

# 1 Úkol

1. Proveďte energetickou kalibraci  $\alpha$ -spektrometru a určete jeho rozlišení.
2. Určete absolutní aktivitu kalibračního radioizotopu  $^{241}\text{Am}$ .
3. Změřte závislost ionizační ztráty  $\alpha$ -částic ve vzduchu při normálním tlaku  $-dT/dx = f(t)$ . Srovnajte tuto závislost se závislostí získanou pomocí empirické formule pro dolet  $\alpha$ -částic ve vzduchu za normálních podmínek.
4. Určete energie  $\alpha$ -částic vzletujících ze vzorku obsahující izotop  $^{239}\text{Pu}$  a příměs izotopu  $^{238}\text{Pu}$  a porovnejte je s tabelovými hodnotami. Stanovte relativní zastoupení izotopu  $^{238}\text{Pu}$  ve vzorku s přesností lepší než 10 %, jsou-li  $T_{1/2}(^{238}\text{Pu})=81.71 \text{ yr}$  a  $T_{1/2}(^{239}\text{Pu})=24.13 \cdot 10^3 \text{ yr}$ .

## 2 Teoretický úvod

### 2.1 $\alpha$ -záření

$\alpha$ -záření je typ radioaktivního záření, které je tvořené kladně nabitými heliovými jádry. Pochází zejména z rozpadu těžkých prvků, jako je Am a Pu.

### 2.2 Rozlišení spektrometru

Rozlišení spektrometru udává jeho schopnost rozlišit dvě různé energetické hodnoty. Podrobnější informace jsou v [1]. Jeho hodnota je dána vztahem

$$\Gamma = 2\sigma\sqrt{2\ln 2} \quad (1)$$

### 2.3 Aktivita

Aktivita zářiče je dána vztahem

$$A = \frac{dN}{dt}. \quad (2)$$

Pokud předpokládáme, že se aktivita vzorku po celou dobu měření nemění, můžeme tento vztah zjednodušit na

$$A = \frac{\Delta A}{\Delta t}. \quad (3)$$

Tento předpoklad je dobře splněn, pokud je doba měření výrazně nižší než poločas rozpadu, což je jak u Am, tak i Pu splněno dostatečně.

## 2.4 Braggova křivka

Braggova křivka je definována předpisem

$$h(x) = -\frac{dT}{dx} \quad (4)$$

## 2.5 Poměr izotopů

Poměr izotopů zastoupených ve vzorku získáme jednoduše za pomoci upravení rozpadové rovnice

$$P = \frac{X_1}{X_2} \frac{1 - e^{\frac{t \ln 2}{T_{2,1/2}}}}{1 - e^{\frac{t \ln 2}{T_{1,1/2}}}}, \quad (5)$$

kde  $X_i$  je počet interakcí s detektorem naměřených pro určitý izotop za dobu  $t$ , přičemž izotom má poločas rozpadu  $T_{i,1/2}$

# 3 Měření

## 3.1 Kalibrace

Za pomoci známé energie  $\alpha$ -částic radioizotopu Am jsme provedli kalibraci spektrometru. Naměřené hodnoty jsou v prvním řádku tabulky 1. Z hodnoty pološířky a vztahu 1 jsem stanovil rozlišení spektrometru na

$$\Gamma = 0.3\text{keV}. \quad (6)$$

## 3.2 Aktivita vzorku

Plocha histogramu odpovídá počtu interakcí na detektoru za dobu měření. Naše měření trvalo 500 sekund. Detektor měl tvar kruhu o průměru

$$d = 1.123 \pm 0.005\text{cm} \quad (7)$$

a byl ve vzdálenosti

$$x = 3.0 \pm 0.1\text{cm} \quad (8)$$

od vzorku. Vzorek považujeme za bodový a detektor můžeme aproximovat kulovou úsečí. Pro absolutní aktivitu pak získáme vztah

$$A = \frac{N}{t} = 4\pi \frac{N_m}{\Omega_d t} = 16x \frac{N_m}{d^2 t}, \quad (9)$$

což dá po dosazení naměřených hodnot

$$A = 367000 \pm 1000\text{s}^{-1} \quad (10)$$

| $p/\text{bar}$ | $E/\text{keV}$ | FHHM   | $S$   | backg | NET C/S | ERR  |
|----------------|----------------|--------|-------|-------|---------|------|
| 0.0            | 5485.73        | 28.23  | 48132 | 162   | 96.264  | 0.46 |
| 0.1            | 5241.00        | 39.71  | 47925 | 240   | 95.850  | 0.46 |
| 0.2            | 4990.52        | 52.86  | 48282 | 127   | 96.564  | 0.46 |
| 0.3            | 4733.02        | 69.41  | 48231 | 174   | 96.462  | 0.46 |
| 0.4            | 4470.75        | 84.84  | 48002 | 97    | 96.001  | 0.46 |
| 0.5            | 4198.63        | 101.11 | 48135 | 139   | 96.270  | 0.46 |
| 0.6            | 3917.96        | 117.67 | 48437 | 99    | 96.874  | 0.46 |
| 0.7            | 3633.86        | 136.26 | 48435 | 135   | 96.870  | 0.46 |
| 0.8            | 3309.94        | 156.69 | 48424 | 162   | 96.848  | 0.46 |
| 0.9            | 2953.28        | 185.95 | 48197 | 131   | 96.394  | 0.46 |
| 0.97           | 2644.14        | 211.98 | 48122 | 217   | 96.244  | 0.46 |

Tabulka 1: Měření energií  $\alpha$ -částic pro různé hodnoty tlaku

### 3.3 Závislost ionizačních ztrát

Pro provedení kalibrace jsme provedli měření pro různé hodnoty tlaku v komoře. Naměřené hodnoty jsou v tabulce 1

Z těchto hodnot následně dopočítáme ionizační ztráty. Hodnoty jsou v tabulce 2.

### 3.4 Specifické ztráty

Naměřeným energiím jsem nafitoval polynom s předpisem

$$T(x) = -36.4 \cdot x^3 + 77 \cdot x^2 - 890 \cdot x + 5494 \quad (11)$$

Tomuto předpisu odpovídá dle 4 Braggova křivka

$$h(x) = 109.2 \cdot x^2 - 154 \cdot x + 890 \quad (12)$$

Pro názornost je na obrázku 2.

### 3.5 Pu

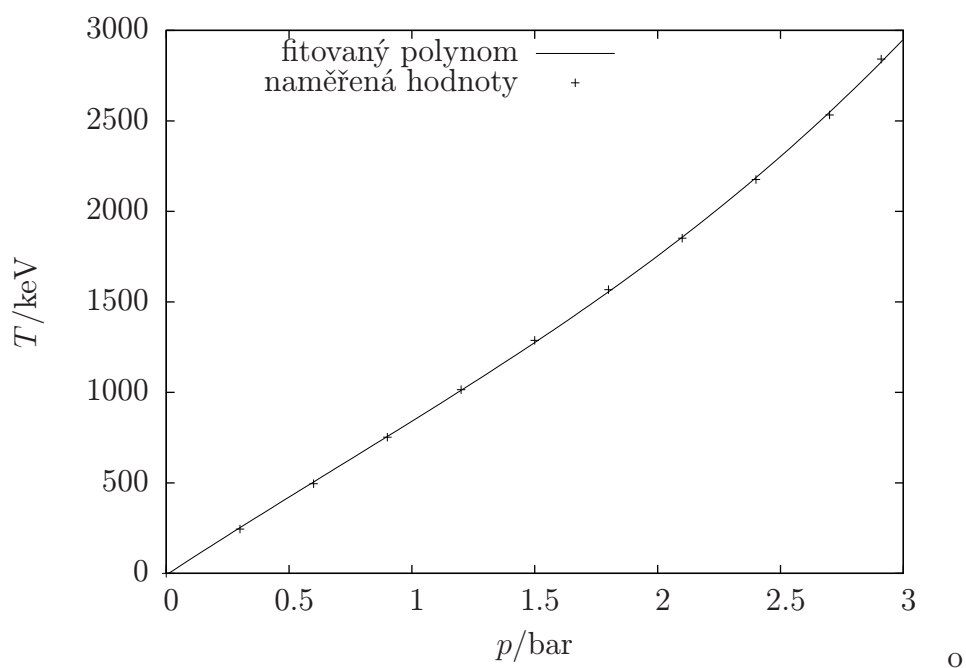
Provedl jsem měření pro vzorek ze směsi plutonia izotopů 238 a 239. Pro jednotlivé píky jsem získal hodnoty uvedené v tabulce 3.

Poměr izotopů 238 ku 239 následně získáme po dosazení do vztahu 5

$$P = 29.1 \pm 0.6 \quad (13)$$

| $p/\text{bar}$ | $\Delta T/\text{keV}$ |
|----------------|-----------------------|
| 0.0            | $0.0 \pm 0.4$         |
| 0.1            | $244.7 \pm 0.5$       |
| 0.2            | $495.2 \pm 0.5$       |
| 0.3            | $752.7 \pm 0.6$       |
| 0.4            | $1015.0 \pm 0.7$      |
| 0.5            | $1287.1 \pm 0.8$      |
| 0.6            | $1567.8 \pm 0.8$      |
| 0.7            | $1851.9 \pm 0.9$      |
| 0.8            | $2175.8 \pm 1.0$      |
| 0.9            | $2532.4 \pm 1.2$      |
| 0.97           | $2841.6 \pm 1.3$      |

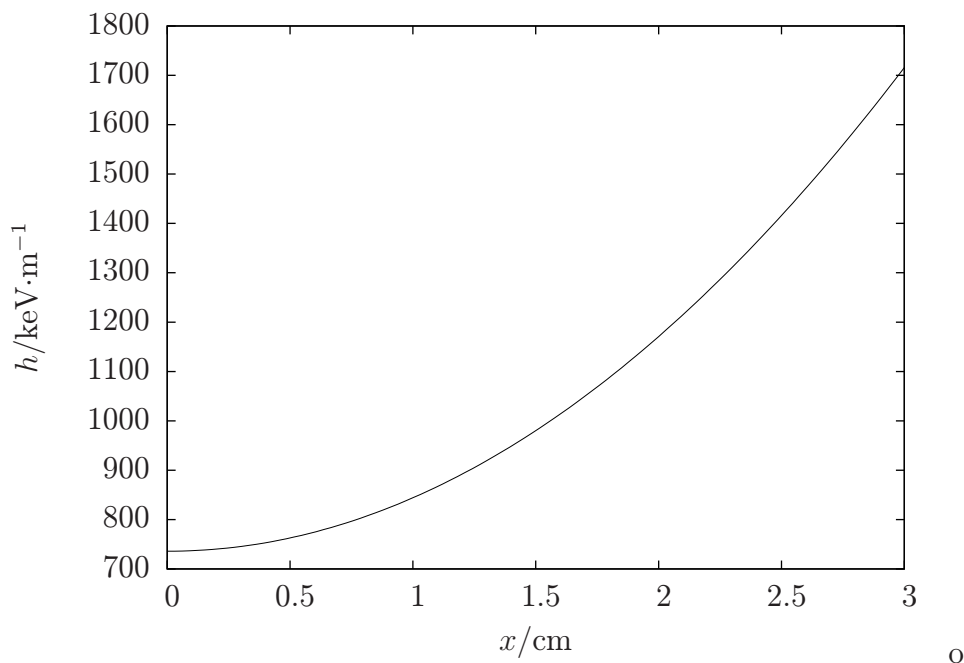
Tabulka 2: Ionizační ztráty  $\alpha$ -částic v závislosti na tlaku



Obrázek 1: Graf závislosti ionizačních ztrát na tlaku

|                   | $E/\text{keV}$ | FHFM  | $S$    | backg | NET C/S | ERR  |
|-------------------|----------------|-------|--------|-------|---------|------|
| $^{239}\text{Pu}$ | 5142.42        | 34.26 | 106570 | 321   | 213.140 | 0.31 |
| $^{238}\text{Pu}$ | 5484.98        | 40.25 | 917    | 5     | 1.834   | 3.27 |

Tabulka 3: Hodnoty naměřené pro smět Pu izotopů 238 a239



Obrázek 2: Bragoova křivka pro měřený vzorek

## 4 Diskuze

V celém měření se vyskytovali velmi malé chyby. To především velmi dobrému rozlišení spektrometru. Dále se do hodnot v podstatě neprojevovali vnější zdroje, což také přispělo k přesnosti měření. Získané hodnoty odpovídají předpokládaným teoretickým výsledkům.

## 5 Závěr

Provedl jsem kalibraci spektrometru.

Určil jsem rozlišovací schopnost spektrometru

$$\Gamma = 0.3\text{keV} \quad (14)$$

Změřil jsem ionizační ztrátu  $\alpha$ -částic na tlaku. Výsledky je v tabulce 2 na obrázku 1.

Stanovil jsem Braggovu křivku, která je na obrázku 2.

Stanovil jsem poměr izotopů 238 ku 239 v Pu

$$P = 29.1 \pm 0.6 \quad (15)$$

## Reference

- [1] **Studijní text na praktikum IV**  
[http://physics.mff.cuni.cz/vyuka/zfp/txt\\_405.pdf](http://physics.mff.cuni.cz/vyuka/zfp/txt_405.pdf) (16. 10. 2012)
- [2] *J. English*: **Zpracování výsledků fyzikálních měření**  
LS 1999/2000