

Ćwiczenie nr

Fluktuacja rozpadu promieniotwórczego

Cele ćwiczenia

1. Poznanie statystycznego charakteru przemian promieniotwórczych.
2. Przypomnienie prawa rozpadu promieniotwórczego i wielkości opisujących zjawisko promieniotwórczości poprzez wyznaczenie czasu połowicznego zaniku wybranego radioizotopu.
3. Nabycie umiejętności dokonywania analizy statystycznej w celu opisu rozpadu promieniotwórczego.
4. Zapoznanie się z podstawową aparaturą jądrową.

Zagadnienie do kolokwium wstępnego

- Budowa jądra atomowego.
- Zjawisko promieniotwórczości i wielkości fizyczne stosowane do jego opisu.
- Typy przemian promieniotwórczych.
- Prawo rozpadu promieniotwórczego.
- Rozkłady statystyczne opisujące rozpad promieniotwórczy.
- Detektory scyntylicyjne: budowa, zasada działania, zdolność rozdzielcza.

Sprzęt

1. Sonda scyntylicyjna z kryształem NaI(Tl),
2. układ spektrometryczny: zasilacz wysokiego napięcia, liniowy wzmacniacz sygnału, analizator jednokanałowy, przelicznik,
3. ołowiowy domek osłonowy,
4. źródło promieniotwórcze ^{60}Co .

Przebieg ćwiczenia

1. Zapoznać się z aparaturą stosowaną w ćwiczeniu:
 - obejrzyć elementy układu spektrometrycznego,
 - prześledzić ich połączenie począwszy od detektora scyntylicyjnego,
 - ustalić funkcję każdego z modułów i omówić ich działanie,
 - określić, które parametry należy wyregulować i na jakiej podstawie można to zrobić,
 - wykonać schemat blokowy aparatury na stanowisku pomiarowym.
2. Uruchomić tor spektrometryczny:
 - włączyć zasilanie poszczególnych elementów układu pomiarowego,
 - ustalić z prowadzącym parametry napięcia podawanego na sondę wykorzystywaną w ćwiczeniu,
 - podać napięcie na detektor (najpierw wybrać polaryzację „+”, a następnie odpowiednią wartość).
3. Wykonać serię pomiarów liczby zliczeń impulsów:
 - wybranego źródła promieniowania,
 - tła promieniowania; warunki pomiaru dla tła dobierz tak, aby średnia ilość zliczeń była w obszarze kilku (najlepiej 2 do 6) zliczeń,

- ilość pomiarów $N = 100$ (osobno dla źródła i osobno dla tła),
 - czas trwania każdego pomiaru $t = 10$ s.
4. Wyniki umieścić w tabeli 1:

pomiar tła naturalnego		pomiar źródła promieniotwórczego	
L.p.	N [imp./10s]	L.p.	N [imp./10s]
1		1	
2		2	
⋮		⋮	
100		100	

Opracowanie wyników

1. Opracować osobno wyniki pomiarów źródła promieniotwórczego i osobno tła naturalnego.

2. Wyliczyć średnią arytmetyczną dla N wykonanych pomiarów: $N_N = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N N_i$

3. Wyliczyć wariancję (W_N) i odchylenie standardowe (S_t):

$$W_N = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (N_i - N_N)^2 ; \quad S_t = \sqrt{W_N}$$

4. Wyznaczyć histogram słupkowy obrazujący liczbę przypadków wystąpienia (pośród tych N pomiarów) wartości zliczeń N_i w zakresie określonych przedziałów zliczeń. W tym celu:

- Znaleźć wartość minimalną (N_{\min}) i maksymalną (N_{\max}) wśród tych N pomiarów.
- Dla pomiaru ze źródłem tak zaokrąglić N_{\min} (w dół) i N_{\max} (w górę), aby podział obszaru między tymi zaokrąglonymi wartościami na $n = 20$ przedziałów dawał szerokość przedziału jako liczbę całkowitą.
- Pomiar tła: kolejne przedziały odpowiadają kolejnym liczbom całkowitym.
- Sporządzić histogram, na którego osi pionowej odkładana będzie liczba przypadków zliczeń (N_i), których wartość leży w j -tym przedziale liczby zliczeń, a na osi poziomej odkładana jest liczba zliczeń i zaznaczone są granice tych n przedziałów.

5. Wyliczyć funkcję rozkładu Gaussa o wartości oczekiwanej N_N i wariancji W_N . Funkcję rozkładu Gaussa wyliczać wg następującego wzoru:

$$f_G^j = n_j(\max) \cdot \exp \left[-\frac{(N_{sr}^j - N_N)^2}{2W_N} \right]$$

- gdzie: $n_j(\max)$ – maksymalna liczba zliczeń odpowiadająca środkowi j -tego przedziału,
 N_{sr}^j – liczba zliczeń odpowiadająca środkowi j -tego przedziału,
 N_N – średnia arytmetyczna wszystkich N pomiarów,
 W_N – wariancja dla wszystkich N pomiarów.

6. Wrysować wyliczoną funkcję rozkładu Gaussa w przygotowany wcześniej histogram. (Należy pamiętać, że funkcja Gaussa jest symetryczna względem wartości oczekiwanej (tu N_N), czyli po wyliczeniu j wartości funkcji, dla wszystkich N_{sr}^j mamy 2j punktów do wrysowania. Funkcję Gaussa należy wrysować w otrzymane punkty samodzielnie, bez użycia komputera.)
7. Obliczyć średnie odchylenie kwadratowe wyliczonego rozkładu Gaussa od otrzymanego histogramu: $S_{kw} = \frac{1}{N} \sqrt{\sum_{j=1}^n (f_g^j - n_j)^2}$ gdzie:
 n – liczba przedziałów histogramu,
 n_j – liczba przypadków zliczeń w j-tym przedziale histogramu,
 f_g^j – wartość funkcji Gaussa wyliczona dla środka j-tego przedziału.
8. W przypadku analizy histogramu dla tła oprócz rozkładu Gaussa należy wyliczyć i narysować funkcję rozkładu Poissona: $f(k, \lambda) = N \cdot \frac{\lambda^k \cdot e^{-\lambda}}{k!}$, gdzie:
 k – kolejna liczba całkowita, odpowiadająca danemu przedziałowi histogramu,
 λ – wartość oczekiwana rozkładu, w to miejsce wstawiamy wyliczoną wartość średnią N_N ,
 N – liczba pomiarów, wg wcześniej podanych założeń $N = 300$.
9. Analogicznie jak dla rozkładu Gaussa wylicz średnie odchylenie kwadratowe rozkładu Poissona.

Wnioski

Skomentować otrzymane wyniki pomiarów i obliczeń, zwracając m.in. uwagę na kształty funkcji rozkładu dla pomiarów ze źródłem i pomiarów tła.

Literatura

- B. Dziunikowski, S.J. Kalita: *Ćwiczenia laboratoryjne z jądrowych metod pomiarowych*. Wydawnictwa AGH, wydanie drugie zmienione, Kraków 1995.
- J. Grzesik (red.): *Biofizyka lekarska*. Skrypt ŚAM, Katowice 1994.
- Strzałkowski: *Wstęp do fizyki jądra atomowego*, PWN, Warszawa 1978.
- J. Araminowicz: *Laboratorium fizyki jądrowej*, PWN, Warszawa 1984.
- T. Mayer-Kuckuk: *Fizyka jądrowa*, PWN, Warszawa 1987.
- J. England: *Metody doświadczalne fizyki jądrowej*, PWN, Warszawa 1980.
- W. Szymański: *Chemia jądrowa, zarys problematyki przemian jądrowych*. Wydawnictwo Naukowe PWN, wydanie drugie poprawione i rozszerzone, Warszawa 1996.
- H. Szydłowski (red.): *Teoria Pomiarów*. PWN, Warszawa 1981.