5. INTERAKCE ZÁŘENÍ GAMA V LÁTCE

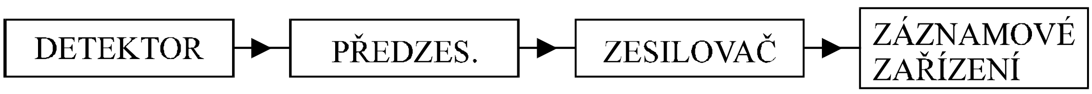
1. Zadání

A) Určete lineární součinitel zeslabení μ záření gama emitovaného radionuklidem ^{60}Co pro předložené materiály
B) Pro jeden materiál prokažte nezávislost součinitele μ na tloušťce vzorku
C) Vypočtěte polovrstvy $d_{0,5}$ těchto materiálů

2. Přístroje a zařízení

Aparatura pro detekci a spektrometrii záření gama, olověné clony vymezující úzký svazek záření gama ze zářiče ^{60}Co.

Obr.1 Blokové schéma detekční aparatury

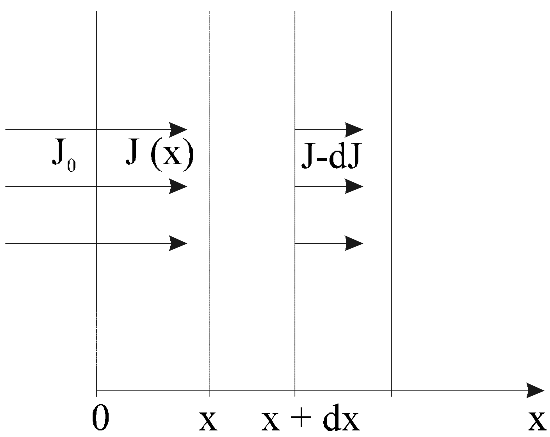


3. Definice veličin

- Lineární součinitel zeslabení μ je mírou poklesu hustoty proudu částic J v závislosti na délce x jejich dráhy v dané látce (viz obr.2)

$$\mu = -\frac{1}{J}\frac{dJ}{dx} \quad [m^{-1}] . \tag{1}$$

Obr.2 K definici lineárního součinitele zeslabení



- Hustota proudu částic *J* je podíl počtu částic ***dN***, které projdou za dobu ***dt*** plochou ***dS*** kolmou na směr jejich pohybu

$$J = \frac{d}{dt}\left(\frac{dN}{dS}\right) \qquad [m^{-2}\, s^{-1}] \;.$$

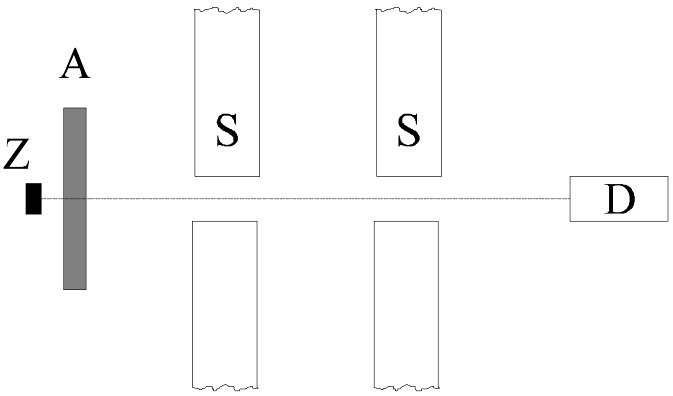
- Polovrstva $d_{0,5}$ je tloušťka absorpční vrstvy snižující hustotu proudu částic na polovinu.

$$d_{0,5} = \frac{\ln 2}{\mu} \qquad [m] \;. \tag{2}$$

4. Metoda měření

Z definice lineárního součinitele zeslabení μ a hustoty proudu částic ***J*** plyne**,** že foton pokládáme za odstraněný ze svazku, je-li pouze vychýlen např. rozptylem z původního směru proudu částic. Foton nemusí zcela zaniknout. Takovou podmínku splňuje měření v úzkém svazku vykolimovaném clonami **S** zhotovenými z dobrého absorbátoru fotonů, jakým je např. olovo (viz obr.3).Vzorky materiálů, jejichž součinitel μ měříme, umisťujeme těsně za pouzdro se zářičem **Z**. Tím je zaručeno, že prakticky jakákoliv interakce fotonu ve vzorku způsobí, že foton bude vychýlen ze směru zářič-detektor a nebude zaregistrován detektorem (v našem případě scintilační spektrometrický detektor NaI(Tl)).

Obr.3 Geometrie úzkého svazku



Součinitel μ vypočítáme ze vztahu, který vznikne integrací jeho definice (1)

$$J(x) = J_o\, e^{-\mu x} \qquad \text{a odtud} \qquad \mu = \frac{1}{x} \ln \frac{J_o}{J(x)} \;,$$

kde J_o - hustota proudu částic dopadajících na vzorek **A**, $J(x)$ - hustota proudu částic po průchodu tloušťkou materiálu x. Dále předpokládáme, že velikost hustoty proudu částic je úměrná četnosti impulzů registrované detektorem. Z uvedeného předpokladu plyne, že podíl hustot proudu částic můžeme nahradit podílem četností volného svazku a četností svazku po průchodu vzorkem materiálu, tj.

$$\frac{J_o}{J(x)} = \frac{n_o}{n(x)} \qquad \text{a odtud} \qquad \mu = \frac{1}{x}\ln\frac{n_o}{n(x)}\,. \tag{3}$$

Součinitel zeslabení μ budete vyhodnocovat ze vztahu (3), ve kterém x je tloušťka vzorku materiálu, n_o je četnost naměřená detektorem pro svazek dopadající na vzorek a $n(x)$ po průchodu svazku vzorkem Hodnota μ roste pro materiály s vyšším protonovým číslem, nezávisí na tloušťce materiálu, což si ověříte. Pro fotony s vyšší energií se velikost μ naopak snižuje.

Polovrstvu materiálu vypočítáte ze vztahu (2).

5. Pokyny pro měření

a) Měřené materiály umisťujeme těsně k výstupnímu otvoru pouzdra, v němž je trvale umístěn zářič.

b) Četnost n_o volného svazku měříme opakovaně, nejlépe po každém měření se vzorkem.

Hodnotou n_o je možno kontrolovat stabilitu aparatury. Při správné funkci aparatury se jednotlivá měření n_o od sebe liší v rámci statistického rozdělení stochastické veličiny. Opakovaně (alespoň na začátku a na konci měření) měřte četnost pozadí. Dále měříme $n(x)$.

c) Koeficient μ jednoho z předložených materiálů měříme pro několik tlouštěk, abychom se přesvědčili, že μ vyjde v rámci chyby stejně. Liší-li se hodnoty μ pro různé tloušťky téhož materiálu významně není aparatura správně seřízena, např. svazek záření je příliš široký.

6. Pokyny pro zpracování

a) Součinitele μ vypočítáme ze vztahu (2).

b) Četnosti n_o a $n(x)$ opravíme o četnost pozadí.

c) Doby jednotlivých měření volíme tak, že uvážíme celkový počet vzorků, potřebný počet měření volných svazků a pozadí. Celkový čas, který máme k dispozici pak rozdělíme s ohledem na množství měření. Nezapomeneme, že dobu měření, u nichž se dá očekávat nižší četnost, prodloužíme tak, aby relativní přesnost všech měření byla přibližně stejná, vstupují-li jejich hodnoty do součinu nebo podílu.

.

d) Výraz pro směrodatnou odchylku veličiny μ vyjádříme pomocí vzorce pro šíření chyb

$$\sigma_\mu = \sqrt{\left(\frac{\partial\mu}{\partial x}\right)^2\sigma_x^2 + \left(\frac{\partial\mu}{\partial n_o}\right)^2\sigma_{n_o}^2 + \left(\frac{\partial\mu}{\partial n}\right)^2\sigma_n^2}\ .$$

f) Hodnoty naměřených a vypočítaných veličin uspořádejte do vhodně vytvořených tabulek.