



ĆWICZENIE

2a

LABORATORIUM FIZYKI ATOMOWEJ I JĄDROWEJ

Rozchodzenie się promieniowania β w przestrzeni

1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest sprawdzenie, jak zmienia się natężenie promieniowania β , gdy promieniowanie rozchodzi się w przestrzeni. W tym celu zostanie użyty układ pomiarowy, w którym można regulować odległość pomiędzy punktowym źródłem wysyłającym cząstki β a detektorem Geigera-Müllera.

2. Układ doświadczalny

W skład zestawu doświadczalnego wchodzi:

- detektor Geigera-Müllera typu AOH (z cienkim okienkiem) umieszczonego na szynie pozwalającej na jego ruch wzdłuż linii prostej,
- układ elektroniczny składający się z zasilacza wysokiego napięcia, wzmacniacza, dyskryminatora i przelicznika,
- punktowe źródło cząstek β zawierające izotop ^{90}Sr , umieszczone na obrotowej tarczy.



Rys. 1. Zdjęcie aparatury pomiarowej.

Zastosowany w zadaniu detektor Geigera-Müllera to cylinder z „cienkim okienkiem” (wykonanym z miki o grubości $1\div 2 \text{ mg/cm}^2$), wypełniony mieszaniną odpowiednich gazów (argon z domieszką gazów wieloatomowych). Detektor ten rejestruje wprawdzie wszystkie rodzaje promieniowania jonizującego, ale najbardziej wydajny jest dla cząstek β . Cząstka, która zostanie

zarejestrowana w detektorze, powoduje powstanie na jego wyjściu impulsu prądowego, który po odpowiednim wzmocnieniu, ukształtowaniu i odrzuceniu szumów może być zarejestrowany przez licznik impulsów. Liczba impulsów zarejestrowana w czasie pojedynczego pomiaru odpowiada zatem natężeniu promieniowania, które dotarło do detektora.

Szyna, na której zamocowany jest detektor, wyposażona jest również w miarę odległości pomiędzy źródłem a detektorem. Przesuwanie detektora wzdłuż szyny następuje przy pomocy pokrętła i systemu cięgieł. Odczyt położenia możliwy jest przy pomocy wskaźnika połączonego z detektorem.

3. Wstęp teoretyczny

1. Opis zjawiska

Cząstki promieniowania jonizującego emitowane są w przestrzeń izotropowo, czyli jednorodnie we wszystkich kierunkach. Zamknięte źródła promieniowania β zwykle zbudowane są w ten sposób, że większość promieniowania pochłania sama obudowa źródła, jednak to, co wyleci przez okienko w tej obudowie, rozchodzi się w przestrzeni tak samo, jakby było emitowane źródła bez obudowy.

Promieniowanie β dodatkowo oddziałuje z otoczeniem. Na przykład cząstki β , jako naładowane elektrycznie, mogą zmieniać swój tor lotu na skutek oddziaływania z polem magnetycznym, w tym także naturalnym polem magnetycznym Ziemi. Ponadto poruszając się w ośrodku, jakim jest powietrze, mogą ulegać rozproszeniu na atomach powietrza, tracąc przy tym swą energię kinetyczną i zmieniając kierunek lotu. Tym bardziej mogą także odbijać się od różnych elementów otoczenia i samego układu pomiarowego. W bardzo szczegółowych pomiarach trzeba uwzględnić te wszystkie efekty, jednak w niniejszym ćwiczeniu są one pomijalnie małe.

2. Hipoteza

Jednolity rozkład cząstek wylatujących z punkтового źródła w przestrzeń powoduje, że ich całkowity strumień rozkłada się na powierzchni kuli, której środkiem jest to źródło. Jeśli literą R oznaczymy promień tej kuli, to przez jej pole powierzchni równe $4\pi R^2$ przechodzi tor N_0 cząstek wylatujących ze źródła w dowolnej chwili pomiaru. Oznacza to, że na jednostkę powierzchni powinno przypadać $N_0/4\pi R^2$ cząstek. Jeśli zatem w odległości R od źródła ustawimy detektor o znanej powierzchni S , to zmierzona liczba cząstek powinna wynosić $N(R)=S \cdot N_0/4\pi R^2$. Ponieważ S , N_0 i 4π są stałe, zależność tę można zapisać także jako $N(R)=const/R^2$. W ćwiczeniu będziemy badać, czy rzeczywiście ta zależność jest prawdziwa.

4. Przebieg doświadczenia

- A) Włączyć układ pomiarowy zgodnie z dołączonym do niego opisem.
- B) Ustawić na liczniku czas pomiaru równy 10 sekund.
- C) Ustawić detektor promieniowania w odległości nie mniejszej niż 10 cm od źródła. Ustawioną odległość zapisać w tabelach 1, 2 i 3.
- D) Przy pomocy pokrętła ustawić obrotową tarczę w taki sposób, by źródło promieniowania β znajdowało się naprzeciw detektora.
- E) Przy pomocy licznika czterokrotnie zmierzyć liczbę impulsów, a wyniki pomiarów zanotować w tabeli 1.
- F) Przy pomocy pokrętła ustawić obrotową tarczę w taki sposób, by naprzeciw detektora nie znajdowało się żadne źródło promieniowania.
- G) Ponownie dokonać czterech pomiarów liczby impulsów, a ich wyniki notować w tabeli 2.
- H) Pomiar z punktów C-G powtórzyć dla kilku różnych odległości pomiędzy źródłem a detektorem. Wyniki wraz z ustawionymi odległościami notować w kolejnych wierszach tabel.
- I) Wyłączyć układ pomiarowy zgodnie z dołączonym do niego opisem.
- J) Tabele 1 i 2 uzupełnić o średnie wartości liczby impulsów na sekundę dla każdej z ustawionych odległości.

K) Przepisać wartości średnie do tabeli 3 i obliczyć różnicę pomiędzy natężeniem promieniowania ze źródłem oraz promieniowania tła (czyli bez źródła).

L) Aby zweryfikować hipotezę, że oczekiwana zależność ma postać $N = \text{const}/R^2$, należy wybrać jedno z możliwych przekształceń:

- $x = 1/R^2, y = N$;
- $x = 1/N^{1/2}, y = R$;
- $x = \ln R, y = \ln N$.

Uzupełnić tabelę 3 o obliczenia zgodne z wybranym przekształceniem i wykonać wykres zmierzonej zależności we współrzędnych (x, y) . Powinien on mieć kształt linii prostej o wzorze $y = a \cdot x + b$. Czy tak jest w rzeczywistości? Jeśli nie, to co może być przyczyną niezgodności?

M) Oszacować niepewności pomiarowe zmierzonych i obliczonych wielkości. Jak to oszacowanie wpływa na wnioski wyciągnięte z pomiaru?