

Z36A - KORELACJE KIERUNKOWE: BADANIE KORELACJI KIERUNKOWYCH DLA KASKADY PROMIENIOWANIA GAMMA EMITOWANEGO W ROZPADZIE ^{60}Co ORAZ DLA KWANTÓW PROMIENIOWANIA ANIHILACYJNEGO POZYTONÓW Z ROZPADU ^{22}Na (INSTRUKCJA PEŁNA)

II Pracownia Fizyczna

Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej, Uniwersytet Jagielloński

Celem ćwiczenia jest wyznaczenie anizotropii oraz funkcji korelacji kaskadowego promieniowania gamma izotopu ^{60}Ni (powstającego w rozpadzie β^- jąder ^{60}Co). W celu poprawnego ustawienia zależności czasowych w stosowanym do pomiaru koincydencji kwantów gamma z kaskady układzie elektronicznym używa się kwantów gamma, pochodzących z anihilacji pozytonów, powstających w rozpadzie izotopu ^{22}Na . Wyniki pomiarów korelacji należy porównać z teoretycznymi wartościami funkcji korelacji, wyznaczonymi dla przejść kwadrupolowych pomiędzy stanami jądrowymi o spinach $4 \rightarrow 2 \rightarrow 0$. Pomiar korelacji kątowych promieniowania gamma wysyłanego w kaskadzie są ważnym źródłem informacji o multipolowości tego promieniowania i o spinach stanów jądrowych występujących w kaskadzie.

Zagadnienia do przestudiowania

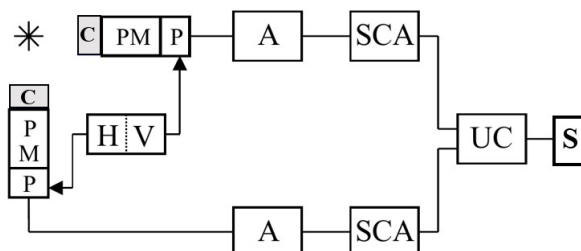
1. Rozpad promieniotwórczy β^+ , schemat rozpadu izotopu ^{22}Na [2], rozdział 1.3.
2. Anihilacja pozytonów.
3. Funkcja korelacji.
4. Definicja asymetrii.
5. Związek połowicości promieniowania i rozkładu kątownego ze spinami stanów, między którymi zachodzi przejście.
6. Zasada działania detektora scyntylicyjnego [2], rozdział 7 i 8.
7. Funkcje modułów elektronicznych: wzmacniacza liniowego, analizatora jednokanałowego, układu koincydencyjnego, przelicznika.[2], rozdział 14.

Materiały do punktów 2-5 można znaleźć w [1], rozdział 2.515 i 2.516.

Aparatura używana podczas ćwiczenia

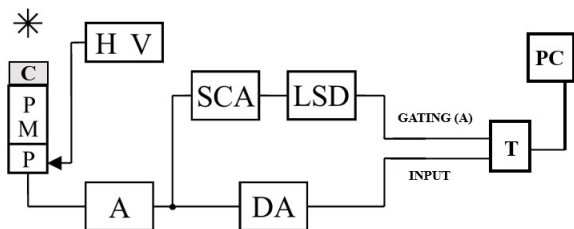
Fotony promieniowania gamma emitowane ze źródła ^{60}Co lub ^{22}Na rejestrowane są przy pomocy dwóch detektorów scyntylicyjnych z kryształami $\text{NaI}(\text{Tl})$ (oznaczone S na rysunku 1), wyposażonych w fotopowielacze (PM) i dzielniki napięcia/przedwzmacniacze (P). Fotopowielacze zasilane są wysokim napięciem z odpowiedniego zasilacza (HV). Koincydencje pomiędzy tymi detektorami zliczane są przy pomocy aparatury pomiarowej składającej się ze wzmacniacza A (Active Filter

Amplifier), analizatorów jednokanałowych SCA (Single Channel Analyzer), układu koincydencyjnego UC (Universal Coincidence) oraz przelicznika S (Scaler). Do pomiaru koincydencji przypadkowych wykorzystuje się możliwość regulacji opóźnienia sygnału wyjściowego układu SCA.



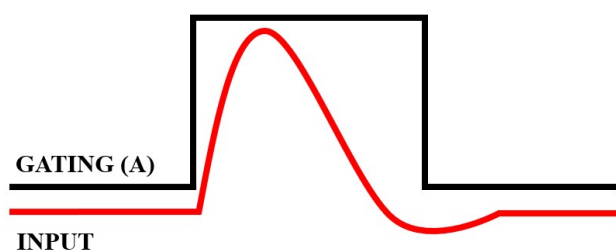
Rysunek 1: Schemat elektroniki do pomiaru korelacji kierunkowych. Oznaczenia wyjaśniono w tekście.

W celu wykonania kalibracji energetycznej toru spektroskopowego (PM-P-A) każdego z liczników oraz precyzyjnego ustawienia zakresu widma (wybranego na SCA) używanego jako składowy element koincydencji, wykorzystuje się układ zestawiony według schematu z rysunku 2. Sygnał wyjściowy ze wzmacniacza A jest rozdzielany (pasywnie, trójnikiem) na dwa tory. W torze logicznym jest on poddany analizie w SCA (wybór okna) i kształtowany (regulacja szerokości i ewentualnie opóźnienia) w układzie LSD (Logic Shaper and Delay). Sygnał ten, niosący informację o wystąpieniu sygnału o amplitudzie z żadanego zakresu, podawany jest na wejście bramkujące analizatora Tukan. Na jego wejście sygnałowe (podlegające bramkowaniu) podawany jest sygnał z drugiego toru. Należy tak do-



Rysunek 2: Schemat elektroniki do ustawiania okien SCA i kalibracji. Oznaczenia wyjaśniono w tekście.

brać opóźnienie sygnału analogowego na wzmacniaczu opóźniającym DA (Delay Amplifier), żeby sygnały z obu torów miały taką relację czasową, jak pokazano na rysunku 3, co można skontrolować za pomocą oscyloskopu. W programie Tukan można w czasie rzeczy-



Rysunek 3: Wejście sygnałowe (IN) i bramkujące (GATE) analizatora Tukan (pożądaný obraz z oscyloskopu).

wistym wyświetlać widma energetyczne z detektorów. Układ z rysunku 2 zestawiany jest po kolei dla obu detektorów - po wykonaniu odpowiednich pomiarów dla jednego detektora, należy podmienić część układu PM-P-A-SCA na analogiczną część zawierającą drugi detektor. Przy całkowitym otwarciu progów SCA rejestrować można pełne widmo impulsów z każdego używanego źródła.

Przebieg ćwiczenia

1. Umieścić źródło ^{60}Co w pudełku na środku pomiędzy detektorami, ustawionymi pod kątem 180° względem siebie.
2. Podać wysokie napięcie na detektory scyntylacyjne (jego wartość dla każdego detektora podano na jego obudowie): włączyć zasilacz, wybrać polaryzację sygnału, stopniowo zwiększać napięcie do pełnej wartości. Sprawdzić za pomocą oscyloskopu amplitudę sygnałów. Nie powinna ona przekraczać $0,5\text{ V}$.
3. Dobrać wstępnie wzmocnienia we wzmacniaczach tak, aby maksymalne wysokości sygnałów w obu torach po wzmocnieniu były jednakowe i wynosiły około 9 V .

4. Zestawić układ do ustawiania okien analizatorów jednokanałowych i kalibracji według schematu z rysunku 2. Na wzmacniaczach można dokonać korekty wzmocnienia w obu torach spektroskopowych, zbierając widma energetyczne przy pomocy programu Tukan (całkowicie otwarte okna SCA). Zbierane widmo dla ^{60}Co powinno pokrywać pełen zakres skali, czyli 1024 kanały. Najwyższy pik tego widma powinien być całkowicie widoczny (bez obcięcia górnej części). Wzmocnienia w obu torach powinny być możliwie jednakowe. Po ustaleniu wzmocnień zapisać położenia pików i ustawienia wzmacniaczy.

5. Dla obu torów spektroskopowych zebrać widma źródeł ^{60}Co , ^{22}Na oraz ^{137}Cs ze statystyką wystarczającą na dobre określenie pozycji pików pełnego pochłaniania w każdym widmie.

6. Dla źródła ^{22}Na wybrać w obu torach pik odpowiadający pełnemu pochłanianiu kwantów anihilacyjnych (o energii $0,511\text{ MeV}$). W tym celu należy w zebranych i wyświetlonych w programie Tukan widmie zaznaczyć markerami interesujące granice widma i tak długo zmieniać poziomy dyskryminacji na SCA, aż w widmie pozostanie tylko wybrany fragment. Zapisać ustawienia SCA i zebrać widmo wybranego zakresu.

7. Zestawić układ do pomiaru korelacji (zliczania koincydencji) według schematu z rysunku 1.

8. Ustawić źródło względem detektora ruchomego w taki sposób, aby liczba zliczeń w detektorze ruchomym przy jego położeniu względem nieruchomego pod kątami 90° , 180° i 270° była – w granicach niepewności statystycznej – taka sama.

9. Kilukrotnie zmierzyć i zapisać liczbę zliczeń w każdym z detektorów w czasie zapewniającym małą niepewność statystyczną.

10. Wykonać kilukrotne pomiary koincydencji dla detektora ruchomego ustawianego pod kątami 90° i 180° . Opóźniając sygnał w jednym z torów o czas istotnie większy niż wybrany czas rozdzielczy układu koincydencyjnego, wykonać pomiary koincydencji przypadkowych. Czas trwania pojedynczego pomiaru koincydencji dobrać tak, aby niepewność statystyczna liczby koincydencji nie przekraczała kilku procent.

11. Wymienić źródło ^{22}Na na ^{60}Co i powtórzyć procedurę z punktu 6 w celu wybrania odpowiedniego zakresu widma w obu torach (piki odpowiadające maksimum pełnego pochłaniania dla linii $1,17\text{ MeV}$ i $1,33\text{ MeV}$ promieniowania kaskadowego ^{60}Ni). *Pytanie:* czy lepiej jest wybrać w obu torach zakres odpowiadający obu pikom, czy też w każdym z torów wybrać zakresy tylko jednego z maksimum?

12. Powrócić do układu pomiaru koincydencji i powtórzyć procedurę z punktów 9 i 10 dla źródła ^{60}Co . Otrzymałą wartość anizotropii porównać z przewidywaniami teoretycznymi, wynikającymi ze struktury spinowej stanów jądra ^{60}Ni i z rodzaju promieniowania kaskady.
13. Zmierzyć funkcję korelacji, rejestrując liczbę koincydencji dla kilku kątów ustawienia detektora ruchomego z zakresu 90° – 180° . Czas pomiaru dobrać tak, aby niepewność statystyczna pomiaru koincydencji pod danym kątem nie przekraczała kilku procent (uwzględniając wpływ koincydencji przypadkowych).

UWAGA: W zależności od zainteresowań i ograniczeń czasowych, asystent może modyfikować program ćwiczenia. Możliwe jest ograniczenie programu do zakresu obejmującego tylko punkty do pomiaru anizotropii promieniowania kaskadowego (bez długotrwałych pomiarów koincydencji z punktu 13). Możliwe jest także zastąpienie pomiarów z punktów 11–13 pomiarami rozkładu kąтового promieniowania anihilacyjnego pozytonów. W tym celu po zakończeniu punktu 10, bez zmiany źródła, należy wykonać pomiary koincydencji dla kilku do kilkunastu ustawień kąta detektora ruchomego, w szczególności zmniejszając krok zmian kąta w pobliżu 180° . Po uwzględnieniu koincydencji przypadkowych, kształt rozkładu kąтового liczby koincydencji należy zinterpretować w oparciu o znaną naturę promieniowania anihilacyjnego oraz znajomość skończonych kątów bryłowych obu detektorów (do zmierzenia w trakcie wykonywania ćwiczenia).

Opracowanie wyników

1. Na wykresach przedstawić widma zmierzonych izotopów. Zaznaczyć maksima pełnego pochłaniania w każdym z widm.
2. Wyrazić granice widma wyznaczone w punkcie 6 przebiegu ćwiczenia w jednostkach energii, przeprowadzając kalibrację energetyczną osi kanałów ADC za pomocą danych z punktu 5. W dalszej części opracowania stosować jednostki energii zamiast kanałów ADC.
3. Porównać zmierzoną liczbę koincydencji przypadkowych z obliczoną na podstawie znajomości szybkości zliczeń w każdym detektorze z osobna oraz wartości czasu rozdzielczego UC. Uwzględniając koincydencje przypadkowe, należy obliczyć i przedyskutować wartość anizotropii dla badanego promieniowania anihilacyjnego.
4. Przeprowadzić analogiczną jak w poprzednim punkcie analizę dla pomiarów ze źródłem ^{60}Co . Otrzymałą wartość anizotropii porównać z przewidywaniami teoretycznymi, wynikającymi ze struktury spinowej stanów jądra ^{60}Ni i z rodzaju promieniowania kaskady.

5. Wyznaczyć funkcję korelacji, wykorzystując pomiary przeprowadzone w punkcie 13. Otrzymane wyniki porównać ze spodziewanym na gruncie teoretycznym rozkładem funkcji korelacji.

Zasady BHP

Należy unikać niepotrzebnej ekspozycji na promieniowanie, tzn. nie przetrzymywać źródeł promieniotwórczych w bezpośredniej bliskości ciała, po zestawieniu układu ustawić ścianki z cegieł ołowianych pomiędzy swoim stanowiskiem pracy a źródłem promieniotwórczym. Nie spożywać jakichkolwiek artykułów spożywczych na terenie IIPF.

Literatura

- [1] A. Strzałkowski, „Wstęp do fizyki jądra atomowego”, PWN 1978; skan dostępny na stronie ćwiczenia po zalogowaniu.
- [2] W.R. Leo, „Techniques for nuclear and particle physics experiments”, Springer, Berlin- Heidelberg 1994. Link, dostępny w sieci UJ lub po zalogowaniu na konto UJ.