

## Fyzikální faktory poškozující zdraví

a ochrana proti nim

Doc. MUDr. Jan Šimůnek, CSc.

Ústav veřejného zdraví

1. listopadu 2023

Doc. MUDr. Jan Šimůnek, CSc. • Fyzikální faktory poškozující zdraví • 1. listopadu 2023

1 / 1

### Co je to hluk

#### Fyzikální definice

Chvění vzduchu, případně jiného média, které se může přenést na sluchový aparát člověka = **zvuk**

#### Vznik

Chvěním pevných těles + přenosem na další média

#### Oprava na subjektivitu

**Hluk** je zvuk, který je vnímán negativně; poškozuje zdraví (to druhé nemusí 100% platit)

Doc. MUDr. Jan Šimůnek, CSc. • Fyzikální faktory poškozující zdraví • 1. listopadu 2023

3 / 1

### Fyzikální charakteristika



Doc. MUDr. Jan Šimůnek, CSc. • Fyzikální faktory poškozující zdraví • 1. listopadu 2023

5 / 1

### Příklady intenzity

kapající voda 10 dB

lidský hlas 40 – 50 dB

limit pracovní prostředí 85 dB

školní tělocvična 90 – 100 dB

techno hudba 110 dB

letecké motory 130 dB

práh bolesti 150 dB

Doc. MUDr. Jan Šimůnek, CSc. • Fyzikální faktory poškozující zdraví • 1. listopadu 2023

7 / 1

## Faktory poškozující zdraví

### Přehled

- Fyzikální
  - Hluk (a vibrace)
  - Záření
  - Další
- Chemické
  - Z hlediska individua
  - Z hlediska prostředí a jeho vlivů na zdraví
- Biologické
- Psychosociální

Doc. MUDr. Jan Šimůnek, CSc. • Fyzikální faktory poškozující zdraví • 1. listopadu 2023

2 / 1

### Vlnění

#### Vlnění

Jako vlnění je charakterizován **vlnovou délkou** nebo **frekvencí** (při známé rychlosti jsou vzájemně přepočítatelné) a **intenzitou**, což je při grafickém znázornění výška vlny.

#### Vztah k lidskému organismu

Člověk **vnímá** 16 Hz – 20 kHz (omezení věkem apod.)  
Lidský hlas je v rozsahu 2 – 5 kHz

Ale i zvuk mimo uvedené rozmezí může poškodit zdraví

Doc. MUDr. Jan Šimůnek, CSc. • Fyzikální faktory poškozující zdraví • 1. listopadu 2023

4 / 1

### Měření intenzity

- Primárně se jedná o **tlak** zvukových vln na předměty
- Měří se v decibelech, existují i další (ne běžné) jednotky, které zohledňují různou citlivost ucha pro různé vlnové délky
- Lze měřit **aktuální hladinu** hluku (hlukoměr) a lze měřit **vážený průměr** (hlukoměr + hlukový dozimetr), na ten jsou stavěny normy

Doc. MUDr. Jan Šimůnek, CSc. • Fyzikální faktory poškozující zdraví • 1. listopadu 2023

6 / 1

### Typy podle trvání

- ustálený
- proměnlivý
- pulsní

#### Proč rozlišujeme

Ochrana vnitřního ucha reflexním napětím musculus stapedius, musculus tensor tympani

**funguje** hluk ustálený, ne příliš rychle proměnlivý

**selhává** hluk pulsní, proměnlivý s prudkými skoky

Důsledek selhání: Vysoké energie se dostanou do vnitřního ucha ⇒ poškození smyslových buněk

Doc. MUDr. Jan Šimůnek, CSc. • Fyzikální faktory poškozující zdraví • 1. listopadu 2023

8 / 1

## Účinky

### Fyziologické

- pozadí (bylo prokázáno, že 0 vede ke stresu)
- informační, komunikační

### Škodlivé

- Obtěžování, rušení (mírnější intenzity, více závisí na charakteru činnosti), narušování komunikace
- Poškození zprostředkované sluchovým ústrojím – různá psychosomatická a neurotická poškození.
- Poškození sluchového ústrojí (akutní – akutrauma, poškození středního ucha + bubínku; chronické – poškození smyslových buněk)
- Poškození jiných tkání (u velmi vysokých intenzit)

Doc. MUDr. Jan Šimůnek, CSc. • Fyzikální faktory poškozující zdraví • 1. listopadu 2023

9 / 1

## Celkové účinky na nervovou soustavu

### Může vyvolat

psychický stres (obecně)  
neurotické projevy zejména poruchy spánku, pocit napětí, poruchy soustředění  
neúrozy pestrá psychická a somatická symptomatologie

### Může zhoršit, vyvolat krizi

psychózy obecně zhoršuje průběh  
epilepsie může vyvolat akutní záchvat

Doc. MUDr. Jan Šimůnek, CSc. • Fyzikální faktory poškozující zdraví • 1. listopadu 2023

11 / 1

## Vztah k psychosomatickým chorobám

### Kardiovaskulární nemoci

Především zhoršuje hypertenzi a ischemickou chorobu srdeční, přeneseně i další.

### Nemoci GIT

Především příspěvek k rozvoji vředové choroby žaludku a dvanáctníku, ale i dalším chronickým onemocněním této soustavy.

### Diabetes mellitus

Zhoršuje průběh obou hlavních typů cukrovky „hýbe“ s potřebou inzulínu, a to oběma směry.

### Psoriáza

Zhoršuje průběh lupénky i dalších systémových onemocnění.

### Zhoršuje průběh všech závažných chronických chorob.

Doc. MUDr. Jan Šimůnek, CSc. • Fyzikální faktory poškozující zdraví • 1. listopadu 2023

13 / 1

## Hygienické limity

### Pracovní prostředí

#### Základní hodnota

75 dB

#### Korekce podle délky expozice

až + 20 dB

#### Korekce podle psychické náročnosti práce

-40 až + 10 dB

#### Korekce podle ochranných pomůcek

- Kolik pomůcka hluku ubere, o tolik lze korigovat k vyšším hodnotám
- Účinky pomůcek se částečně sčítají
- Při vysokých hodnotách je nutno chránit nejen zvukovod, ale i kožní tkáň nebo celou tělku

Doc. MUDr. Jan Šimůnek, CSc. • Fyzikální faktory poškozující zdraví • 1. listopadu 2023

15 / 1

## Poškození sluchu

- Na hraně poškození, v některých případech může vadit: Vlna o vyšší intenzitě zabrání vnímání následujících o nižší intenzitě (úroveň zlomků sekund)
  - Může zakrýt výstražné akustické signály
  - Využití – ztrátové zvukové formáty typu mp3
- Ohlušení – posun zvukového prahu na desítky minut až hodin
- Akutrauma – překročila se fyzická odolnost ucha, především středního
- Chronické nevratné poškození sluchu – dlouhodobé působení vysokých intenzit (měsíce až léta, velmi vysoké interindividuální rozdíly): Cílovou tkání je smyslový epitel ve vnitřním uchu

Doc. MUDr. Jan Šimůnek, CSc. • Fyzikální faktory poškozující zdraví • 1. listopadu 2023

10 / 1

## Vztah k úrazům

### Úrazy

Sluchového ústrojí – přímo vyvolává  
Ostatní – zvyšuje riziko úrazu různými mechanismy, od snižování schopnosti soustředění až po maskování výstražných signálů a blokování schopnosti je postřehnout (ztráty sluchu).

Doc. MUDr. Jan Šimůnek, CSc. • Fyzikální faktory poškozující zdraví • 1. listopadu 2023

12 / 1

## Vliv na vývoj plodu

### Poškození plodu

- Rodí se s nižší porodní hmotností (rizika)
- Může dojít k předčasnému porodu (rizika)
- Může mít už z prenatálního období poškozený sluch, především vnitřní ucho

Doc. MUDr. Jan Šimůnek, CSc. • Fyzikální faktory poškozující zdraví • 1. listopadu 2023

14 / 1

## Hygienické limity

### Životní prostředí

#### Podle charakteru prostředí

Základní limity jsou stanoveny podle charakteru zástavby – prostředí (např. obytná zóna, průmyslová a nákupní zóna, rekreační oblast apod.)

#### Korekce podle denní doby

V noci je prováděna korekce směrem k nižším hodnotám.

#### Zdroj problémů a kontraverzí

Hudba, zejména v nočních hodinách.

Doc. MUDr. Jan Šimůnek, CSc. • Fyzikální faktory poškozující zdraví • 1. listopadu 2023

16 / 1

## Protihluková opatření 1

### Technická

- Snižit produkci hluku ve zdroji, tento odstranit, přesunout
- Snižit vedení hluku od zdroje do prostředí

### Organizační

(především průmyslová sféra)

- zkrátit expozici hluku
- zabránit zbytečným expozicím

Doc. MUDr. Jan Šimůnek, CSc. • Fyzikální faktory poškozující zdraví • 1. listopadu 2023

17 / 1

## Vibrace

Podobná problematika jako hluk. Poškození se však týká kloubů a pohybového aparátu. Navíc může vzniknout vasoneuróza (vegetativní nervstvo reaguje na vibrace vyvoláním stahu cév). Nemoc lze vyléčit ve smyslu vymizení příznaků, ale je nevratná v tom smyslu, že po vystavení vibracím se rychle vrací, daleko rychleji než nastává u zdravého.

Je tedy nutné pracovníka po návratu z léčby přesunout na místo, kde nebude vibracím vystaven.

Prevence – ochrana pomůckami, zejména rukou speciálními rukavicemi.

Doc. MUDr. Jan Šimůnek, CSc. • Fyzikální faktory poškozující zdraví • 1. listopadu 2023

19 / 1

## Co sem spadá

### Faktory mikroklimatu:

**teplota ovzduší** měřena opravdu teplota vzduchu, ochrana teploměru před sálavým teplem

**přítomnost tepelného sálání** měří se *výsledná teplota*, která je součtem sálavého tepla a teploty vzduchu

**vlhkost vzduchu** relativní = kolik vody je schopen vzduch ještě pobrat

**proudění vzduchu** ovlivňuje jak odpařování, tak výměnu tepla mezi tělem a vzduchem

Doc. MUDr. Jan Šimůnek, CSc. • Fyzikální faktory poškozující zdraví • 1. listopadu 2023

21 / 1

## Důsledky mikroklimatu

### Mikroklima a aktivita + oděv ovlivňují umístění na škále:

- Fatální nedostatek tepla, vedoucí k vychladnutí organismu pod fyziologický limit a smrti chladem (lze přežít dočasný pobyt)
- Diskomfort z nedostatku tepla, dlouhodobě snesitelný
- Tepelný komfort
- Diskomfort z nadbytku tepla, dlouhodobě snesitelný
- Fatální nadbytek tepla, vedoucí k přehřátí organismu nad fyziologický limit a smrti na přehřátí (opět lze přežít dočasný pobyt)

Doc. MUDr. Jan Šimůnek, CSc. • Fyzikální faktory poškozující zdraví • 1. listopadu 2023

23 / 1

## Protihluková opatření 2

### Individuální

**chrániče zvukovodu** vata, speciální vaty, speciální zátky

**chrániče ucha** různé typy mušlových chráničů, podobnou ochranu zčásti poskytnou i mušlová sluchátka

**ochrana hlavy** protihlukové přílby

### Gravidita

Riziko hluku je neslučitelné s přítomností gravidních pracovníků (přefazení jinam, předčasný odchod na *rodičovskou dovolenou*).

Doc. MUDr. Jan Šimůnek, CSc. • Fyzikální faktory poškozující zdraví • 1. listopadu 2023

18 / 1

## Mikroklima

### Definice

Mikroklima představuje soubor fyzikálních faktorů prostředí, které ovlivňují výměnu tepla mezi organismem a prostředím.

Doc. MUDr. Jan Šimůnek, CSc. • Fyzikální faktory poškozující zdraví • 1. listopadu 2023

20 / 1

## Ovlivnění ze strany člověka

### Produkce tepla organismem

Teplu produkuje všechny metabolicky aktivní tkáně, v klidu nejvíc játra, při pracovní – pohybové aktivitě kosterní svaly.

Metabolismus:

bazální × klidový × při zátěži

### Přenos tepla v organismu

Děje se především *krevním oběhem*, přičemž se transportuje nejen teplo, ale i voda nutná k ochlazování pocením

### Oděv

Výměnu tepla mezi organismem a okolím ovlivňuje *Termický odpor oděvu*, závislý nejen na kvalitě oděvu ale i počtu mezivrstev.

Doc. MUDr. Jan Šimůnek, CSc. • Fyzikální faktory poškozující zdraví • 1. listopadu 2023

22 / 1

## Kdy jsou důsledky neoptimální teploty fatální:

### Limity tělesné teploty

- Neudrží-li organismus teplotu **nad** cca 21 – 22 °C, dojde k zástavě srdce
- Neudrží-li organismus teplotu **pod** cca 42 – 43 °C, dojde k denaturaci nejcitlivějších bílkovin

### Aktivita

Je nutno zdůraznit, že i produkce tepla má zásadní vliv: Kdo v mrazu usne, umrzne; už *stav „při vědomí“* vede ke zvýšení metabolismu → zvýšené produkci tepla, tedy přežití i za teploty, kdy by usnutí bylo fatální; *zvýšená aktivita* = tolerance ještě nižší teploty.

Doc. MUDr. Jan Šimůnek, CSc. • Fyzikální faktory poškozující zdraví • 1. listopadu 2023

24 / 1

## Hodnocení únosnosti zátěže

### Přímo

Měříme teplotu a extrapolujeme křivku. Pokud má tendenci se ustálit uvnitř rozumného rozmezí (výše uvedené limity jsou vitální), je zátěž *dlouhodobě únosná*, pokud ne, vyčteme z křivky dobu, po níž je zátěž *krátkodobě únosná*.

### Nepřímo

Přehřívání lze odhadovat prostřednictvím tepové frekvence, která v sobě integruje jednak tepelnou zátěž, jednak fyzickou zátěž spojenou s konkrétní prací.

Opět rozlišujeme krátkodobě a dlouhodobě únosnou zátěž z horka (zda se tepová frekvence ustálí pod fyziologickou hranicí, nebo má tendenci pokračovat přes ni).

## Výměna tepla 2

### mezi organismem a okolím

#### Organismus se ochlazuje

**chladným vzduchem** přímo ochlazuje povrch těla

**sáláním** z povrchu těla do chladného okolí  
Obojí ovlivňuje oděv

**evaporací** odpařováním vody na povrchu těla – nejprve neviditelné, posléze viditelné pocení  
Ovlivňuje relativní vlhkost vzduchu a proudění vzduchu (tím i oděv)

**dýcháním a exkrementy** nejsme schopni ovlivnit tak, aby to napomohlo termoregulaci, jen počítáme do tepelné bilance

**studené jídlo a nápoje** ochladí, mohou ale mít nepříznivé dopady na GIT

## Řízení termoregulace

### Centrum

Nachází se v hypothalamu. V přední části je čidlo, reagující na teplotu krve, v zadní je nervové centrum se zapojením do vegetativního / hormonálního / nervového řízení odpovědi na přehřátí nebo podchlazení.

### Umístění čidla

V malé vzdálenosti od klenby nosohltanu, proto může být ovlivněno studenými nebo horkými nápoji a pokrmy, které zde místně působí. V některých případech pozitivní, v jiných negativní jev.

### Důsledek:

Teplota v ústech (případně zvukovodu), pokud se vyloučí vliv potravy a nápojů je nejvalidnější vůči teplotě tělesného jádra.

## Vedlejší účinek pocení

### Souvislost potních žláz s dalšími

Protože mléčné žlázy jsou přeměněné žlázy potní, všechny podněty vyvolávající pocení zvyšují aktivitu mléčných žláz (využití pro „rozkojení“), naopak regulační mechanismy ovlivňující ejekci mléka mají vedlejší účinek na potní žlázy.

## Výměna tepla 1

### mezi organismem a okolím

#### Organismus se ohřívá

**horkým vzduchem** který přímo ohřívá povrch těla (dtto horké předměty – i ohřátý oděv, horká kapalina)

**infrazářením** z velmi horkých předmětů v okolí

**mikrovlnami, proudy** jen za zvláštních okolností (např. léčebné – lázeňské procedury)

**horké jídlo a nápoje** mohou mírně ovlivnit, limitující je odolnost sliznic GIT, mohou poškodit GIT

## Vliv oděvu

### Pojem: Termický odpor oděvu

Představuje odpor proti prostupu tepelné energie skrze oděv, a to oběma směry. Tj. chrání nejen před chladem, ale i před extrémními teplotami (kde ovšem hrozí přehřátí vlastním metabolickým teplem). Za normálních okolností se na t. odporu podílejí jednotlivé vrstvy i jednotlivé mezery mezi nimi. Některé typy oděvů mají více vrstev, další mají vrstvy s vlastnostmi mezivrstvy (dutá vlákna apod.). Proti přehřívání se uplatňuje i odrazová zevní vrstva (Al folie apod.), případně vrstvy blokující IR záření.

## Mechanismus ochlazování

### Periferní vasodilatace

Roztáhnou se cévy v končetinách a na povrchu těla.

Dojde:

- přenosu tepla z tělesného jádra na povrch těla (odvod kontaktem se vzduchem a sáláním)
- umožnění pocení

### Pocení

Voda, která je součástí potu, se odpařuje a skupenské teplo je odebráno povrchu těla (proto jeho zářhev vasodilatací) a bezprostředního okolí. Nefunguje při vysoké relativní vlhkosti (sauna, tropy). Vodu a minerály do potu je nutno dodávat nápoji a potravou.

## Regulace mimo rozmezí

### V případě velkého přehřívání

Před totálním kolapsem z horka se objevuje paradoxní reakce, která se projeví periferní vasokonstrikcí. Jedná se o projev nastupujícího šoku, který se dále může prohlubovat až k úmrtí. Tedy je nutné postiženého *za každou cenu* dostat do chladnějšího prostředí.

*Smrt* může nastat jednak z hypertermie, jednak z oběhového kolapsu (šok).

## Důsledky aktivního ochlazování

### Pro organismus:

Ochlazování organismu představuje značnou zátěž pro kardiovaskulární systém

- přepumpování značného množství vody po těle
- kompenzace snížení periferního odporu zvýšením srdeční práce
- při dlouhodobém stavu mají problémy i ledviny
- problémy mohou být i u dětí a těhotných

### Pro společnost:

Existuje řada kontraindikací pro práci / pobyt v horku, které jsou řešeny legislativními úpravami na různé úrovni (zákony, prováděcí vyhlášky).

## Pomoc zvládat ochlazování 1

### Pitný režim 1

- Přibližně 2/3 tekutin doplňujeme během směny, 1/3 po jejím skončení
- Tekutiny by měly být různorodé (různé typy nápojů, bujony)
- Tekutiny by neměly obsahovat mnoho minerálů (zátěž na ledviny), ale ani čistá voda není dobrá (má méně minerálů, než kolik procent minerálů je v potu)

## Pomoc zvládat ochlazování 2

### Pitný režim 2

- Tekutiny by neměly obsahovat kofein (odchází z organismu pomaleji než voda, hrozí předávkování, snižuje pocit žízně). Snižování pocitu žízně platí i pro některé drogy. Také zvyšuje produkci moče.
- Nemělo by jít o alkoholické nápoje – některá průmyslová odvětví mají zažito pivo. Naopak nealkoholická piva se blíží „ideálnímu iontovému nápoji“. Alkohol rovněž snižuje pocit žízně a zvyšuje produkci moče.
- Kolik se vypotí zjistíme vážením (před a po, při zohlednění moče, případně stolice, a příjmu potravy / tekutin)
- Musí se zhodnotit i otoky z hypertermie – váží na sebe vodu, která pak chybí v krevním řečišti.

## Zvládání zátěže chladem

### Fyziologické reakce

1. Zvýšení metabolismu (zevně nepozorujeme)
2. Tvorba tepla svalovým třesem  
Na oba tyto body je třeba mít dostatek energie → roste spotřeba energie, výživový stav se promítá do odolnosti vůči chladu.
3. Centralizace tepla v těle – udržuje se teplota „tělesného jádra“, zahrnujícího trup od jater včetně nahoru, vnitřek krku a vnitřek hlavy. V ostatních částech těla teplota klesá  
Důsledky: Snadno vznikají omrzliny, případně poškození z nízkých teplot ale nad nulou – „zákopová noha“

## Nachlazení

### Následky celkového podchlazení

Dojde k omezení imunity. Vzhledem k nižší teplotě se mohou lavinovitě pomnožit i organismy, vůči kterým má člověk druhovou imunitu, danou tělesnou teplotou.

### Pojem aklimace

Aklimatizace na mikroklima se nazývá *aklimace*

## Adaptace na horko

V zásadě podobnými mechanismy jako adaptace na chlad, ale v opačném gardu termoregulace.

### Adaptace objemem

Velká zvířata v tropech (nestačí se v horkém období dne vyhřát na nebezpečnou teplotu).  
U člověka pozor na to, že dítě poloviční výšky má sice 1/4 plochu, přes kterou do něj vstupuje teplo, ale jen 1/8 objemu, který je vyhříván.

## Ovlivnění aklimace

### Faktory

- Věk
- Fyziologický stav
- Otužování
- Zdravotní stav
  - kardiovaskulární soustava
  - kožní
  - ledviny a vývodné cesty
  - celková chronická onemocnění

## Záření – rozdělení a základní pojmy

### Podle typu částic

**korpuskulární** jedná se o proud částic o definované hmotnosti a rychlosti

**elektromagnetické** jedná se o proud fotonů, popsatelných jako elektromagnetické záření určité vlnové délky a intenzity

### Podle působení na hmotu

**ionizující** vytváří v ozařované hmotě elektricky nabitě částice – ionty

**neionizující** elektricky nabitě částice nejsou vytvářeny

## Typy záření

### Typy ionizujícího záření

Mezi ionizující typy záření patří záření částicová (alespoň běžné typy, jako jsou proudy jader hélia ( $\alpha$  záření), elektronů ( $\beta$  záření), pozitronů ( $\beta^+$  záření), neutronů, protonů atd.) a elektromagnetická záření s vlnovou délkou kratší než má ultrafialové světlo.

### Typy neionizujícího záření

Mezi neionizující záření patří elektromagnetická záření o vyšší vlnové délce a některé typy méně obvyklých částic (např. neutrina)

## Neionizující záření

### UV záření

Rozlišujeme UV-A (320 – 400 nm), UV-B (280 – 320 nm) a UV-C (pod 280 nm). UV záření lze považovat za dolní hranici (vzhledem k vlnové délce) neionizujícího záření, protože při vyšších intenzitách už jeho vlivem nastává tvorba  $O_3$  ve vzduchu a volných radikálů v některých materiálech. UV-C (které se kolem nás vyskytuje pouze výjimečně) se dá považovat už za velice slabě ionizující.

### Zdroje UV záření

- předměty zahřáté na vysokou teplotu, např. elektrický oblouk, Slunce.
- různé typy výbojek, LED (pro blízké UVA)

UV-A a UV-B jsou součástí slunečního záření a i při zamračené obloze pronikají až na zemský povrch. UV-C je atmosférou filtrováno s vysokou účinností.

## Účinky UV záření

- baktericidní účinky
- z cholesterolu kolující v krvi provitamin D
- příznivý vliv na některé kožní infekce i některá neinfekční onemocnění kůže (např. lupénka)
- iritace kůže až zánět a nekróza (důsledek – pigmentace dle fototypu)
- rakovina kůže melanom + karcinomy
- poškození spojivky a sítnice

Na produkci vitamínu D plně postačuje denně cca 1 hodina v lehkém oděvu v polostínu zejména v jižnějších zemích v časném dopolední nebo pozdním odpolední, vyšší expozice žádný další pozitivní efekt nepřináší.

## Viditelné světlo

- Má rozmezí vlnových délek přibližně 400 – 760 nm.
- Citlivost zrakových receptorů vůči světlu na krátkovlnném konci spektra velice strmě klesá, na dlouhovlnném je pokles pozvolný.
- Osoby adaptované na tmu byly s to detekovat záření o vlnové délce přes 1000 nm.
- Zdrojem mohou být zahřáté předměty (spojité spektrum, charakterizované stupni Kelvina) i výbojky a LED (čárové spektrum, deformuje vnímání barev).

## Viditelné světlo

### Význam 1

- Viditelné světlo se účastní vidění.
- Osvětlení se měří v luxech (intenzita světla dopadajícího na osvětlenou plochu)
- Hygienické normy zohledňují:
  - zřakovou náročnost prováděné činnosti
  - oslnění, popř. střídání světla a tmy (především pokud pracovníci musejí přecházet z jednoho místa na druhé)
  - některé práce je nutno provádět po několik desítek minut trvajících adaptací na tmu
  - speciální normy pro práci s lasery

## Viditelné světlo

### Význam 2

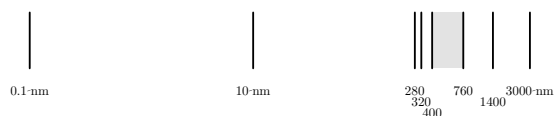
- U zářivek, výbojek a LED existuje stroboskopický efekt
- Barva světla má význam pro psychickou pohodu, barevné řešení interiéru pro využití světla, na intenzitě přirozeného osvětlení se podílí i tvar oken
- Intenzivní viditelné světlo vyvolává na kůži fotodermatitidu a může přispívat i k zánětu spojivek (tzv. „sněžná slepota“ při dlouhodobém pobytu bez ochrany v krajinně zapadane sněhem; na ní se ovšem spolupodílí i UV záření).
- Společně s IR zářením se podílí na vzniku úžehu (viz dále).

## Infračervené záření

Opět rozeznáváme pásma IR-A (760 – 1400 nm), IR-B (1400 – 3000 nm) a IR-C (nad 3000 nm)

Pozor: Rozložení je symetrické kolem viditelného světla. Je to tedy seřazeno podle vlnové délky následovně: UVC – UVB – UVA – viditelné světlo – IRA – IRB – IRC.

Jeho zdrojem jsou zahřáté předměty, IR-A a IR-B jsou složkou slunečního záření, dopadajícího na povrch Země, IR LED jsou často v ovladačích domácí elektroniky



## Infračervené záření

### Účinek na zdraví

- Při vysokých intenzitách tepelný efekt až akutní popáleniny
- Zákal oční čočky. Vyskytoval se především u pracovníků, vystavených sálání z pecí nebo horkého materiálu *sklářská katarakta*.
- Úžeh vzniká celkovým přehřátím organismu viditelným i IR zářením. Podílí rovněž teplota vzduchu, relativní vlhkost a proudění vzduchu, tedy celý tzv. *termický komplex*. Vzniká celkové přehřátí organismu, doprovázené nevolností a zvracením.
- Úpal je zapříčiněn především přehřátím hlavy, přičemž dlouhovlnná složka IR-B může pronikat skrze povrchové struktury a dráždit mozkové obaly. Příznaky jsou podobné úžehu, více v popředí je však nevolnost a silné bolesti hlavy.

## Infračervené záření

### Účinek na zdraví

- Oba stavy mohou u disponovaných jedinců vyvolat epileptické nebo epileptiformní křeče.  
Prevenčí obou:
  - vyhýbání se otevřenému prostranství na slunci
  - dostatečný pitný režim,
  - prevencí úpalu pak navíc dbání o nošení pokrývky hlavy
  - je nutno zvláště hlídat děti s epilepsií, chorobami ledvin a kardiovaskulárního systému, cukrovkáře apod.!
- Chronické vlivy IR záření: Byly diskutovány možné vlivy extrémně dlouhých expozic stále stejných míst na kůži, nicméně riziko nádorů apod. je velice nízké.

## Ionizující záření

Patří mezi ně:

- elektromagnetické záření s vlnovou délkou kratší než UV-C,
  - rentgenové záření
  - $\gamma$  záření
  - kosmické záření
- záření  $\alpha$  (jádra atomů helia)
- záření  $\beta$  (proud elektronů, popř. jako  $\beta^+$  proud pozitronů)
- neutronové záření

Některá částicová záření neionizují, např. neutrina, která volně bez interakce projdou hmotou celé planety, jiná jsou vysoce exotická.

## Pronikavost záření – typy

### Málo pronikavá záření

Z neznámějších záření  $\alpha$ .  
Zastaví je jakákoli pevná hmota, i list papíru, i mrtvé buňky na povrchu kůže. Uplatní se jen za specifických okolností.

### Vysoce pronikavá záření

Extrémem jsou neutrina.  
Projdou hmotou, aniž by s ní interagovaly = nijak neuškodí.

### Pronikavost „mezi“

Právě tato záření předávají svou energii živé hmotě a jsou zdrojem rizika. Jsou i zdrojem druhotných fotonů (Comptonův jev) ještě lépe zachytitelných ve tkáni.

## Zdroje ionizujícího záření

### Přirozené zdroje ionizujícího záření

- Slunce a další podobné astronomické objekty
- Sekundární záření z Van Allenových pásů
- Exotické vesmírné objekty ( $\gamma$  záblesky apod.)
- Radioizotopy
  - Izotopy těžkých prvků na konci periodické soustavy – pozůstatky výbuchu supernovy před vznikem sluneční soustavy
  - Izotopy průběžně vznikající ve vysokých vrstvách atmosféry vlivem záření z vesmíru, např.  $^{14}\text{C}$ ,  $^{40}\text{K}$ .

## Záření o vyšších vlnových délkách

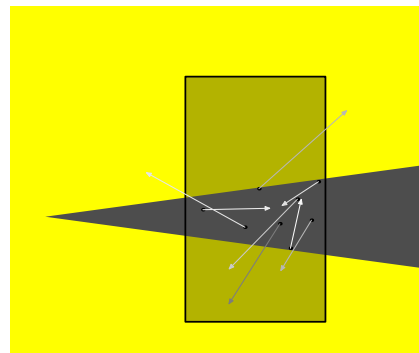
- Mikrovlny a vlny používané v radiokomunikacích, mají účinky především tepelné (ohřev pokrmů v mikrovlnné troubě).
- Diskuse o negativním zdravotním účinku
  - riziko některých zhoubných nádorů mozku
  - ohřev a krvácení mozkové tkáně při intenzivní expozici
- Příznivé účinky:
  - nejšetnější možný ohřev potravy
  - dostupnost rychlé pomoci při úrazech a v nemoci
- Vyšší výskyt nádorů kolem vedení VN a VVN byly vysvětleny elektrostatickým koncentrováním iontů, nesouvisí s mikrovlnami

## Pronikavost záření

### Aby záření uškodilo, musí:

- Proniknout do živé tkáně
- Tam alespoň částečně interagovat se hmotou a předat jí svou energii (nebo její část)

## Comptonův jev



V ozařovaném materiálu vznikají sekundární fotony v náhodných místech a s náhodnou (ale vždy nižší než fotony ozařující materiál) energií

## Zdroje ionizujícího záření

### Umělé zdroje ionizujícího záření

- Uměle nakoncentrované přírodní radioizotopy
- Uměle vytvořené radioizotopy
- RTG zařízení
- Další technická zařízení, částicové urychlovače apod.
- $\gamma$ -lasery

## Charakteristika radioizotopů

### Poločas rozpadu

je doba, za niž se rozpadne polovina atomů příslušného radioizotopu.

### Aktivita

plyne z poločasu rozpadu atomů příslušného izotopu a jejich množství obsaženém ve sledovaném materiálu. Vyjadřuje se jednotkou Becquerel [Bq], což je jeden rozpad za sekundu. Nejčastěji se však pracuje s *měrnou aktivitou*, která se vztahuje ke hmotnosti, popř. objemu (tedy  $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,  $\text{Bq}\cdot\text{l}^{-1}$  (v případě některých kapalin) nebo  $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$  (v případě některých plynů, včetně vzduchu)).

## Měření ionizujícího záření

### $\alpha$ -záření

Průběžně je možné měřit pouze v plynu a podmínkou je vysoká aktivita. Jinak jen povrchové záření z kapalin nebo pevných materiálů, přenesených do vakuované komory – měří se záblesky luminiforu ze ZnS – fotonásobič a příslušná elektronika.

## Měření ionizujícího záření

### Dozimetrie 2

#### Termoluminiscenční dozimetry

Lze umístit např. do prstenu a sledovat expozici rukou.

#### Dozimetry na $\alpha$ -záření

Plastový kotouček, po naleptání se zviditelní dopady  $\alpha$ -částic.

#### Důležité upozornění:

Dozimetry nijak nevarují svého nositele o průběžně obdržované dávce!

## Biologický účinek

Jednotlivé typy záření mají různý biologický účinek. Proto se pro hodnocení ozáření živých objektů používá **dávkový ekvivalent**, jehož jednotka je Sievert [Sv], což je Gy násobený kvalitativním faktorem příslušného typu záření. Protože ve zdravotnictví se nejčastěji setkáváme s rentgenovým a  $\gamma$  zářením, které mají kvalitativní faktor 1, tudíž jsou dávka a dávkový ekvivalent numericky shodné, dochází někdy k jejich zaměňování. Pro prognózování účinku je ještě nutno zohlednit různou citlivost ozářených tkání. Existují dva typy účinků: *stochastické* a *nestochastické*.

## Měření ionizujícího záření

### Průběžné

Dopady částic (ale i fotonů o dostatečné energii) je možno měřit různými typy čidel. Velmi známý je *Geiger-Müllerův počítač*, jehož čidlo je tvořeno trubicí s velmi zředěným plynem, jehož vodivost se průletem částice ionizujícího záření na okamžik změní, což navazující elektronické obvody převedou „klasicky“ do charakteristického cvakání ve sluchátkách nebo reproduktorku, modernější pak počítají průlety částic a vztahují je k časové ose. Z principu není podobnými měřidly možné zjišťovat částice s velmi malou pronikavostí (především  $\alpha$ ), protože ty nemohou proletět stěnou trubice.

## Měření ionizujícího záření

### Dozimetrie 1

#### Filmové dozimetry

Radiologických pracovištích, nošené na hrudníku. Jde o kousek speciálního fotografického filmu v obalu nepropouštějícím viditelné světlo. Části filmu jsou ještě překryty destičkami z kovu. Po expozici (týdny až měsíce, pokud nedejde např. k nehodě) je film vyvolán a vyhodnoceno zčernání fotografické emulze. Ze zčernání ploch krytých kovem je možno odhadnout pronikavost záření, jemuž byl pracovník vystaven, a z tohoto údaje dávkový ekvivalent pro hluboké tkáň.

## Jednotky měření radiace

Záření předává ozařované hmotě energii. Tuto energii nazýváme **dávka** a vyjadřujeme ji jednotkou Gray [Gy] (představuje jeden joule předaný kilogramu ozařované hmoty).

#### Výpočet dávky

Dávku lze relativně snadno propočítat pro homogenní tělesa pravidelných geometrických tvarů. Člověk tomu neodpovídá. Pro modelování slouží k propočtu dávek, které člověk získá z různých typů záření v různých režimech ozařování, se používají speciální loutky z umělé hmoty, napodobující vlastnosti lidských tkání, umožňující zasunout do jednotlivých částí „těla“ měřicí techniku, tzv. fantomy.

## Účinky nestochastické

Mají práh a s dávkou (respektive dávkovým ekvivalentem) narůstá mohutnost těchto účinků.

- Nemoc z ozáření (I. až III. stupeň)
- Místní nekróza tkáně („rentgenové vředy“)
- Katarakta
- Poškození gonád
- Poškození zárodku / plodu



## Nemoc z ozáření

**První stupeň** : kostní dřeně a orgánů produkujících imunokompetentní buňky. Dochází k úmrtí na sekundární infekce, anémie apod. Lehké formy je možné přežít pod krytím antibiotik, s krevními transfúzemi, speciální dietou apod. Tuto formu nemoci z ozáření vytváříme uměle u pacientů s leukémií. Druhý a třetí stupeň nemoci z ozáření mají infaustní prognózu.

**Druhý stupeň** je charakterizován rozpadem sliznic trávicího ústrojí s následnými stavy podobnými těžkému průběhu cholery, dysenterie apod. Postižení umírají zpravidla do několika dnů od ozáření.

**Třetí stupeň** je charakterizován narušením nervové činnosti, stavy zmatenosti až ztrátou vědomí. Smrt nastává do několika hodin, při vysokých intenzitách záření již v minutách.

## Hormeze

Znamená zvýšení vitality po malých dávkách záření (totéž i pro některé zdraví škodlivé chemikálie).

Byla prokázána u bakterií, jednobuněčných eukaryotů, rostlin a některých nižších živočichů. U vyšších živočichů prokázána nebyla, ač se po ní pátralo pokusy dnes z etických důvodů nepřijatelnými (40. a 50. léta min. stol.).

### Lineární model

Zatím všeobecně přijímaný, umožňuje odhad poškození zdraví i při nerovnoměrném ozáření populace.

## Radon

### Zdroje

Izotopy rádia v uranové rudě. Pro uvolnění je nutno jejich rozptýlení v pórézní nebo krystalické hornině.

### Charakteristika

Izotopy radonu mají poločas rozpadu od několika hodin do několika dní. Rozpadají se  $\alpha$  rozpadem, vzniká z nich izotop s velmi krátkým poločasem rozpadu a následně opět  $\alpha$  rozpadem izotop stabilnější. Z atomu radonu tedy, když se začne rozpadat, vyjdou dvě částice  $\alpha$ .

### Nebezpečnost

Hlavně výskyt ve vdechovaném vzduchu, jako inertní plyn se nechytá do filtrů. Vyvolává rakovinu plic.

## Radon – redukce rizika

- Izolace budov
- Radonové studny
- Sledování Rn ve stavebních materiálech
- Sledování Rn v podzemních vodách
- Šarže zemního plynu s vyšším obsahem Rn jdou do průmyslových kotelen a výtopen

Podmínkou redukce rizika je jeho správná detekce.

## Stochastické účinky

Vznikají náhodně, jejich intenzita není závislá na dávce; na dávce je závislá pravděpodobnost, že účinky nastanou.

- nádory u ozářených a jejich potomstva (prakticky se zohledňují dvě následující generace)
- vrozené vývojové vady u potomstva ozářených (opět ve více generacích).
- praktickým projevem může být porucha plodnosti

Horní mez stochastických účinků je dána nástupem nestochastických účinků. Pod touto mezí byla experimentálně prokázána lineární závislost mezi dávkou (dávkovým ekvivalentem) a jejími následky. Dolní mez je dána přirozenou radioaktivitou prostředí.

## Radiační zátěž populace

Zdroje radiační zátěže se liší podle životních podmínek populace. Pro naši populaci (tu část, která nemá profesionální expozici ionizujícím záření) platí, že přibližně třetina celoročního dávkového ekvivalentu je realizována z radonu, o další třetinu se dělí záření z okolí (radioizotopy ve stavebních materiálech, vzduchu, půdě apod.) a radioizotopy z našeho vlastního organismu (včetně zmiňovaného  $C^{14}$ ), o zbylou pak kosmické záření a umělé zdroje.

## Radon – rizika pro populaci

### Výrony radonu z podloží

Velmi významné tehdy, jestliže jdou do nitra budov. Dochází k nejvyšším známým koncentracím radonu.

### Výrony ze stavebního materiálu

Jen některé typy škvár kontaminovaných uranovou rudou.

### Voda, plyn

Jen v případě kontaminace podzemních zdrojů.

### Měření

Měří se aktivita vzduchu v  $Bq \cdot m^{-3}$ , protože Rn má více izotopů o různé aktivitě, tak jeho obsah (chemicky) riziko necharakterizuje.

## Další preventabilní zdroje

### Záření z Van Allenových pásů

Dávkový ekvivalent roste s nadmořskou výškou a se vzdáleností od rovníku.

### Černobylské skvrny

Dodnes nebyla zveřejněna mapa černobylských skvrn, kde je vyšší kontaminace izotopů Sr a Cs, které mají vysokou afinitu k organismu.

## Umělé zdroje

Hlavním zdrojem je RTG vyšetření, prevencí je náhrada za jiné typy vyšetření a technická opatření, aby při vyšetření byl pacient ozářen co nejméně.

## Problematika radiofobie

Do značné míry je dána smyslovou nezjistitelností záření. Mnohdy vyvolávána záměrně z politických důvodů (Temelín). Někdy jsou vyvolávány fámy na základě jiných účinků než záření (např. projevy toxicity uranu). Mnohdy vzniká jako reakce na zatajování a desinformace z oficiálních zdrojů (Černobyl). Někdy se za „radiofobii“ označují zcela oprávněné obavy, např. z rizika útoku teroristů na sklad jaderného odpadu, opět z politických důvodů.

## Fukušima

### Charakteristika

- Nehodu vyvolal souběh abnormálně rozsáhlého zemětřesení a vlny tsunami, při projektování JE byla taková událost brána jako velmi málo pravděpodobná
- Reaktory zemětřesení ustály
- V zaplavených blocích došlo k postižení záložních zdrojů, které měly chladit nouzově odstavené reaktory; současně byla elektrárna v důsledku zemětřesení odpojena od sítě a náhradní zdroje nebyly dopravitelné na místo
- V důsledku radiace nezemřel nikdo
- Ztráty na životech pracovníků JE vyvolala tsunami (u jednoho možná zemětřesení), jeden pracovník zemřel při záchranných pracích na IM
- Byla dočasně vyklizena území s vyšší radiací, úroda nebyla zasažena

## Důsledky

### Naše podmínky

- Výrazně nižší pravděpodobnost i menších zemětřesení
- Dost malá pravděpodobnost tsunami sahajícího až na naše území
- I tak dochází k revizi bezpečnosti, ale spíš zaměřené na letecké havárie, teroristické útoky apod.
- „Radiace z Fukušimy“ je sice měřitelná, ale jen pro vysokou citlivost metod. Pro srovnání: Možné rozdíly v expozici, dané materiálem chodníku, po kterém denně chodíte, jsou řádově vyšší než ozáření v souvislosti s Fukušimou.

## Opravdu velké tsunami



Děkuji vám za pozornost

MASARYKOVA  
UNIVERZITA