

1 Úkol

1. Provedte energetickou kalibraci α -spektrometru a určete jeho rozlišení.
2. Určete absolutní aktivitu kalibračního radioizotopu ^{241}Am .
3. Změřte závislost ionizační ztráty α -částic ve vzduchu při normálním tlaku $-dT/dx = f(t)$. Srovnajte tuto závislost se závislostí získanou pomocí empirické formule pro dolet α -částic ve vzduchu za normálních podmínek.
4. Určete energie α -částic vzletujících ze vzorku obsahující izotop ^{239}Pu a příměs izotopu ^{238}Pu a porovnejte je s tabelovými hodnotami. Stanovte relativní zastoupení izotopu ^{238}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 α -záření

α -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

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

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 α -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/bar	E/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 α -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

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

Tomuto předpisu odpovídá dle 4 Braggova křivka

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

Pro názornost je na obrázku 2.

3.5 Pu

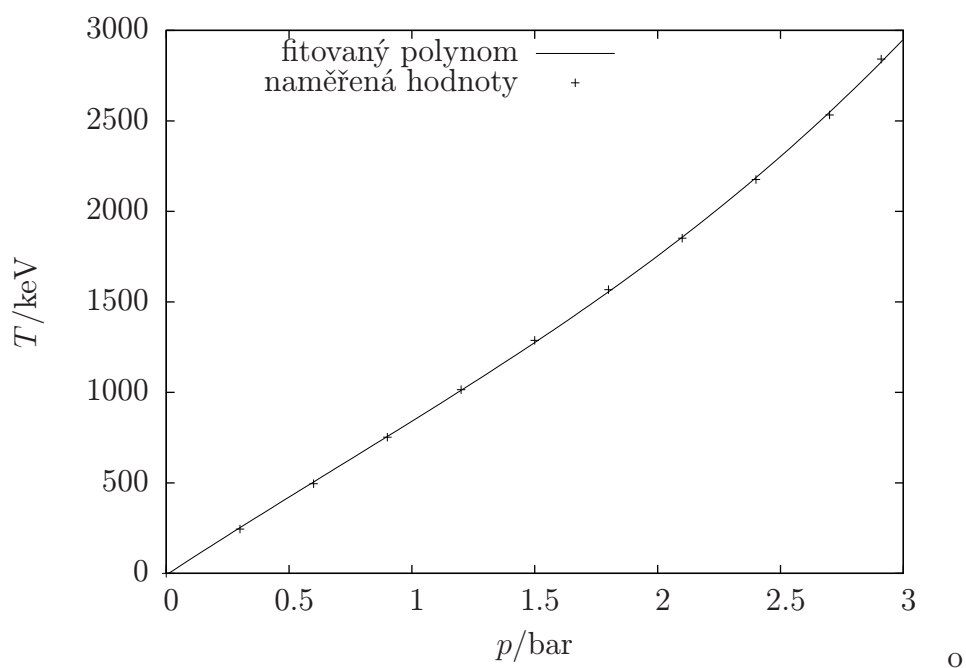
Provedl jsem měření pro vzorek ze směsi plutonia izotopů 238 a 239. Pro jednotlivé píky jsem získal hodnoty uvedené v tabulce 3.

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

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

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

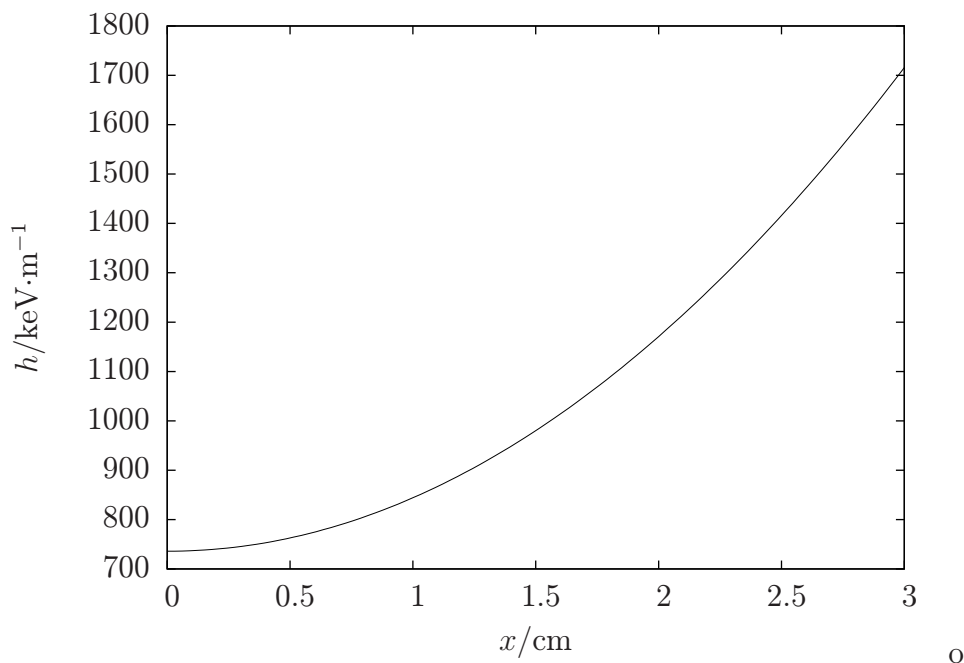
Tabulka 2: Ionizační ztráty α -částic v závislosti na tlaku



Obrázek 1: Graf závislosti ionizačních ztrát na tlaku

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

Tabulka 3: Hodnoty naměřené pro smět Pu izotopů 238 a 239



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 α -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 (16. 10. 2012)
- [2] *J. English: Zpracování výsledků fyzikálních měření*
LS 1999/2000