



Univerzita obrany
v Brně

Ionizující záření

- ochrana před ionizujícím zářením
- biologické účinky ionizujícího záření



ochrana před ionizujícím zářením

- při práci se zdroji záření spočívá v zeslabení dávky záření na hodnotu, při níž je riziko ozáření sníženo na zanedbatelnou hodnotu
- ochrany dosahujeme:
 - udržováním patřičné vzdálenosti od zdroje
 - odstíněním zdroje
 - co nejkratší dobou pobytu v prostoru zdroje



ochrana vzdáleností

- hustota toku částic v homogenním prostředí

$$I = \frac{I_0}{4\pi l^2}$$


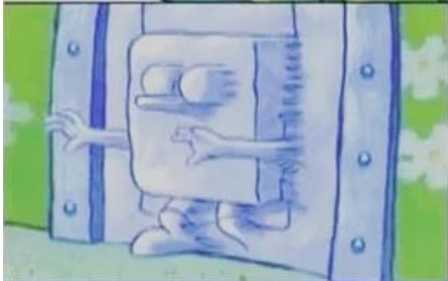

l - vzdálenost od bodového zdroje

I_0 - počet částic emitovaných ze zdroje za jednu sekundu

- pokles toku částic - o 3 řády při zvětšení vzdálenosti z 1 cm na 32 cm



ochrana stíněním - využívá se vždy

	α radiation
	β radiation
	γ radiation



ochrana stíněním

- materiál vhodné tloušťky
- **α -záření** - absorbuje se ve stěnách nádob, ve kterých se zářič uchovává
- **β -záření** - 1-2 cm vrstva hliníku, skla, plexiskla
- **γ -záření, rtg záření, pozitronové zářiče** - vrstva olova, barytu, oceli



ochrana stíněním

- neutronové záření

- ochrana spočívá ve zpomalení neutronů látkami s vysokým obsahem vodíku - parafin, polyethylen
- γ -záření, které vzniká při konečné absorpci zpomalených neutronů reakcí (n, γ) se odstíní vrstvou olova



Univerzita obrany
v Brně

Ionizující záření

biologické účinky ionizujícího záření

Státní ústav pro jadernou bezpečnost

<https://www.sujb.cz/radiacni-ochrana/oznameni-a-informace/strucny-prehled-biologickych-ucinku-zareni/>

Státní ústav radiační ochrany

<https://www.suro.cz/cz/radiacni-ochrana/biologicke-ucinky-ionizujiciho-zareni>



biologické účinky ionizujícího záření

- jsou studovány od počátku 20. století, kdy bylo zjištěno, že záření (i rtg) poškozuje kůži
- obecně lze konstatovat, že účinky jsou nepříznivé, v některých případech je však i pozitivní
- vliv záření je rozdílný podle druhu organismu



Absorbovaná dávka ionizujícího záření (kerma)

- dávka D
- fyzikální veličina, která udává energii dodanou jednotkovému množství hmoty průchodem příslušného záření
- jednotka gray, $[D] = \text{Gy} = \text{J/kg}$
- starší jednotkou je rad, platí $100 \text{ rad} = 1 \text{ Gy}$.



Dávkový příkon

- dávková rychlost
- rychlost s jakou je energie látky sdělována
- rozměr dávkového příkonu Gy/s nebo W/kg

$$\frac{dD}{dt}$$



Expozice

- hodnocení účinku nepřímo ionizujícího záření na látku

$$X = \frac{dQ}{dm}$$

- dQ - součet nábojů obojího znaménka vytvořených sekundárními elektrony v hmotnostním elementu vzduchu
- $[X] = \text{C/kg}$



Expoziční příkon

- hodnocení účinku nepřímo ionizujícího záření na látku

$$\frac{dX}{dt}$$

- přírůstek expozice za jednotku času
- jednotka C/(kg s)



působení ionizujícího záření na buňky

- buňka vodný roztok solí a nízkomolekulárních látek, v němž jsou dispergovány makromolekulární látky

přímý účinek

- je dán přímým zásahem makromolekuly ionizující částicí nebo sekundárním elektronem při ozařování γ nebo rtg zářením
- zvláště nebezpečný je zásah nukleových kyselin v jádře, kde dochází k jejich degradaci

nepřímý účinek

- je dán především radiolýzou vody a chápou se tak účinky produktů této radiolýzy na obsah buňky



Primární produkty radiolýzy vody:

- objevují v čase od 10^{-16} do 10^{-12} s

Excitovaná molekula vody H_2O^*

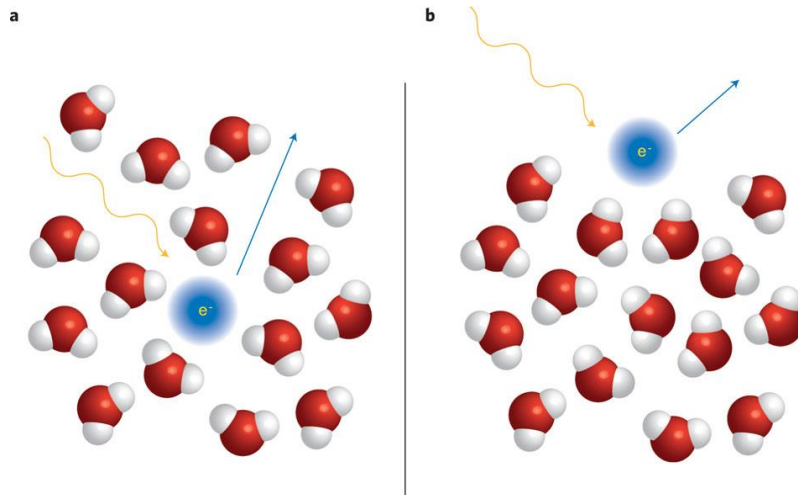
Radikály $\text{H}\cdot$ a $\text{OH}\cdot$ (důsledek disociace excitované molekuly)

H_2O^+ a e^- (důsledek přímé ionizace nárazem)

Navazující procesy:



e_{aq}^- -solvatovaný, vodný, hydratovaný elektron, doba života přibližně 0,2 ms



Vazba solvatovaného elektronu obklopeného šesti molekulami vody má 3,3 eV, na povrchu vody jen 1,6 eV – měřeno na základě energie dopadajícím světlem vyražených elektronů.



působení ionizujícího záření ovlivňuje

- dávka
- dávkový příkon
- druh ionizujícího záření
 - rozdílná lineární ionizace
 - poškození je tím závažnější, čím je větší lineární ionizace
 - jakostní faktor Q - udává kolikrát je daný druh záření biologicky účinnější než záření gama, za základ se bere rentgenové záření o energii 200keV



působení ionizujícího záření ovlivňuje

- **dávkový ekvivalent**

$$H = Q \cdot D, [H] = \text{Sv}, \text{ Sievert}$$

- dávka 1 Sv jakéhokoli záření má stejné biologické účinky jako dávka 1 Gy rentgenového nebo gama záření, pro které je jakostní faktor stanoven $Q = 1$
- dávkový ekvivalent je biofyzikální dozimetrická veličina, která kombinuje fyzikální veličinu radiační dávka s daným druhem záření a empiricky stanovenou mírou jeho vlivu na živou tkáň - v porovnání s fotonovým zářením



ekvivalentní dávka

- používá se pro praktické hodnocení vlivu druhu záření

$$H_T = w_R \cdot D_T, [H_T] = \text{Sv, Sievert}$$

- D_T - dávka záření v orgánu nebo tkáni
- w_R - radiační váhový faktor - opět bezrozměrné číslo
 - hodnoty jsou doporučené mezinárodní komisí pro ochranu před ionizujícím zářením
 - pro praktické účely dobře vystihují riziko různých druhů záření vzhledem k záření fotonovému



radiační váhové faktory

druh záření	w_R
fotony a elektrony všech energií	1
neutrony o energii 10 keV	5
neutrony o energii 10–100 keV	10
neutrony o energii 0,1–2 MeV	20
neutrony o energii 2–20 MeV	10
záření α	20



příkon dávkového ekvivalentu

- dávkový ekvivalent za časovou jednotku Sv/s

příkon ekvivalentní dávky

- ekvivalentní dávka za časovou jednotku Sv/s

dávkový úvazek

- úvazek ekvivalentní dávky
- celková dávka, kterou člověk obdrží za delší časové období
50 let u dospělých, 70 let u dětí



tkáňový váhový faktor w_T

pravděpodobnost poškození orgánů při stejné dávce je různá pro různé tělesné orgány a tkáně

Orgán	w_T
gonády	0,20
žaludek, červená kostní dřeň, tlusté střevo	0,12
štítná žláza, játra	0,05
kůže	0,01



Univerzita obrany
v Brně

Ionizující záření

efektivní dávka

součet ekvivalentních dávek vážených s ohledem na radiační citlivost orgánů pro všechny ozářené orgány a tkáně