Radioaktivní záření, jeho druhy, detekce a základní vlastnosti

M. Gryc[1], A. Janíková[2], J. Králová[3], O. Sopuch[4])

[1] Gymnázium ALTIS Praha; mgacmichal8@gmail.com

[2]Gymnázium Brno, Křenová; annajanikova37@gmail.com

[3]SPŠ Třebíč; kralovajana208@gmail.com

[4]Masarykovo gymnázium, Příbor; ondrej.sopuch@gypri.cz

Ing. M. Tichý, CSc.; KJR FJFI ČVUT

Abstrakt:

Radioaktivní záření je téma skloňované téměř všude, ale ne všichni ví, co to vlastně je. Cílem našeho miniprojektu bylo seznámit se s tím, co je radioaktivita a radioaktivní záření obecně, poté také s jeho druhy a možnými způsoby detekce, rozsah doletu a možnosti odstínění.

1 Úvod

Radioaktivita je samovolná přeměna nestabilních jader z vyšší do nižší energetické hladiny. To je způsobeno rozpadem jádra a následnou emitací částic nesoucích uvolněnou energii a elektromagnetického záření. Proud takovýchto emitovaných částic nebo elektromagnetického záření nazýváme radioaktivním zářením. Radioaktivní záření tedy vypovídá o změně stavu atomu, kdežto ionizující záření, s nímž je často zaměňováno, vypovídá o tom, co radioaktivní záření způsobuje.

Radioaktivní záření může být částicové, kdy jsou nositeli nabité částice nebo neutrony, nebo elektromagnetické, kdy jsou nositeli fotony. Hovoříme-li o částicovém záření, obvykle se jedná buď o záření β, u nějž jsou částicemi elektrony či pozitrony, nebo o záření α, u nějž jsou částicemi jádra helia (He). Dále se také může jednat o nenabité částice – neutrony. Hovoříme-li pak o elektromagnetickém záření, jedná se záření γ, které je tvořeno proudem fotonů, nebo např. také o rentgenové záření, UV či IR. Blíže se budeme věnovat záření α a γ, které jsme používali při našich experimentech.

Pro α záření je důležité, že přebytek energie rozpadu mateřského jádra se rozdělí na hmotu α-částic, kinetickou energii α-částic a dceřiného jádra a doprovodné záření γ. Spektrum vyzařovaných enegií je pro alfa částice čarové. Znamená to, tyto částice budou mít pro dané mateřské jádro tu samou energii. Tabulkové hodnoty pro Am-241 jsou z 86 % 5 486 keV(3), s nimiž srovnáme námi naměřené hodnoty. Ze srovnání pak vyvodíme závěry o našem měření.

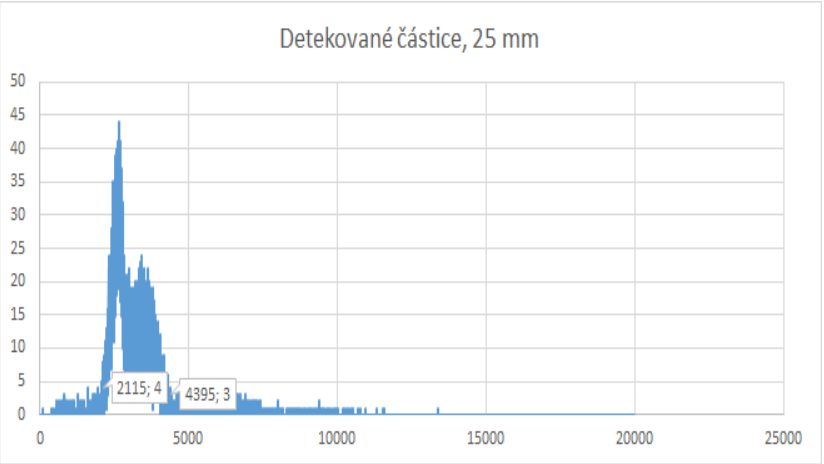
Pro γ záření je důležité, že přebytek energie mateřského jádra se vyzáří jako proud fotonů, který často doprovází α či β rozpad. Záření γ je jen velmi malou částí spektra elektromagnetického záření. Má velmi malé vlnové délky a vysoké hodnoty frekvencí.

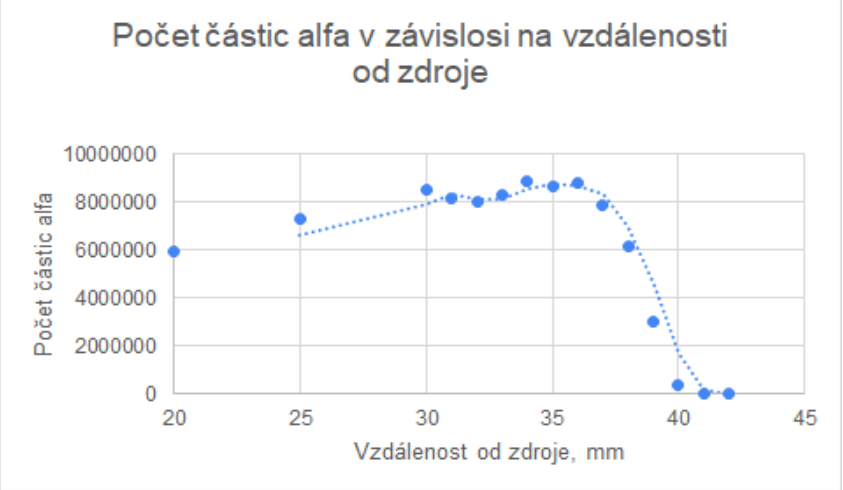
2 Měření záření α a γ

V této práci jsme se věnovali měření vlastností dvou ze základních typů záření, α emitované Am-241 a γ emitované Cs-137. V první úloze jsme měřili dolet částic alfa a v druhé jaké odstínění gama záření způsobí různé materiály.

2.1 Měření doletu částic α a jejich energie

V této úloze jsme se zabývali tím, jaký dolet mají α částice, které emituje Am-241. Na měření jsme použili polovodičový detektor. Jeho vzdálenost od zdroje jsme měnili, abychom mohli zaznamenat, jaký počet alfa částic dolétne na danou vzdálenost. Měřili jsme na vzdálenostech 20-42 mm. Na každé vzdálenosti jsme měřili 3 minuty, abychom zajistili snížení statistické odchylky způsobené pravděpodobnostním charakterem jaderného rozpadu. Po naměření nám pro každou vzdálenost vyšel graf počtu detekovaných alfa částic s jedním či dvěma vrcholy, plocha těchto vrcholů ukazuje právě počet alfa částic, se kterými následně budeme počítat. Z těchto hodnot jsme sestavili graf závislosti počtu částic na vzdálenosti.





Pro výpočet energie jsme využili Geigerův empirický vztah pro dolet částic ve vzduchu:

$R_s = 0,318E_k^{\frac{3}{2}}$ (2),

R_s…dolet, my jsme použili hodnotu 39 mm. Tato hodnota byla použita, protože počet detekovaných alfa částic odpovídal polovině maximálního naměřeného počtu.

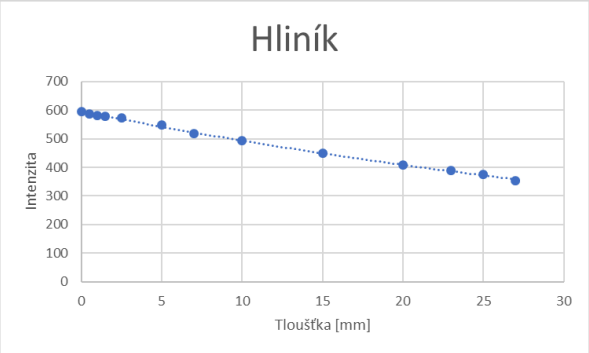
Po dosazení nám vyšla hodnota kinetické energie 5,31 MeV. Tato hodnota se od té tabelované (5,486 MeV) o 0,17 MeV liší. Tato odchylka je v porovnání s velikostí energie odpovídající statistické chybě.

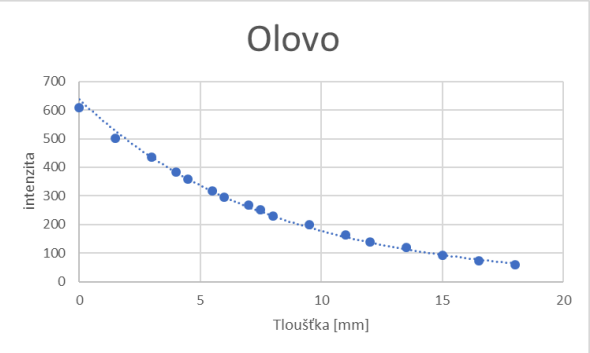
2.2 Měření odstínění γ záření různými materiály

Na určení množství γ záření z Cs-137, které proletí přes stanovený druh materiálu, jsme využili detektor scintilační detektor NaI(Tl), kombinovaný přístroj DA310 (zdroj VN, zesilovač, multikanálový analyzátor) a olověné a hliníkové destičky. Z časových důvodů jsme využili pouze jedné metody zkoumání. Nejdříve jsme instalovali destičku dané tloušťky mezi zdroj záření a detektor. Poté jsme otevřeli stínění zdroje a nechali detektor ozařovat po dobu cca 13 s. Postupně jsme navyšovali šířku destiček. Po změření všech destiček olověných jsme pokračovali s destičkami hliníkovými.

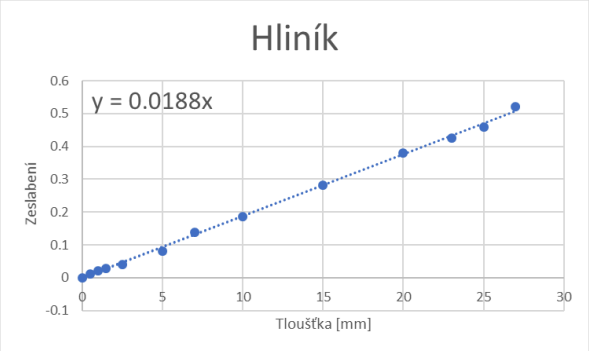
2.2.1 Výsledky

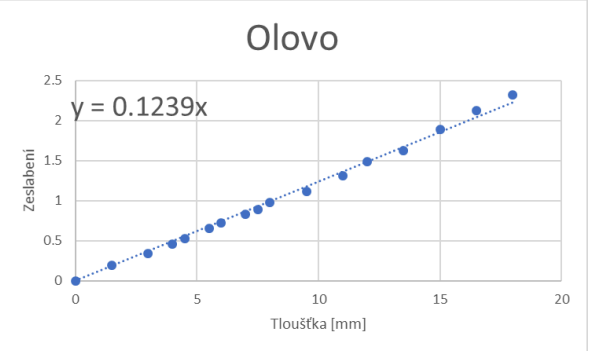
Na následujících dvou grafech lze pozorovat závislost intenzity záření γ na tloušťce daného materiálu v milimetrech. Se zvětšující se tloušťkou se zmenšuje intenzita.





Pro výpočet koeficientu zeslabení použijeme vzorec $I = I_0e^{-\mu x}$, kde I a I_0 intenzity záření γ před a za materiálem tloušťky x a lineárním koeficientem zeslabení μ. Zlogaritmováním vznikne rovnice $\ln I/I_0 = -\mu x$. Po dosazení do grafu nám hodnota trendu udá námi požadovaný koeficient zeslabení.





Koeficient zeslabení pro hliník nám vyšel 0,0188, pro olovo pak 0,1239. Ověřili jsme si, že koeficient zeslabení závisí mimo jiné na rostoucí hustotě materiálu a na velikosti jader atomu. S rostoucím koeficientem zeslabení roste i schopnost odstínění záření γ.

Prvek	naměřený koeficient	koeficient z literatury
Hliník	0,0188	0,0285
Olovo	0,1239	0,0682

3 Shrnutí

Pomocí experimentů jsme zjistili dolet α-částic vzduchem a vliv druhu a tloušťky materiálu na zeslabení až úplné odstínění γ záření. Za nepřesností našich výsledků může stát vícero faktorů. V první experimentu to může být nesprávné odečtení hodnot počtu částic z grafu. Ve druhém experimentu byla tímto faktorem zřejmě záměna jedné olověné destičky za železnou a také rozptýlení γ záření.

4 Poděkování

Děkujeme panu garantovi Ing. Miloši Tichému, CSc. za vedení této práce a umožnění měření experimentálních částí projektu na Katedře jaderných reaktorů FJFI ČVUT v Praze. Zároveň bychom chtěli poděkovat právě Katedře jaderných reaktorů za poskytnutí prostor a prostředků na provedení experimentů a zpracování dat. Dále děkujeme Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT v Praze za umožnění průběhu akce Týden vědy a zároveň všem jejich sponzorům.

5 Reference

[1] TICHÝ, Miloš. *Radioaktivní záření, jeho druhy, detekce a základní vlastnosti.* Online. Dostupné z: https://tydenvedy.fjfi.cvut.cz/napln/mp-materialy/uvod-radioaktivita.pdf. [cit. 2024-06-18].

[2] *Dosah alfa částic v látce.* Online. Dostupné z: https://physics.fjfi.cvut.cz/files/predmety/02SPRA/materialy/ZS05-alfa_spektroskopie/ZS05_navod1.pdf. [cit. 2024-06-18].

[3] KVITA, Jiří a PŘÍVARA, Radek. *Poznámky k přednášce: Detektory ionizujícího záření a ve fyzice částic (SLO/DIZX)*. Online. Dostupné z: https://jointlab.upol.cz/kvita/Poznamky_DIZFC.pdf. [cit. 2024-06-18].

[4] NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY. *X-Ray Mass Attenuation Coefficients.* Online. 2009, 17. 2. 2022. Dostupné z: https://physics.nist.gov/PhysRefData/XrayMassCoef/tab3.html.[cit. 2024-06-18].