

LABORATORIUM PROMIENIOWANIE W MEDYCYNIE

Ćw. nr 4

OSŁANIAJĄCE WŁAŚCIWOŚCI WARSTWY PODWÓJNEJ

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

1 Cel ćwiczenia

Promieniowanie gamma przechodzące przez materię doznaje absorpcji. Absorpcja zależy od grubości warstwy i liniowego współczynnika absorpcji materiału. Celem ćwiczenia jest określenie właściwości osłaniających przed promieniowaniem gamma dla wybranych materiałów stanowiących warstwę podwójną. Kolejnym celem jest określenie wpływu takiej osłony na dawkę promieniowania.

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. KERMA. Zależność natężenia promieniowania gamma od grubości warstwy absorbenta. Liniowy współczynnik absorpcji. Grubość połówkowa. Układ pomiarowy. Budowa i zasada działania licznika Geigera-Müllera. Czas martwy licznika. Wiązka skolimowana, wiązka szeroka. Dawka pochłonięta, równoważna, skuteczna. Jednostki dawek. Zasady ochrony przed promieniowaniem. Zasada ALARA.

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 K 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 odchylenia od wartości średniej d_j^2
1			
2			
3			
.			
.			
.			
.			
K	Wartość średnia $w_{sr} = \frac{\sum w_j}{K}$	Suma odchylenia $\sum d_j = \dots$	Suma kwadratów odchylenia $\sum d_j^2 = \dots$

liczba pomiarów $K = \dots$, czas pojedynczego pomiaru $t = \dots$

Wyliczyć odchylenie standardowe (dyspersję) dla pomiarów tła:

$$\sigma_w = \sqrt{\frac{\sum d_j^2}{K}} = \dots \quad (1)$$

Jest to odchylenie standardowe pojedynczego pomiaru, inaczej średnia niepewność każdego pojedynczego pomiaru.

Wyliczyć „zmodyfikowane” odchylenie standardowe (pojedynczego pomiaru tła):

$$\sigma_{wz} = \sqrt{\frac{\sum d_j^2}{K-1}} = \dots \quad (2)$$

Wyliczyć odchylenie standardowe wartości średniej pomiarów tła:

$$\sigma_{wsr} = \frac{\sigma_w}{\sqrt{K}} = \dots \quad (3)$$

Wynik pomiaru tła przedstawić w postaci

$$w = w_{sr} \pm \sigma_{sr} \quad (4)$$

4.2 Pomiar absorpcji promieniowania gamma

Prowadzący zajęcia: Otworzyć źródło promieniowania gamma.

Wiązka stanowi zagrożenie!

Wyklucza się jakiegokolwiek kontakt organizmu z wiązką promieniowania!

Ze zbioru materiałów konstrukcyjnych: ołów, żelazo, aluminium, beton, cegła, płyta gipsowa, płyta meblowa, deska, wybrać dwa składniki z różnych materiałów do badania absorpcji warstwy podwójnej.

Zmierzyć 5 razy grubość x składnika 1.

Wyznaczyć średnią arytmetyczną, oszacować błąd Δx pomiaru.

Zmierzyć 5 razy grubość y składnika 2.

Wyznaczyć średnią arytmetyczną, oszacować błąd Δy pomiaru.

Wykonać pomiar liczby zliczeń m promieniowania gamma dla składnika 1.

Czas t pojedynczego pomiaru promieniowania określa osoba prowadząca.

Wyniki pomiarów zapisać w Tabeli 2.

Tabela 2: Pomiar absorpcji promieniowania dla składnika 1

Grubość składnika 1	Liczba zliczeń m_j	Liczba zliczeń bez tła $n_j = m_j - w_{sr}$	Kwadrat odchyłeń od wartości średniej d_j^2
0			
x			
x			
x			
x			
x			

Wyliczyć n_{sr} , kwadraty odchyłeń od wartości średniej

$$d_j^2 = (n_j - n_{sr})^2 \quad (5)$$

oraz odchylenie standardowe pojedynczego pomiaru dla K=5 pomiarów

$$\sigma_n = \sqrt{\frac{\sum d_j^2}{5}} \quad (6)$$

Wyliczyć „zmodyfikowane” odchylenie standardowe (pojedynczego pomiaru)

$$\sigma_{nz} = \sqrt{\frac{\sum d_j^2}{5 - 1}} \quad (7)$$

Wyliczyć odchylenie standardowe wartości średniej pomiarów

$$\sigma_{n_{sr}} = \frac{\sigma_n}{\sqrt{5}} \quad (8)$$

Analogiczne pomiary (Tabela 3) i obliczenia wykonać dla składnika 2 o grubości y.

Tabela 3: Pomiar absorpcji promieniowania dla składnika 2

Grubość składnika 2	Liczba zliczeń m_j	Liczba zliczeń bez tła $n_j=m_j-w_{sr}$	Kwadrat odchyłeń od wartości średniej d_j^2
0			
y			
y			
y			
y			
y			

Wykonać pomiar absorpcji promieniowania dla warstwy podwójnej 1-2 i wyniki zapisać w Tabeli 4.

Wyliczyć n_{sr} , σ_n , σ_{nz} , σ_{nsr} .

Tabela 4: Pomiar absorpcji promieniowania dla warstwy podwójnej 1-2

Grubość warstwy 1-2	Liczba zliczeń m_j	Liczba zliczeń bez tła $n_j=m_j-w_{sr}$	Kwadrat odchyłeń od wartości średniej d_j^2
0			
x+y			
x+y			
x+y			
x+y			
x+y			

Wykonać pomiar absorpcji promieniowania dla warstwy podwójnej 2-1 i wyniki zapisać w Tabeli 5.

Wyliczyć n_{sr} , σ_n , σ_{nz} , σ_{nsr} .

Tabela 5: Pomiar absorpcji promieniowania dla warstwy podwójnej 2-1

Grubość warstwy 2-1	Liczba zliczeń m_j	Liczba zliczeń bez tła $n_j=m_j-w_{sr}$	Kwadrat odchyłeń od wartości średniej d_j^2
0			
y+x			
y+x			
y+x			
y+x			
y+x			

5 Opracowanie wyników pomiaru

5.1 Wyliczanie współczynników absorpcji składników

Przechodząc przez warstwę absorbenta (osłony) część promieniowania gamma zostaje pochłonięta. Liczba zliczeń rejestrowanych przez detektor maleje, gdy grubość warstwy zwiększa się co opisuje wzór:

$$n(x) = n(0)\exp(-\mu x) \quad (9)$$

gdzie $n(0)$ jest liczbą zliczeń dla zerowej grubości warstwy a μ ($\frac{1}{cm}$) jest liniowym współczynnikiem absorpcji.

Stosownie do Tabeli 2 i wzoru (9) przyjmując $n(x)=n_{sr}$ wyliczyć współczynnik absorpcji liniowej μ_1 dla składnika 1 warstwy. Oszacować błąd pomiaru. Stosownie do Tabeli 3 i wzoru (9) wyliczyć współczynnik absorpcji liniowej μ_2 dla składnika 2 warstwy. Oszacować błąd pomiaru.

5.2 Wyliczanie współczynników absorpcji warstwy podwójnej

Liczba zliczeń po przejściu promieniowania gamma przez warstwę 1 wynosi:

$$n(x) = n(0)\exp(-\mu_1 x) \quad (10)$$

kolejno liczba zliczeń po przejściu przez warstwę 2 wynosi:

$$n(y) = n(x)\exp(-\mu_2 y) \quad (11)$$

zatem po przejściu przez warstwę podwójną liczba zliczeń wyniesie:

$$n(x+y) = n(x) \cdot n(y) = n(0)\exp[-(\mu_1 x + \mu_2 y)] \quad (12)$$

Liczbę zliczeń po przejściu przez obie warstwy ($x+y$) można zapisać w postaci:

$$n(x+y) = n(0)\exp[-\mu_{1-2}(x+y)] \quad (13)$$

gdzie

$$\mu_{1-2} = \frac{\mu_1 x + \mu_2 y}{x+y} \quad (14)$$

jest współczynnikiem absorpcji liniowej ważonym dla warstwy.

Stosownie do Tabeli 4 i wzoru (13) wyliczyć ważony współczynnik absorpcji liniowej μ_{1-2} dla grubości ($x+y$) warstwy podwójnej 1-2. Podobnie wyliczyć μ_{1-2} stosując wzór (14) i wyniki podrozdziału 5.1. Porównać wartości. Oszacować błąd pomiaru. Analogiczne działania przeprowadzić dla warstwy podwójnej 2-1 czyli dla ($y+x$); wyznaczyć współczynnik μ_{2-1} .

Czy otrzymane ważne współczynniki absorpcji liniowej μ_{1-2} i μ_{2-1} są sobie równe w granicach błędu pomiarowego ?

Czym mogłaby być spowodowana różnica?

Czy warstwa 1-2 tak samo chroni przed promieniowaniem jak warstwa 2-1 ?

5.3 Wyliczanie dawki

Gdyby w miejscu okienka licznika Geigera-Müllera umieścić warstwę naświetlanego promieniowaniem gamma materiału o współczynniku absorpcji μ (nie mylić tego współczynnika z omawianymi wyżej współczynnikami warstwy podwójnej) to energia promieniowania gamma P pochłonięta w ciągu 1s w warstwie o grubości dr czyli w objętości Sdr wyniesie

$$P = \left(\frac{AS}{4\pi r^2} \right) E_\gamma \mu dr = I E_\gamma \mu dr \quad (15)$$

gdzie: A jest aktywnością źródła promieniowania, r jest odległością źródło punktowe – okienko licznika, E_γ jest energią kwantu gamma, $I = \frac{n}{t}$ jest natężeniem promieniowania, czyli liczbą zliczeń na sekundę rejestrowaną przez licznik. Objętość Sdr warstwy posiada masę $Sdr \rho$, gdzie ρ jest gęstością warstwy naświetlanej. Zatem moc dawki czyli energia pochłonięta w ciągu 1s przez jednostkę masy wyniesie

$$P_\rho = \left(\frac{AS}{4\pi r^2} \right) E_\gamma \mu \frac{dr}{Sdr \rho} = I E_\gamma \frac{\mu_\rho}{S} \quad (16)$$

gdzie $\mu_\rho = \frac{\mu}{\rho}$ jest masowym współczynnikiem absorpcji naświetlanego materiału.

Zakładając, że w miejscu okienka licznika Geigera-Müllera znajduje się woda (tkanka miękka) ($\mu_\rho = 0,0294 \text{ cm}^2/\text{g}$) wyliczyć moc dawki P_ρ przypadającą na jednostkę masy pochodzącą od źródła promieniotwórczego ^{60}Co stosując wzór (16). Przyjąć w tym celu wartość tablicową energii kwantu gamma $E_\gamma = 1,3 \text{ MeV}$ oraz powierzchnię licznika $S = 0,64 \text{ cm}^2$.

Kolejno wyliczyć dawkę D_ρ jaką pochłonięłaby woda (tkanka miękka) w czasie trwania zajęć laboratoryjnych 2x45 min stosując wzór

$$D_\rho = P_\rho t \quad (17)$$

Dawkę pochłoniętą $D_\rho(x)$ wyliczyć dla osłony 1-2 i osłony 2-1. Porównać dawki. Określić błędy pomiarowe dawek. Czy dawki są takie same w granicach błędu pomiarowego? Dawkę wyrazić również za pomocą Gy (grej).

6 Dyskusja otrzymanych wyników

Ustosunkować się do otrzymanych rezultatów. Ocenić jakość eksperymentu. Podać wnioski pomiarowe. Podać wnioski dotyczące pochłanianych dawek w przypadku osłony 1-2 i 2-1.

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 AH, 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. Hryniewicz, Dawki i działanie biologiczne promieniowania jonizującego, Państwowa Agencja Atomistyki, Instytut Fizyki Jądrowej, Warszawa-Kraków, 1993
8. M. Siemiński, Fizyka zagrożeń środowiska, Wyd. Naukowe PWN, Warszawa, 1994