

# Doświadczenie 1

## Statystyka procesów jądrowych

Podstawy fizyki jądrowej i cząstek elementarnych (laboratorium)

### Cel doświadczenia:

1. Zapoznanie się z działaniem sondy scyntylacyjnej.
2. Zmierzenie rozkładu liczby zliczeń w zadanym czasie (rozkład Poissona).
3. Zbadanie zależności natężenie promieniowania od odległości od źródła.

### Literatura:

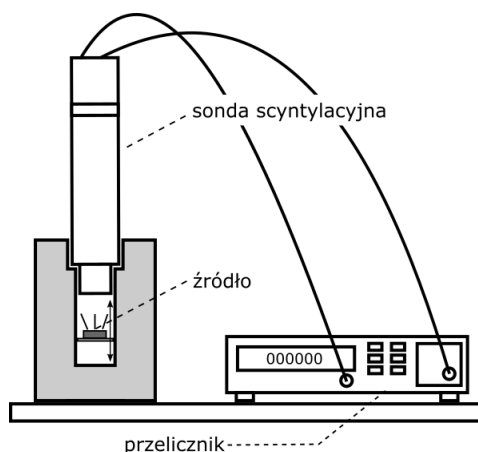
1. A. Strzałkowski, „*Wstęp do Fizyki Jądra Atomowego*”, PWN, Warszawa 1979.
2. J. Araminowicz, K. Małuszyńska, M. Przytuła, „*Laboratorium Fizyki Jądrowej*”, PWN Warszawa 1974.
3. Ewa Skrzypczak, Zygmunt Szepliński, „*Wstęp do Fizyki Jądra Atomowego i Cząstek Elementarnych*”, PWN, Warszawa 2002.

### Wymagane wiadomości:

1. Rodzaje rozpadów promieniotwórczych.
2. Prawo rozpadu promieniotwórczego.
3. Detekcja promieniowania  $\gamma$  (wymienić co najmniej 3 rodzaje detektorów i podać zasadę ich działania).
4. Proces rozpadu promieniotwórczego jąder  $^{60}\text{Co}$  (typ rozpadu, emitowane cząstki, energia promieniowania  $\gamma$ ).
5. Rozkłady prawdopodobieństwa Poissona i Gaussa.

### Układ pomiarowy:

Układ pomiarowy składa się z sondy scyntylacyjnej w ołowianej osłonie i współpracującej z nią elektroniki. Przelicznik zawiera w sobie zasilacz wysokiego napięcia zasilający fotopowielacz sondy. Scyntylatorem jest kryształ NaI o grubości 3 cm. Zliczenia z sondy są prezentowane na wyświetlaczu umieszczonym na płycie czołowej przelicznika. Czas zliczania może być regulowany w zależności od potrzeb.



**Rysunek 1.** Zdjęcie i schemat układu pomiarowego wykorzystanego w doświadczeniu nr 1.

**Tabela 1.** Podstawowe parametry izotopu  $^{60}\text{Co}$ .

Typ rozpadu	Czas połowicznego zaniku ( $T_{1/2}$ )	Główne energie promieniowania $\gamma$	Ilość kwantów $\gamma$ na 100 rozpadów	Aktywność na 03.04.2006
$\beta^-$	$(1925,20 \pm 0,25)$ dni	1,1732 MeV 1,3325 MeV	100 100	$5,352 \cdot 10^5$ Bq

### Wykonanie doświadczenia:

1. Nauka obsługi przelicznika. Wykonanie 10 niezależnych 100 s pomiarów tła.
2. Spowodować aby sonda zliczała średnio około 1-2 zliczenia na sekundę.  
*Wykonać 500 jednakowych pomiarów liczby zliczeń. Te dane posłużą do wyrysowaniu histogramu.*
3. Spowodować aby sonda zliczała średnio około 900 zliczeń na sekundę.  
*Wykonać 500 jednakowych pomiarów liczby zliczeń. Te dane posłużą do wyrysowaniu histogramu.*
4. Wykonanie pomiarów liczby zliczeń sondy scyntylicyjnej w funkcji odległości źródła od sondy.  
*Dla każdej ustalonej odległości wykonać 5 niezależnych pomiarów liczby zliczeń. Należy zmierzyć liczbę zliczeń rejestrowaną przez sondę dla co najmniej 10 różnych odległości źródła od sondy.*

### Opracowanie wyników pomiarów:

Wartości liczby zliczeń z sondy scyntylicyjnej są miarą natężenia promieniowania gamma docierającego do scyntylatora. Za mierzone natężenie możemy uznać wartość liczby zliczeń przypadającą na jednostkę czasu:

$$I = \frac{N}{t}$$

gdzie  $N$  jest liczbą zliczeń zmierzoną w czasie  $t$ . W związku z tym, że promieniowanie  $\gamma$  rozchodzi się we wszystkich kierunkach z jednakowym prawdopodobieństwem natężenie promieniowania jonizującego  $I$  w funkcji odległości  $r$  od źródła powinno maleć jak:

$$I = \frac{kA}{r^2}$$

gdzie  $k$  jest pewnym współczynnikiem proporcjonalności a  $A$  jest aktywnością źródła. W celu sprawdzenia czy uzyskane dane odzwierciedlają tę zależność należy je narysować na wykresie gdzie na osi pionowej będziemy odkładać wartość  $I$  zaś na osi poziomej wartość zmiennej  $x=1/r^2$ . Należy pamiętać że  $I$  oznacza tutaj natężenie pochodzące tylko od badanego źródła, zatem od wartości natężeń zmierzonych z użyciem źródła należy odjąć wartości zmierzonego tła. Jeżeli punkty układają się na linii prostej należy dopasować do danych doświadczalnych zależność  $y=ax+b$ , gdzie  $a$  i  $b$  są parametrami dopasowania. Należy przedyskutować wartości otrzymanych parametrów, a przede wszystkim sprawdzić czy parametr  $b$  jest równy 0 w granicy błędów. Jeżeli pojawią się rozbieżności zastanowić się co może być ich źródłem

Ponieważ procesy emisji i absorpcji promieniowania  $\gamma$  są całkowicie przypadkowe rozkład prawdopodobieństwa zarejestrowania określonej liczby zliczeń jest opisany statystyką Poissona. W przypadku statystyki Poissona, gdy średnia wartość wynosi  $N$  odchylenie standardowe tego rozkładu jest równe  $\sqrt{N}$ . Sprawdzamy na podstawie przeprowadzonych pomiarów czy powyższe stwierdzenie jest prawdziwe. Wykonujemy dwa histogramy, jeden gdy średnia jest mała i drugi gdy średnia wynosi 900. Dla  $N$  dużych w porównaniu z 1 rozkład Poissona jest bliski rozkładowi Gaussa. Histogramy należy znormalizować. Wtedy skala pionowa będzie oznaczała prawdopodobieństwo zarejestrowania określonej liczby zliczeń. Na tle histogramów narysować znormalizowane rozkłady prawdopodobieństwa Poissona i Gaussa o wartości średniej i odchyleniu standardowym wynikającym z przeprowadzonych pomiarów. Czy odchylenie standardowe jest bliskie spodziewanej wartości?

### Sprawozdanie:

Sprawozdanie powinno zawierać:

- 1) **Wstęp.** Krótki opis metody doświadczalnej, opisanie teoretycznych przewidywań itp. (Nie więcej niż 1 strona)
- 2) **Doświadczenie.** Schemat doświadczenia, opis jego wykonania i przedstawienie wyników.
- 3) **Dyskusja.** Opracowanie wyników doświadczalnych i przedstawienie wyników. Dyskusja dokładności wyników i zgodności z przewidywaniami teoretycznymi.
- 4) **Podsumowanie.** Krótkie podsumowanie.

*Do sprawozdania nie wolno kopiować żadnych elementów instrukcji do ćwiczenia.*

*Autor: dr hab. Andrzej Andrejczuk, prof. UwB  
Modyfikacje: dr Wojciech Olszewski*