



**POLITECHNIKA
RZESZOWSKA**
im. IGNACEGO ŁUKASIEWICZA



WYDZIAŁ
**MATEMATYKI
I FIZYKI STOSOWANEJ**
POLITECHNIKI RZESZOWSKIEJ

LABORATORIUM PROMIENIOWANIE W MEDYCYNIE

Ćw. nr 3

NATEŻENIE PROMIENIOWANIA γ A ODLEGŁOŚĆ OD ŹRÓDŁA PROMIENIOWANIA

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

1 Cel ćwiczenia

Natężenie promieniowania, w tym promieniowania γ , maleje gdy zwiększa się odległość od punktowego źródła promieniowania. Celem ćwiczenia jest wyznaczenie spadku natężenia promieniowania wraz z odległością od źródła. Kolejnym celem jest oszacowanie redukcji dawki promieniowania powodowane przez odległość od źródła.

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. Układ pomiarowy. Budowa i zasada działania licznika Geigera-Müllera. Czas martwy licznika. 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 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:

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

4.2 Pomiar natężenia promieniowania w zależności od odległości źródła – licznik

Zdjąć pokrywę z pojemnika zawierającego źródło promieniotwórcze. Nałożyć w miejsce pokrywy płytę ołowianą z otworem (przesłonę). (Wykonuje obsługa laboratorium).

Oszacować odległość $a = \dots$ od źródła do górnej powierzchni przesłony oraz oszacować błąd pomiaru $\Delta a = \dots$ (Wykonuje obsługa laboratorium).

Czas t pojedynczego pomiaru liczby zliczeń m i liczbę L odległości x określa osoba prowadząca.

Wykonać pomiar liczby zliczeń m promieniowania gamma w zależności od odległości x okienka licznika od powierzchni przesłony. Wyniki pomiarów zapisać w Tabeli 2.

Tabela 2: Zależność liczby zliczeń od odległości

Odległość x(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 $n_{sr} = \frac{\sum n_j}{5}$	Dyspersja σ_n
0				

Wyliczyć odchylenie standardowe (dyspersję) dla pomiarów promieniowania przy poszczególnych odległościach x

$$\sigma_n = \sqrt{\frac{\sum d_j^2}{5}} \quad (4)$$

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):

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

Wyliczyć odchylenie standardowe wartości średniej pomiarów:

$$\sigma_{nsr} = \frac{\sigma_n}{\sqrt{5}} \quad (6)$$

5 Opracowanie wyników pomiaru

5.1 Proporcjonalność do odwrotności kwadratu odległości

Liczba zliczeń $n(a+x)$ rejestrowanych przez detektor maleje, gdy odległość $(a+x)$ pomiędzy punktowym źródłem a okienkiem licznika Geigera-Müllera zwiększa się. Opisuje to prawo proporcjonalności do odwrotności kwadratu odległości

$$n(a+x) = \frac{n(a)a^2}{(a+x)^2} \quad (7)$$

gdzie $n(a)$ jest liczbą zliczeń dla startowej odległości a .

5.2 Konstrukcja wykresu

- A. Biorąc pod uwagę wyniki Tabeli 2 nanieść na wykres (Rys.2) wartości $n = n_{sr}$ (oś pionowa) w zależności $(a+x)$ (oś pozioma). Punkty pomiarowe uzupełnić graficznie o niepewności

(błędy) pomiarowe. I tak błąd pomiarowy dla wielkości $(a+x)$ przyjąć

$$\pm\Delta(a+x) = \dots \quad (8)$$

Błąd pomiarowy dla wielkości $n(a+x)$ przyjąć

$$\pm\Delta n(a+x) = \pm\sigma_{n, sr} \quad (9)$$

Niepewności $\pm\Delta x$ i $\pm\Delta n(a+x)$ zaznaczone na wykresie tworzą prostokątne otoczenia niepewności punktów pomiarowych. Przez możliwie największą liczbę otoczeń przeprowadzić krzywą gładką.

- B. Stosownie do wzoru (7) i Tabeli 2 wykonać wykres (Rys.3) zależności $n(a+x)$ (oś pionowa) względem $(a+x)^{-2}$ (oś pozioma). Przez możliwie największą liczbę otoczeń przeprowadzić prostą.

6 Dyskusja otrzymanych rezultatów pomiarowych

6.1 Moc dawki

Mierzona liczba kwantów gamma n/t padających w ciągu sekundy na powierzchnię S okienka licznika wynosi

$$\frac{n}{t} = \left(\frac{A}{4\pi r^2} \right) S, \quad (10)$$

gdzie A jest aktywnością źródła promieniowania natomiast r jest odległością okienka od punkto-
wego źródła promieniowania. Jest to przybliżenie, gdyż źródło i okienko jest rozciągle, posiada
swoje wymiary. Liczbę $\frac{n}{t}$ wylicza się korzystając z Tabeli 2.

Gdyby w miejscu okienka licznika Geigera-Müllera umieścić cienką warstwę materii o liniowym
współczynniku absorpcji μ to energia promieniowania gamma P pochłonięta w ciągu 1s w war-
stwie o grubości dr czyli w objętości Sdr wyniesie

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

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

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

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

Mnożąc obustronnie wzór (12) przez czas pomiaru t otrzymuje się dawkę pochłoniętą

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

przez jednostkę masy.

W obliczeniach dawki pochłonięte podawać również w jednostkach Gy (grej).

6.2 Wyliczanie dawki pochłoniętej

- A. Zakładając, że w miejscu okienka licznika Geigera-Müllera znajduje się woda ($\mu_p=0,0294 \text{ cm}^2/\text{g}$) wyliczyć dawkę $D_p(x)$ przypadającą na jednostkę masy pochłoniętą w czasie t , pochodzącą od źródła promieniotwórczego ^{60}Co stosując wzór (13). Przyjąć w tym celu wartość tablicową energii kwantu gamma $E_\gamma = 1,3 \text{ MeV}$ oraz powierzchnię licznika $S=0,64\text{cm}^2$. Zależność $D_p(x)$ przedstawić na wykresie (Rys.5).
- B. Zakładając, że w miejscu okienka licznika Geigera-Müllera znajduje się tkanka miękka ($\mu_p=0,0292 \text{ cm}^2/\text{g}$) wyliczyć dawkę $D_p(x)$ przypadającą na jednostkę masy pochłoniętą w czasie t , pochodzącą od źródła promieniotwórczego ^{60}Co stosując wzór (13). Przyjąć w tym celu wartość tablicową energii kwantu gamma $E_\gamma = 1,3 \text{ MeV}$ oraz powierzchnię licznika $S=0,64\text{cm}^2$. Zależność $D_p(x)$ przedstawić na wykresie (Rys.5).
- C. Zakładając, że w miejscu okienka licznika Geigera-Müllera znajduje się powietrze ($\mu_p=0,0265 \text{ cm}^2/\text{g}$) wyliczyć dawkę $D_p(x)$ przypadającą na jednostkę masy pochłoniętą w czasie t , pochodzącą od źródła promieniotwórczego ^{60}Co stosując wzór (13). Przyjąć w tym celu wartość tablicową energii kwantu gamma $E_\gamma = 1,3 \text{ MeV}$ oraz powierzchnię licznika $S=0,64\text{cm}^2$. Zależność $D_p(x)$ przedstawić na wykresie (Rys.5).
W obliczeniach przyjąć $t=2\times 45 \text{ min}$.

7 Dyskusja otrzymanych wyników

Ustosunkować się do otrzymanych rezultatów. Ocenić jakość eksperymentu. Podać wnioski pomiarowe. Podać wnioski dotyczące pochłanianych dawek. Oszacować dyspersję dawki pochłoniętej.

Literatura

1. J.R. Taylor, Wstęp do analizy błęd pomiarowych, 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