

# Radioaktivní záření, jeho druhy, detekce a základní druhy

B. Baštářová\*, P. Kubička\*\*, D. Mikuš\*\*\*

\* Gymnázium Blovice, Družstevní 650, 336 13 Blovice  
barullinka2@gmail.com

\*\* SPŠSE Dukelská 260/13, 370 01 České Budějovice  
pkznak@seznam.cz

\*\*\* Bilingválne gymnázium M. Hodžu, J. A. Komenského  
215/10, 038 52 Sučany, mikusdario@gmail.com

Ing. Miloš Tichý, CSc. – milos.tichy@fjfi.cvut.cz

## Abstrakt:

Měřili jsme dolet záření alfa a zeslabení záření gama. Naměřené hodnoty zhruba odpovídají hodnotám v literatuře.

## 1. Úvod

### Radioaktivní záření

Samotné záření můžeme rozdělit do dvou skupin – částicové a elektromagnetické. Mezi částicové záření řadíme záření alfa – proud letících heliových jader (2 protony, 2 neutrony). Elektromagnetické záření je gama – proud letících fotonů. Je specifické různou vlnovou délkou – nepřímo úměrná frekvenci.

	Vlnová délka [m]	Frekvence [Hz]
Radiovlny	$10^3$	$10^4$
Mikrovlny	$10^{-2}$	$10^8$
IR	$10^{-5}$	$10^{12}$
Viditelné světlo	$0,5 * 10^{-6}$	$10^{15}$
UV	$10^{-8}$	$10^{16}$
RTG	$10^{-10}$	$10^{18}$
Gama	$10^{-12}$	$10^{20}$

Tabulka 1: Elektromagnetické spektrum

Jednotlivé záření se liší podle toho, jaký materiál je dokáže pohltit. Pro alfa záření stačí pouze list papíru, aby částice byly pohlceny. Gama záření zcela pohltit nelze, díky svému exponenciálnímu úbytku. Množství tohoto záření bude nekonečně malé.

K měření spekter daných částic se užívají detektory – plynový (ionizace – z neutrální molekuly nebo atomu se stává iont), scintilační (elektrony z gama záření nebo beta záření excitují elektrony z obalu atomu scintilátoru), polovodičový (probíhá ionizace v pevné látce; tento detektor byl použitý v praktickém cvičení).

Základní jednotkou času rozpadu je becquerel (Bq) – jeden rozpad za 1 sekundu. Druhou jednotkou času rozpadu je Curie ( $1\text{Ci} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$ ) – jednotka používána ve Spojených státech amerických.

## 2. Experimenty

### Dolet částic Alfa

#### Základní pojmy a vztahy

V našem experimentu jsme se soustředili na dolet alfa částic Americia<sup>241</sup>.

Ve vzduchu je dolet alfa částic několik centimetrů, v pevné látce několik milimetrů a ve vakuu doletí nekonečně daleko. Po rozpadu mateřského jádra se rozdělí na dvě části – alfa částice případně na gama kvantum (pouze v případě pokud se dceřiné jádro rozhodne být v excitovaném stavu) a dceřiné jádro. Z reakce vylétají dceřiné jádra a alfa částice s kinetickou energií nepřímo úměrnou jejich hmotnosti, a doprovodné záření  $\gamma$ . Bylo zjištěno, že počet alfa částic se nemění až do určité vzdálenosti, za níž již žádné alfa částice se nevyskytují – této vzdálenosti se říká dolet. Dolet alfa částic souvisí s Geigerovým vztahem:

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

$R_s$  - dolet - vzdálenost, na které se všechny částice alfa zastavili

#### Postup měření

Naše měření můžeme rozdělit na několik kroků. V prvním řadě, je důležité najít vzdálenost, na které částice alfa zastavila. Pomocí detektoru byla postupně zvětšována vzdálenost mezi zdrojem (Americiem) a detektorem. Na obrazovce počítače se zobrazovalo amplitudové spektrum – závislost četnosti impulzů na jejich amplitudě. Byl změřen počet impulzů (alfa částic) za dobu 300 sekund. Po konci každého měření byla zvětšena vzdálenost mezi detektorem a zdrojem, abychom bylo možné najít takovou vzdálenost, kde impulzy jsou už minimální, resp. nejsou. Následně bylo pomocí počítače a programu „Measure“ zjištěna celková plocha píku, resp. integrálu. Naměřené intenzity (plochy píku) byly zkorigovány na geometrii zdroj-detektor a normalizovány pomocí vzorce:

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

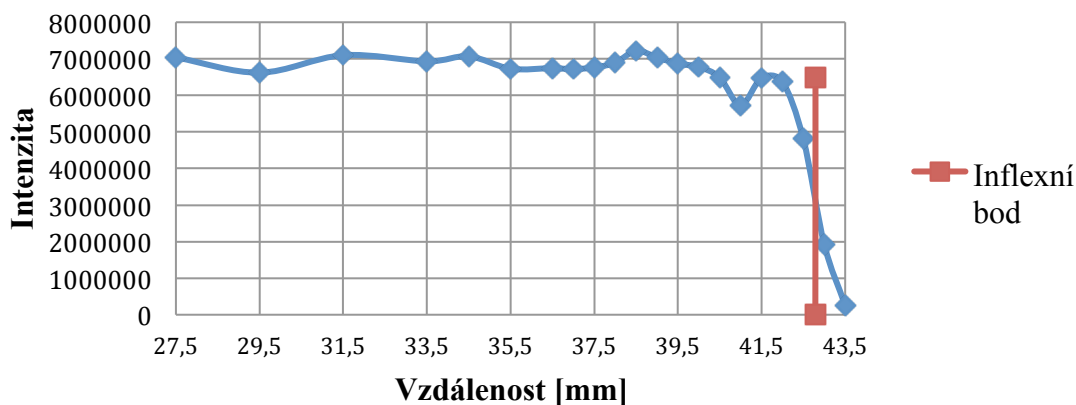
d - vzdálenost detektoru

s - zapuštění detektoru (2,5mm)

P - plocha detektoru

Ze získaných hodnot byl vytvořen graf intenzity od vzdálenosti od zdroje. Body byly pak proloženy polynomem a byla odečtena poloha inflexního bodu (extrapolovaný průsečík s osou-x) = dolet. Energie byla spočítána pomocí Geigerova empirického vztahu pro dolet ve vzduchu:  $R_s = 0,318E_k^{3/2}$ . Na závěr byla porovnávána energie alfa částic naměřenou s energií alfa částic z literatury.

## Intenzita ; Vzdálenost



Graf 1: Intenzita/Vzdálenost

### Použité přístroje a materiály

V našem experimentu bylo použito Americium <sup>241</sup> a polovodičový křemíkový detektor. Na zpracování výsledků byl použit program „Measure“. Následně na zhotovení grafů, tabulek a informací byl použit program Microsoft Excel.

### Metody a postup

Pro co možno nejsprávnější detekci alfa částic byl použit detektor se škálou a kolečkem, které za každé potočení okolo své osy vzdálilo detektor od Americia o 1 milimetr. Pro nalezení inflexního bodu byla použita kolmice na x-ovou osu a postupně byla posouvána blíže k pravému rohu, dokud nebyl nalezen bod, ve kterém se tato kolmice střetává s inflexním bodem a zde byla odečtena hodnota inflexního bodu, resp. vzdálenost doletu alfa částic.

### Výsledky

Z grafu 1 vyplývá, že dolet alfa částic je přibližně 40 mm. Tomu odpovídá podle Geigerovo vztahu energie  $E_K = 5,66$  MeV. V porovnání s literaturou je rozdíl jen 0,2 MeV. [<https://en.wikipedia.org/wiki/Americium-241>]

### Zeslabení $\gamma$ záření

#### Základní pojmy a vztahy

Každé záření můžeme téměř pohlit různými materiály. V našem experimentu jsme se soustředili na pohlcení gama záření pomocí hliníkových (Aluminium) destiček různé tloušťky a olověných (Plumbum) destiček opět různé tloušťky. Při průchodu gama záření hmotou klesá jeho hodnota exponenciálně.

$$I = I_0(t, E_\gamma)e^{-\mu t}$$

$\mu$  - koeficient zeslabení

$t$  – tloušťka materiálu

## Postup měření

Destičky z různých materiálů (Aluminium, Plumbum) a tloušťky byly umístovány na podstavec před gama zářič. Postupným přidáváním destiček bylo dosaženo k postupnému pohlcení částic gama.

## Vytvoření grafů

Výsledky měření byly přeneseny do Excelu. Aritmetické průměry četností (počet impulzů za sekundu) gama částic při různých tloušťkách byly poděleny aritmetickým průměrem četností odpovídající nestíněnému zdroji. Z těchto podílů byl vypočten logaritmus. Tyto hodnoty byly následně přeneseny do grafů.

$$\log \frac{I_0}{I} = \text{tloušťka destičky}$$

$I_0$  – aritmetický průměr s žádnou destičkou

$I$  – aritmetický průměr jednotlivých tlouštěk destiček

Naměřené hodnoty byly proloženy přímkou – trendová spojnice, což nám udává koeficient zeslabení  $\mu$ .

## Použité přístroje a materiály

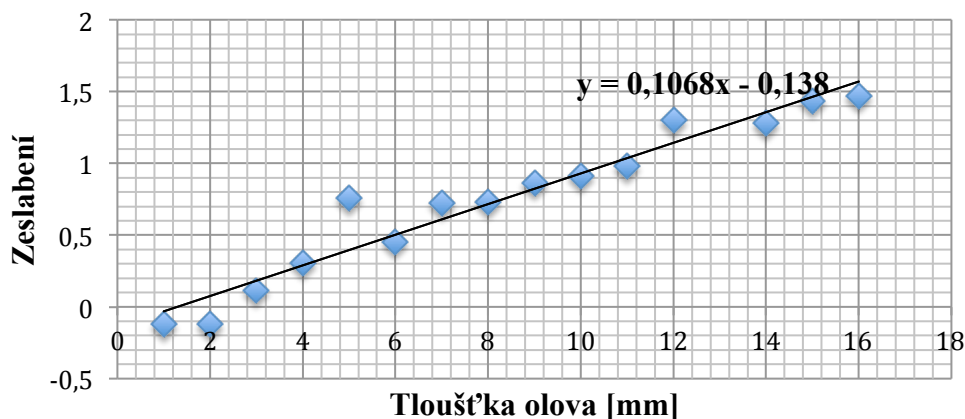
V našem experimentu byl použit jako zdroj gama záření prvek  $\text{Cs}^{137}$  (energie gamakvant je 663 keV). Na zjištění prošlého gama záření byl použit scintilační detektor NaI (Thallium). Na zesilování gama záření byl použit kombinovaný přístroj DA310 (zdroj VN, zesilovač, multikanálový analyzátor). Destičky byly vyrobeny z Aluminiuma (1 – 10 mm) a Plumbia (1,5 – 13,1 mm).

## Výsledky

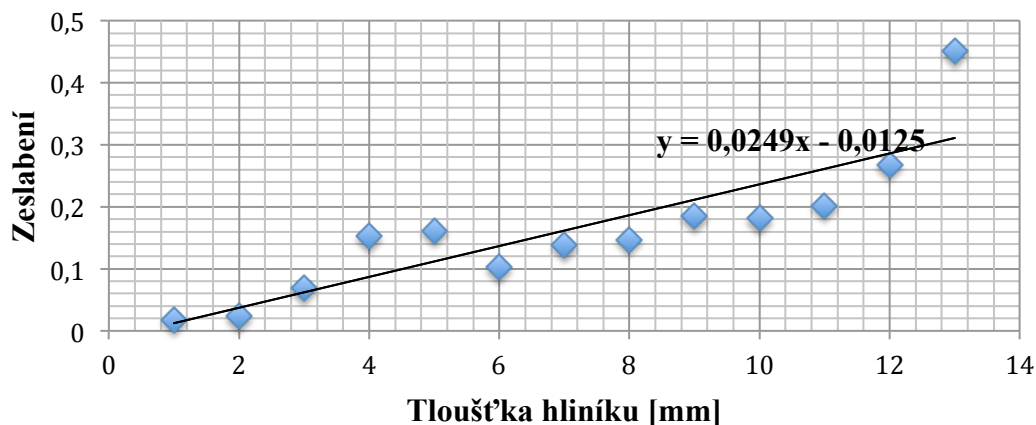
V našem experimentu jsme se snažili dokázat, že různé materiály mají různé schopnosti pohlcovat gama záření. Pro Aluminium jsme změřili, že koeficient zeslabení  $\mu$  je  $0,025 \text{ mm}^{-1}$  a pro Plumbum  $0,107 \text{ mm}^{-1}$ . V našem měření se vyskytly chyby, které jsou způsobeny chybami měření, okolním zářením a vnějšími vlivy.

Literatura: hliník:  $0,021 \text{ mm}^{-1}$ , olovo  $0,129 \text{ mm}^{-1}$

[<http://physics.nist.gov/PhysRefData/XrayMassCoef/tab3.html>]



Graf 2: Oslabení gama záření pomocí olověných destiček



Graf 3: Oslabení gama záření pomocí hliníkových destiček

### 3. Shrnutí

V rámci našeho experimentu se nám podařilo změřit dolet alfa částic a stínění gama částic, který odpovídá informacím z literatury.

### 4. Poděkování

V první řadě bychom rádi poděkovali našemu vedoucímu miniprojektu panu Ing. Milošovi Tichému CSc. za pomoc při získávání spousty dat, za předání mnoho vědomostí v oblasti radiačního záření.

Dále bychom chtěli poděkovat organizátorům akce Týden vědy na Jaderce 2018 (20. ročník) za možnost nahlédnout do světa vědců a badatelů, možnost se zapojit do výzkum na výzkumných pracovištích. Tato možnost byla umožněna z univerzity ČVUT fakulty jaderná a fyzikálně inženýrská (FJFI).

Dále chceme poděkovat týmu organizátorů soutěže CASCADE, bez kterých náš tým nebyl kompletní.

### 5. Reference

- [1] Ing. TICHÝ M. CSc. *Radioaktivní záření, jeho druhy, detekce a základní vlastnosti*, 2018
- [2] <https://cs.wikipedia.org/wiki/Ionizace>
- [3] Gerndt, J., Průša P. : *Detektory ionizujícího záření, skripta České vysoké učení technické*, 2011
- [4] Musílek, L., *Dozimetrie neutronů*, skripta CVUT, 1998, Bodansky David, Nuclear Energy, Springer, New York, 2010
- [5] Cerny Jopseph (ed.): *Nuclear Spectroscopy and Reactions*, Academic Press N.Y. & London 1974
- [6] RNDr. Vojtěch Ullmann, *Jaderná a radiační fyzika, nukleární medicína*, <http://astronuklfyzika.cz/>
- [7] Miglierini Marcel, *Jadrová a neutráonová fyzika*, přednáška, Bratislava 2011