

POMIAR WIDM PROMIENIOWANIA β PRZY POMOCY SPEKTROMETRU MAGNETYCZNEGO

I. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest pomiar widm promieniowania beta emitowanego w rozpadzie ^{22}Na i ^{90}Sr oraz ich opis teoretyczny. Pomiar ten jest przykładem zastosowania prostego magnetycznego spektrometru beta do pomiarów widm pędowych i energetycznych cząstek naładowanych.

II. Informacje potrzebne do przeprowadzenia eksperymentu

1. Rozpad β – rodzaje i reguły wyboru.
2. Opis kształtu widm elektronów z rozpadu β – teoria rozpadu β , wykres Fermiego-Kurie.
3. Schematy rozpadu dla źródeł ^{22}Na i ^{90}Sr .
4. Zasada działania spektrometru magnetycznego.
5. Zasada działania detektora Geigera- Müllera.

III. Aparatura



1. Spektrometr magnetyczny składający się z żelaznych rdzeni oraz cewki. Promień krzywizny (orbity kołowej po której poruszają się cząstki) wynosi $r=50\text{ mm}$.
2. Zasilacz elektromagnesu.
3. Miernik uniwersalny (używany jako amperomierz).
4. Przelicznik.
5. Detektor Geigera- Müllera.
6. Teslomierz z próbką Halla.
7. Źródła radioaktywne ^{22}Na i ^{90}Sr każde o aktywności 74 kBq.

IV. Przeprowadzenie pomiarów

1. Połączyć aparaturę tak jak przedstawiono na zdjęciu.
2. Wyzerować teslomierz z próbką Halla znajdującą się na zewnątrz spektrometru magnetycznego.
3. Umieścić próbkę Halla w spektrometrze. Zmieniając napięcie zasilające cewkę elektromagnesu wykonać kalibrację pola magnetycznego w spektrometrze w funkcji prądu płynącego przez elektromagnes. Kalibrację wykonać dla dwóch polaryzacji napięcia zasilającego spektrometr (czyli dla dwóch kierunków pola magnetycznego). Wykonując pomiar z rosnącym i malejącym napięciem zwrócić uwagę na zjawisko histerezy. Maksymalne pole magnetyczne około 260 mT uzyskuje się dla prądu około 3.5 A.
4. Umieścić detektor i jedno ze źródeł promieniotwórczych w spektrometrze magnetycznym.
5. Sprawdzić jaka powinna być polaryzacja napięcia zasilającego elektromagnes dla wybranego źródła promieniotwórczego. Sprawdzić jakie powinno być maksymalne napięcie zasilające aby można zmierzyć całe widmo promieniowania β dla wybranego źródła.
6. W celu oszacowania tła wykonać pomiary z polaryzacją napięcia zasilającego spektrometr magnetyczny przeciwną niż powinna być do rejestracji promieniowania β . Pomiar wykonać zmieniając napięcie zasilające elektromagnes i mierząc zależność liczby zliczeń w detektorze w funkcji natężenia prądu płynącego przez elektromagnes.
7. Wykonać pomiar widm β z prawidłową polaryzacją napięcia zasilającego elektromagnes. Zmieniając napięcie zasilające elektromagnes zmierzyć zależność liczby zliczeń w detektorze w funkcji natężenia prądu płynącego przez elektromagnes. Krok z jakim zmieniane jest napięcie dobrać tak aby zmierzyć co najmniej 30 punktów. Czas pomiaru dobrać tak aby liczba zliczeń powyżej tła wynosiła więcej niż 1000. Pamiętać iż w analizie wyników najważniejsze będą punkty odpowiadające największej energii promieniowania β , ponieważ są one najmniej zaburzone przez różne efekty pomiarowe.
8. Zmienić źródło promieniotwórcze i powtórzyć pomiary.

V. Opracowanie pomiarów

1. Kalibracja natężenia pola magnetycznego w funkcji prądu płynącego przez elektromagnes.
Wykonać wykres zależności natężenia pola magnetycznego w funkcji prądu dla różnych polaryzacji napięcia zasilającego elektromagnes oraz dla pomiarów z rosnącym i malejącym napięciem. Do wyników dopasować krzywe kalibracyjne.
2. Wykonanie wykresu widma β .
Korzystając z krzywej kalibracyjnej przeliczyć wartość prądu, dla której wykonano kolejny pomiar na wartość pędu rejestrowanej cząstki. Od zmierzonej liczby zliczeń odjąć liczbę zliczeń uśrednionego tła (jeżeli jest ono istotne). Dokonać transformacji widma różniczkowego dN/dp (zależności liczby zliczeń dN na przedział pędu dp) na zależność dN/dW (czyli zależność liczby zliczeń dN na przedział energii kinetycznej dW). Pęd najwygodniej jest wyrażać w jednostkach mc (gdzie m jest masą elektronu, c prędkością światła), energię najwygodniej jest wyrażać w jednostkach mc^2 . Wykonać wykresy widm β , czyli zależność dN/dW w funkcji W .
3. Wykonanie wykresu Fermiego-Kurie.
Korzystając z prostej parametryzacji funkcji Fermiego $F(Z,W)$ z publikacji [4] (wzór 3 dla rozpadu ^{22}Na oraz wzór 8 z podanymi poniżej parametrami dla rozpadu ^{90}Sr) wykonać wykresy Fermiego-Kurie (bez uwzględniania funkcji wzbronienia). Do otrzymanych wykresów dopasować prostą wybierając odpowiednio zakres danych.
4. Uwzględnienie funkcji wzbronienia.
Dla danych otrzymanych dla źródła promieniotwórczego ^{90}Sr uwzględnić dodatkowo funkcję wzbronienia pierwszego rzędu. Narysować skorygowany wykres Fermiego-Kurie i dopasować do niego prostą w wybranym zakresie danych.
5. Wyznaczenie energii maksymalnej.
Korzystając z parametrów dopasowanych prostych określić maksymalną energię elektronów i podać niepewność jej wyznaczenia.

VI. Zalecana literatura

1. K. Siegbahn, „Alpha-, Beta- and Gamma-Ray Spectroscopy”, North-Holland Publishing Co., Amsterdam 1965.
2. Donald H. Perkins, „Introduction to High Energy Physics”, Addison Wesley Company Inc., 1987 (istnieje przekład polski wydany przez PWN).
3. A. Strzałkowski, „Wstęp do fizyki jądra atomowego”, PWN 1978.
4. P. Venkataramaiah et al., J. Phys. G: Nucl. Phys. 11 (1985) 359.