

Radioaktivní záření, jeho druhy, detekce a základní vlastnosti

E. Durstová*, K. Kamenářová**, K. Navrátilová***,
S. Velichová****

*Gymnázium, nám. Odboje 304, 544 01 Dvůr Králové nad Labem
edurstova@gmail.com

**Gymnázium a JŠ s právem státní jazykové zkoušky Zlín, nám. T. G.
Masaryka 2734-9, 760 01 Zlín
kristyna.kam@seznam.cz

***První soukromé jazykové gymnázium v Hradci Králové,
Brandlova 875, 500 03 Hradec Králové
navratilkata@gmail.com

**** První soukromé jazykové gymnázium v Hradci Králové,
Brandlova 875, 500 03 Hradec Králové
simona.velichova@gmail.com

Abstrakt:

V našem projektu jsme zkoumaly dolet částic alfa ve vzduchu v různých vzdálenostech a zeslabení záření gama prostřednictvím rozličných materiálů.

1 Úvod

Radioaktivní záření je důsledkem aktivity/přeměny jádra. Tento proces z velké části závisí na pravděpodobnosti, která přímo souvisí se stabilitou či nestabilitou jádra. Atomové jádro se skládá z kladného protonu a neutrálního neutronu, kde působí dvě fundamentální síly – elektromagnetická a silná jaderná interakce. Zatímco elektromagnetická síla disponuje nižší silou a delším rozsahem, silná jaderná přesně naopak – působí s větší intenzitou, ale na krátké vzdálenosti.

Cílem prvního úkolu bylo změření doletu alfa částic a ověření jejich počáteční kinetické energie. Cílem druhého úkolu bylo porovnat schopnost různých materiálů zeslabit gama záření a ověřit teoretický exponenciální vztah pro zeslabení, dále stanovit koeficient zeslabení a porovnat ho s hodnotami uvedenými v literatuře.

2 Pokusy

Pokus č. 1: Měření doletu alfa částice ve vzduchu

Záření alfa je proud kladně nabitých letících jader helia. V Úloze č. 1 jsme měly za cíl změřit dolet alfa částic a ověřit počáteční energii. Jako zdroj jsme k měření využily Am^{241} , dále jsme potřebovaly povrchově bariérový křemíkový polovodičový detektor, předzesilovač s napájením, amplitudový analyzátor a multikanálový analyzátor PHYWE zapojený na notebook s programem Measure. Při měření jsme počítaly s tím, že počet alfa částic v závislosti na vzdálenosti od zdroje je úměrný ploše píku v multikanálovém analyzátoru. [1,2]

Korigovanou četnost píků vypočítáme pomocí vztahu:

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

- d [mm] – vzdálenost detektor – zdroj
- s [mm] – zapuštění detektoru (=2,5 mm)
- P [mm²] – plocha detektoru (=6 mm²)
- $N_{měř}$ – počet částic, které doletí na detektor

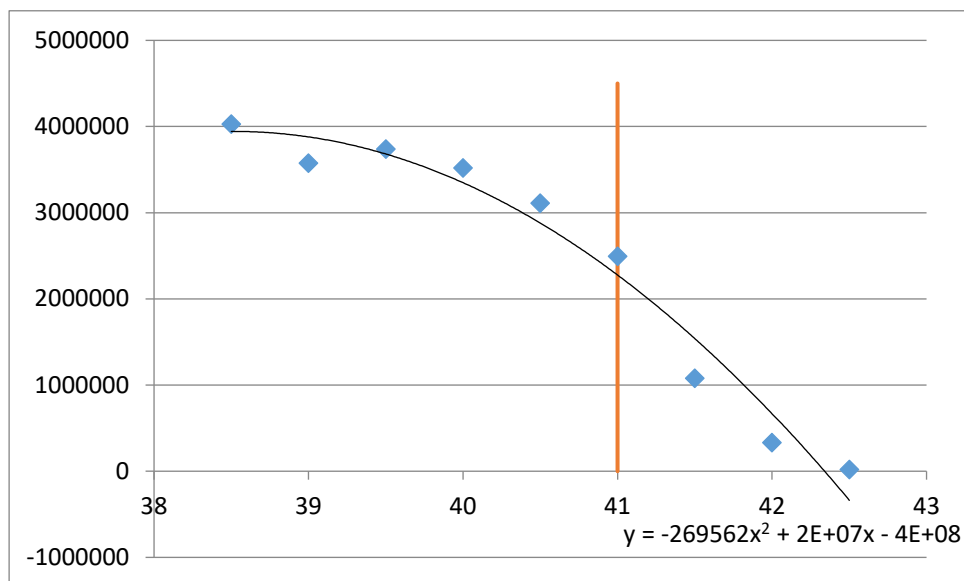
Tento vztah koriguje naměřené četnosti se vzdáleností se zmenšující se úhel, pod kterým detektor vidí“ zdroj.

Měření jsme začínaly na vzdálenosti 32,5 mm. Ze začátku jsme navyšovaly vzdálenost vždy o jeden milimetr, později pouze o půl milimetru. Výsledky měření a korekce jsou v Tabulce 1 a Grafu 1.

Tabulka 1: Naměřené a korigované hodnoty četností

Vzdálenost - nastavená [mm]	Vzdálenost - skutečná [mm]	$N_{měř}$	N_{kor}
30	32.5	2240	4955339
31	33.5	2096	4779452
32	34.5	1183	2778087
33	35.5	1774	4286708
34	36.5	1744	4332926
35.5	38	1584	4097139
35	37.5	1653	4219355
36.5	39	1346	3573153
36	38.5	1537	4027880
37.5	40	1292	3517746
37	39.5	1390	3737265
38	40.5	1128	3109611
38.5	41	893	2492168
39	41.5	381	1076255
39.5	42	116	331626.5
40	42.5	6	17357.3

V Tabulce č. 1 jsou obsaženy vypočítané a naměřené hodnoty, týkající se korigované četnosti píků.



Graf 1: Závislost počtu alfa částic na vzdálenosti detektoru od zdroje

Z Grafu 1 vyplývá, že dolet alfa částic ve vzduchu je 41 mm. Dále jsme pomocí Geigerova vztahu určily počáteční kinetickou energii alfa částic ze zdroje:

$$R_S = 0,318E_{k0}^{3/2}$$

- R_S – dolet alfa částice

S tímto vzorcem a výpočty jsme došli k výsledku 5,42 MeV.

Pokus č. 2: Měření zeslabovacího koeficientu záření gama na různých materiálech

Teorie a cíl úkolu

Gama je vysokofrekvenční typ elektromagnetického záření neboli proud fotonů. Tyto částice se pohybují rychlostí světla, mají nulovou klidovou hmotnost a jsou elektricky neutrální. Pro tento typ záření je ze zmíněných důvodů charakteristická vysoká pronikavost. Ve srovnání se zářením alfa, které lze odstínit pouhým listem papíru, potřebujeme v tomto případě velmi silné štíty, jako jsou slitiny kovů s velkou hustotou, například olovo. Čím vyšší hustota a tloušťka štítu, tím více a lépe je záření odstíněno. Průchod gama záření materiálem popisuje exponenciální funkce s parametrem zeslabení (značka μ). [1]

Právě otázkou pronikavosti a možnosti odstínění gama záření jsme se zabývaly v tomto úkolu. Cílem měření bylo porovnat schopnost různých materiálů zeslabit gama záření a ověřit teoretický exponenciální vztah pro zeslabení. Dále stanovit koeficient zeslabení a porovnat ho s hodnotami uvedenými v literatuře.

Metodika

Pro měření jsme použily multikanálový analyzátor DA304 s počítačem, držák na stínící destičky a destičky z hliníku (značka Al), mědi (značka Cu) a olova (značka Pb) o tloušťkách od 0,5-10,5 mm a nakonec Cs¹³⁷ jako zářič. [2]

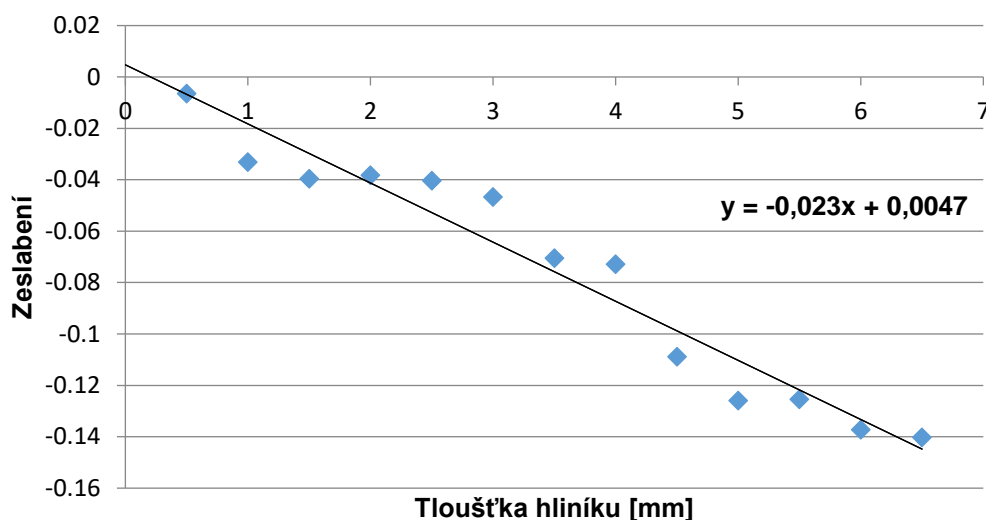
Postup měření

Do přístroje byl vložen zdroj Cs^{137} . Ten emitoval gama záření, které bylo z bezpečnostních důvodů částečně stíněno olovem a vedeno přímo ke štěrbině, za kterou se nacházel detektor. Některé fotony byly pohlceny, jinde gama záření prošlo. Postupným vrstvením tenkých plátů třech různých kovů mezi zdrojem a detektorem, konkrétně hliníku, mědi a olova, se snižovala intenzita prošlého gama záření. Pro každý použitý kov jsme tímto způsobem získaly stupnici závislosti stínění na tloušťce materiálu.

Aritmetický průměr naměřených hodnot různých tlouštěk materiálů byl vydělen aritmetickým průměrem naměřené hodnoty četnosti bez média, tím se rozumí nulové stínění. Poměr těchto dvou hodnot byl následně zlogaritmován a výsledná hodnota byla vnesena do grafu v závislosti na tloušťce materiálu. Změřené výsledné hodnoty jsme proložily trendovou spojnici. Směrnice trendu je lineární zeslabovací koeficient μ .

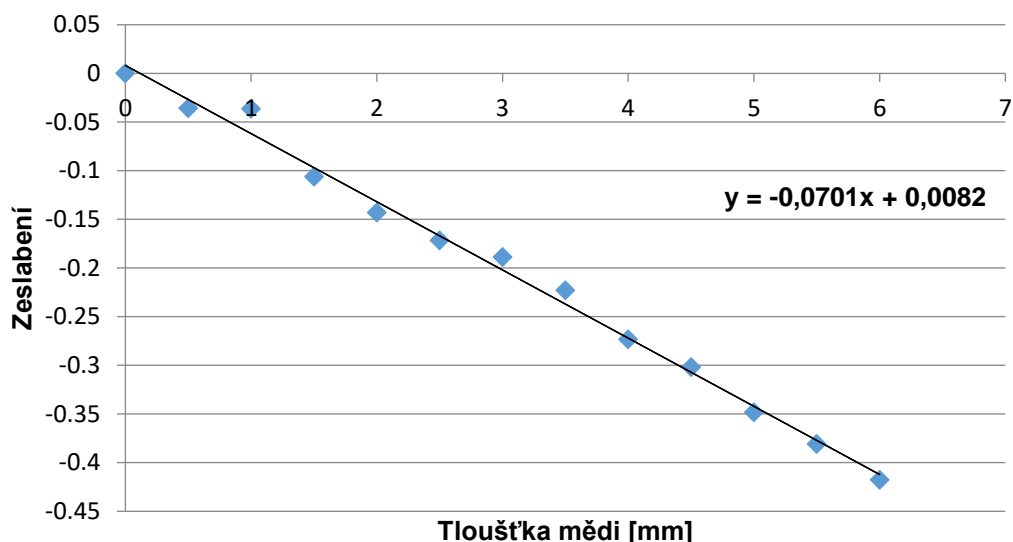
Výsledky

Všechny tři grafy použité níže zobrazují závislost zeslabení gama záření na tloušťce použitého materiálu. Lineární koeficient zeslabení poté určuje hodnota směrnice trendu.



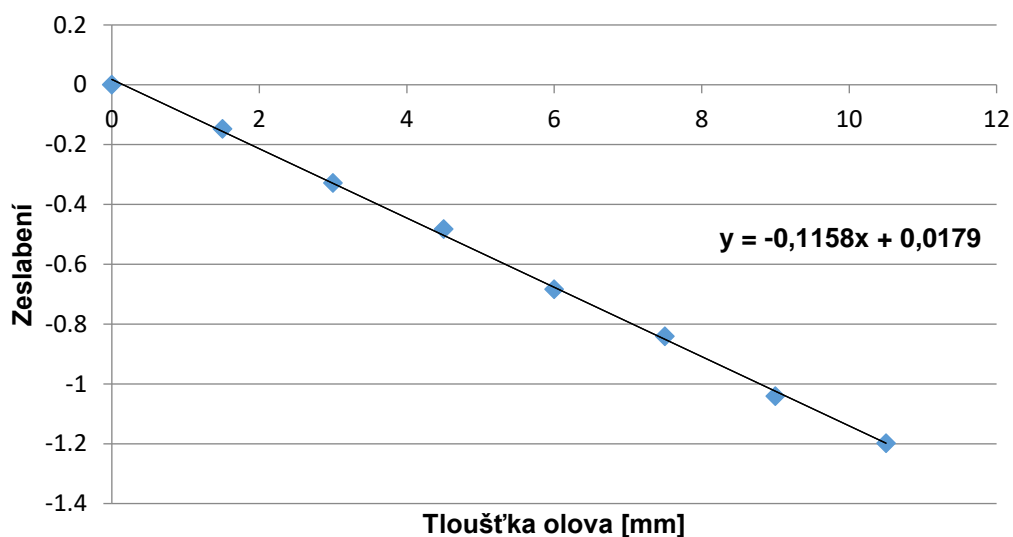
Graf 2: Zeslabení gama záření za použití hliněných destiček

Jak můžeme vidět v prvním grafu, hodnota lineárního zeslabovacího koeficientu je 0,023.



Graf 3: Zeslabení gama záření za použití měděných destiček

Z druhého grafu bylo zjištěno, že hodnota lineárního zeslabovacího koeficientu je v tomto případě 0,0701.



Graf 4: Zeslabení gama záření za použití olověných destiček

Třetí graf zobrazuje hodnotu lineárního zeslabovacího koeficientu 0,1158.

Po ukončení našeho měření jsme vyhledaly hodnoty lineárního zeslabovacího koeficientu uvedených v literatuře [5] pro energie gama z Cs^{137} (662 keV) a porovnali je s hodnotami, jež jsme naměřily při experimentu.

Tabulka 2 : Porovnání hodnot uvedených v literatuře s naměřenými hodnotami [3]

Materiál	μ [mm^{-1}]	μ_0 [mm^{-1}]
Hliník (Al)	0,0261	0,023
Měď (Cu)	0,0618	0,0701
Olovo (Pb)	0,6376	0,1158

Pro hliník jsme naměřily hodnotu $0,023 \text{ mm}^{-1}$, pro měď $0,0701 \text{ mm}^{-1}$ a pro olovo $0,1158 \text{ mm}^{-1}$. Tyto hodnoty se liší od těch tabulkových zejména kvůli chybám v měření, které jsou hlavně způsobeny rozptýleným gama zářením.

3 Shrnutí

Při prvním pokusu jsme měřením došly k hodnotám zobrazených v Tabulce 1, které se vztahují k doletu alfa částic. Dále jsme vypočítaly počáteční kinetickou energii, jejíž hodnota je $E_{k0} = 5,42 \text{ MeV}$. Pokud tuto hodnotu porovnáme s hodnotou energie z odborné literatury [4] - $E_{k0} = 5,48 \text{ MeV}$ – tak můžeme říci, že výsledky měření byly přesné. [4]

Ve druhém úkolu byla porovnána schopnost třech různých materiálů zeslabit záření gama a zároveň byl ověřen teoretický vztah pro zeslabení. Odchylky od hodnot z literatury jsou relativně malé, vzhledem k jednoduchému použitému vybavení.

4 Poděkování

Naše poděkování patří hlavně panu Ing. Miloši Tichému CSc., vedoucímu našeho miniprojektu, za předání znalostí a informací, které byly klíčové k vypracování této práce.

Další dík přísluší organizátorům akce Týdne vědy na Jaderce za příležitost podívat se do odborných pracovišť a vyzkoušet si práci vědce.

Reference:

[1] - TICHÝ M. Radioaktivní záření, jeho druhy, detekce a základní vlastnosti, 2018

[2] – TICHÝ M. Návody k laborkám, 2019

[3] - SEDLÁČEK, Michal. *Detekce záření ZS 2018/19*. Praha, 2018. FJFI.

[4] – NCRP Report No.58, 2nd Edition, February 1985 [cit 12. Jan. 2019]

[5] - Attenuation of Gamma Radiation from ^{60}Co , ^{137}Cs , ^{192}Ir , and ^{226}Ra in Various Materials Used in Radiotherapy [online]. Dostupné z: <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.3109/02841866509133082>