

Radioaktivní záření, jeho druhy, detekce a základní vlastnosti

K. Pražáková, První soukromé jazykové gymnázium Hradec Králové

F. Svoboda, Gymnázium Velké Meziříčí

L. Valica, Gymnázium Varšavská, Žilina

Abstrakt:

Radioaktivní záření může být při vyšších intenzitách pro člověka zdraví škodlivé, proto je potřeba jej měřit a stínit. Prvním cílem práce bylo experimentálně zjistit dolet α částic ve vzduchu a spočítat jejich energii. Výsledek odpovídá tabulkovým hodnotám. V rámci druhého pokusu byly otestovány stínící vlastnosti vybraných materiálů (olovo, hliník, měď, ocel) a jejich kombinací. Na základě naměřených dat byly stanoveny jejich polotloušťky, jejichž hodnoty jsou mírně vyšší než hodnoty uvedené v odborné literatuře.

1 Úvod

Práce se zabývá radioaktivním zářením, konkrétně jeho vlastnostmi, zdrojem, měřením a stíněním. V prvním experimentu je cílem změřit dolet α částic ve vzduchu z různých vzdáleností a spočítat jejich kinetickou energii. V druhé úloze je měřena schopnost různých materiálů stínit radioaktivní γ záření. Je ukázáno, kolik procent záření jednotlivé materiály propustí. Pomocí teoretického exponenciálního vztahu pro zeslabení se pokusíme spočítat polotloušťku vybraných materiálů a porovnat je se známými hodnotami.

2 Radioaktivní záření

Radioaktivita je děj, při kterém se rozpadá a mění nestabilní jádro atomu. Vznikají atomy s menším protonovým číslem. Za stabilní jádra obecně považujeme jádra, u kterých platí poměr $A/Z > 2$. V přírodě se vyskytuje 250 - 290 nuklidů 92 prvků – po uran. Prvky nad uranem jsou syntetické, nazývané transurany. Největším stabilním prvkem je ^{209}Pb . Radioaktivní záření se dělí na částicové – např. protony, neutrony a elektromagnetické – fotony.

Typy záření:

o Záření α

Toto záření tvoří proud heliových jader hélia. Přebytečná energie mateřského jádra se rozdělí mezi hmotu alfa částice, kinetickou energii alfa částice a dceřiného jádra a doprovodné γ záření vzniklé deexcitací jádra, přičemž α -částice a γ záření mohou mít různou energii.

o Záření β

Tohle záření je tvořeno proudem elektronů nebo pozitronů. Má vyšší pronikavost jako alfa záření. Přebytek energie mateřského jádra je rozdělena mezi hmotu beta částice, kinetickou energii beta a neutrina a doprovodné gama záření.

o Záření γ

Záření je zprostředkováno proudem vysokoenergetických fotonů. Je tady uplatněný vlnově-korpuskulární dualismus. Z pohledu elektromagnetického záření tvoří jen malou část. Přebytek energie mateřského jádra se v tomto případě vyzáří v podobě elektromagnetického záření o vysoké frekvenci, avšak gama záření doprovází také alfa a beta rozpad.

Detektory radiace:

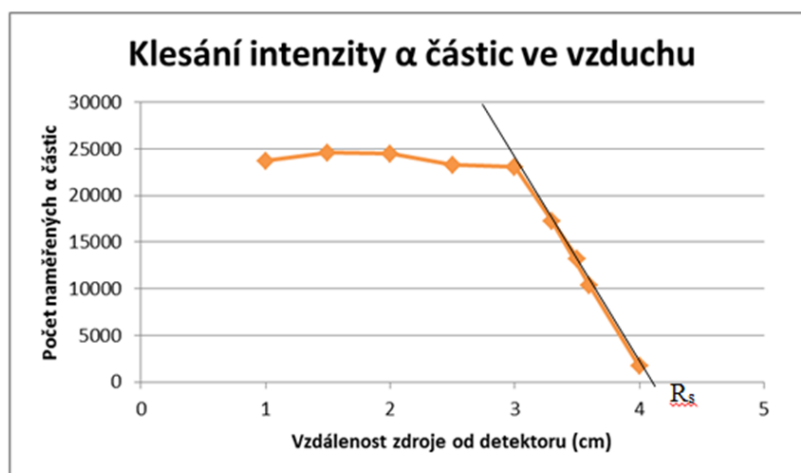
- **Plynové** – ionizace plynu a jeho vybíjení na elektrodách
- **Scintilační** – fluorescence a detekce světelného záblesku
- **Polovodičové** – „ionizace“ v pevné fázi
- **Fotografické** – chemická reakce jako při klasické fotografii
- **Kalorimetrické** – ionizace, zbrzděné elektrony ohřejí látku
- **Termoluminiscenční** – excitace elektronů do metastabilního stavu

3 Měření doletu α částic ve vzduchu

Prvním úkolem bylo změřit dolet α částic ve vzduchu. Měřilo se pomocí povrchově bariérového křemíkového polovodičového detektoru. Zdrojem záření byl izotop ^{241}Am s poločasem rozpadu 433 let. Cílem bylo změřit počet α částic, které doletěly k detektoru a nebyly zastaveny vzduchem. Měření bylo provedeno pro různé vzdálenosti mezi zdrojem a detektorem, každé po dobu 300 sekund. Detektor měřil nejenom α částice, ale celé spektrum záření. Započítávali jsme pouze část spektra, která obsahuje částice α . Ty měly v tomto případě nejvyšší energii. Naměřené hodnoty byly korigovány, aby se očistily od chyb geometrie soustavy.

$$N_{kor} = \frac{4\pi(d + s)^2}{P} N_{měř}, [d] = mm$$

Výsledky jsou zobrazeny v Grafu 1.



Graf 1 – Klesání intenzity alfa částic

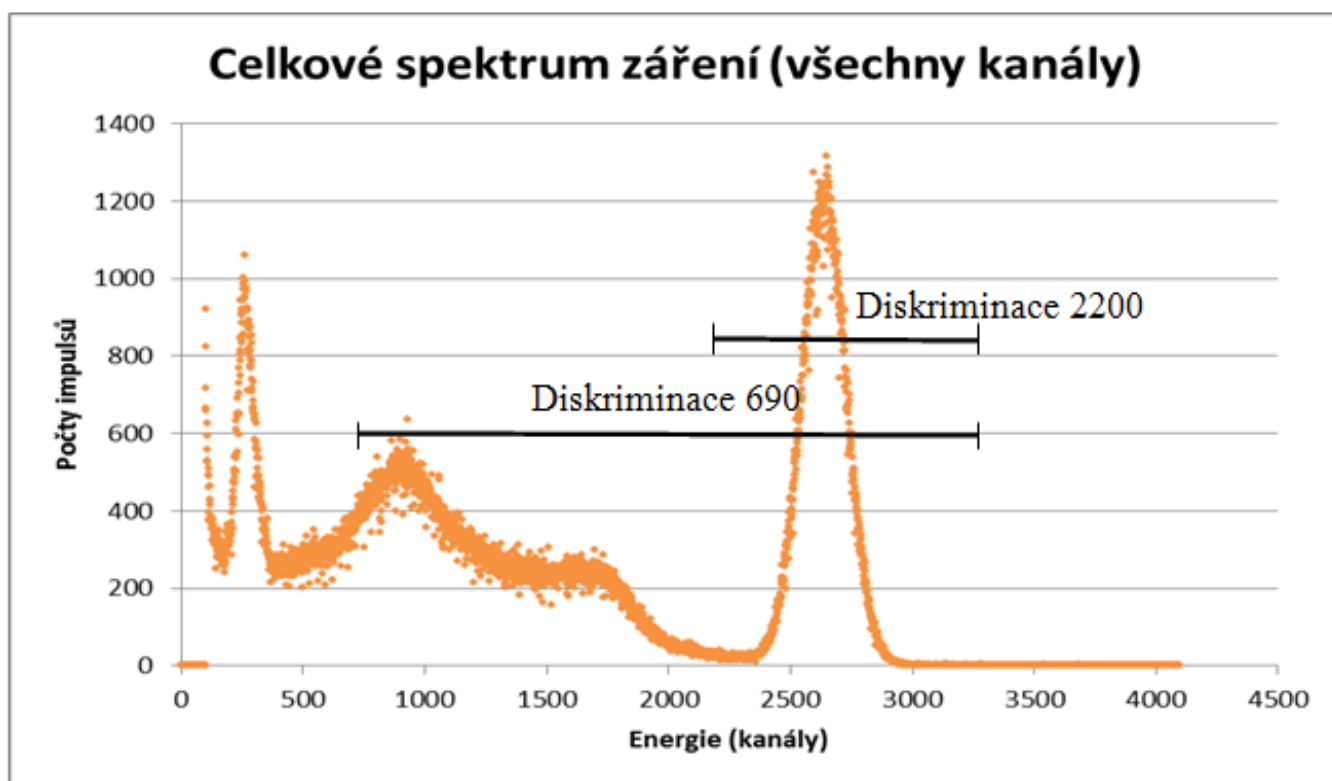
Průsečíkem osy x s přímkou jsme získali bod R_s a vzdálenost, ze které se působením vzduchu nedostanou k detektoru částice alfa. Poté mohla být pomocí Geigerova empirického vztahu:

$$R_s = 0,318 E_k^{3/2}$$

spočítána kinetická energie α částic, která vyšla 5,46 MeV. V porovnání se známou hodnotou z odborných zdrojů (5,486 MeV) vyšla poměrně přesně.

4 Stínění γ záření

Druhým úkolem bylo zjistit a porovnat, jak různé materiály stíní γ záření. Zdrojem záření bylo ^{137}Cs . K dispozici byly tabulky olova, hliníku, mědi a oceli o různých tloušťkách. Všechny měření jsme měřili 2x pro různé rozsahy energií. První měření (diskriminace 690) zahrnovalo veškeré γ záření (i to, které ztratilo energii interakcí s okolím). Druhé měření (diskriminace 2200) zahrnovalo jenom γ záření, které ze zdroje přímo doletělo na detektor. Znázorněné diskriminace a jejich rozsah ukazuje Graf 2. V Tabulce 1 je uvedeno, kolik procent záření dopadlo na detektor při stínění jednotlivými tloušťkami různých materiálů. U některých materiálů vyšlo, že materiál propustil větší hodnotu, než byla propuštěna při měření bez jakéhokoli stínění. To vzniklo tím, že detektor lépe snímá záření s nižší energií, kterou způsobilo procházení záření skrz materiál; a také nepřesností měření.



Graf 2 – Spektrum záření

Tabulka 1 – Materiály a kolik záření jimi prošlo

Materiál	Tloušťka [mm]	Nezastíněné záření (Diskriminace 690)	Nezastíněné záření (Diskriminace 2200)
žádné stínění		100.00%	100.00%
olovo	9	53.00%	47.03%
olovo	16	25.01%	22.06%
olovo	24	10.72%	9.48%
hliník	4	100.37%	94.24%
hliník	17	92.29%	77.03%
měď	3	101.88%	85.13%
měď	11	95.86%	54.42%
ocel	2.5	102.74%	86.58%
Cu (11), ocel (2.5)	13.5	81.49%	47.00%
Cu (11), ocel (2.5), Pb (24), Al (5)	42.5	5.55%	4.12%
Cu (11), ocel (2.5), Pb (24)	37.5	5.83%	4.12%
Pb (24), ocel (2.5), Cu (11)	37.5	6.85%	5.99%

Byl proveden výpočet polotlouštěk jednotlivých materiálů, (polotloušťka = veličina, která popisuje, kolik materiálu je potřeba na odstínění intenzity záření na polovinu původní hodnoty). K tomu byly použity údaje změřené u vybraných tlouštěk materiálů pro danou diskriminaci. Využit byl vzorec $I=I_0 \cdot e^{-\mu x}$. Z výsledků byl udělán aritmetický průměr a hodnoty jsou porovnány se známými hodnotami pro 2 různé energie. Porovnání je pouze orientační, protože nemůžeme určit přesnou energii. Byly totiž měřeny částice s různou energií. U hliníku vyšly odlišné hodnoty, což mohlo být způsobeno mnoha důvody. Výsledky znázorňuje Tabulka 2.

Tabulka 2 - Polotloušťka

Materiál	Průměrná polotloušťka	Tabulkové hodnoty (0,5 MeV)	Tabulkové hodnoty (1 MeV)
Olovo (690)	0.834	0.396	0.816
Olovo (2200)	0.921	0.396	0.816
Hliník (2200)	0.151	2.236	4.225

Podle experimentu bylo zjištěno, že nejlepším materiálem pro zeslabení γ záření je olovo. Také bylo ukázáno, že různé materiály zeslabují záření s různou energií. Záleží i na pořadí, jak jsou materiály seřazeny.

5 Závěr

Experimentálně byl zjištěn dolet α částic a stínící schopnosti vybraných materiálů. V prvním úkolu byl naměřen dolet α částic z izotopu ^{241}Am ve vzduchu a spočítána jejich kinetická energie. Vypočítaný výsledek 5,46 MeV odpovídal tabulkovým hodnotám 5,486 MeV. V rámci druhého pokusu byly otestovány stínící vlastnosti vybraných materiálů (olovo, hliník, měď, ocel) a jejich kombinací. Zdrojem záření bylo ^{137}Cs . Jako nejlepší stínící materiál se ukázalo olovo. Údaje o stínění pomocí všech materiálů pro různé diskriminace jsou uvedeny v Tabulce 1. Na základě

naměřených dat byly stanoveny polotloušťky vybraných materiálů, jejichž hodnoty byly mírně vyšší než hodnoty uvedené v odborné literatuře. Spočítané hodnoty polotlouštěk jsou v Tabulce 2.

Poděkování

Chtěli bychom poděkovat našemu supervisorovi projektu Ing. Ondřeji Novákovi za vedení naší práce a za cenné rady. Také bychom chtěli poděkovat celému organizačnímu týmu Týdne vědy v čele s Ing. Vojtěchem Svobodou, CSc. a Vojtěchem Fišerem.

Reference:

- [1] GERDNT, J. - PRŮŠA P.: Detektory ionizujícího záření, skripta České vysoké učení technické, 2011
- [2] NOVÁK O.: Radioaktivní záření, jeho druhy, detekce a základní vlastnosti, prezentace (prezentace určená pro užití na tomto projektu)
- [3] Polotloušťky různých látek. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2017-06-20]