

# FIZYKA WSPÓŁCZESNA

Laboratorium

**Instrukcja do ćwiczenia nr 6**

**Temat: Promieniotwórczość naturalna.  
Absorpcja promieniowania gamma przez osłony.**

## I. Zagadnienia do samodzielnego opracowania

Oddziaływanie promieniowania gamma z materią: zjawisko fotoelektryczne, efekt Comptona oraz zjawisko tworzenia par. Przekrój czynny. Zależność natężenia promieniowania gamma od grubości warstwy absorbentu. Liniowy współczynnik absorpcji. Grubość połówkowa.

## II. Wprowadzenie

## III. Wykonanie ćwiczenia

1. Pomiar tła promieniowania. **Preparat promieniotwórczy ma być cały czas zamknięty pokrywą ołowianą !)**

Czas  $t$  pojedynczego pomiaru tła i liczbę  $n$  pomiarów określa osoba prowadząca.

Wyniki pomiarów zapisać w Tabeli 1.

Tabela 1. Pomiar tła promieniowania

Lp.	Liczba zliczeń $w_j$ (w czasie $t = \dots$ )	Odchylenie od wartości średniej $d_j = w_j - w_{\text{sr}}$	Kwadraty odchyleń od wartości średniej $d_j^2$
1			
2			
3			
...			
$n$			
	Wartość średnia $w_{\text{sr}} = \Sigma w_j / n = \dots$	Suma odchyleń $\Sigma d_j = \dots$	Suma kwadratów odchyleń $\Sigma d_j^2 = \dots$

2. Pomiar natężenia promieniowania w zależności od grubości absorbentu.

**Prowadzący zajęcia: Otworzyć wiązkę promieniowania gamma. Wiązka stanowi zagrożenie!**

**Wyklucza się jakikolwiek kontakt organizmu z wiązką promieniowania!**

Wykonać pomiar liczby zliczeń  $v_i$  promieniowania gamma w zależności od grubości warstwy  $x_i$  absorbentu (materiału pochłaniającego).

Czas  $t$  pojedynczego pomiaru promieniowania powinien być taki sam jak w pkt 1. Liczbę  $m$  powtórzeń pomiarów dla jednej odległości określa osoba prowadząca (np.  $m = 5$ ). Wyniki pomiarów liczb zliczeń  $v_j$  zapisać w Tabeli 2.

Tabela 2 Pomiar promieniowania dla różnych grubości absorbentu

Grubość absorbentu $x_i$ [cm]	Liczba zliczeń $v_j$	Średnie liczby zliczeń $v_{\text{sr}_i}$	Odchylenie stand. $\sigma(v_{\text{sr}_i})$	Liczba zliczeń bez tła $z_i = v_{\text{sr}_i} - w_{\text{sr}}$	Odchylenie stand. $\sigma(z_i)$

3. Zamknąć preparat promieniotwórczy pokrywą.

**IV. Obliczenia**

Punkty 1 i 2 mogą zostać pominięte, jeśli poprzednio zostało wykonane ćwiczenie laboratoryjne, na którym został dokonany pomiar promieniowania tła dla danego preparatu promieniotwórczego (z takim samym czasem zliczeń). Wtedy należy jedynie podać obliczone wielkości  $w_{sr}$  i  $\sigma(w_{sr})$ .

1. Obliczyć średni czas zliczeń dla promieniowania tła  $w_{sr}$ . Dla każdego pomiaru zliczeń promieniowania tła obliczyć odchylenia od wartości średniej  $d_j = w_j - w_{sr}$  oraz kwadraty odchyleń  $d_j^2$ , wraz z odpowiednimi sumami. Wyniki wpisać do Tabeli 1. Obliczyć odchylenie standardowe pojedynczego pomiaru i odchylenie standardowe średniej

$$u(w) = \sqrt{\frac{\sum d_i^2}{n-1}}, \quad u(w_{sr}) = \sqrt{\frac{\sum d_i^2}{n(n-1)}} = \frac{u(w)}{\sqrt{n}}$$

2. W drugiej wersji, dla pomiarów zliczeń promieniowania tła obliczyć odchylenie standardowe pojedynczego pomiaru i odchylenie standardowe średniej na podstawie rozkładu Poissona

$$\sigma(w) = \sqrt{w_{sr}}, \quad \sigma(w_{sr}) = \sqrt{\frac{w_{sr}}{n}} = \frac{\sigma(w)}{\sqrt{n}}$$

3. Dla pomiaru zależności natężenia promieniowania od grubości absorbentu obliczyć średnie liczby zliczeń  $v_{srj}$  i liczby zliczeń bez tła  $z_i = v_{srj} - w_{sr}$  dla każdej grubości. Obliczyć odchylenia standardowe liczby zliczeń  $\sigma(v_{srj})$  z rozkładu Poissona i odchylenia standardowe zliczeń bez tła  $\sigma(z_i)$  z prawa przenoszenia niepewności

$$\sigma(v_{srj}) = \sqrt{v_{srj}/m}, \quad \sigma(z_i) = \sqrt{[\sigma(v_{srj})]^2 + [\sigma(w_{sr})]^2}$$

Wyniki zapisać w Tabeli 2.

4. Sporządzić wykres zależności liczby zliczeń bez tła od grubości absorbentu  $z=f(x)$ . Na wykresie nanieść niepewności  $\sigma(z_i)$ .
5. W celu oszacowania zależności liczby zliczeń od grubości absorbentu  $z(x)$ , modelową zależność  $z = z_0 \exp(-\mu \cdot x)$  linearyzujemy stosując funkcję odwrotną (czyli logarytmiczną). Dlatego należy obliczyć wielkości  $y_i = \ln(z_i)$  i ich niepewności  $u(y_i)$  z prawa przenoszenia niepewności. Wyniki zapisać w Tabeli 3.

Tabela 3 Wielkości pomocnicze  $y_i$

Odległość od próbki $x_i$ [cm]	$y_i = \ln(n_i)$	$u(y_i)$

6. Sporządzić wykres zależności  $y=f(x)$ . Na wykresie nanieść niepewności  $u(y_i)$ .
7. Do punktów wykresu  $y=f(x)$  dopasować graficznie (ręcznie) linię prostą. Wyznaczyć z wykresu współczynnik nachylenia tej linii  $a$  jako tangens (iloraz) oraz współczynnik  $b$  jako punkt przecięcia prostej z osią  $y$  ( $a$  i  $b$  mogą mieć jednostki).
8. Obliczyć współczynnik pochłaniania materiału pochłaniającego  $\mu$  i teoretyczną liczbę  $z_0$  zliczeń w czasie  $t$  bez pochłaniania przez absorbent

$$\mu = -a, \quad z_0 = e^b$$

9. Na wykresie  $z=f(x)$  narysować krzywą wykładniczą

$$f(x) = n_0 e^{-\mu x}$$

10. Obliczyć grubość połówkową materiału pochłaniającego

$$x_{1/2} = \frac{\ln 2}{\mu}$$

### Literatura

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