

JIHOČESKÁ UNIVERZITA - PEDAGOGICKÁ FAKULTA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH



TECHNICKÁ FYZIKA IV

Účinky a druhy záření

Vypracoval: Vladimír Pátý

Ročník: 2

Datum: 26.5.2003

Skupina: MVT

Účinky a druhy záření

1. Druhy záření

Záření může být různého druhu. Patří mezi ně záření alfa, beta a gama, rentgenové záření a proud neutronů.

Záření alfa: jeví-li jádro radioaktivitu alfa, rozpadá se vymrštěním rychle letící částice alfa, složené ze dvou neutronů a dvou protonů. Následkem ztráty dvou protonů se atom přemění na jiný prvek, který má atomové číslo snížené o 2 jednotky. Záření alfa se normálně vyskytuje u těžkých prvků.

Záření beta: při rozpadu typu beta se neutron přemění na proton (nebo naopak) a je vymrštěna částice beta, aby byla zachována rovnováha elektrických nábojů a aby byl uvolněn přebytek energie. Atom se stane prvkem v posloupnosti o jednotku vyšším nebo nižším. Uran-239 (92 protonů a 147 neutronů) se rozpadá vyzářením částice beta a mění se na neptunium-239 (93 protonů a 146 neutronů).

Záření gama: po vyzáření částic alfa nebo beta nezůstává vždy jádro v nejstabilnějším stavu a zbývající nadbytečná energie může být uvolněna ve formě záření gama. (Je to forma elektromagnetického záření podobně jako rentgenové záření, světlo, radiové vlny nebo mikrovlnné záření).

Emise neutronů: nastává, když se velmi těžká nestabilní jádra samovolně štěpí rozpadem na dva velké úlomky a uvolňuje se několik volných neutronů.

Všechny tyto druhy záření mohou vzájemně působit na okolní látky a vytvářet elektricky nabitě atomy známé jako ionty. Tyto mohou rozrušovat chemické vazby a vytvářet nové. Když k tomuto jevu dojde v buňkách živých organismů, může je to poškodit.

2. Dozimetrie a ochrana před zářením

Již brzy po objevu radioaktivity se ukázalo, že radioaktivní záření může vést k poškození lidského organismu. Záření, které prochází tkání, působí destruktivně na jednotlivé molekuly, rozbíjí vazby mezi atomy v molekulách, ionizuje atomy a molekuly. Kromě toho může vlivem záření docházet k jaderným reakcím a k přeměně jednotlivých atomů na druhé. Navíc absorpce záření tkání vede ke zvýšení teploty tkáně. Všechny tyto děje způsobují destrukci buněk v ozařované tkáni. Proto byla již roku 1928 založena **Mezinárodní komise pro ochranu před zářením (ICRP)**, která vypracovala během své existence řadu doporučení pro práci se zářením a radionuklidy. Z těchto doporučení vychází většina předpisů a norem platných pro práci se zářením v jednotlivých státech. U nás je to norma ČSN 341730. Lidský organismus může přijít do styku se zářením dvojím způsobem, buď vnějším ozářením nebo vnitřním ozářením. O vnějším ozářením mluvíme tehdy, když je organismus ozařován zdroji záření z našeho okolí. K vnitřnímu ozáření dochází tehdy, když se radioaktivní látky dostanou do organismu dýcháním, s potravou nebo povrchovými poraněními.

3. Základní pojmy a jednotky

Aktivitou A radioaktivní látky nazýváme počet rozpadů za jednotku času:

$$A = \frac{dN}{dt} \quad (1)$$

Jednotkou aktivity je 1 becquerel (Bq), který odpovídá jednomu rozpadu za sekundu, tj. $1 \text{ Bq} = 1 \text{ s}^{-1}$. Z dřívějšího víme, že platí

$$A = \frac{dN}{dt} = \lambda N = \lambda N_0 e^{-\lambda t} = \lambda A_0 e^{-\lambda t} \quad (2)$$

kde symbol A_0 značí aktivitu preparátu v čase $T=0$, $A_0 = \lambda N_0$

Základní jednotkou popisující účinek záření je absorbovaná dávka, jejíž jednotkou je gray (Gy). Absorbovanou dávkou D nazýváme množství energie

předané zářením látky o jednotkové hmotnosti

$$D = \frac{dE}{dm} \quad (3)$$

Jeden gray je taková dávka, při které záření předává jednomu kilogramu látky jeden joule energie.

Různé druhy záření (alfa, gama, beta, neutrony) mají při shodné dávce odlišné účinky na organismus. Proto se zavedla veličina, která všechny tyto efekty zahrnuje, efektivní dávkový ekvivalent H, jehož jednotkou je sievert (Sv), $1 \text{ Sv} = 1 \text{ J kg}^{-1}$.

$$H=Q \cdot D \quad (4)$$

Q je jakostní faktor, který umožňuje určit pro různé druhy záření množství absorbované energie. V závislosti na druhu záření je efektivní dávkový ekvivalent číselně až 25x vyšší než dávka. Jakostní faktor Q totiž souvisí především s hustotou předávané energie tkáni, ale také na procesech, které záření vyvolává. Např. pomalé neutrony ($E_n < 0,1 \text{ eV}$) předávají tkáni velmi malou energii, ale vyvolávají jaderné reakce, při nichž se může uvolnit velká energie. Takže pro γ -záření, paprsky X a elektrony je $Q=1$, pro pomalé neutrony $Q=2,3$, pro neutrony, protony a částice s $q=1e$ je $Q=10$ a α -částice a částice s $q > 1e$ je $Q=20$. Na základě těchto údajů je vidět, že α -částice, které bývají pokládány za nejméně škodlivé, působí v těle největší potíže. Protože sievert je příliš velká jednotka, v praxi se používá tisícinu nebo milióntinu sievertu, tedy milisievert (mSv) nebo mikrosievert (mSv).

4. Biologické účinky záření

Radioaktivní záření je proud nejmenších částic s obrovskou energií. Pokud taková částice proletí naším tělem, zanechá za sebou stopu v podobě řetízku nabitých atomů, které jsou chemicky agresivní. Nabité atomy obvykle vybijí svoji agresivitu neškodnou chemickou reakcí. Někdy však dojde k chemickému poškození složité organické molekuly, která řídí životní pochody našeho organismu. Nejdůležitější organická molekula, šroubovice DNA, která nese genetickou informaci a řídí život buňky, je naštěstí dvojitá, takže když dojde k poškození jedné její části, okamžitě se opraví podle části druhé. K neopravitelnému poškození dochází teprve tehdy, je-li ozáření velmi intenzivní. Buňka pak chybně pracuje, chybně se množí, případně umírá. Radiace je jen

jednou z mnoha příčin poškozování buněk a každý organismus má schopnost podobné ztráty nahrazovat, ovšem jen do jisté míry.

Rozlišujeme dva typy poškození tkáně zářením:

nestochastické poškození (tedy nenáhodné), pro něž je typická určitá minimální dávka - práh, nutná k tomu, aby došlo k poškození. Patří sem např. popálení kůže, poškození krvotvorné kostní dřeně, atd.

stochastické poškození (náhodné), které je charakterizováno pravděpodobností poškození, přičemž tato pravděpodobnost s rostoucí dávkou vzrůstá. Patří sem zejména karcinogenní a genetické účinky záření, část buněk je schopna se po určité době poškození opravit, popřípadě se poškozené buňky nahradí novými. Jsou však případy, kdy se poškození od ozáření z různých období mohou skládat.

5. **Bezpečnost práce se zářením**

Všechno živé na Zemi je od nepaměti vystavováno záření z přírodních zdrojů, které pochází ze čtyř hlavních oblastí: z kosmického prostoru, zemské kůry, ze vzduchu a potravin. Před kosmickým zářením nás částečně chrání atmosféra, proto je jeho složka nejnižší při mořské hladině. Zemská kůra obsahuje různé koncentrace radioaktivních prvků, jako je uran, thorium nebo radium, a ty jsou proto obsaženy i ve stavebních materiálech, v uhlí, ropě atd. Rozpadem radia vzniká plyn radon, který z podloží proniká do budov a pitné vody. Významným přírodním radioizotopem je dále draslík-K40. Obsahují ho téměř všechny potraviny a také naše vlastní tělo.

Kromě záření z přírodních zdrojů jsme v posledních desetiletích vystavováni též záření z umělých, člověkem vytvořených zdrojů. Patří sem televizní a počítačové obrazovky, svítící ciferníky hodinek, spad po zkouškách jaderných zbraní, mírové využívání jaderné energie a lékařské aplikace. Z umělých zdrojů záření přispívají nejvíce lékařské aplikace, tj. rentgenová vyšetření, či používání radionuklidů při vyšetřování nebo léčení nádorových onemocnění ozařováním. Spalováním fosilních paliv a hutnickou činností se naše civilizace navíc významně podílí na přenosu přirozených radioizotopů ze zemské kůry do atmosféry a na povrch země.

Jednotlivé složky se na celkové dávce podílejí obvykle takto:

Kosmické záření	8%
Radon	44%
Záření zemské kůry	10%
Konzumace potravin	21%
Lékařské aplikace	16%
Ostatní malé zdroje	1%
Jaderná energetika	0,01%

Podle rozboru Vědeckého výboru OSN pro účinky atomového záření (UNESCAR) je velikost dávkového ekvivalentu, který v průměru obdrží každý obyvatel naší planety, asi 2,5 mSv. Ve světě existují oblasti, kde jsou tyto průměrné roční radiační dávky mnohonásobně překročeny, a přesto zde nebyly zaznamenány zvýšené zdravotní potíže.

Za nízké radiační dávky považuje většina radiologů dávky, které jsou až stonásobně vyšší, než jsou průměrné roční radiační dávky ve světě, tj. kolem 200-250 mSv/rok. Ze studií vypracovaných UNESCAR vyplývá, že nelze prokázat riziko vzniku dodatečných případů rakoviny až do radiačních dávek 200 mSv. V rámci výzkumů bylo dále zjištěno, že k prvním příznakům zdravotních potíží dochází při dávkách vyšších než 500 mSv.

Podle dohodnutých předdimenzovaných norem nesmí být jednatlivec z veřejnosti vystaven dávkám přes 5 mSv/rok, tj. dávkám stonásobně nižším, než při kterých se objevují první příznaky zdravotních potíží. Profesionální pracovníci, kteří podléhají přísnému lékařskému dohledu, mohou být vystaveni radiačním dávkám nejvýše 50 mSv za rok.