

Úloha ZPRA č. 6: Průchod svazku záření beta látkou

Elektrony jako nabitě částice mají při průchodu látkou omezený dosah a podél své dráhy přímo ionizují a excitují atomy. Vzhledem k jejich nízké hmotnosti je jejich dráha v látce křivočará, nicméně lze určit maximální dosah, nebo častěji extrapolovaný dosah. Výpočet dosahu na základě lineární brzdné schopnosti je ovšem poměrně komplikovaný a proto bylo k jeho určení nalezeno několik empirických formulí, jako např.:

$$R = 0,412 \cdot T_{\max}^{1,265-0,0954 \ln T_{\max}} \quad (g \cdot cm^{-2}) \quad (1)$$

$$R = 0,543 \cdot T_{\max} - 0,160 \quad (g \cdot cm^{-2}) \quad (2)$$

$$R = 0,530 \cdot T_{\max} - 0,106 \quad (g \cdot cm^{-2}) \quad (3)$$

kde R je extrapolovaný dosah v hliníku a T_{\max} maximální energie elektronů. Vztah (1) platí pro T_{\max} 0,01-3 MeV, (2) pro 1-2,5 MeV a (3) pro 2,5-20 MeV. Zeslabovací křivky pro monoenergetický svazek elektronů a pro záření β se spojitým spektrem se odlišují svým tvarem. Pro spojitě spektrum záření β lze značnou část průběhu této křivky popsat exponenciální funkcí

$$N = N_0 e^{-\mu x} \quad (4)$$

kde N je počet elektronů registrovaný ve svazku za vrstvou materiálu, N_0 počet elektronů registrovaný v tomtéž místě, není-li do svazku vložen absorbující materiál, μ je součinitel absorpce a x tloušťka vrstvy materiálu. Tato závislost je narušena především pro velmi malé a velmi velké tloušťky.

Nahradíme-li součinitel absorpce hmotnostním součinitelem absorpce $\mu_m = \mu/\rho$, kde ρ je hustota materiálu, kterým svazek prochází, shledáme, že tato veličina téměř nezávisí na složení materiálu, pokud ten neobsahuje vodík, ale je pouze funkcí energie elektronů ve spektru záření β . Přibližně platí vztah

$$\mu_m = 22 \cdot T_{\max}^{-4/3} \quad (g \cdot cm^{-2}) \quad (5)$$

To je způsobeno skutečností, že interakce elektronů je závislá na hustotě elektronů v látce, čili zeslabení svazku závisí na poměru protonového a nukleonového čísla Z/A , který je pro všechny prvky vyjma vodíku a těžkých prvků z konce Mendělejevovy periodické tabulky roven přibližně 1/2.

Při experimentech týkajících se záření β je třeba mít na paměti, že ionizace a excitace atomů látky nejsou všechny možné interakční procesy. Závažný je též proces buzení brzdného elektromagnetického záření při změnách rychlosti nabitých částic (elektronů) v elektromagnetickém poli atomů. Rovněž je třeba brát v úvahu skutečnost, že vzhledem k rozptylu elektronů, t.j. změnám směru jejich pohybu po interakci, jsou ve svazku, pokud není úzce kolimován, elektrony nejen se širokým spektrem energií, ale též i se širokým úhlovým rozložením.

Pro detekci β záření je možno použít celou řadu detektorů. Vzhledem k nízké lineární ionizaci těchto částic se nehodí pro jejich detekci pulsní ionizační komory. Detektory s plynovým zesílením, jako proporcionální nebo Geiger – Mullerovy počítače, jsou hojně využívány stejně jako ionizační komory v proudovém režimu. Rovněž scintilátory, zejména organické, jsou vhodnými detektory. Je však třeba, aby zejména pro detekci elektronů s nižší energií, měly tyto detektory velmi tenké vstupní okénko.

Jejich detekční účinnost pro elektrony, které vstoupí do jejich objemu, je prakticky stoprocentní. U GM počítačů je třeba také zavést korekci na mrtvou dobu τ_d , která je řádu 100 μ s.

V praxi nachází zeslabení svazku záření β široké využití v technických aplikacích, hlavně při měření tloušťek papíru, umělohmotných a kovových folií.

Postup měření a úkoly

- 1/ Změřte zeslabovací křivku β záření $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ v papíru pomocí GM počítače. Dobu měření zvolte tak, aby počet detekovaných částic bez stínící vrstvy byl minimálně 100 000
- 2/ Po odečtení pozadí stanovte části experimentálně získané zeslabovací křivky, ve kterých je její průběh přibližně exponenciální a určete z ní hmotnostní a lineární součinitel absorpce odděleně pro β částice ^{90}Sr a ^{90}Y . Výsledky fitů srovnajte s výsledky podle vztahu (5)
- 3/ Diskutujte vztah mezi počtem detekovaných částic N_{01} a N_{02} získaných z prokladů ^{90}Sr a ^{90}Y podle vztahu (4) a zhodnoťte jejich vztah k aktivitě obou radionuklidů.

Data

| | | |
|--|-----------|------------------------|
| ^{90}Sr : $T_{1/2} = 28,82$ let | β^- | $T_{\max} = 0,546$ MeV |
| ^{90}Y : $T_{1/2} = 64,06$ hod | β^- | $T_{\max} = 2,288$ MeV |

Pomůcky

MiniBin NIM rack ORTEC model 4006, zesilovač-jednokanálový analyzátor ORTEC model 590A, čítač ORTEC model 871, zdroj vysokého napětí ORTEC, sonda pro β záření s okénkovým GM počítačem, sada papírových destiček, mikrometr, olověný stínící domek s vestavěným kolimátorem, zdroj záření $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$.