J 2.1. Wyznaczanie współczynników osłabienia promieniowania γ

INSTRUKCJA WYKONANIA ZADANIA

Obowiązujące zagadnienia teoretyczne:

1. Powstawanie i własności promieniowania γ
2. Oddziaływanie promieniowania γ z materią (fotoefekt, zjawisko Comptona, zjawisko tworzenia par)
3. Prawo osłabienia promieniowania γ, sens współczynnika absorpcji, masowy współczynnik absorpcji, grubość połówkowego osłabienia
4. Budowa i zasada działania sondy scyntylacyjnej.

Literatura:

1. Skrypt PL: *Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki. Promieniowanie i struktura materii,* H. Goebel, J. Olchowik, J. Rybka, M. Wiertel, K. Wójcik, red. E. Śpiewla, Wydawnictwa Uczelniane PL, Lublin 1994.
2. Cz. Bobrowski, *Fizyka – krótki kurs,* WNT, Warszawa 1996.
3. D. Halliday, R. Resnick, J. Walker, *Podstawy fizyki,* Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2003, tom V.

Celem ćwiczenia jest wyznaczenie parametrów charakteryzujących zdolność ciała do osłabiania promieniowania gamma - liniowego współczynnika osłabienia (absorpcji), masowego współczynnika osłabienia i grubości połówkowego osłabienia. Aby to osiągnąć należy wyznaczyć zależność natężenia promieniowania gamma przechodzącego przez absorbent od grubości absorbentu.

Zdolność ciała do osłabienia promieniowania γ opisuje prawo absorpcji:

$$N = N_o \cdot e^{-\mu x} \tag{1}$$

gdzie:

N_o - liczba kwantów promieniowania γ padającego ze źródła na absorbent w określonym czasie

x - grubość absorbentu [cm]

μ - **współczynnik absorpcji** (liniowy) [1/cm]

N - liczba kwantów promieniowania które przeszło przez absorbent

Jeśli wzór (1) obustronnie zlogarytmujemy, to otrzymamy liniową zależność lnN od grubości absorbentu x.

$$lnN = lnN_o - \mu \cdot x \tag{2}$$

Porównując to wyrażenie z równaniem prostej:

$$y = b + a \cdot x \tag{3}$$

otrzymujemy:

$$\mu = -a, \quad \Delta\mu = \Delta a, \quad lnN_o = b, \tag{4}$$

Zatem mierząc natężenie promieniowania przechodzącego (N) dla różnych grubości absorbentu (x) i korzystając z metody najmniejszych kwadratów (y = lnN; x = grubości absorbentu) można wyznaczyć równanie prostej i wartość współczynnika absorpcji.

Współczynnik osłabienia liniowy ma wartości zależne od rodzaju materiału, natomiast **masowy współczynnik osłabienia** (μ_m) ma w przybliżeniu jednakową wartość dla różnych materiałów:

$$\mu_m = \frac{\mu}{\rho}\left[\frac{1/cm}{g/cm^3} = \frac{cm^2}{g}\right] \tag{5}$$

ρ - gęstość absorbentu

Inną wielkością charakteryzującą osłabienie promieniowania γ przez materiał jest **grubość połówkowego osłabienia** ($x_{1/2}$). Jest to grubość absorbentu, przy której połowa padającego promieniowania jest usuwana z wiązki ($N = N_o/2$). Podstawiając te wartości do prawa absorpcji (1) otrzymujemy:

$$\frac{N_o}{2} = N_o \cdot e^{-\mu \cdot x_{1/2}} \tag{6}$$

zatem:

$$2^{-1} = e^{-\mu \cdot x_{1/2}} \tag{7}$$

po zlogarytmowaniu:

$$-\ln 2 = -\mu \cdot x_{1/2} \tag{8}$$

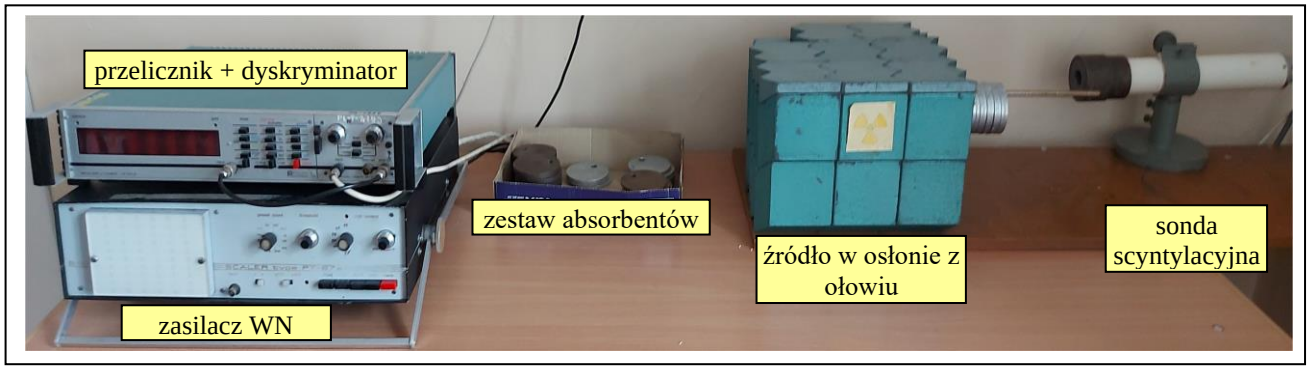
skąd otrzymujemy związek współczynnika osłabienia i grubości połówkowego osłabienia:

$$x_{1/2} = \frac{ln2}{\mu} \text{ [cm]} \tag{9}$$

Wykonanie zadania:

Zestaw pomiarowy jest połączony i gotowy do użycia. Źródło promieniowania γ (^{137}Cs) znajduje się w osłonie ołowianej. Po prawej stronie osłony, pod prętem do zawieszania absorbentów, przewiercony jest mały otwór, przez który wąska wiązka promieniowania γ wydostaje się w kierunku sondy scyntylacyjnej. Sonda jest detektorem promieniowania, z którego sygnał przekazywany jest do dyskryminatora i przelicznika, gdzie impulsy są zliczane.

W zespołach 2 - osobowych jeden student wykonuje pomiary dla aluminium, drugi dla miedzi lub żelaza (wybiera samodzielnie o ile prowadzący nie zdecyduje inaczej)
Liczba pomiarów - 10 pomiarów z kolejno dokładanymi absorbentami. Płytki Cu i Fe dokłada się po jednej (max 10), płytki Al dokłada się po dwie (max 20)
Wszystkie pomiary wykonywane są dla czasu 100 s (o ile prowadzący nie zdecyduje inaczej)



Rys.1 Fotografia stanowiska pomiarowego

1. Włączyć przyrządy zgodnie z instrukcją techniczną. Po 5 minutach można rozpoczynać pomiary.
2. Sprawdzenie, czy w osłonie znajduje się źródło promieniowania
   - Ustawić sondę naprzeciwko pręta do zawieszania płytek absorbentu (w miejscu oznaczonym kołem na stole)

- Uruchomić przelicznik (Start)
- Obserwując szybkość zliczania impulsów na wyświetlaczu, trzymając sondę za podstawę usunąć ją z wiązki promieniowania (przesunąć ok. 10 cm do ściany z tyłu - jak na rysunku 1). Jeśli szybkość zliczania impulsów gwałtownie się zmniejszy, to potwierdzona została obecność źródła promieniowania w osłonie ołowianej,
- zatrzymać przelicznik i skasować wynik

3. Zmierzyć tło promieniowania - pozostawiając sondę w pozycji usuniętej z wiązki dokonać pomiaru liczny impulsów. Wynik zapisać, ale nie w tabeli 1.
4. Umieścić sondę ponownie naprzeciw pręta i nie zmieniać jej położenia do końca pomiarów.
5. Zmierzyć ilość zliczeń N_o przy braku absorbentów na pręcie między źródłem a sondą (x=0). Wynik zapisać w tabeli.
6. Zmierzyć suwmiarką grubość jednej płytki absorbentu i założyć ją na pręt dosuwając do obudowy. Zmierzyć ilość zliczeń *N*.
7. Dokładać kolejne płytki, każdorazowo mierzyć ich grubość (z dokładnością do 0,01 mm - płytki nie są jednakowe) i ilość zliczeń. W tabeli zapisywać grubość dokładanych płytek oraz sumaryczną grubość absorbentów umieszczonych na pręcie.
   Grubość płytki która będzie dokładana mierzyć gdy trwa poprzedni pomiar liczby zliczeń - dla zaoszczędzenia czasu.
8. Po wykonaniu pomiarów dla 10 rosnących grubości absorbentów zdjąć płytki i drugi student wykonuje pomiary jak w punktach 5 - 7.
9. Usunąć sondę z wiązki promieniowania i dokonać pomiaru tła (jak pkt.3). Obliczyć średnią wartość z obu pomiarów tła.
10. Zmniejszyć napięcie na zasilaczu WN do zera, wyłączyć zasilacz i przelicznik.

Prawo absorpcji (1) jest słuszne dla promieniowania osłabianego przez płytki absorbentu, ale sonda rejestruje również promieniowanie otoczenia (tło promieniowania). Dlatego tło jest mierzone i jego średnia wartość odejmowana od liczby zliczeń.

Tabela 1.

Rodzaj materiału	Grubość dodawanej płytki [cm]	Sumaryczna grubość absorbentu *x* [cm]	Liczna zliczeń *N*	$N - N_{tła}$	$\ln(N-N_{tła})$
	0	0	...	....	....
	...	....	...	...	....

<u>Opracowanie wyników pomiarów:</u>

Wykonać wykres zależności $ln(N-N_{tła})$ od grubości absorbentu *x*. Dolną wartość osi OY dobrać do wartości *ln* (nie od zera). Typ wykresu w EXCEL-u - punktowy XY (nie liniowy). Dodać linię trendu (dla prostoliniowej części wykresu)
Korzystając z metody najmniejszych kwadratów wyznaczyć liniowy współczynnik absorpcji i jego niepewność.
Obliczyć masowy współczynnik absorpcji, grubość połówkowego osłabienia oraz ich niepewności.

<u>Autor instrukcji:</u>

Andrzej Dudziak