

Fyzikální praktikum IV

Úloha č. A5

Název . : Spektrometrie záření alfa

Měřil . : Michal Švanda.....dne : ..5. listopadu 2001.....

odevzdal dne:.....vráceno:.....

odevzdal dne:.....vráceno:.....

odevzdal dne:.....

Posuzoval:.....dne:.....

Výsledek klasifikace:.....

Připomínky:

Pracovní úkol

1. Proved'te energetickou kalibraci alfa spektrometru
2. Určete energii alfa částic z neznámého alfa radionuklidu
3. Změřte závislost ionizačních ztrát alfa částic na tlaku vzduchu
4. Určete ionizující ztráty $-dT/dx$ alfa částic ve vzduchu při normálním tlaku.
5. Určete energetické rozlišení
6. Spočtete absolutní aktivitu kalibračního radioizotopu ^{241}Am

Teoretický úvod

viz přiložený studijní text.

Výsledky měření

1) Pomocí izotopu americia ^{241}Am jsem provedl energetickou kalibraci. Jako jeden bod jsem použil pík s hodnotou 5,49 MeV a jako druhý nulový kanál, jemuž jsem přiřadil hodnotu 0 eV. S touto kalibrací jsem nadále pracoval při určování energií měřených alfa částic.

2) Měřil jsem energii alfačástic neznámého radionuklidu. Porovnáním spekter jsem identifikoval výraznou linku ^{239}Pu a slabší ^{238}Pu . Neznámým alfa zářičem je tedy plutonium 239 s příměsí plutonia 238, které ve vzorku zůstalo po chemickém oddělování. Chemickou cestou lze rozlišit prvky, ale ne izotopy jednotlivých prvků.

Linka [MeV]	Abs. chyba [MeV]	Linka izotopu
5,15	0,02	^{239}Pu
5,49	0,01	^{238}Pu

3) Pro různé tlaky vzduchu jsem proměřoval závislost ionizačních ztrát na tlaku vzduchu. Měřená data jsou vynesena v tabulce [T1] a v grafu [G1]. Získaná závislost odpovídá názoru, podle něhož ionizační ztráty přibývají s počtem srážek, který souvisí s hustotou a tudíž tlakem vzduchu. Chyby v určení tlaku jsou způsobeny jednak nepřesnostmi odečítání ze stupnice (stanoveno na $0,01 \text{ kg}\cdot\text{cm}^{-2}$) a jednak samotnou konstrukcí vakuometru (třída přesnosti 2,5). Chyby v určení energií jsem stanovil na základě fitu Gaussiánu do píku. Program určený pro měření je schopen stanovit údaj *FWHM*. Vztah mezi *FWHM* a rozptylem σ je následující

$$\sigma = \frac{FWHM}{2\sqrt{\ln 4}}$$

a přímo vyplývá z rovnice Gaussiánu.

4) Pomocí přímé úměry (která je odůvodněna stavovou rovnicí ideálního plynu) jsem přepočítal konstantní vzdálenost za proměnného tlaku vzduchu na proměnnou vzdálenost za konstantního (normálního) tlaku vzduchu. Přepočet viz tabulka [T1]. Provedl jsem numerickou derivaci dT podle dx . Pro každé dva body jsem v rámci chybových intervalů proložil přímkou s nejmenší a s největší směrnicí a jako derivaci prohlásil aritmetický průměr těchto hodnot, jako chybu pak rozdíl aritmetického průměru od libovolné z použitých směrnic. Tato chyba je pro danou dvojici bodů maximální. Do grafu [G2] jsem vynesl závislost takto určené derivace na kinetické energii alfa částic včetně chybových intervalů.

Do grafu jsem dopočítal teoretickou křivku specifické ionizační ztráty, která je popsána rovnicí:

$$R = \xi T^{\frac{3}{2}} = \int_{T_0}^0 \frac{dT}{f(T)}, \quad \xi = 0,31 \text{ cm.MeV}^{-\frac{3}{2}} \Rightarrow f(T) = \frac{21}{3\xi} T^{-\frac{1}{2}}.$$

5) Energetické rozlišení je popsáno parametrem $FWHM$, který podle výše uvedeného vztahu přímo souvisí s disperzí naměřených hodnot. Dá se předpokládat, že kdyby se ve spektru nacházely dvě energetické linky vzdálené od sebe méně než $FWHM/2$, zcela jistě by již splynuly v jeden pík a nebylo by je možné rozlišit. Energetické rozlišení je parametrem detektoru a závisí na energii, což je dáno konstrukcí detektoru. Závislost $FWHM$ na energii T jsem vynesl do grafu [G3] (bez uvedení chyb, které nejsou pro tento účel podstatné).

6) Ze známých parametrů okénka detektoru ($d=(4\pm 1) \text{ mm}$, vzdálenost okénka od zářiče $l=30 \text{ mm}$) a aktivit, naměřených v tomto prostorovém úhlu detektorem, jsem stanovil celkovou aktivitu radioaktivního zářiče v prostorovém úhlu 4π steradiánů. Ze sad změřených aktivit v detektoru jsem udělal aritmetický průměr. Jednotlivá měření jsem považoval za náhodné veličiny a chybu pak stanovil na základě tohoto předpokladu. Výpočet shrnuje tabulka [T2].

$$A=(14300\pm 5100) \text{ s}^{-1}$$

Diskuse

Značné nepřesnosti jsem způsobeny několika jevy.

Vakuometr, který je použit k měření tlaku, nefunguje zcela správně, bylo by zapotřebí provést jeho novou kalibraci. V místě, kde je na stupnici dílek -1 by mělo být vakuum, přesto ještě během vyčerpávání klesla rafička po tuto hodnotu. Z toho plyne velká chyba v případě stanovení nulového tlaku.

Odečty veškerých energií jsou závislé na přesnosti kalibrace. Ta je prováděna z jedné energie a z předpokladu, že nulovému kanálu A/D převodníku odpovídá energie 0 eV. To ale nemáme z ničeho zaručeno.

Značná nepřesnost ve stanovení celkové aktivity zářiče plyne z velkého rozptylu zadané hodnoty okénka detektoru. Ta je známa s přesností 25% a protože se tato hodnota umocňuje ve výpočtu na druhou, celková chyba výsledku vzroste na 25%, k čemuž se ještě připočte relativní chyba statistického rozptylu detektorem naměřených aktivit.

Závěr

Kalibrovaným polovodičovým spektrometrem jsem stanovil závislost ionizačních ztrát alfa částic na tlaku vzduchu a závislost specifických ionizačních ztrát na kinetické energii dopadajících alfačástic. Změřil jsem závislost energetického rozlišení detektoru na energii. Stanovil jsem druh neznámého alfa zářiče.