

Identifikace typu záření

U radioaktivního záření rozeznáváme několik druhů, jejichž vlastnosti se diametrálně liší. Jednotlivé druhy rozeznáváme podle druhu emitovaného záření. Tyto druhy radioaktivity se označují prvními třemi písmeny řecké abecedy – α , β , γ . Paprsky jsou označeny podle pořadí, v němž byly objeveny.

Záření alfa (α)

Tento typ záření vydává většina přírodně radioaktivních izotopů. Částic α se označuje jádro hélia (${}^4_2\text{He}$). Alfa částice je tedy tvořena ze dvou protonů a dvou neutronů, což znamená, že alfa částice je kladně nabitá, a to s nábojem e^{+2} . Proud těchto částic se nazývá alfa zářením. Alfa záření vzniká tak, že původní jádro ztrácí dva protony a dva neutrony. Příkladem izotopu, který generuje α záření je izotop uranu ${}^{238}\text{U}$. Nově vzniklý prvek je posunutý v periodické tabulce prvků o dvě místa doleva. Záření α silně ionizuje prostředí, kterým prochází a dá se velmi snadno odstínit, a to i např. listem papíru. Z hlediska využití je α záření nejméně důležité. α záření vzniká jen z „těžkých“ jader, navíc má malou pronikavost. Příkladem použití jsou hlásiče požárů, v medicíně použití nemá.

Záření beta (β)

U záření beta rozlišujeme dva druhy. Záření β^- je tvořeno proudem záporných elektronů e^{-1} , vznikajících v jádře radioaktivního prvku. Během beta rozpadu dochází k přeměně neutronu na proton. Nové jádro má o jednotku zvýšený kladný náboj, přičemž hmotnost jádra zůstává přibližně zachována. Nově vzniklý prvek je posunut v periodické tabulce prvků o jedno místo doprava. Druhý typ záření je označován jako β^+ a je tvořen proudem kladných pozitronů, což je antičástice k elektronu. Při záření β^+ dochází k posunutí nově vzniklého prvku v periodické tabulce o jedno místo doleva. Oproti záření α má záření β větší pronikavost. Záření β^+ se využívá v medicíně v systému PET – pozitronová emisní tomografie. V systému PET se využívá efekt anihilace elektronů za vzniku γ záření. $e^+ + e^- \rightarrow 2\gamma$. Vzniklé dvě kvanta γ záření o energii 511 keV opouští místo anihilace v protilehlých směrech (pod úhlem 180°).

Záření gama (γ)

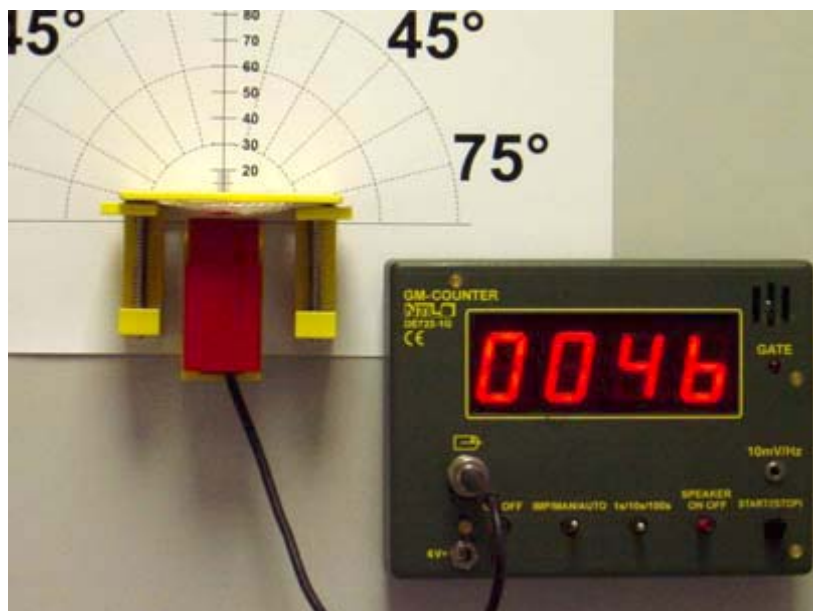
Záření γ je vysoko-energetické elektromagnetické záření. Na rozdíl od předchozích typů α a β záření nenesou γ záření žádný náboj. Neexistuje čistý přírodní γ zářič. Záření γ vzniká často spolu s α nebo β zářením při radioaktivním rozpadu jader. Dceřinné jádro, které vzniká po vyzáření α nebo β záření, se v mnoha případech nachází v excitovaném stavu. Jádro pak může přejít do stavu s nižší energií, což je doprovázeno vyzářením fotonu γ . Při vyzáření γ fotonu nevzniká jiný izotop, jádro pouze ztratí část své energie. Záření γ je velmi pronikavé,

ale méně ionizující. Odstínit se dá jen velmi silnými vrstvami kovu nebo betonu. Často se používá k podobným účelům jako rentgenové záření, protože má podobné vlastnosti. Pokud chceme získat čistý γ zářič, musí být vyroben. Pro získání čistého γ zářiče je často používán radionuklid molybdenu ^{99}Mo , který se mění β^- rozpadem s poločasem rozpadu $T_{1/2} = 2,66$ dne na izotop technecia $^{99\text{m}}\text{Tc}$ do jeho vybuzeného stavu (hladina o energii 140keV), který je metastabilní s poločasem rozpadu $T_{1/2} = 6,02$ hodin. Pokud se oddělí produkt $^{99\text{m}}\text{Tc}$ od mateřského molybdenu ^{99}Mo , získáme čistý γ zářič, který postupně vyzařuje záření γ o energii 140 keV. $^{99\text{m}}\text{Tc}$ je nejdůležitějším radionuklidem v nukleární medicíně. Představuje čistý zářič γ fotonů s krátkým poločasem rozpadu 6 hodin, což umožňuje, bez rizika významně zvýšené radiační zátěže, aplikovat pacientům značně vysokou aktivitu $^{99\text{m}}\text{Tc}$ (řádu stovek MBq až jednotek GBq) a poté využít u SPECT či dynamické scintigrafie. Při těchto vyšetřeních je radiační zátěž relativně nízká, protože není přítomno korpuskulární záření, které by se pohltilo v tkáni a odevzdalo svou energii. Naopak záření γ díky své pronikavosti většinou vylétá z organismu ven, jen část je pohlcena. Z generátoru ^{81}Rb ($T_{1/2} = 4,85$ h) se získává plynný radioaktivní krypton $^{81\text{m}}\text{Kr}$ ($T_{1/2} = 13$ s). Při vyšetření odnáší proud vzduchu vedený trubičkou přes nádobku obsahující vrstvičku mateřského radionuklidu ^{81}Rb uvolňovaný dceřinný $^{81\text{m}}\text{Kr}$, který pacient vdechuje a scintilační kamera pomocí zevní detekce záření γ zobrazuje distribuci tohoto $^{81\text{m}}\text{Kr}$ v plicích alveolech. Jedná se o ventilační scintigrafii plic. γ záření může být také použito jako účinný prostředek hubení bakterií. Této vlastnosti se využívá např. při sterilizaci lékařských nástrojů. Přestože γ záření může způsobit rakovinu, používá se při jejím léčení. Známým použitím v této oblasti je gama nůž, který využívá několika paprsků záření zaměřených na místo nádoru. V místě nádorů se paprsky protínají a jejich účinek je tak v oblasti nádoru největší a dochází k ničení zasažených buněk. V ostatních místech, kudy prochází jen jeden paprsek, je účinek menší a zdravé buňky přežijí.

Při měření se použijí následující přístroje a pomůcky:

Geiger-Mullerův počítač – magnetický úchyt	1 ks
Geiger-Mullerův čítač „INNO“	1 ks
Magnetická podložka s měřítkem, magnetická	1 ks
Montážní absorpční deska	1 ks
Set absorpčních desek	1 ks
Plynové punčošky	3 ks

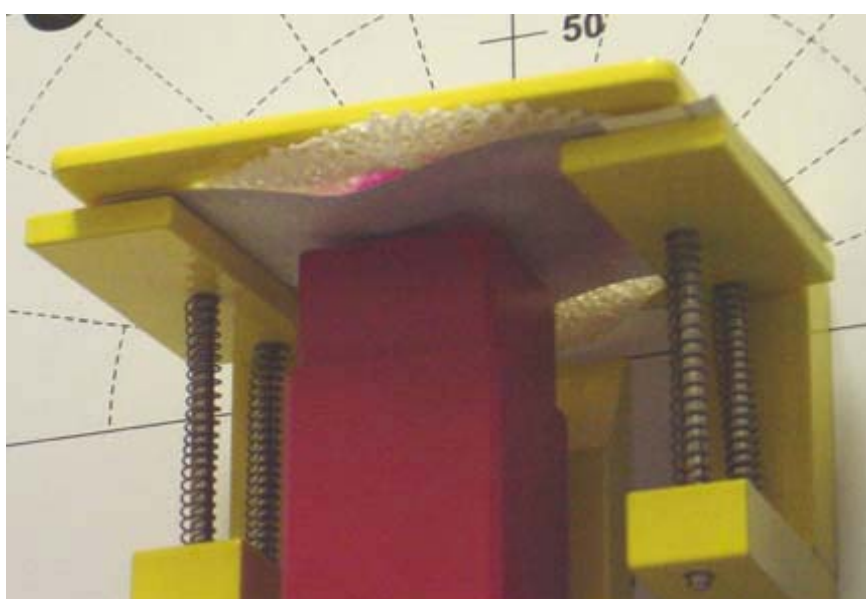
Na Obr. 1 je uvedeno experimentální uspořádání při měření různých druhů zářičů.



Obr. 1: Experimentální uspořádání při rozeznávání typů záření.

Jednotlivé typy záření mohou být zhruba rozpoznány podle jejich absorpce. Praktické testy schopnosti různých materiálů odstínit měřené typy záření vedou k následujícímu poněkud nepřesnému schématu odlišení jednotlivých typů záření. Záření α je odstíněno i pouhým kusem papíru. Záření β je odstíněno 1 cm tlustým plexisklem. Paprsky γ prochází 1 cm tlustým plexisklem. Popsané výsledky byly obdrženy měřením ^{210}Po , ^{90}Sr a ^{60}Co jako zdrojů jednotlivých typů záření. Tento postup je možné vyzkoušet na rozlišení záření ^{232}Th a jeho dceřinných produktů. ^{232}Th produkuje α a γ záření, zatímco dceřinný produkt emituje v této rozpadové řadě často β záření.

a) Identifikace α záření – stínění papírem



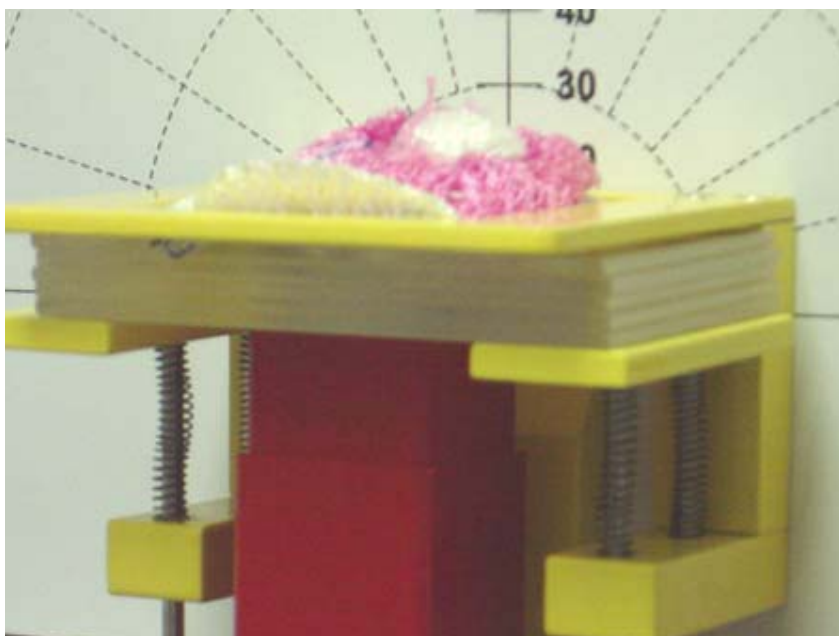
Obr. 2: Uspořádání měření při detekci α záření.

Uspořádání měření je zachyceno na Obr. 2. Mezi emisní okénko na Geiger-Mullerově trubici a plynovou punčošku je vložen papír.

Podle naměřených výsledků je možné odhadnout množství α záření v měřeném zdroji radioaktivního záření. Je potřeba uvažovat, že α záření neprojde papírem vloženým mezi měřící sondu a zdroj záření. Naměřené pulsy vztažené k měření radioaktivity okolního prostředí tedy odpovídají β nebo γ záření.

b) Identifikace β záření – stínění 1 cm plexiskla

Oproti měření provedenému v bodě a) je vložena mezi zdroj radioaktivního záření a emisní okénko snímací sondy 1 cm tlustá vrstva plexiskla. Provedení experimentu je zachyceno na Obr. 3.



Obr.3: Uspořádání měření při detekci β záření.

Podle množství naměřených pulsů se dá určit převládající typ záření. Pokud se naměřené hodnoty blíží hodnotám odpovídajícím radioaktivitě okolního prostředí, převážná část záření byla pohlcena a tudíž se jedná o β záření. Pokud je množství pulsů větší než odpovídá okolní radioaktivitě, jedná se o γ záření, které prošlo vrstvou plexiskla.

Vybrané otázky k dané problematice

- 1) Jaké typy radioaktivního záření znáte?
- 2) Jakým materiálem odstíníte jednotlivé typy záření?
- 3) Jmenujte některé aplikace pro jednotlivé druhy záření, zejména pak v medicíně?



Vznik tohoto studijního materiálu byl podpořen Evropským sociálním grantem Zvýšení kvality praktického vzdělání studentů studijního programu Biomedicínská a klinická technika (CZ.04.1.03/3.2.15.3/0444).