LABORATORIUM
PROMIENIOWANIE W MEDYCYNIE

Ćw. nr 5

DAWKA PROMIENIOWANIA GAMMA A POŁOŻENIE OSŁONY PRZESUWNEJ

Nazwisko i Imię:	...				
data:	...			ocena (teoria)	...
Grupa	...	Zespół	...	ocena końcowa	...

1 Cel ćwiczenia

Natężenie promieniowania gamma spada gdy zwiększa się odległość od punktowego źródła promieniowania. Natężenie jest również redukowane przez przesłonę ustawioną na drodze promieni. Celem ćwiczenia jest wyznaczenie spadku natężenia promieniowania powodowane przez umieszczenie przesłony w różnych położeniach pomiędzy źródłem promieniotwórczym a detektorem. Kolejnym celem jest oszacowanie redukcji dawki promieniowania powodowane przez taką przesłonę przesuwną.

2 Zagadnienia teoretyczne *(Opracować, umieścić w sprawozdaniu)*

Źródła promieniowania gamma. Kwant promieniowania gamma, energia kwantu, pęd kwantu, przypisana mu długość fali. Oddziaływanie promieniowania gamma z materią: zjawisko fotoelektryczne, efekt Comptona oraz zjawisko tworzenia par. Przekrój czynny. Zależność natężenia promieniowania gamma od odległości od źródła promieniowania. Zależność natężenia promieniowania gamma od grubości warstwy absorbenta. Liniowy i masowy współczynnik absorpcji. Układ pomiarowy. Dawki promieniowania: dawka pochłonięta, dawka równoważna, dawka skuteczna; jednostki. Dawki graniczne.

3 Eksperyment

(Wykonać pod kierunkiem osoby prowadzącej zajęcia)

UWAGA: Wszelkie działania ze źródłami promieniowania jonizującego przeprowadza obsługa laboratorium! Zachować warunki BHP!

3.1 Osoba prowadząca zajęcia omawia ze studentami układ pomiarowy

Schemat układu pomiarowego umieścić w sprawozdaniu (Rys.1).

3.2 Wykonać pomiary według instrukcji osoby prowadzącej zajęcia

Wyniki pomiarów należy zapisać w tabeli.
Tabela z wynikami opisana nazwiskiem studenta musi być podpisana przez osobę prowadzącą pod koniec zajęć.

4 Wyniki pomiarów

4.1 Pomiar tła promieniowania (Zamknąć źródło promieniowania gamma pokrywą ołowianą !)

Czas t pojedynczego pomiaru tła i liczbę W pomiarów określa osoba prowadząca.
Wyniki pomiarów zapisać w Tabeli 1.

Tabela 1: Pomiary tła promieniowania

Lp.	Liczba zliczeń w_j w czasie t	Odchylenie od wartości średniej $d_j=w_j-w_{sr}$	Kwadrat odchyleń od wartości średniej d_j^2
1			
2			
3			
.			
W	Wartość średnia $w_{sr}=\frac{\Sigma w_j}{W}$	Suma odchyleń $\Sigma d_j = ...$	Suma kwadratów odchyleń $\Sigma d_j^2 = ...$

liczba pomiarów W = ... , czas pojedynczego pomiaru t = ...
Wyliczyć odchylenie standardowe (dyspersję) dla pomiarów tła:

$$\sigma_w = \sqrt{\frac{\Sigma d_j^2}{W}} = ... \tag{1}$$

Jest to odchylenie standardowe pojedynczego pomiaru, inaczej średnia niepewność każdego pojedynczego pomiaru.
Wyliczyć „zmodyfikowane” odchylenie standardowe (pojedynczego pomiaru tła):

$$\sigma_{wz} = \sqrt{\frac{\Sigma d_j^2}{W-1}} = ... \tag{2}$$

Wyliczyć odchylenie standardowe wartości średniej pomiarów tła:

$$\sigma_{wsr} = \frac{\sigma_w}{\sqrt{W}} = ... \tag{3}$$

4.2 Pomiar natężenia promieniowania w zależności od położenia osłony przesuwnej

Liczba kwantów gamma padających w ciągu 1s bezpośrednio na powierzchnię S okienka licznika czyli natężenia wiązki promieniowania wynosi

$$\frac{n}{t} = A\left(\frac{S}{4\pi r^2}\right) = I \tag{4}$$

gdzie A jest aktywnością źródła promieniowania a r jest odległością okienka licznika od punktowego źródła promieniowania. Jeśli tuż za źródłem promieniowania znajdzie się osłona (warstwa absorbenta) o grubości h i liniowym współczynniku absorpcji μ to wiązka promieniowania ulegnie częściowej absorpcji i licznik zarejestruje natężenie I_1 co opisuje wzór:

$$I_1(r) = I(r) \cdot exp(-\mu h). \tag{5}$$

Współczynnik osłabienia λ promieniowania powodowany osłonę wyniesie

$$\lambda = \frac{I_1(r)}{I(r)} = exp(-\mu h) \tag{6}$$

i jak widać dla ustalonego r współczynnik λ nie zależy od położenia osłony i powinien być stały dla dowolnego położenia osłony pomiędzy źródłem i licznikiem. Podlega to sprawdzeniu eksperymentalnemu przy pomocy przeprowadzonych pomiarów.

Ustalić odległość r pomiędzy punktowym źródłem promieniowania a licznikiem. Zdjąć pokrywę z pojemnika zawierającego źródło promieniotwórcze. Nałożyć w miejsce pokrywy płytę ołowianą z otworem. (Wykonuje obsługa laboratorium). Przyjąć odległość a =9,3cm od źródła do górnej powierzchni przesłony oaz przyjąć błąd pomiaru Δa =$\pm$ 0,5cm.
Czas t pojedynczego pomiaru liczby zliczeń m i liczbę L położeń r_i osłony przesuwnej pomiędzy źródłem a licznikiem określa osoba prowadząca zajęcia.
Wykonać pomiar liczby zliczeń m promieniowania gamma najpierw przy braku osłony przesuwnej a następnie dla kilku położeń r_i osłony przesuwnej. Położenie osłony przesuwnej zmieniamy r_i używając segmentów dystansowych. Wyniki pomiarów zapisać w Tabeli 2.

Tabela 2: Liczby zliczeń przy braku osłony i dla różnych położeń osłony przesuwnej

Położenie osłony $r_i = a + x_i$ (cm)	Liczba zliczeń m_1; m_2; m_3 m_4; m_5	Liczba zliczeń bez tła n_j=m_j-w_{sr} n_1; n_2; n_3 n_4; n_5	Wartość średnia n_{sr}=$\frac{\Sigma n_j}{5}$	Dyspersja σ_n
0				

Wyliczyć odchylenie standardowe (dyspersję) dla pomiarów promieniowania przy poszczególnych położeniach r_i osłony

$$\sigma_n = \sqrt{\frac{\Sigma d_j^2}{5}} \tag{7}$$

W tym przypadku d_j = n_j – n_{sr}.

Jest to odchylenie standardowe pojedynczego pomiaru, inaczej średnia niepewność każdego pojedynczego pomiaru.
Wyliczyć „zmodyfikowane" odchylenie standardowe (pojedynczego pomiaru):

$$\sigma_{nz} = \sqrt{\frac{\Sigma d_j^2}{5-1}} \tag{8}$$

Wyliczyć odchylenie standardowe wartości średniej pomiarów:

$$\sigma_{nsr} = \frac{\sigma_n}{\sqrt{5}} \tag{9}$$

5 Opracowanie wyników pomiaru

Biorąc pod uwagę wyniki Tabeli 2 i wzór (6) nanieść na wykres (Rys.2) wartości λ_i względem r_i. Punkty pomiarowe uzupełnić graficznie o niepewności (błędy) pomiarowe. I tak błąd pomiarowy dla wielkości r_i przyjąć

$$\Delta r_i = \Delta(a + x_i) = ... \tag{10}$$

Błąd pomiarowy $\Delta\lambda$ dla współczynnika $\lambda(r_i)$ oszacować z prawa przenoszenia niepewności. Niepewności $\pm\Delta r_i$ i $\pm\Delta\lambda$ tworzą prostokątne otoczenia niepewności punktów pomiarowych. Przez możliwie największą liczbę otoczeń przeprowadzić linię gładką. Czy współczynnik λ w granicach błędu jest wartością stałą niezależnie od położenia osłony przesuwnej?

6 Wyliczanie dawki

Gdyby w miejscu okienka licznika Geigera-Müllera umieścić warstwę materiału o współczynniku absorpcji μ (nie mylić ze współczynnikiem absorpcji osłony) to energia promieniowania gamma P pochłonięta w ciągu 1s w warstwie o grubości dr czyli w objętości Sdr wyniesie

$$P = \left(\frac{AS}{4\pi r^2}\right) E_\gamma \mu dr \tag{11}$$

gdzie E_γ jest energią kwantu gamma. Objętość Sdr warstwy posiada masę Sdr ρ, gdzie ρ jest gęstością wspomnianej warstwy. Zatem moc dawki czyli energia pochłonięta w ciągu 1s przez jednostkę masy wyniesie

$$P_\rho = \left(\frac{AS}{4\pi r^2}\right) E_\gamma \mu \frac{dr}{Sdr} = A\left(\frac{S}{4\pi r^2}\right) E_\gamma \frac{\mu_\rho}{S} \tag{12}$$

gdzie $\mu_\rho = \frac{\mu}{\rho}$.
Mnożąc obustronnie wzór **??** przez czas ekspozycji t otrzymuje się dawkę pochłoniętą

$$D_\rho = P_\rho t = A\left(\frac{St}{4\pi r^2}\right) E_\gamma \frac{\mu_\rho}{S} = nE_\gamma \frac{\mu_\rho}{S} \tag{13}$$

Zakładając, że w miejscu okienka licznika Geigera-Müllera znajduje się tkanka miękka (μ_ρ=0,0292 cm^2/g) wyliczyć dawkę $D_\rho(r_i)$ przypadającą na jednostkę masy pochłoniętą w czasie t = 2x45 min, pochodzącą od źródła promieniotwórczego ^{60}Co stosując wzór (13). Przyjąć w tym celu wartość tablicową energii kwantu gamma E_γ = 1.3 MeV oraz powierzchnię licznika S = 0.64cm^2. Obliczenia przeprowadzić dla zastosowanych położeń osłony przesuwnej. Zależność D_ρ(r) przedstawić na wykresie (Rys.3). Czy dawka w granicach błędu utrzymuje wartość stałą niezależnie od położenia osłony przesuwnej?

7 Dyskusja otrzymanych wyników

Ustosunkować się do otrzymanych rezultatów. Ocenić jakość eksperymentu. Podać wnioski pomiarowe. Podać wnioski dotyczące pochłanianych dawek.

Literatura

1. J.R. Taylor, Wstęp do analizy błędu pomiarowego, Wyd. Naukowe PWN, Warszawa, 1995
2. G.L. Squires, Praktyczna fizyka, Wyd. Naukowe PWN, Warszawa, 1992
3. A. Strzałkowski, Wstęp do fizyki jądra atomowego, PWN, Warszawa, 1969
4. B. Dziunikowski, S.J. Kalita, Ćwiczenia laboratoryjne z jądrowych metod pomiarowych, (Skrypty uczelniane, 1440) Wydawnictwa AGH, Kraków, 1995 (dostępne w sieci www)
5. K. Małuszyńska, M. Przytuła, Laboratorium fizyki jądrowej, PWN, Łódź, 1969
6. B. Gostkowska, Ochrona radiologiczna, wielkości, jednostki i obliczenia, Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej, Warszawa, 2016
7. A. Hrynkiewicz, Dawki i działanie biologiczne promieniowania jonizującego, Państwowa Agencja Atomistyki, Instytut Fizyki Jądrowej, Warszawa-Kraków, 1993