

LABORATORNÍ ÚLOHA

Zpětný rozptyl částic beta

Karel Rauner, Pedagogická fakulta ZČU, Plzeň

Úkol

Změřte závislost počtu zpětně rozptýlených částic beta na protonovém čísle rozptýlujícího prvku. Popište polynomickou approximaci zjištěnou závislosti. Pomocí získané závislosti určete složení přeložené slitiny stříbra a mědi.

Výklad

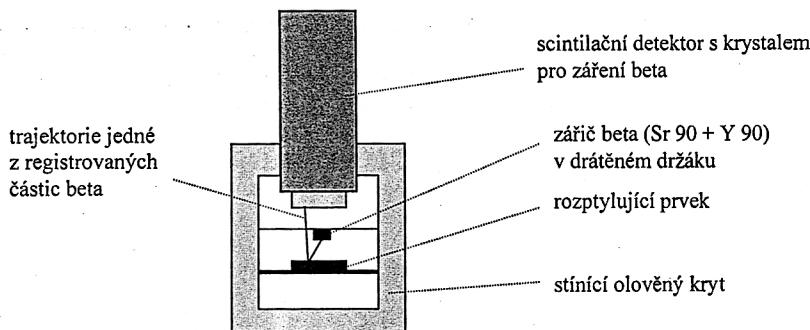
Částice beta z radioaktivního nuklidu jsou proudem velmi rychle letících elektronů. Jsou to výrazně relativistické částice, protože jejich kinetická energie bývá několik MeV, zatímco klidová energie elektronu je 0,511 MeV. Energetické spektrum beta částic je navíc spojité, což je dáno rozdělením energie radioaktivní přeměny mezi elektron a neutrino při přeměně neutronu v proton:



Interakce částic beta s hmotou jsou proto výrazně složitější a rozmanitější než interakce částic alfa. Hlavními interakcemi jsou:

- pružný rozptyl na elektronovém obalu,
- nepružný rozptyl na elektronovém obalu (ionizace, excitace),
- pružný a nepružný rozptyl na atomovém jádře,
- brzdné záření,
- Čerenkovovo záření.

Hmotnost částice beta je navíc velmi malá, proto se pohybují po složité trajektorii ve tvaru lomené čáry. Popsat kvantitativně závislost úhlu rozptýlu na protonovém čísle Z rozptýlujícího prvku je proto teoreticky velmi obtížné a v literatuře se s takovým vztahem nesetkáváme. V učebnicích kvantové mechaniky bývá popsán jen rozptyl monoenergetických elektronů nízkých energií. Z rozboru mechanismu rozptýlu a z její hlavní příčiny – coulombovského pů-



Obr. 1

sobení elektronového obalu a jádra na elektron – je zřejmé, že za jinak stejných podmínek bude úhel rozptýlu záviset na protonovém čísle rozptýlujícího prvku. Čím větší bude protonové číslo vzorku, tím více se částice beta budou rozptýlovat. Při rozptýlu po průchodu vzorkem

o tloušťce menší, než je dolet částic, je nutné brát v úvahu koncentraci rozptylujících atomů, hustotu a tloušťku vzorku. Vyloučení těchto vedlejších parametrů se dosáhne měřením zpětného rozptýlu, tj. rozptýlu o úhly blízké 180° . I tento rozptyl je tím pravděpodobnější, čím je protonové číslo rozptylujícího materiálu větší. Toho se využívá i při výrobě zářičů – plošný radioaktivní vzorek se podkládá prvkem s velkým Z (olovem) a tak se dosahuje zvýšení aktivity zářiče až o 50 % [1].

Měření zpětného rozptýlu částic beta se provádí v uspořádání podle obr. 1.

Potřeby

Scintilační detektor se zdrojem a zesilovačem, čítač, zářič β^- ($Sr\ 90 + Y\ 90$), drážká na zářič, sada rozptylujících vzorků z různých prvků, vzorek ze slitiny Ag a Cu, počítač.

Postup při měření

1. Připravte scintilační detektor a čítač k měření podle přiloženého návodu.
2. Vyčkejte asi 5 minut k získání stabilních parametrů měřicí aparatury.
3. Zářič v drážném držáku zasuňte do drážky olověného stínícího domečku č. 3.
4. Měřením bez vzorku ověřte zanedbatelný vliv zpětného vyzařování zářiče, pozadí a rozptýlu ve vzduchu a stěnách domečku (N_0). Měřte 10 s.
5. Podložku s 1. vzorkem zasuňte do drážky č. 6. Vzorek vždy vkládejte s příslušnou distanční podložkou, aby pro různou tloušťku vzorků zůstalo zachováno geometrické uspořádání.
6. Změřte počet rozptýlených částic s dobou měření 10 s (N_1).
7. Postup podle 5.–6. opakujte pro další vzorky. Změřené údaje (N_i) zapisujte spolu s označením použitého prvku.
8. Stejným způsobem změřte i vzorek ze slitiny Ag a Cu (stříbrnou minci) (N_s).
9. K eliminaci případné změny parametrů měřicí aparatury během měření celý postup od bodu 4. opakujte.

Zpracování výsledků měření

1. Z obou měření pro každý vzorek určete střední hodnotu a odečtěte vliv okolí (průměrnou hodnotu podle bodu 4 postupu při měření).
2. Sestavte tabulku s protonovými čísly vzorků a s naměřenými počty rozptýlených částic.
3. Vložte tabulku do vhodného tabulkového procesoru počítače (Excel).
4. Sestrojte závislost $N(Z)$ a approximujte polynomem 3. stupně.
5. Sestrojte inverzní závislost $Z(N)$ a opět approximujte polynomem 3. stupně.
6. Pomocí polynomu, získaného v bodu 5 zjistěte průměrné protonové číslo slitiny.
7. Vypočtěte složení slitiny Ag + Cu.

Závěr a hodnocení

Zhodnotěte vliv okolí na výsledek měření (rozptyl stěnami stínícího krytu, zpětné vyzařování zářiče). Navrhnete další prvky, ze kterých by bylo možné zhotovit vzorky. Proč mají vzorky stejně rozměry, ale různou tloušťku? Lze dané měření provádět jako demonstrační pokus?

Literatura:

- [1] Usačev S. a kol.: *Experimentálna jadrová fyzika*. ALFA + SNTL, Bratislava 1982.