

6.3.9 Využití radioaktivních nuklidů, ochrana před zářením

Předpoklady:

Využití absorpce jaderného záření

Jaderné záření γ exponenciálně slábne při průchodu látkou \Rightarrow měřením intenzity záření máme velmi přesnou informaci například o:

- tloušťce,
- vnitřních vadách (defektoskopie),
- opotřebení,
- hladině kapalin u uzavřené nádobe.

Vlivem jaderného záření mění některé materiály své vlastnosti:

- změna zabarvení,
- křehnutí,
- polymerizace.

Využití vlivu jaderného záření na živé organismy:

- sterilizace (lékařské nástroje, materiál)
- sterilizace v uzavřených nádobách (záření projde i přes stěny),
- ošetřování potravin (proti zkažení, naklíčení)

Radionuklidy v lékařství a biologii:

- **stopovací prvky:** navážeme je na látku, kterou tělo zpracovává, a pomocí vyzařovaného záření můžeme sledovat její koloběh v těle ($^{24}_{11}\text{Na}$, $^{99}_{43}\text{Tc}$, $^{18}_9\text{F}$ ve formě F-deoxyglukózy).
- léčba nádorů ($^{137}_{55}\text{Cs}$, $^{60}_{27}\text{Co}$, $^{131}_{53}\text{I}$) - nádor v sobě koncentruje radionuklid, který se poté rozpadá v jeho buňkách, které tím zabíjí.

Radionuklidy jako zdroj tepelné energie v termočláncích

Termočlánek: dva různé kovy jsou spojeny na dvou místech, každý ze spojů má jinou teplotu \Rightarrow na koncích vzniká elektrické napětí. Pro činnost potřebujeme zdroj tepla (nebo zdroj "zimy"). Radiativní rozpad zahřívá jeden konců termočláncu.

Výkon řádově jednotky watů po velmi dlouhou dobu (desítky let), zdroj energie pro bezobslužné automatiky bez možnosti častého servisu, kosmická technika (družice, které se pohybují ve velké vzdálenosti od Slunce).

Radionuklidy jako nástroj datování

Radionuklid se časem rozpadá \Rightarrow s časem se zmenšuje množství radionuklidu a zvyšuje se množství látky, která z něj vzniká \Rightarrow z poměru obou množství můžeme určit stáří horniny.

Ochrana před zářením

Všechny druhy záření poměrně rychle slábnou \Rightarrow největším nebezpečím jsou radionuklidy, které přijme tělo a ony se v něm poté rozpadají.

Nejnebezpečnější radioaktivní nuklidy:

- $^{131}_{53}\text{I}$ poločas přeměny 8 dní, štítná žláza (v případě nebezpečí se polykají jódové tablety, aby štítná žláza měla přemíru jódu a nepřijímala další, radioaktivní),

- $^{90}_{38}\text{Sr}$ poločas přeměny 28 let, ukládá se v kostech místo vápníku,
- $^{137}_{11}\text{Cs}$ poločas přeměny 30 let, v těle nahrazuje draslík.

Měření radiační zátěže

Dvě základní jednotky

- **dávka D :** 1 gray [Gy]- zářením byla absorbována energie 1 J na 1 kg hmotnosti (těžší člověk při stejné přijaté energii absorbuje menší dávku)

Různé druhy záření mají při stejné energii různý dopad na organismus \Rightarrow další jednotka:

- **ekvivalentní dávka (dávkový ekvivalent) $H = DQ$:** 1 sievert [Sv]- získáme z dávky v Gy vynásobením koeficientem (jakostní faktor Q) pro příslušný druh záření:
 - γ a β záření $Q = 1$
 - neutrony podle rychlosti $Q = 2..5$ (pomalé), $Q = 10..20$ (rychlé)
 - α $Q = 20$

Přípustná hranice 5 mSv ročně (2 mSv normální dávka, 1 mSv přirozené pozadí).

Dozimetrie - zkoumá účinky záření a měří dávky

Základní typy ochrany

- vzdálení do zdroje záření
- omezení doby ozařování
- stínění

Radioaktivní odpad

Rozpad radioaktivních jader není možné ovlivnit jinak než jadernou reakcí \Rightarrow dvě možnosti:

- uložení radioaktivního odpadu do úložiště (většinou opuštěné doly),
- přeměna těžkých jader s dlouhým poločasem přeměny a lehčí jádra s kratším poločasem pomocí urychlovačů.

Vyhořelé palivo z jaderných elektráren

Naprostá většina radioaktivního odpadu zůstává uvnitř palivových tablet \Rightarrow palivo se ukládá do bazénu, kde je chlazeno \Rightarrow po zchlazení převoz do meziskladu.

Trvalé uložení zatím není vyřešeno.

Výhoda radioaktivního odpadu: Při normálním běhu událostí je lokalizován, nerozptyluje se jako například popílek.

Př. 1: Proč mají izotopy využívané v lékařství velmi krátký poločas rozpadu (řádově hodiny)?

Vyšetření je krátké, je třeba snížit radiační zátěž organismu. Krátký poločas rozpadu znamená krátkou dobu ozařování.

Př. 2: Radioaktivní látkou v termočláncu je $^{238}_{94}\text{Pu}$ s poločasem rozpadu 87,7 roku. O kolik procent se sníží výkon článku po deseti letech? Kolik let článek vydrží dodávat alespoň třetinu původního výkonu?

$T = 87,7 \text{ let}$, $t = 10 \text{ let}$, $P = ?$

x let ... $\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{x}{87,7}}$

Po deseti letech: $\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{10}{87,7}} = 95,4\%$ původního výkonu.

Za jak dlouho klesne výkon na třetinu. Dosadíme: $\frac{1}{3} = 0,5^{\frac{x}{87,7}}$.

$$\log \frac{1}{3} = \log 0,5^{\frac{x}{87,7}}$$

$$\log \frac{1}{3} = \frac{x}{87,7} \log 0,5$$

$$x = 87,7 \frac{\log \frac{1}{3}}{\log 0,5} = 139 \text{ let}$$

Výkon článku se po deseti letech sníží na 95,4% původního výkonu. Alespoň třetinu původního výkonu vydrží článek dodávat 140 let.

Př. 3: Kobalt ${}^{60}_{27}\text{Co}$ má poločas přeměny 5,27 roku a je jedním z nejpoužívanějších γ zářičů v technické praxi. O kolik procent poklesne intenzita záření za jednu pracovní směnu (8 hodin)? Za jak dlouho poklesne intenzita záření o 1‰?

$$T = 5,27 \text{ let} = 5,27 \cdot 365,25 \cdot 24 \text{ h} = 46\,200 \text{ h}, \quad t = 8 \text{ h}, \quad I = ?$$

Po osmi hodinách: $I = I_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{8}{46200}} = 0,99988 I_0$ původního výkonu \Rightarrow výkon se prakticky nezměnil.

$$\text{Dosadíme: } 0,999 I_0 = I_0 0,5^{\frac{t}{T}}$$

$$\log 0,999 = \log 0,5^{\frac{t}{T}}$$

$$\log 0,999 = \frac{t}{T} \log 0,5$$

$$t = T \frac{\log 0,999}{\log 0,5} = 46200 \frac{\log 0,999}{\log 0,5} \text{ h} = 66,7 \text{ h}$$

Během jedné směny poklesne výkon zářiče 0,99988 krát, o jedno promile se sníží za 66,7 hodin.

Shrnutí: