

Oddělení fyzikálních praktik při Kabinetu výuky obecné fyziky MFF UK

PRAKTIKUM IV

Úloha č.: 5

Název: Spektrometrie záření alfa

Vypracoval: Vít MAREK

stud. sk. F/3

dne 19.11.2001

Odevzdal dne: vráceno:

Odevzdal dne: vráceno:

Odevzdal dne:

Posuzoval:dne výsledek klasifikace

Připomínky:

Pracovní úkol:

1. Proved'te energetickou kalibraci alfa-spektrometru a určete jeho rozlišení.
2. Určete absolutní aktivitu kalibračního radioizotopu ^{241}Am .
3. Změřte závislost ionizačních ztrát alfa-částic na tlaku vzduchu $dT = dT(P)$.
4. Určete specifické ionizační ztráty alfa-částic ve vzduchu při normálním tlaku $-dT/dx = f(T)$. Srovnajte tuto závislost se závislostí získanou pomocí empirické formule pro dolet alfa-částic ve vzduchu za normálních podmínek.
5. Určete energii alfa-částic z neznámého radionuklidu.

Teorie:

Při průchodu alfa částice prostředím ztrácí tato částice energii především tak, že ionizuje atomy prostředí. Ztráta energie je přitom úměrná prošlé dráze. Vhodnou popisující veličinou tohoto jevu tak je specifická ionizační ztráta

$$-\frac{dT}{dx} = f(T) \quad (1)$$

Specifická ionizační ztráta je popsána Bethe-Blochovým vztahem (viz.[1] str. 481). Závisí také na okamžité kinetické energii alfa částice T . Vzhledem k závislosti kinetické energie na uražené dráze můžeme vyjádřit specifickou ionizační ztrátu jako funkci uražené dráhy. Tuto závislost popisuje Braggova křivka. Zbytkovým doletem R pak nazýváme dráhu, na které částice ztratí veškerou svou počáteční kinetickou energii T_0 .

$$R = \int_0^R dx = \int_0^{T_0} \frac{dT}{f(T)} = R(T_0) \quad (2)$$

Zbytkový dolet můžeme pro alfa částice s energií 4-7 MeV ve vzduchu za normálních podmínek vyjádřit empirickou formulí

$$R = \xi T_0^{3/2} \quad \xi = 0.31 \text{ cm.MeV}^{-3/2} \quad T_0 \in < 4, 7 > \text{ MeV} \quad (3)$$

Aktivitu vzorku mohu získat podle vztahu

$$A = \frac{16 l^2 N}{d^2 t} \quad (4)$$

kde l je vzdálenost zářiče a detektoru, d je průměr vstupu detektoru, N počet detekovaných částic, t doba detekce.

Výsledky měření:

1, Vzorek s ^{241}Am jsem umístil do vzdálenosti $l = (3,50 \pm 0,05) \text{ cm}$ od polovodičového detektoru. Vstupní štěrbina detektoru měla průměr $d = (4,0 \pm 0,2) \text{ mm}$. Pak jsem pomocí olejové vývěvy odsál vzduch z komory, kde byli vzorek a detektor umístěny. V komoře vznikl podtlak $1,04 \text{ kg/cm}^2$ ($10,4 \text{ kPa}$). Díky této hodnotě jsem odhadl chybu měření tlaku v komoře na $0,3 \text{ kPa}$ (normální tlak vzduchu $\approx 10,1 \text{ kPa}$). Pak jsem energeticky okalibroval spektrometr (největšímu píku jsem přiřadil hodnotu $5,49 \text{ MeV}$). Rozlišení spektrometru jsem pak určil jako podíl pološířky největšího píku a jeho příslušející energie. Závislost rozlišení spektrometru na detekované energii je zakreslena v *grafu 1* (chyba pološířky je asi 1%, chyba energie $< 2^\circ/\infty$).

2, Po dosazení do *vztahu (4)* jsem určil absolutní aktivitu radioizotopu ^{241}Am (3620 detekovaných částic za 300 s, určeno pro nejmenší tlak):

$$A = (15 \pm 2) \cdot 10^3 \text{ s}^{-1}$$

3, Připouštěním vzduchu do komory se vzorkem a detektorem jsem postupně zvyšoval tlak v komoře. Měřením pro jednotlivé tlaky jsem tak získal závislost ionizačních ztrát na tlaku vzduchu. Každé měření trvalo 300 s (to odpovídá přibližně 3600 detekovaným částicím). Závislost ionizačních ztrát ($\Delta T = T_0 - T$) na tlaku vzduchu pro vzdálenost vzorku a detektoru l je vynesena v *grafu 2*.

4, Po proměření energetického rozdělení detekovaných α -částic na tlaku vzduchu jsem vynesl do *grafu 3* závislost kinetické energie na vzdálenosti α -částice od zářiče při normálním tlaku. Vyšel jsem přitom z předpokladu, že velikost tlaku je přímo úměrná velikosti vzduchového sloupce (tak jsem

nahradil $10,1 \text{ kPa} \rightarrow 3,5 \text{ cm}$). Ze směrnice příslušných dvojic bodů $((T_i - T_{i-1})/(x_i - x_{i-1}))$ z *grafu 3* jsem určil specifické ionizační ztráty $(-dT/dx)$. Jejich závislost na okamžité kinetické energii jsem zaznamenal do *grafu 4*. Přitom jsem používal průměrnou hodnotu příslušné dvojice T_i, T_{i-1} . Chybu směrnice jsem odhadl na základě maximální a minimální směrnice přímky spojující chybové úsečky daných kinetických energií.

5. Po proměření energetického spektra neznámé látky jsem objevil 2 maxima – první na energii $5,15 \text{ MeV}$ a druhé menší $5,49 \text{ MeV}$. Porovnáním s tabulkovými hodnotami jsem první vrchol přiřadil ^{239}Pu ($5,15 \text{ MeV}$) a druhý vrchol ^{238}Pu ($5,50 \text{ MeV}$).

Diskuse:

Po vynesení závislosti specifické ionizační ztráty α -částic při normálním tlaku vzduchu na okamžitou kinetickou energii α -částic a jejich porovnáním s empirickou formulí (*graf 4*) jsem zjistil, že tato formule v rámci chyb odpovídá naměřené závislosti.

Závěr:

- 1, Rozlišení α -spektrometru je zakresleno v *grafu 1*.
- 2, Absolutní aktivitu kalibračního radioizotopu ^{241}Am je $A = (15 \pm 2) \cdot 10^3 \text{ s}^{-1}$.
- 3, Závislost ionizačních ztrát α -částic na tlaku vzduchu je zakreslena v *grafu 2*.
- 4, Specifické ionizační ztráty α -částic ve vzduchu při normálním tlaku jsou zaznamenány v *grafu 3*.
- 5, Energie neznámého radionuklidu jsou $5,14 \text{ MeV}$ (^{239}Pu) a $5,49 \text{ MeV}$ (^{238}Pu).

Použitá literatura:

- [1] Základy fyzikálních měření I, J. Brož a kolektiv, SPN Praha 1967
- [2] Studijní text k úloze 5, Praktikum IV, www.mff.cuni.cz/iso/study/xbk/zfp/405.htm