studují ze dvou aspektů. Na jedné straně jsou to tzv. pasivní elektrické vlastnosti, tj. chování orgánů a tkání v elektrickém poli, na druhé straně se sledují elektrické jevy, které vznikají např. při činnosti srdce, mozku apod., tj. aktivní elektrické vlastnosti.

### **Pasivní elektrické vlastnosti tkání**

Nehomogenní prostředí tkání lidského těla je komplikovaným vodičem elektrického proudu. Elektrický proud při průchodu tkáněmi prochází prostředím různého chemického složení a struktury: mezibuněčným prostředím, buněčnými membránami, cytoplazmou buněk apod.. Každé z těchto prostředí je charakterizováno určitou měrnou vodivostí. Zatímco měrná vodivost mezibuněčného prostředí i cytoplazmy je téměř stejná, je měrná vodivost buněčných membrán nesrovnatelně nižší. Řada molekul v lidském organismu má také vlastnosti elektrických dipólů, molekuly jsou z hlediska rozložení elektrického náboje nesouměrné.

Působením vnějšího elektrického pole mění svoji orientaci a zauímají polohu ve směru siločar, což lze přirovnat k polarizaci molekul dielektrika v elektrickém poli. Stejnoseměrný i střídavý elektrický proud se dostávají do organismu cestou nejmenšího odporu, tj. vlasovými folikuly nebo vývody potních žláz. Pohyb v organismu mají ale oba proudy rozdílný.

### **Stejnoseměrný proud**

Průchodu stejnoseměrného elektrického proudu tkání organismu kladou odpor zejména buněčné membrány, kterými prochází jen asi 2 % až 3 % celkového proudu. Nepropouštějí jej také vazivové blány a tuková tkáň. Lepšími vodiči jsou mezibuněčné tekutiny a prostředí ve kterém jsou elektrolyty. Stejnoseměrný proud proto nejlépe vede krev, mozkomíšní mok a svaly.

### **Nízkofrekvenční střídavý proud**

Měrná vodivost buněčných membrán je významně nižší než měrná vodivost mezibuněčného prostředí a cytoplazmy buněk. Ukázalo se, že odpor buněčných membrán klesá se vzrůstající frekvencí střídavého proudu. Když mluvíme o odporu buněčných membrán vůči střídavému proudu, mluvíme o tzv. **impedanci membrány**, která má dvě složky:

1. rezistanci (odpovídá odporu v obvodu stejnoseměrného proudu), jejíž velikost na frekvenci střídavého proudu nezávisí,
2. kapacitanci (tzn., že membrána se chová jako kondenzátor), která se s rostoucí frekvencí zmenšuje.

### **Vysokofrekvenční střídavý proud**

S rostoucí frekvencí elektrického proudu se snižuje kapacitní složka odporu buněčných membrán. Proto se uplatňuje také přechod přes buněčné membrány a vysokofrekvenční proud tak může procházet i cytoplazmou.

### **Účinky elektrického proudu**

Účinky proudů mohou být obecně dráždivé, tepelné a elektrolytické.

#### **Stejnoseměrný proud**

Při průchodu stejnoseměrného proudu organismem se uplatňují nejvíce **elektrolytické účinky**.

#### **Nízkofrekvenční střídavý proud**

Účinky střídavého elektrického proudu na organismus závisí na jeho frekvenci. U nízkých frekvencí (asi do 100 Hz) se **dráždivý účinek** proudu zvyšuje s rostoucí frekvencí. Tepelný a elektrolytický účinek je zanedbatelný.

#### **Vysokofrekvenční střídavý proud**

S rostoucí frekvencí dráždivý účinek klesá a kolem 10 000 Hz se přestává projevovat. Střídavý proud o frekvenci vyšší než 100 000 Hz již nemá žádné dráždivé účinky a ani účinky elektrolytické. Účinky vysokofrekvenčních proudů jsou jenom **tepelné**.

### **Využití elektrického proudu v medicíně**

#### **Stejnoseměrný proud**

Stejnoseměrný elektrický proud stálé velikosti označujeme jako proud galvanický. Je tvořen převážně pohybem iontů, částečně i pohybem elektricky nabitých koloidních částic. Při jeho průchodu tkání dochází k elektrolytickým změnám.

Galvanoterapie

Iontoforéza

Elektroforéza

#### **Diadynamické proudy**

Mají **dvě složky**, galvanickou a na ní nasedající impulzivní, která je odvozená od síťového harmonického proudu s frekvencí 50 Hz. Sinusové impulzivní proudy mají **účinek inhibiční** nebo **facilitační**.

### **Střídavý proud o nízké frekvenci**

**Dráždivost** je obecnou vlastností všech živých organismů. K podráždění elektrickým proudem dochází až při dosažení tzv. prahové velikosti proudu, působícího po určitou dobu. Se snižováním protékajícího proudu narůstá doba, po kterou musí proud působit, aby došlo k vyvolání podráždění a ke vzruchu. Se snižováním použitého proudu může nastat moment, kdy ani sebedešší působení nevyvolá podráždění. K diagnostickým i terapeutickým účelům se používají stimulatory. Základním obvodem stimulatoru je generátor frekvence s regulovatelnou frekvencí od 1 Hz až do několika kHz.

### **Využití střídavého proudu v medicíně**

Vyšetřování motorických nervů a svalů

Defibrilátor

Kardiostimulátor

Elektrošok

Neurostimulátor

Stimulační diagnostika

Elektrostimulační dýchání

### **Střídavý proud středních frekvencí (několik kHz)**

Využívá rozdílových kmitočtů vznikajících při vzájemné **interferenci** dvou různých středněfrekvenčních kmitočtů.

Interferenční proudy

Trábertův proud

Transkutánní elektrické neurostimulace

### **Vysokofrekvenční proud a elektromagnetické vlnění**

Vysokofrekvenční proudy při frekvencích větších než 100 kHz nemají již žádné dráždivé účinky. To proto, že působící impuls vysokofrekvenčního proudu trvá mnohem kratší dobu, než je doba potřebná k vyvolání podráždění (nejkratší chronaxie pro nervy je např. 0,01 ms, pro srdeční sval asi 5 ms).

Léčebně se **tepelného účinku** vysokofrekvenčních proudů využívá ve vysokofrekvenční terapii. Ta je velmi rozšířená, protože je jen málo nemocí, u kterých by aplikace tepla byla škodlivá.

Krátkovlnná diatermie

Ultrakrátkovlnná diatermie

Mikrovlnová terapie

### **Jiné využití vysokofrekvenčních proudů**

Elektrochirurgia

### **Úrazy elektrickým proudem**

#### **Aktivní elektrické vlastnosti vzrušivých tkání**

Činností vzrušivé tkáně (nervové nebo svalové) vznikají elektrické projevy, tzv. **akční potenciály**. Elektrické projevy doprovázejí specifickou aktivitu buněk nebo tkání, např. vedení vzruchu nervy, stah svalů apod. Řada těchto elektrických jevů je pro probíhající procesy charakteristická, avšak při onemocnění organismu se mění. Jejich sledování má proto význam ve výzkumu nebo v diagnostice. Protože jsou to jevy velmi krátkodobé, potřebujeme k jejich sledování registrační soupravu, která musí obsahovat minimálně:

1. čidlo (elektrody),
2. elektronické zařízení, které sledovanou veličinu vhodně upraví (zesilovač),
3. indikační a registrační zařízení.

Činnostní svalové potenciály  
Činnostní potenciály srdeční  
Činnostní potenciály mozkové

### **Elektroklima**

Ionosféra s převahou kladných nábojů a Země, na níž převažují záporné náboje tvoří elektrické pole. Ionosféra získává svůj náboj při bouřích a účinkem ionizujícího záření, nosiči elektrického náboje jsou různě velké atmosférické ionty.

Kladné ionty prostorového elektrického náboje mají dráždivé účinky, vyvolávají únavu a bolesti hlavy. Vysokým obsahem kladných atmosférických iontů se vysvětlují obtíže před bouřkami, bolesti hlavy, nevolnost apod.

Záporné ionty mají účinky příznivé a jejich zvýšené množství po bouři je zdrojem úlevy.

## 15. Dýchání, fyzikální základy dýchání. Krevní oběh a krevní tlak, měření krevního tlaku

### Dýchání

Dýchání představuje jednu ze základních životních funkcí organismu. Dýcháním rozumíme příjem kyslíku a jeho dopravu do tkání, v nichž se spotřebovává, a odvádění oxidu uhličitého z tkání a nakonec z organismu.

Bývá zvykem dělit dýchání na **vnější**, tj. výměnu  $O_2$  a  $CO_2$  mezi alveolárním vzduchem a krví, na **vnitřní**, tj. výměnu  $O_2$  a  $CO_2$  mezi krví a tkáněmi a na **buněčné** (přeměnu energie zajišťují mitochondrie).

Výměnu plynů zajišťují svými kontrakcemi dýchací svaly - **bránice** a **mezižební svaly**. **Vdech** je vždy **děj aktivní**, zvětšení objemu hrudníku se provádí mezižebními svaly a bránicí. **Výdech** je **pasivní děj**. Jen usilovný výdech má též složku aktivní, složku svalové činnosti.

K porušení negativního nitrohrudního tlaku dochází při komunikaci pleurální dutiny s vnějším prostředím. Tento stav se nazývá **pneumotorax**. Plíce, na jejíž straně k pneumotoraxu došlo, kolabuje a je až do obnovení negativního nitrohrudního tlaku zcela nebo částečně vyřazena z dýchací činnosti. Otevřený pneumotorax vzniká např. při otevřeném poranění stěny hrudníku. U ventilového pneumotoraxu vzduch, který při každém dýchacím pohybu vnikne do pleurální štěrbině, už nemůže uniknout, protože kožní lalok na poraněném místě působí jako ventil. Proto je pneumotorax pro člověka velice nebezpečný.

### Krevní oběh a krevní tlak

Krevní oběh slouží k přenosu všech živin a krevních plynů obsažených v krvi do všech tkání a k odvádění všech metabolických produktů z tkání do míst vylučování. Další důležité funkce oběhové soustavy vyplývají ze skutečnosti, že spolu s trávicí a vylučovací soustavou patří do systému udržujícího stále vnitřní prostředí - homeostázu.

V krevním oběhu se uplatňuje celá řada zákonů hydromechaniky. **Krevní oběh člověka je jednosměrný**. Srdce je motorem krevního oběhu, cévy jeho potrubím. Cévy jsou uzavřený systém velmi rozvětvených elastických trubic různého průměru. Z fyzikálního hlediska jde vlastně o dva oběhy, poháněné dvěma pumpami, které jsou anatomicky spojené a pracují prakticky současně. Levá polovina (levé srdce) vhání krev do velkého oběhu, pravá do malého oběhu. **Srdce** se skládá ze **dvou tlakových čerpadel** (komor). Před komorami jsou předsíně, jejichž úkolem je vhánět krev do komor. Srdce pracuje jako tlakové čerpadlo - kontrakcí dutého srdečního svalu vzniká tlak. Smrštění (**kontrakce**) srdečního svalu se nazývá **systola**. Jeho uvolnění (**relaxace**) se nazývá **diastola**.

Cévy nejsou struktury rigidní, ale dynamické, schopné ať už samovolně, nebo vlivem okolních faktorů měnit svůj objem. Tuto skutečnost umožňují součásti cévní stěny: **elastin**, **kolageny** a **hladká svalovina**. **První dvě složky** zodpovídají za pasivní poddajnost cévy. Ve významném množství se vyskytují **u velkých artérií**, což umožňuje transformaci nespojitého výdeje srdečních komor ve spojitě proudění krve na periferiích. Během stahu myokardu (v systole) se část objemu vypuzené krve ve velkých artériích zadrží (tj. část její mechanické energie je přeměněna na potenciální energii pružnosti elastických vláken) a při ochabnutí srdce (v diastole) je „uskladněná“ krev uvolňována dále do krevního řečiště (potenciální energie pružnosti stažitelných vláken se zpětně využila na pohyb krve). **Hladká svalovina** je schopna způsobovat aktivní napětí cévní stěny. **Převažuje ve stěně arteriol** a umožňuje změny průsvitu těchto cév a tím ovlivňuje odpor cévního řečiště.

K distribuci krve po celém organismu slouží cévy. Musí být naplněny krví, jinak by krevní oběh nefungoval. **Arteriální soustavě** umožňují plnit její úkoly pružnost tepen, cévní napětí (tonus), odpor periferie a mechanismy zaručující koordinaci srdeční činnosti. Pružnost aorty a

periferních tepen vyrovnává pulsace proudu krve vypuzované srdcem. Tepny se rozšiřují při každé systole a zužují se při diastole srdce. **Úkolem žil** je odvádět krev z vlásečnic a zajistit, aby byl dodržován stejný směr toku, přestože tlakový rozdíl v nich je již malý (obr. ). Jsou proto vybaveny chlopněmi, které brání zpětnému toku krve. V medicíně je zvykem srovnávat tlaky s tlakem atmosférickým a tlak, který je menší než atmosférický, se označuje jako negativní. V krevním oběhu jsou tyto poměry: tlakové čerpadlo vhání kapalinu do systému elastických trubic, které mají různý průměr, a proto na různých místech různý odpor. Hlavní tepny mají sice největší průřez, ale protože je ostatních tepen více, je tedy jejich celkový průřez větší, až dosáhne maxima ve vlásečnicích. Pro zvětšený celkový průřez se rychlost krevního oběhu na periférii zpomaluje.

### **Měření krevního tlaku**

Poiseuille vyvinul metodu měření krevního tlaku. Zkoumal také proudění tekutin trubicemi. V roce 1838 zjistil, že rychlost proudění závisí na průměru a délce trubice a na rozdílu tlaku mezi konci trubice. Při malých rychlostech proudění jsou vektory rychlostí v jednotlivých vrstvách proudící krve navzájem rovnoběžné, krev proudí **laminárně**. Druhým typem je proudění **turbulentní**, které je charakterizováno vznikem vírů. Na přechod mezi oběma typy má vliv poloměr trubice, střední rychlost proudění krve, hustota a viskozita krve (matematicky je přechod určen tzv. **Reynoldsovým číslem**).

## 16. Optické záření, oko, přístroje a zařízení využívající optické metody

### Optické záření

Ze Slunce na Zem dopadá také **záření optické** (je součástí elektromagnetického vlnění). Složení optického záření je:

50 % viditelného světla	vlnová délka $\lambda = 365 \text{ nm} - 780 \text{ nm}$
45 % infračerveného záření	vlnová délka $\lambda = 780 \text{ nm} - 1 \text{ mm}$
5 % ultrafialového záření	vlnová délka $\lambda = 100 \text{ nm} - 365 \text{ nm}$

### Viditelné světlo

**V přírodě** má viditelné světlo hlavní význam ve **fotosyntéze**, která je základním procesem, udržujícím život na Zemi. Při fotosyntéze se využívá energie slunečního záření k syntéze energeticky bohatých organických sloučenin (cukrů) z jednoduchých anorganických látek (oxidu uhličitého a vody).

**Účinek** viditelného světla je vzhledem k jeho energii omezen na **kůži** a **oko**. Poškození kůže viditelným světlem může nastat při zvýšené citlivosti kůže (fotosenzibilizace) při některých onemocněních a při podání některých léků. Oko může být poškozeno dlouhodobým opakovaným působením extrémně silného viditelného světla.

### Teorie barevného vnímání

Na sítnici se nacházejí na světlo citlivé receptory: **tyčinky** (uplatňují se ve „večerním-černobílém“ vidění) a **čípky** (pro barevné vidění). Existují **3 druhy čípků**, z nich každý je maximálně citlivý na jednu barvu a na ostatní méně: první druh čípků je citlivý na červenou barvu; druhý druh receptorů je citlivý na zelenou barvu; třetí druh receptorů je citlivý na modrou barvu. Smíšením tří základních barev lze vytvořit jakoukoliv jinou barvu. Přítomnost tří různých fotoreceptorů v sítnici s citlivostí pro tři základní barvy podmiňuje trichromatické barevné vidění.

### Zdravé oko, vady oka a korekce vad

Vytvoří-li oko bez umělé korekce (např. bez brýlí) ostrý obraz na sítnici, mluví se o zdravém (emetropickém) oku. **Emetropické oko** dospělého člověka při zachování všech svých funkcí má rozsah ostrého vidění od 25 cm do nekonečna. Při správném vidění **obrazem bodu je bod** a **obraz bodu vzniká na sítnici**. Aby byl obraz bez ohledu na vzdálenost předmětu od oka vždy ostrý, je nutné, aby čočka měnila své zakřivení. Čočka je zavěšena na ciliárním svalovém aparátu, který má schopnost mechanicky měnit zakřivení čočky, a tak měnit i optickou mohutnost. Tato vlastnost se nazývá **akomodací** oční čočky.

Stařecké vidění (presbyopie)

Krátkozrakost (myopie)

Dalekozrakost (hypermetropie)

Astigmatismus

Barvoslepost

Šeroslepost

Šedý zákal (katarakta)

Zelený zákal (glaukom)

### Přístroje a zařízení využívající optické metody

Světelné mikroskopy

Elektronové mikroskopy

Mikroskopie atomárních sil



Endoskopy  
 Metody optické spektroskopie  
 Kolorimetrie jako optická metoda chemické analýzy  
 Subjektivní (vizuální) kolorimetrie  
 Objektivní kolorimetrie  
 Spektrofluorimetrie  
 Laserová spektroskopie  
 Polarimetrie  
 Nefelometrie a turbidimetrie  
 Refraktometrie

### Ultrafialové záření (UV)

UV se liší vlnovou délkou, která je menší než vlnové délky světla. Fyziologické i biologické účinky UV záření závisí na energii fotonů, intenzitě záření, době trvání ozáření, schopnosti absorpce záření tkání a na reaktivitě organismu. Na základě biologických účinků dělíme UV záření na 3 úseky: **dlouhovlnné UV - A; středněvlnné UV - B; krátkovlnné UV - C** záření.

### Zdroje UV záření

Přírozené: Slunce.

Umělé: Rtuťové vysokotlakové výbojky, nízkotlakové rtuťové výbojky, kromayerova lampa

### UV záření a jeho účinky

Díky tomu, že UV záření neproniká do hloubky tkání, nejcitlivějším orgánem jsou kůže a oči (oční spojivky a rohovka, u dlouhovlnného UV - A také oční čočka).

**Účinek ochranných krémů** je **preventivní**, spočívá v tom, že pohlcují erytémovou složku UV záření, zatímco pigmentaci neovlivňují a zvyšují tak odolnost kůže.

**Z pozitivních účinků** UV záření lze uvést, že vlnové délky pod 300 nm způsobují vznik vitamínu D.

Typy kůže a jejich reakce na sluneční záření			
Typ kůže	Reakce na slunění	Ochranná reakce kůže	Možný čas pro první expozici bez reakce
I. (pleť nápadně světlá, pihy husté, vlasy rezavé, oči modré, zřídka hnědé) Keltský typ - (2 %)	Vždy - těžká	žádná červená kůže bez pigmentace, za 1 – 2 dny se loupe	3 -10 minut
II. (pleť trochu tmavší než I., pihy řídké, vlasy blond až hnědé, oči modré, zelené, šedé) Evropan se světlou pletí (12%)	Vždy - silná	velmi slabá pigmentace, kůže se loupe	10 - 20 minut
III. (pleť světle hnědá, pihy žádné, vlasy tmavě blond až hnědé, oči šedé a hnědé, pigmentové névy hnědé) Evropan s tmavou kůží (78%)	Zřídka - mírná	průměrná reakce s pigmentací	20 - 30 minut
IV. (pleť světle hnědá, olivová; pihy žádné, pigmentové névy tmavé, vlasy tmavé, oči tmavé) Středomořský typ (8%)	téměř nikdy	rychlá reakce, hluboká pigmentace	40 minut

### **Infračervené záření (IR)**

Patří mezi příčné elektromagnetické vlnění, má delší vlnové délky než viditelné světlo a vzniká jako důsledek vibrací a rotací atomů a molekul.

Přirozeným zdrojem je Slunce, umělým zdrojem např. solux, topná tělesa, člověk apod.. Vysílané elektromagnetické vlnění má **tepelný účinek**, který vzniká rozkmitáním molekul absorbující látky (např. tkáně) a dodáním vibrační a rotační energie, která se projeví zvýšením teploty absorbující látky (např. tkáně). Tepelná energie absorbovaná ve tkáni se projeví vazodilatací (rozšíření cév v pokožce) a vznikem erytému (zčervenání). Účinek infračerveného záření je **místní** (v místě působení záření) a **reflexní**, zasahující do vzdálenějších oblastí cestou přenosu tepla. Práh bolesti pro zahřívanou kůži je 45 °C. Dlouhodobá expozice oka může vyvolat šedý zákal oční čočky.

**Biologické účinky** infračerveného záření jsou pouze **tepelného charakteru**. Kromě **místního účinku** se uplatňuje i **účinek reflexní**, zasahující do vzdálenějších oblastí. Teplo je krevním proudem rychle distribuováno, takže teplota se zvýší v jednotlivých vrstvách tkání jen nepatrně. IR - B a IR - C jsou úplně pohlceny již v hloubce 0,1 mm. Proto při použití těchto oblastí infračerveného záření se zahřívá pouze povrchová vrstva kůže, která neobsahuje cévy, jež přispívají k distribuci tepla vzniklého v hlubších vrstvách kůže působením IR - A. V povrchové vrstvě kůže se nacházejí čidla pro bolest a teplotu. Čidla pro bolest reagují, přesáhne-li teplota 44 °C. Proto působí IR - B a IR - C bolestivě při nižších dávkách než IR - A, které proniká hlouběji a nepůsobí tolik na povrchovou vrstvu kůže, obsahující čidla pro bolest.

Nepříznivý účinek infračerveného záření se u člověka projevuje při dlouhodobém působení IR záření, např. u sklářů, topičů, hutníků apod. Oční čočka pohlcuje téměř všechno dopadající infračervené záření a může se vytvořit tzv. šedý zákal čočky. Ochranné brýle chrání jen částečně.

## 17. Biomechanika, deformace pevného tělesa a její význam ve zdravotnictví

**Biomechanika** je věda, která se zabývá mechanickou strukturou, mechanickým chováním a mechanickými vlastnostmi živých organismů a jeho částí, a mechanickými interakcemi mezi nimi a vnějším okolím. Mechanické vlastnosti živých tkání jsou rozdílné od vlastností pevných látek. Ale i v živých tkáních kromě **pevnosti**, která charakterizuje strukturní odolnost látky vůči působení vnější síly, jsou důležitými vlastnostmi **pružnost**, **roztlačnost** a **tvárnost**. Dynamickou vlastností je vazkost (viskozita), která se během deformačního děje projevuje jako odpor proti změně tvaru deformované tkáně nebo orgánu. U jednotlivých živých tkání se tyto vlastnosti projevují v různém stupni.

### Biomechanické funkce kostí, kloubů a šlach

Oporou těla nejen člověka, ale všech obratlovců je kostra složená z kostí, které jsou spojeny klouby a vazy. Základní mechanickou vlastností kostní tkáně je její **pevnost**. Pro architektonickou strukturu kostí platí Wolfův zákon o transformaci kostí, podle něhož se struktura kostí přizpůsobuje trvale změně působících sil. Bylo zjištěno, že chybí-li gravitační zatížení ve směru osy dlouhých kostí, dochází za krátkou dobu ke zvýšenému vylučování vápníku z organismu. Je tomu tak např. při delším pobytu v beztížném stavu při kosmických letech.

Kosti se působením sil deformují, mění svůj tvar i objem. Podle směru působících sil se rozeznává **deformace** v tahu (dvě síly opačného směru směrem od středu tělesa), tlaku (síly působící směrem k středu tělesa), ohybu (síla působící na střed tělesa podepřeného na obou koncích), ve smyku (dvě síly opačného směru působící na horní a dolní podstavu tělesa, vrstvy se vůči sobě posunuje, ale jejich vzdálenosti jsou stejné) a kroucení (torze - dvojice sil, v praxi kombinace různých deformací).

### Síla pružnosti, meze

Při deformaci působí na sebe silou i částice v deformovaném tělese. Síly, kterými působí se nazývají síly pružnosti. Ty zabraňují tělesu, aby se neustále deformovalo. Podle zákona akce a reakce síla pružnosti má stejnou velikost jako síla působící na těleso a působí opačným směrem. Pokud jsou tyto síly (**síly pružnosti a deformační síly**) stejně velké, pak je těleso v rovnovážném stavu - dále se nedeformuje, ale je ve stavu napjatosti. **Mez pružnosti** je největší možná hodnota normálového napětí, při kterém je deformace tahem ještě pružná. **Mez pevnosti** je největší hodnota, po jejím překročení dojde k porušení soudržnosti materiálu. **Dovolené napětí** je maximální přípustná hodnota normálového napětí při deformaci tahem, v praxi nejvyšší dovolená hodnota normálového napětí, je značně menší než mez pevnosti. **Součinitel bezpečnosti** je podíl meze pevnosti a dovoleného napětí, po překročení této hodnoty nastává přetržení, zlomení atd.

Kosti jsou namáhány určitými směry v závislosti na své funkci, což vytváří jejich vnitřní strukturu. Např. dlouhé kosti jsou ve své střední části - **diafýze** - tvořeny tzv. kompaktní a jsou duté (dutá trubka má průměr větší než stejně těžká "plná trubka" a stejnou silou se ohýbá mnohem méně než plná), čímž lépe odolávají deformaci v ohybu. Jejich konce - **epifýzy** - jsou vyplněny spongiózou, jejíž trámčina je uspořádána tak, aby odolávala nejčastěji působícím silám, tj. tlakovým a tahovým. Dlouhé kosti mají obvykle vysokou pevnost v tahu podél dlouhé osy, menší v tlaku (poměr asi 4:3). Nejmenší pevnost mají v torzi (asi třetinovou oproti pevnosti v tahu), při níž je jeden konec kosti fixován a kost je kroucena silovou dvojicí kolem dlouhé osy. Proto způsobují poměrně malé torzní síly zlomeniny (např. časté lyžařské zlomeniny), které jsou z medicínského hlediska velice nepříznivé.

Kosti se navzájem spojují v **kloubech**. Nestýkají se však přímo, nýbrž prostřednictvím **kloubních chrupavek**, jež spolu se synoviální tekutinou uvnitř kloubního pouzdra snižují tření v kloubu.

### **Mechanické vlastnosti chrupavky**

Mechanické vlastnosti kloubní chrupavky jsou dány především uspořádáním vláken a tekutiny mezibuněčné hmoty. Vlákná kolagenu a elastinu vytvářejí pórovitou substanci prostoupenou tekutinou tvořící až 80 % celkové hmotnosti. Kromě přenášení tlakového zatížení v kloubním spojení kostí a tlumení rázových zatížení má důležitou funkci pro **snižování koeficientu tření** mezi styčnými plochami kostí stýkajících se v kloubním spojení. Při pohybu v kloubu dochází k valivému pohybu, obvykle v kombinaci s kluzným pohybem.

### **Mechanické vlastnosti kloubu**

Tvar styčných ploch určuje stupeň volnosti pohybu v daném kloubu. Stupeň volnosti pohybu jednotlivého kloubu je dán tvarem ploch, které kloub tvoří. Čím více jsou obě kloubní plochy sobě navzájem přizpůsobeny, tím omezenější jsou možnosti pohybu. Největší stupeň volnosti (3) má ten kloub, jehož plochy jsou kulovité (obr. 38).

Rotační pohyb není v kloubech živého organismu možný (vzhledem k přítomnosti šlach a svalů, které rotaci neumožňují), a proto byl pro otáčivý pohyb v kulovém kloubu stanoven výraz **cirkumdukce**. Pohyb kloubu je také omezován kloubním pouzdem, které prakticky zabraňuje změnám objemu mezikloubního prostoru. Tím je dosaženo toho, že kostra je sice schopna pohybu, ale je zároveň dostatečně pevná.

### **Mechanické vlastnosti biologických materiálů**

Mechanické vlastnosti biomateriálů jsou do značné míry dány stavbou a uspořádáním tkáně. Základním stavebním prvkem jsou vlákna elastinu a kolagenu. Elastin se vyznačuje značnou schopností pružných deformací, kolagen naopak značnou tuhostí a pevností v tahu. Míra zastoupení jednotlivých vláken a jejich prostorové uspořádání výrazně určují výsledné mechanické vlastnosti, které jsou navíc ovlivněny množstvím amorfnní mezibuněčné hmoty – především tekutiny a např. u kosti přítomností minerálních látek.

### **Biokompatibilita**

Biokompatibilita je schopnost vzájemné snášenlivosti umělých orgánů s hostitelem. Umělý orgán má obnovit nebo napodobit fyziologii přirozeného orgánu. Rozeznáváme látkovou (agresivita umělého materiálu vůči biologickému a naopak), funkční (vhodné mechanické vlastnosti, tření apod.) a tvarovou (tvar, velikost) biokompatibilitu. Pro náhrady kostí a kloubů se používají kovové materiály (především korozivzdorné slitiny kobaltu, titanu, chromu a niklu, nebo materiály schopné požadované povrchové úpravy), plastické hmoty (např. pro kloubní jamky teflonu či polyetylénu), hliníkové a sialonové (na bázi nitridu křemíku) keramické hmoty s vysokou tvrdostí a dobrou snášenlivostí živými tkáněmi. Pouze materiály na bázi kolagenu dovolují odbourání imunologických reakcí.

## 18. Ionizující záření

### Charakteristika ionizujícího záření

Atomy, jejichž jádra mají **nadbytek energie**, nejsou v čase stabilní a samovolně se přeměňují na jádra jiná, nazýváme **radioaktivními**. Cílem radioaktivní přeměny jádra je snížit energii a tím získat stabilitu. Přeměna je provázána emisí částice, kvanta elektromagnetického záření nebo zachycením elektronu z elektronového obalu. Radioaktivní přeměnou uvolněné hmotné částice nebo fotony elektromagnetického záření mají schopnost při interakci s prostředím vyvolávat ionizaci nebo excitaci atomů absorbujícího prostředí.

Pojem **ionizující záření** zahrnuje nejenom záření, které emitují radioaktivní látky, ale také rentgenové záření a záření vzniklé v urychlovačích částic, a také záření neutronové např. z jaderného reaktoru, nebo ze speciálních jaderných reakcí.

**Zdroje ionizujícího záření jsou přirozené nebo umělé.**

### Jednotky v radioaktivitě

Aktivita

Dávka

Dávkový ekvivalent.

### Druhy radioaktivní přeměny

Záření  $\alpha$

Záření  $\beta$

Záření  $\gamma$

### Rentgenové záření

Charakteristické rentgenové záření

Brzdné rentgenové záření

### Neutrony

### Kosmické záření

Primární kosmické záření

Sekundární kosmické záření

### Biologické účinky ionizujícího záření

Při průchodu záření živou hmotou dochází k absorpci záření převážně mechanismem ionizace a excitace molekul prostředí. Dávky záření, představující z fyzikálního hlediska malé energie, však mají na organismus velice zhoubné účinky. V oblasti nízkých dávek je popisována možnost tzv. radiační hormese, tj. stimulačního účinku nízkých dávek záření.

### Přímý a nepřímý účinek ionizujícího záření

**Přímý účinek** záření je spojený bezprostředně s absorpcí záření v živých strukturách organismu - bílkovinách, enzymech apod. Tento způsob převládá v buňkách s nízkým obsahem vody. Porušují se chemické vazby a tím se vyvolají chemické změny v živých strukturách organismu.

**Nepřímý účinek** je zprostředkován produkty ionizace vody. Primárními produkty ionizace jsou volné radikály ( $H\cdot$ ,  $OH\cdot$ ). Volné radikály jsou velice reaktivní, mají vliv na různé oxidoredukční systémy a způsobují jejich blokádu.

## **Radiosenzitivita**

Citlivost organismu na záření) je ovlivněna celkovým stavem organismu. Podle stupně radiosenzitivity můžeme tkáně a orgány seřadit takto:

1. Nejvyšší radiosenzitivita - lymfatická tkáň, kostní dřev, pohlavní žlázy, střevo
2. Kůže a epitel, hltan, jícn, žaludek, močový měchýř, oční čočka
3. Malé cévy, rostoucí chrupavka a kost
4. Vypělá kost a chrupavka, dýchací orgány, játra, pankreas, endokrinní žlázy
5. Nejnižší radiosenzitivita - nervová a svalová tkáň

## **Ochrana před vnějším ozářením**

Fyzikální (vzdálenost, čas, stínění).

Biologická.

Chemická.

Kromě rizika **vnějšího ozářením** je také velké riziko **vnitřního ozářením** při vniknutí radioaktivních látek do organismu při dýchání (**inhalací**), trávicím traktem (**ingescí**) nebo i při **poranění**. Proto se ochrana před vnitřní kontaminací pracovníků zajišťuje především tím, že se pracuje v dobře odsávané digestoři. Nezbytné je přísné dodržování všech hygienických norem.

## **Stochastické a deterministické účinky ionizujícího záření**

Škodlivé účinky, proti kterým je ochrana zaměřena, jsou somatické nebo dědičné (oba nazýváme taky **stochastickými**). Účinky záření, které se projeví přímo na jedinci, který byl ozářen, se nazývají somatické. **Vznik nádoru** považujeme za hlavní **somatické riziko** při ozářením jedince nízkými dávkami a proto je to hlavní problém ochrany před zářením. Čím vyšší je dávka záření, tím větší je pravděpodobnost, že u ozářeného jedince dojde ke vzniku nádorového onemocnění, nebo k poškození **genetické výbavy**.

Mezi **deterministické účinky** řadíme např. **akutní nemoc z ozářením**, která je způsobena biologickým účinkem ionizujícího záření na organismus. Vzniká obvykle po jednorázovém velkém zevním ozářením. Je nutno zdůraznit, že dávka záření musí mít určitou velikost, jinak se nestochastické účinky nevyskytnou.

Cílem ochrany před zářením je zabránit vzniku škodlivých deterministických účinků úplně a omezit pravděpodobnost vzniku stochastických účinků na co nejnižší úroveň.

## **Život buňky zasažené radioaktivitou**

Buňka poškození opraví a bude žít dál.

Buňka zahyne na následky rozsáhlých poškození.

Buňka přežije, ale neopraví všechna poškození.

## **Akutní nemoc z ozářením**

Je to komplex patologických změn v organismu vyvolaných účinkem velkých dávek ionizujícího záření. Akutní nemoc z ozářením má typický klinický průběh a probíhá obvykle ve čtyřech fázích:

1. období počátečních příznaků,
2. období bez klinických příznaků,
3. období plného rozvoje nemoci,
4. období rekonvalescence.

## **Přístroje pro osobní a ochrannou dozimetrii**

**Nejstarším principem detekce** ionizujícího záření je **zčernání fotografické emulze**. Tento princip využíváme zejména v osobní dozimetrii a v autoradiografii (např. u kožních aplikátorů, v experimentálních studiích apod.).

**Prstový dozimetr** je založen na **principu termoluminiscence**.

## **Plynové detektory**

Plynové detektory detekují ionizující záření na základě jeho ionizačního účinku. Při normálních hodnotách tlaku a teploty jsou plyny tvořeny elektricky neutrálními molekulami a jejich elektrická vodivost je zanedbatelná. Aby se stal plyn vodivým, musí v něm vzniknout ionty. Jedním z činitelů vyvolávajících ionizaci plynu je radioaktivní záření. Interakcí s molekulami plynu vytrhává elektrony z obalu a ionizuje plyn, ten se pak chová jako vodič. Ty druhy záření, které jsou tvořeny elektricky nabitými částicemi (protony, elektrony,  $\alpha$  částice, ionty), ionizují atomy a molekuly plynu přímo. Částice, které nemají náboj, záření  $\gamma$  i rentgenové záření ionizují nepřímo. Výsledkem jejich interakce s atomy a molekulami plynu je často emise nabitých částic, které pak ionizují další molekuly plynu přímo.

**Ionizační komůrka** - příkladem je **tužkový dozimetr**. Ten se užívá k osobní dozimetrii pracovníků přicházejících do styku s ionizujícím zářením. Detektory tohoto typu se přednostně používají pro měření vzorků o vysoké radioaktivitě.

**Geiger - Müllerova trubice** pracuje na obdobném principu jako ionizační komůrka, ale na elektrody se přivádí takové napětí, které vyvolává lavinovitou ionizaci nárazem. Jediná částice ionizujícího záření vyvolá vznik  $10^6 - 10^8$  iontů, takže mezi katodou a anodou proběhne proud (proudový impuls), který zaregistrujeme pomocí čítače. Aby byla trubice připravena zaregistrovat další částici ionizujícího záření, musíme tento proud co nejrychleji přerušit (zhasit). Časový úsek, v němž detektor není schopen registrovat další záření se nazývá **mrtvou dobou** (mrtvá doba měření je dána vlastně mrtvou dobou elektroniky). Zahrnuje čas potřebný k registraci impulsu počínaje interakcí ionizujícího záření v prostředí až po vytvoření, zesílení a registraci impulsu.

## **Moderační detektory**

Slouží k detekci neutronů a ke stanovení jejich energie; jsou tvořeny látkou, která účinně zpomaluje (moderuje) neutrony; je to zpravidla látka s vysokým obsahem vodíku, např. parafín, polyetylén apod..

## **Scintilační detektor**

Scintilační detektor se principiálně skládá ze scintilátoru a fotonásobiče. Celá scintilační detekční souprava pak navíc obsahuje předzesilovač, zesilovač, amplitudový analyzátor impulsů a příslušné registrační či paměťové zařízení.

**Scintilátor** je **luminiscenční krystal** (nebo jiná vhodná látka), ve kterém dochází k přeměně absorbovaného nekorpuskulárního ionizujícího  $\gamma$  záření nebo rentgenového záření ve fotony viditelného světla (procesem excitace elektronů a jejich následné deexcitace). Scintilační (velice slabé) záblesky jsou pak přeměněny fotonásobičem na elektrické impulsy.

**Fotonásobič** transformuje světelné fotony na tok elektronů. Skládá se z **fotokatody** naléhající přes dobrý světlovodič na scintilátor, dále ze **soustavy elektrod** (dynod) uprostřed a z **anody** na konci odvráceném od scintilátoru.

**Elektrické impulsy** registrované na anodě jsou dále tvarovány v **předzesilovači** tak, aby amplituda elektrického impulsu byla úměrná počtu světelných fotonů dopadajících na fotokatodu a aby tím i počet světelných fotonů byl úměrný energii fotonů ( $\gamma$  nebo rentgenového záření) interagujících s hmotou scintilačního krystalu.

Impulsy jsou poté zesíleny v zesilovači. **Zesilovač** zvyšuje signál přicházející z předzesilovače a propouští ho dále do analyzátoru impulsů ke třídění v závislosti na jeho amplitudě. Jednokanálový **amplitudový analyzátor** používá dvou diskriminátorů, a to horního a dolního. Amplitudy impulsů, které projdou amplitudovým analyzátozem, leží mezi diskriminačními úrovněmi obou diskriminátorů. Rozdíl těchto diskriminačních úrovní se nazývá šířkou kanálu nebo pouze kanálem. Celé amplitudové spektrum získaných impulsů lze zjistit tak, že posunujeme diskriminační úrovně (úzkého kanálu) bod po bodu od 0 (eV, keV) a měříme počty impulsů v jednotlivých energetických úrovních. Měření tímto způsobem prováděné je velice zdlouhavé, neboť pro celé spektrum je nutno měřit asi 50 až 100 bodů, aby byl tvar spektra dobře hodnotitelný. Proto byly sestaveny vícekanálové amplitudové analyzátozy, sestávající z mnoha jednokanálových analyzátozů zapojených paralelně, které měří počty impulsů současně, avšak každý v jiném kanálu. Umožňují tak změřit celé spektrum současně.

**Analyzátoz impulsů** tedy propouští pouze impulsy předem zvolené výše, a ty jsou nakonec registrovány v **koncové jednotce**, již může být buď čítač (počet impulsů zaregistrovaných za předvolený čas), integrátor (udávající průměrovanou průběžnou četnost impulsů/čas) nebo paměťová jednotka.



## 19. Využití ionizujícího záření v medicíně

### Záření $\gamma$

Při radionuklidových vyšetřovacích metodách aplikujeme pacientovi do organismu vhodnou chemickou látku s navázaným radionuklidem (**radiofarmakon**).

Pro komplexnější diagnostiku však potřebujeme změřit (zobrazit) celou distribuci radiofarmaka, včetně lokálních detailů a anomálií. K tomu slouží metoda zvaná **scintigrafie**.

**Z hlediska časového** je základním druhem **scintigrafie statická**.

Pokud sledujeme děj měnící se s časem a zajímá nás jeho dynamika, provádíme **dynamickou scintigrafii** - je to série (statických) snímků vyšetřované oblasti postupně v různých časech.

### Scintigrafie planární

Scintilační kamera (nazývaná často i gamakamerou) je zařízení, které detekuje distribuci fotonů záření  $\gamma$  z celého zorného pole, převádí je na elektrické impulsy a pomocí nich pak na displeji vytváří scintigrafický obraz distribuce radiofarmaka v tomto zorném poli.

### Scintigrafie tomografická.

Jednofotonová emisní počítačová tomografie - SPECT

Pozitronová emisní tomografie - PET

### Rentgenové záření

#### Diagnostické využití rentgenového záření

Pod názvem **přímá** (klasická) **skiaskopie** rozumíme prosvěcování pacienta rentgenovým zářením při současném vizuálním pozorování vzniklého obrazu na fluorescenčním stínítku (štíť). Hlavní nevýhodou je ale daleko větší dávka rentgenového záření absorbovaná pacientem než při skiagrafii. Výhodou skiaskopie je, že umožňuje prostorovou představu při lokalizování patologického ložiska a sledování dynamických dějů.

**Nepřímá skiaskopie** se provádí na přístrojích vybavených zesilovačem obrazu a elektronickým snímáním obrazu.

**Skiagrafie** je rentgenologická metoda, při níž se místo štítu používá rentgenový film.

### Kontrastní látky

Pozitivní

Negativní

### Rentgenová počítačová tomografie

Je významnou diagnostickou metodou. Jedná se o matematickou rekonstrukci obrazu z řady rentgenových snímků získaných postupně z různých úhlů. Velkou výhodou počítačové tomografie je skutečnost, že umožňuje zobrazit a rozlišit málo kontrastní měkké tkáně.

### Radioterapie

Předpokladem radioterapeutického využití ionizujícího záření jsou jeho **letální účinky na buňky orgánů a tkání**, tj. schopnost vyvolat jejich zánik, spolu se skutečností, že citlivost různých buněk ke smrtelnému působení záření se ve velkém rozsahu mění. Obecně platí, jak je uvedeno níže, že buňky jsou vůči záření tím citlivější, čím vyšší je jejich proliferační (mitotická) aktivita a čím nižší je stupeň jejich diferenciací.

### Terapeutické využití rentgenového záření

Na podkladě všech poznatků medicíny byly vyvinuty účinné metody a techniky rentgenové terapie, které jsou nepostradatelné v komplexní léčbě zhoubných nádorů.

Pronikavost použitého rentgenového záření se volí podle lokalizace, cílového objemu nádoru a podle radiosenzitivity samotného nádoru i okolní tkáně. Podle těchto kritérií rozeznáváme **povrchovou, polohloubkovou, konvenční hloubkovou a vysokovoltážní terapii.**

### **Terapie pomocí záření $\gamma$**

V radioterapii se využívají radionuklidy emitující záření gama s vhodnou energií a vhodným fyzikálním poločasem přeměny. Jsou to tzv. **kobaltové a cesiové ozařovače.**

Kobaltové ozařovače označujeme jako ozařovače velké, neboť mají velkou aktivitu zdroje (nejméně  $3,7 \cdot 10^{13} \cdot s^{-1}$ ). Jsou určeny pro hloubkovou radioterapii. Radioaktivní kobalt  $^{60}\text{Co}$  (fyzikální poločas přeměny  $^{60}\text{Co}$  je 5,29 roku) emituje dvě kvanta záření gama o energiích 1,17 a 1,33 MeV, která mají velkou pronikavost.

Radioaktivní cesium  $^{137}\text{Cs}$  emituje kvantum záření gama o energii 0,66 MeV. Jeho fyzikální poločas přeměny je 30,4 roku. Užívá se k ozařování patologických ložisek do hloubky maximálně 5 cm.

**Lars Leksell** hledal možnosti, jak odstranit intrakraniální lézi zcela atraumaticky (bez otevření lebky) pomocí ionizujícího záření. V roce 1951 definoval princip tzv. **radiochirurgie.** Princip je ve své podstatě velice jednoduchý. Dostatečný počet zdrojů vhodného ionizujícího záření je umístěn tak, že svazky paprsků z těchto zdrojů se protínají v společném ohnisku. V případě gama nože je to 201 zdrojů záření gama izotopu kobaltu  $^{60}\text{Co}$ .

### **Léčba částicemi**

V současné době se intenzivně rozvíjí léčba těžkými částicemi - hadrony. Jsou to částice, které navzájem působí prostřednictvím silné jaderné interakce. Mezi hadrony užívané v radioterapii patří protony, neutrony a ionty.

Nové urychlovače umožňují dosáhnout obrovské energie protonům (až GeV), aby protony pronikly do libovolného místa lidského těla. Pohyblivý systém vývodu protonu tvoří gantry o průměru i 11 m, jež rotuje kolem pacienta a vysílá tak svazek z libovolného místa a také počítačem řízené pohyblivé lůžko, pohybující se v soustavě x,y,z. Svazek protonů lze upravit jak stranově tak i hloubkově.

### **Ozařovací plán**

#### **Ozařovací plán lze rozdělit do tří etap:**

1. etapa - lokalizace nádoru. Stanovuje se hlavně na podkladě některých zobrazovacích metod. Nejvýznamnější metodou k určení lokalizace zhoubného nádoru je výpočetní tomografie (CT) a nukleární magnetická rezonance (NMR).
2. etapa - na podkladě všech získaných informací se zvolí vhodný zdroj rentgenového záření a způsob aplikace.
3. etapa - zakreslení ozařovacího pole na nemocném.

## 20. Laser a jeho uplatnění ve zdravotnictví

### Lasery, fyzikální podstata

Lasery jsou moderní zdroje **koherentního** (všechny vlny mají stejnou frekvenci a fázi, jsou tzv. **uspořádané**), **monochromatického** (s „jednou“, přesně definovanou vlnovou délkou, resp. Velmi úzkým rozsahem vlnových délek, tzv. **jednobarevné**), **polarizovaného** (vektor intenzity  $E$  elektrického pole je vždy kolmý na směr, kterým se vlnění šíří a **kmitá stále v jednom směru**) elektromagnetického vlnění, které má malou **divergenci (rozbíhavost)**.

**Obecný princip** laserů je stejný: každý laser obsahuje **aktivní prostředí** (kterým může být pevná látka, kapalina nebo plyn), **optický rezonátor**, který je tvořen obvykle zrcadly, mřížkami, světlovodem a **zdroj čerpací energie** (proud elektronů, výbojky, jiné lasery, chemická reakce). Základem laserového přístroje je laserová hlava, kde je v optickém rezonátoru umístěno aktivní prostředí, ve kterém vzniká stimulovaná emise záření, budící (čerpací) zařízení a řídicí jednotka.

Lasery můžeme rozdělit podle různých hledisek:

- podle principu činnosti a aktivního prostředí na lasery sestavené na bázi plynné, kapalné i pevné fáze i na bázi polovodičů,
- podle vlnové délky vyzářovaného elektromagnetického vlnění na infračervené, ultrafialové lasery a lasery pracující ve viditelné oblasti elektromagnetického vlnění,
- podle možnosti měnit vlnovou délku emitovaného záření na lasery s pevnou vlnovou délkou a lasery, s proměnnou vlnovou délkou,
- podle časového průběhu stimulované emise na pulsní lasery, s modulovaným výkonem a lasery kontinuální, kde je intenzita světla v čase konstantní (obr. 47).

### Lasery v medicíně

Laser pronikal a proniká postupně do mnoha odvětví: oftalmologie, dermatologie, plastické chirurgie, neurochirurgie, otolaryngologie, urologie, gynekologie a dalších. Zájem lékařů o tento nový druh světelného záření je pochopitelný a plyne z unikátních vlastností laserového záření, které umožňují oproti původním zdrojům světla lepší přesnost zásahu a větší účinek daný mnohonásobným výkonem laserového světla.

Kromě terapeutického využití má v medicíně laser uplatnění i v diagnostice. Používá se hlavně k intenzivnímu osvětlení vnitřních orgánů. Monochromatické světlo se s úspěchem přenáší pomocí ohebných světlovodů, které se zavádějí přirozenými otvory do hloubky lidského organismu. Jedním z nejdůležitějších diagnostických uplatnění laseru je jeho použití při objeovávání rakoviny plic v počátečním stadiu.

## 21. Nukleární magnetická rezonance

### Princip MR

Mezi technicky nejsložitější vyšetřovací metody patří magnetická rezonance (MR). Princip MR je založen na interakci jader atomů, vložených do silného magnetického pole, s přidavným vysokofrekvenčním magnetickým polem a následném počítačovém vyhodnocení chování biologických tkání v tomto poli.

Atomové jádro se skládá z nukleonů (protonů a neutronů). Protony neustále rotují kolem své vlastní osy a tento pohyb je označován jako spin. Každá pohybující se nabitá částice vytváří ve svém okolí magnetické pole (protony si lze tedy představit jako miniaturní magnety) a vykazuje magnetický moment. Atomová jádra se sudým nukleonovým číslem se nechovají ke svému okolí magneticky, protože se jejich magnetické momenty navzájem ruší a nelze je využít pro MR zobrazování. Atomová jádra s lichým nukleonovým číslem si svůj magnetický moment zachovávají.

Vložíme-li však tkáň do silného magnetického pole, uspořádají se rotační osy protonů rovnoběžně se siločárami vnějšího magnetického pole. Větší počet z nich je v poloze, kdy jejich magnetický moment je orientován souhlasně (paralelně) s vektorem vnějšího magnetického pole a menší počet protonů je orientován opačně (antiparalelně o  $180^\circ$ ). Antiparalelní uspořádání protonů je energeticky náročnější, a proto je v této poloze méně než polovina protonů. Tato „nerovnováha“ způsobí, že tkáň vykazuje celkový magnetický moment a navenek se chová magneticky. Tato vlastnost je základním principem MR.

Různé tkáně mají jinou biochemickou strukturu, tedy různé zastoupení protonů a navenek se proto projevují různě velikými magnetickými momenty a dávají tak informaci o svém složení. Abychom mohli detekovat poměrně malé změny vektoru tkáňové magnetizace  $M$  (vektor tkáňové magnetizace je orientován podélně s průběhem siločar vnějšího silného magnetu a jeho měření není možné), je potřeba tento vektor "sklopit" do roviny XY (kolmé k rovině Z základního pole). Do tkáně se aplikuje vysokofrekvenční magnetický impulz o frekvenci shodné s frekvencí precesního pohybu protonů – **Larmorovou frekvencí** a dochází k magnetické rezonanci. Po sklopení vektoru magnetizace vysokofrekvenčním pulsem do roviny XY je vykonáván precesní pohyb vektoru magnetizace  $M$  po trajektorii opisující plášť kužele) zpět do výchozí pozice shodné se směrem statického magnetického pole. Po skončení elektromagnetického impulzu se celý systém postupně vrací ze svého vzbuzeného stavu do stavu základního. Doba od excitace až po návrat do výchozího stavu se nazývá relaxace, tento čas je opět specifický pro jádra určité látky.

## OTÁZKY

- Proč k oddělení menších anebo lehčích látek potřebujeme v odstředivce větší zrychlení než k oddělení látek větších anebo těžších ?
- Ženy mají menší počet červených krvinek než muži. Uvažujte, proč je u žen sedimentace rychlejší než u mužů ?
- Proč jemné suspenze sedimentují velmi pomalu ?
- Jakou silou tlačí kosmonaut, který má hmotnost 70 kg, na povrch Měsíce, je-li gravitační zrychlení na Měsíci 6krát menší než na Zemi ?
- Proč je kosmonaut při startu v kosmické lodi umístěn pololeže polosedě ?
- Uvažujte, co by se stalo, kdyby se na Zemi gravitační zrychlení rovnalo nule ?
- Proč před důležitými závody jezdí sportovci na soustředění do vysokohorského prostředí ?
- Který orgán velice rychle reaguje na nedostatek kyslíku ?
- Proč se pomocí dýchací trubice nemůžeme ponořit do velkých hloubek ?
- V nadmořské výšce 0 m (hladina moře) je atmosférický tlak suchého vzduchu 101,3 kPa. Tlak kyslíku činí asi 21,17 kPa. V nadmořské výšce 4 000 m je atmosférický tlak asi 66,5 kPa. Vypočtete tlak kyslíku při stejném složení vzduchu jako na hladině moře. Předpokládejte, že atmosférický tlak klesá s rostoucí nadmořskou výškou lineárně.
- Dýchání má dvě fáze - vdech a výdech. Která z těchto fází je aktivním procesem a která pasivním ?
- Uvažujte, proč je pravá plíce větší než levá ?
- Jaké fyzikální zákony se uplatňují při dýchání ?
- Kolik krve přečerpá srdce za jednu minutu, je-li frekvence 70 tepů za minutu a při jedné systole se vypudí do oběhu z levé komory asi 70 ml krve (tzv. ejekční frakce) ?
- Proč je rychlost proudění krve ve vlasečnici menší než v aortě, ačkoli je její průměr mnohem menší než průměr aorty ?
- Proč u některých onemocnění, např. stenózy aorty, může dojít k turbulentnímu proudění krve ?
- Jak se liší turbulentní proudění krve od proudění laminárního ?
- Které zákony mechaniky se uplatňují při činnosti srdce i při proudění krve v cévách ?
- Uvažujte, proč se schoulíme do "klubíčka", když si lehne pod studenou přikrývku?
- Které orgány a tkáně předávají okolí nejvíc tepla v klidu a při fyzické námaze ?

- Uveďte mechanismy, které vedou ke zvýšené tvorbě a sníženému výdeji tepla v lidském organismu ?
- Jaký je význam pocení ?
- Popište čtyři mechanismy tepelné výměny mezi organismem a okolím.
- Proč je bazální metabolismus nejnižší ve spánku ?
- Proč sportovci v některých sportech (např. cyklisti, běžci na maratónské trati apod.) v průběhu závodu požívají potraviny ? Uvažujte, jaký druh živin je pro ně v průběhu závodu nejvhodnější .
- Které nádoby používané v domácnosti připomíná princip autoklávu ?
- Proč při destilaci neodstraníme látky, které mají stejnou teplotu varu jako destilovaná složka kapaliny ?
- Vysvětlete význam inkubátoru pro předčasně narozené děti.
- Jmenujte dva klouby, které mají tři stupně volnosti.
- Uvažujte, jak může u lyžařů dojít ke vzniku zlomenin torzí.
- Vysvětlete anatomickou stavbu dlouhých kostí ve vztahu k různým typům deformace.
- Proč je pro nás život v horkém a vlhkém prostředí velice nepříjemný ?
- Jaký je rozdíl mezi úpalem a úžehem ?
- Vysvětlete, proč hlavně v horkých provozech je nutné dbát na plynulé doplňování chloridu sodného ?
- V článku o kryochirurgii jsou některé hodnoty uvedené v jednotkách termodynamické teploty. Jaké jsou tyto hodnoty v Celsiových stupních ?
- Proč při pobytu na horách je nebezpečné usnout venku v mrazu ?
- Proč při drobných zraněních některých sportovců (např. fotbalistů) aplikuje lékař nebo masér na postižené místo etylchlorid ?
- Proč se zvuk při poklepu nad plícemi liší od pokleповého zvuku nad dutinou břišní ?
- Jaké orgány sledujeme pomocí fonendoskopu ?
- Na kterých klinikách se v diagnostice používá ultrazvuk ?
- Při kterých vyšetřeních je možné se setkat s ultrazvukem v gynekologii a porodnictví ?
- Kterých vlastností ultrazvuku se využívá v diagnostické praxi ?
- Jaké terapeutické účinky má ultrazvuk ?
- Proč se zvuk na rozdíl od světla nemůže šířit ve vakuu ?
- V kterém prostředí (plyn, kapalina, pevná látka) se šíří zvuk nejrychleji ?

- Jakými prostředím prochází zvuk ve vnějším uchu, ve středním uchu a ve vnitřním uchu ?
- Vysvětlete, proč jsou koncertní sítě, sály a kina často rozděleny sloupy na menší celky ? Jaký význam má štukatura nebo látky na stěnách těchto místností ?
- Může být elektricky neutrální atom nositelem elektrického proudu ?
- Jaké částice jsou nosiči elektrického proudu v kovových vodičích a v elektrolytech ?
- Jak působí stejnosměrný proud na organismus ?
- Jaké účinky na organismus má nízkofrekvenční střídavý proud ?
- Jaké účinky na organismus má vysokofrekvenční střídavý proud ?
- Jakou barvou není nikdy označen plášť fázových vodičů ?
- Které orgány jsou nejvíce postiženy při úrazech elektrickým proudem ?
- Jaké elektricky nabitě částice jsou nosiči elektrického proudu ve vodičích 1. třídy a ve vodičích 2. třídy ?
- Které z účinků elektrického proudu se nejvíce uplatňují při průchodu stejnosměrného proudu tkání ?
- Jakým způsobem prochází stejnosměrný elektrický proud organismem ?
- Proč má vlhká kůže menší odpor (lepší vodivost) než kůže suchá ?
- V léčbě jakých onemocnění našla své uplatnění galvanizace ?
- Co je izoelektrický bod ?
- Proč se mohou v elektrickém poli stejnosměrného napětí pohybovat molekuly bílkovin (při elektroforéze) ?
- Které z uvedených účinků elektrických proudů (dráždivé, elektrolytické, tepelné) jsou charakteristické pro nízkofrekvenční střídavé proudy ?
- Která složka impedance buněčné membrány je frekvenčně závislá a která nezávisí na frekvenci ?
- Popište základní elektrostimulační metody.
- Kde se uplatňuje defibrilátor ?
- V kterých případech používáme kardiostimulátory dočasné a kdy kardiostimulátory trvalé ?
- V jaké oblasti medicíny se uplatňuje elektrošok a v čem spočívá jeho význam ?
- Vysvětlete pojem polarizace dielektrika.
- Vysvětlete pojem chronaxie a reobáze.

- Které z uvedených účinků elektrického proudu (dráždivé, elektrolytické, tepelné) jsou charakteristické pro vysokofrekvenční střídavé proudy ?
- Čím se liší vysokofrekvenční terapie (diatermie) od jiných forem termoterapie?
- Jakým způsobem vzniká teplo v organismu při použití vysokofrekvenčního střídavého proudu ?
- Která onemocnění léčíme pomocí diatermie ?
- Jaké jsou výhody použití vysokofrekvenčního elektrického proudu v chirurgii ?
- Které tkáně lidského organismu jsou charakteristické svými aktivními elektrickými vlastnostmi ?
- Z jakých částí se skládá libovolná registrační souprava pro měření aktivních elektrických vlastností vzrušivých tkání ?
- Jak vznikají činnostní potenciály v srdečním svalu ?
- Jaká onemocnění mohou ovlivnit záznam elektroencefalogramu ?
- Co znamená vlna P, komplex QRS a vlna T na záznamu EKG ?
- Jakými způsoby se může plyn stát vodičem elektrického proudu ?
- Ve kterém úseku voltampérové charakteristiky pracuje ionizační komůrka ?
- V jakém úseku voltampérové charakteristiky pracuje Geigerova - Mullerova trubice ?
- Kde se můžeme setkat se zařízeními pracujícími na principu výboje v plynech ?
- Charakterizujte pojem elektroklíma.
- Ve které oblasti medicíny má monitorování nezastupitelné místo ?
- Jaké funkce organismu se pomocí monitorování sledují nejčastěji ?
- Jakou informaci podává lékař a zdravotní sestře výstražný signál při monitorování některých funkcí organismu ?
- Jaký je význam dvou párů vychylovacích destiček, které se nacházejí v obrazovce osciloskopu ?
- Které zdroje jsou pro člověka nebezpečnější - zdroje s velkým vnitřním odporem, nebo zdroje s malým vnitřním odporem ?
- Jaká je hodnota bezpečného elektrického proudu, který může bez závažnějšího ohrožení zdraví procházet tělem u stejnosměrných proudů a střídavých proudů?
- Jaké jsou nejčastější příčiny úmrtí při úrazech proudem větším než 1 A ?
- Jaké jsou základní zdravotní postupy při záchraně postiženého úrazem elektrickým proudem ?
- Jaký rozsah vlnových délek má ultrafialové záření ?



- Na jaké oblasti dělíme infračervené záření ?
- Proč se v létě nemůžeme opálit, když na nás svítí slunce přes skleněné okno ?
- Jaké jsou účinky ultrafialového záření na organismus člověka ?
- Jaké jsou účinky infračerveného záření na organismus člověka ?
- Jaké jsou základní části fotografického přístroje ?
- Jak se zaostřují předměty blízké a vzdálené ?
- Proč používáme ustalovač ?
- Jaký je význam endoskopů ?
- Jaký jev nastane, když dopadá světlo na rozhraní pod úhlem větším než mezní úhel ?
- Popište, k jakým jevům dochází při průchodu světla látkou.
- Na čem závisí absorpce světla v roztoku ?
- Co jsou komparátory?
- V jaké vzdálenosti od oka leží bod blízký a bod daleký ?
- Jak se v těchto bodech mění zakřivení oční čočky ?
- Co je presbyopie a jak se tato vada oka koriguje ?
- Jaké jsou příčiny krátkozrakosti a jak se tato vada oka koriguje ?
- Kde vzniká obraz při dalekozrakosti a jak se tato vada oka koriguje ?
- Která část oka je odpovědná za vznik astigmatismu, jak tuto vadu oka korigujeme ?
- Které buňky na sítnici oka odpovídají za barevné vidění ?
- Vysvětlete pojmy monochromaticnost, koherentnost, divergence.
- Jaké jsou základní vlastnosti laserového záření ?
- V kterých oborech medicíny našel laser uplatnění ?
- Proč může být laserové záření nebezpečné pro oči ?
- Viditelné světlo i rentgenové záření patří mezi druhy elektromagnetického vlnění. Jaké jsou mezi nimi rozdíly ?
- Proč jsou elektrody v rentgence zhotoveny z kovu o vysokém atomovém čísle a vysokém bodu tání ?
- Čím je dána tvrdost rentgenového záření ?
- Jaké jsou výhody a nevýhody skiaskopie a skiagrafie ?
- Jaký je význam kontrastních látek užívaných v rentgenologii ?
- Jaká onemocnění lze léčit pomocí rentgenového záření ?
- Charakterizujte přímý a nepřímý účinek záření.

- Které orgány jsou velice citlivé vůči záření ?
- Které orgány mají malou citlivost vůči záření ?
- Která struktura buňky je rozhodujícím terčem ionizujícího záření ?
- Jaká je ochrana před zářením alfa ?
- Jaká je ochrana před zářením beta ?
- Jaká je ochrana před zářením gama ?
- Definujte fyzikální, biologickou a chemickou ochranu před zářením.
- Jaká je ochrana pacienta a lékaře při práci s rentgenovým zářením ?
- Definujte pojem stochastické a nestochastické účinky ionizujícího záření.
- Jaká je ochrana před vnitřní kontaminací ?
- Jaké jsou hlavní klinické projevy první fáze akutní nemoci z ozáření ?
- Charakterizujte latentní období akutní nemoci z ozáření.
- Charakterizujte období plného rozvoje nemoci z ozáření.
- Jaká je prognóza lidí, kteří překonali akutní nemoc z ozáření ?