



ĆWICZENIE	LABORATORIUM FIZYKI ATOMOWEJ I JĄDROWEJ
8	Analiza widma promieniowania γ

1. Cel ćwiczenia

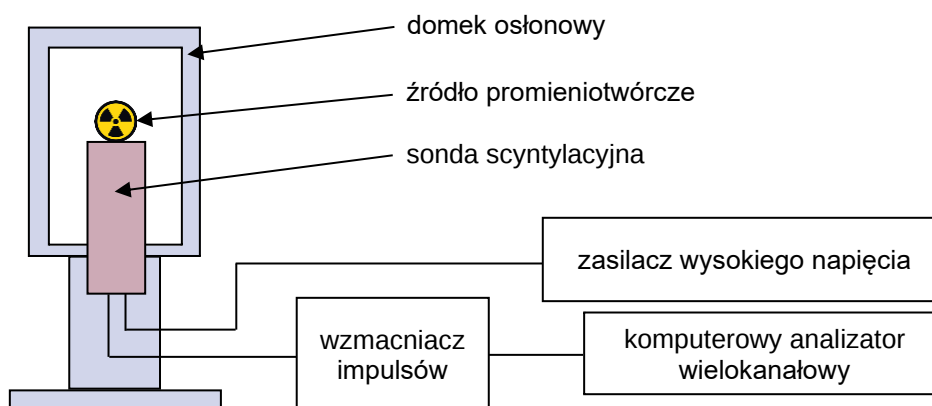
Celem ćwiczenia jest przeprowadzenie analizy widma promieniowania γ nieznanej próbki oraz identyfikacja jej składu izotopowego. W tym celu należy wykonać kalibrację energetyczną układu pomiarowego na podstawie próbek o znanym składzie izotopowym.

2. Układ doświadczalny

W skład zestawu pomiarowego wchodzi:

- ołowiany domek osłonowy,
- detektor scyntylacyjny promieniowania γ ,
- zasilacz wysokiego napięcia,
- wzmacniacz impulsów,
- analizator wielokanałowy,
- komputer z programem do obsługi analizatora.

Schemat układu pomiarowego przedstawia rys. 1.



Rys. 1. Schemat układu pomiarowego.

3. Wstęp teoretyczny

1. Opis zjawiska

Emisja cząstek γ z jąder atomowych zwykle towarzyszy innym przemianom jądrowym (α , β) i jest jednym ze sposobów, w jaki jądra atomowe pozbywają się nadmiaru energii. Model powłokowy jądra atomowego przewiduje istnienie skwantowanych wartości energii, jaką mogą posiadać nukleony znajdujące się w jądrze, czyli tzw. *poziomów energetycznych*. Oznacza to, że przejściom pomiędzy tymi poziomami powinna towarzyszyć emisja bądź absorpcja konkretnych porcji energii. Zwykle energia pozyskiwana jest przez jądro w momencie jego powstawania jako produktu rozszczepienia

bądź aktywacji, zaś emitowana jest w postaci fotonów promieniowania γ . Mierzając promieniowanie γ możemy więc spodziewać się, że różne izotopy promieniotwórcze będą emitowały fotony o różnych energiach, ponieważ posiadają inne poziomy energetyczne.

W *detektorach scyntylacyjnych* pomiar odbywa się na takiej zasadzie, że cząstka promieniowania jonizującego powoduje powstawanie błysków światła (*scyntylacji*) w substancji zwanej *scyntylatorem*. Substancja ta jest jednocześnie przezroczysta dla światła, które dociera do *fotokatody*, czyli miejsca, z którego wybija elektrony. Strumień wybitych elektronów jest następnie przyspieszany w polu elektrycznym i wybija jeszcze więcej elektronów z kolejnego miejsca, zwanego *dynodą*. Proces tego przyspieszania i wybijania coraz większej liczby elektronów jest powtarzany kilkakrotnie na kolejnych dynodach, dzięki czemu strumień elektronów jest zwielokrotniany. Całe urządzenie, w którym zachodzi to wzmacnianie prądu elektronowego, nazywa się *fotopowielaczem*.

Impuls elektryczny na wyjściu fotopowielacza po odpowiednim wzmocnieniu i ukształtowaniu może być zarejestrowany w *analizatorze wielokanałowym*, który zamienia amplitudę impulsu na liczbę całkowitą zwaną *numerem kanału*. Jeśli zarejestrowana cząstka całą swoją energię przekazała detektorowi, to numer kanału jest miarą tej energii. Kluczem do znalezienia jej prawdziwej wartości jest zatem znalezienie zależności pomiędzy energią cząstek a numerami kanałów (czyli wykonanie tzw. *kalibracji energetycznej*), a także uwzględnienie procesów, które mogą zakłócać zarówno sam proces wyłapywania energii cząstki w detektorze, jak i przetwarzania sygnału. Do pierwszych należy zaliczyć rozpraszanie cząstek w detektorze lub jego otoczeniu oraz przenikanie cząstek przez detektor bez depozycji całej energii, a do drugich niejednorodność wzmacniania sygnału na poszczególnych etapach czy zwykłe szumy elektryczne.

2. Hipoteza

Jeśli założymy, że ilość światła wyprodukowanego w scyntylatorze jest proporcjonalna do energii rejestrowanej cząstki, że impuls elektryczny jest proporcjonalny do ilości tego światła oraz że numer kanału jest proporcjonalny do amplitudy tego impulsu, to zależność numeru kanału od energii powinna być liniowa. Można to zbadać wykonując wykres tej zależności i sprawdzając, czy rzeczywiście jest linią prostą.

Jeśli model powłokowy jądra atomowego jest poprawny, to w widmie promieniowania γ próbek izotopowych powinno dać się wyszczególnić promieniowanie o konkretnych energiach. Co więcej, energie te powinny być charakterystyczne dla konkretnych izotopów, więc na podstawie widma promieniowania powinno dać się rozpoznać, jaki izotop promieniotwórczy zawiera próbka.

Obie te hipotezy można zweryfikować wykonując kalibrację energetyczną układu pomiarowego na podstawie kilku znanych źródeł promieniotwórczych, a następnie mierząc nieznaną próbkę i identyfikując ją na podstawie jej charakterystycznego promieniowania.

4. Przebieg doświadczenia

⚠ Uwaga! Wszelkie operacje ze źródłami promieniowania przeprowadza obsługa laboratorium!

- A) Włączyć układ pomiarowy zgodnie z dołączonym do niego opisem.
- B) Włączyć komputer, a w nim program do obsługi analizatora wielokanałowego.
- C) ⚠ Włożyć do domku osłonowego detektora jedną ze znanych próbek promieniotwórczych.
- D) Włączyć pomiar i obserwować widmo promieniowania pojawiające się na ekranie. Czy w widmie da się wyróżnić wierzchołki świadczące o pomiarze promieniowania o konkretnej energii?
- E) Zatrzymać pomiar, gdy widmo zostanie uznane za wystarczająco czytelne, by dokonać jego analizy.

F) Na podstawie dołączonej charakterystyki źródła promieniotwórczego znaleźć w widmie najbardziej charakterystyczne wierzchołki i odczytać, na jaki numer kanału przypada ich maksimum oraz jaka jest szerokość każdego wierzchołka w połowie jego wysokości (tzw. *szerokość połówkowa*). Wartości energii oraz odpowiadające im numery kanałów i szerokości zapisać w tabeli.

G) Czynności z punktów od C) do F) powtórzyć zastępując próbkę jedną z innych znanych próbek promieniotwórczych.

H) Na podstawie danych z tabeli wykonać wykres zależności energii od numeru kanału. Czy punkty na wykresie układają się wzdłuż linii prostej? Czy linia przechodząca przez punkty przechodzi także przez początek układu współrzędnych na wykresie?

I)  Wyjąć z domku osłonowego poprzednią próbkę, włożyć próbkę o nieznanym składzie izotopowym i uruchomić pomiar.

J) Zatrzymać pomiar, gdy widmo zostanie uznane za wystarczająco czytelne, by dokonać jego analizy.

K) Znaleźć w widmie najbardziej charakterystyczne wierzchołki i odczytać, na jaki numer kanału przypada ich maksimum oraz jakie są ich szerokości połówkowe. Na podstawie wykresu zależności przeliczyć numer kanału na energię promieniowania, zaś szerokość połówkową na niepewność pomiaru energii.

L) Na podstawie danych o promieniowaniu γ różnych izotopów określić, jakie izotopy promieniotwórcze mogą występować w badanej próbce, a obecność jakich można wykluczyć.

M) Po zakończeniu ćwiczenia wyłączyć komputer oraz układ pomiarowy wedle dołączonego opisu.