

Z33 - POMIAR I ANALIZA WIDM PROMIENIOWANIA γ ZA POMOCĄ SPEKTROMETRU SCYNTYLACYJNEGO. WYZNACZENIE WSPÓŁCZYNNIKA ABSORPCJI PROMIENIOWANIA γ W METALACH.

II Pracownia Fizyczna

Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej, Uniwersytet Jagielloński

Celem ćwiczenia jest wykonanie pomiarów prostych i absorpcyjnych widm promieniowania gamma różnych izotopów promieniotwórczych przy pomocy detektora scyntylacyjnego NaJ(Tl) z analizatorem wielokanałowym. Mierzone są widma izotopów ^{60}Co , ^{22}Na , ^{137}Cs , ^{133}Ba , a następnie prowadzona jest ich analiza w oparciu o odpowiednie schematy rozpadu. Szczególną uwagę przywiązuje się do wnikliwego oznaczenia obszarów widma prezentujących różne formy oddziaływania kwantów gamma ze scyntylatorem i osłonami. W drugiej części eksperymentu mierzy się widma gamma ^{60}Co lub/i ^{137}Cs po przejściu przez rosnącą warstwę metalowych absorbentów Al, Fe, Cu, Pb. Przeprowadza się jakościową analizę zmiany kształtu widma i wyznacza wartości współczynników absorpcji.

Zagadnienia do przestudiowania

1. Naturalne rozpady promieniotwórcze, schemy rozpadów i postawowe wielkości zachowywane podczas rozpadów [1, 2].
2. Jednostki promieniowania, ich definicje. Zasięg różnych rodzajów promieniowania oraz sposoby ochrony radiologicznej przed promieniowaniem [3].
3. Źródła promieniowania γ , jego charakterystyka: długości fali, zakres energii. Schematy rozpadów izotopów ^{60}Co , ^{22}Na , ^{137}Cs , ^{133}Ba . Zjawisko konwersji wewnętrznej oraz spodziewane wartości energii (dla powyższych izotopów) [1, 2, 4].
4. Oddziaływanie promieniowania γ z materią. Opis składników widm pochodzących przykładowo z ^{60}Co oraz ^{22}Na [1, 2, 4].
5. Prawo absorpcji, jakościowy wykres liniowych współczynników absorpcji (całkowitego oraz cząstkowych, odpowiadających danemu mechanizmowi absorpcji) [1].
6. Zasada działania licznika scyntylacyjnego NaJ(Tl) oraz fotonowielacza. Charakterystyka własności takiego licznika. Pojęcie energetycznej zdolności rozdzielczej $R=\Delta E/E$ [1].
7. Pojęcie rozkładu normalnego (gaussa), odchylenia standardowego, poziomu ufności, szerokości połowkowej (FWHM). Co to jest błąd statystyczny oraz błąd systematyczny. Propagacja błędów pomiarów elementarnych do obliczenia błędów wielkości złożonych [5].

Zadania obliczeniowe

1. Przytoczyć definicje stałej rozpadu λ , czasu połowicznego zaniku, średniego czasu życia oraz aktywności A danej próbki. Podać różniczkowe równanie oraz jego rozwiązanie (prawo absorpcji) na

liczbę N jąder w funkcji czasu (podobne równanie na aktywność). Zaproponować taką postać wielkości mierzonych, żeby współczynnik absorpcji można było przedstawić na wykresie w postaci funkcji liniowej.

2. Potrafić z zasad zachowania (pędu i energii) wyprowadzić równania opisujące energię rozproszonego fotonu (rozproszonego elektronu) w zjawisku Comptona. Wyliczyć wartość krawędzi komptonowskiej. Skomentować, dlaczego na widmie ^{60}Co mierzonym detektorem scyntylacyjnym nie będzie możliwa obserwacja dwóch sąsiednich krawędzi.

Aparatura i materiały

Stanowisko pomiarowe składa się z komputera z podłączonym analizatorem wielokanałowym, kraty z modułami elektronicznymi (w tym wzmacniaczem sygnału), zasilaczem wysokiego napięcia oraz detektora scyntylacyjnego (na zdjęciu za osłoną z ołowianych modułów). Schemat połączeń układu pomiarowego znajduje się w instrukcji do ćwiczeń (IV. Schemat aparatury pomiarowej). Podczas załączania zasilacza należy obserwować, czy wskazówka napięcia pokazuje poprawną wartość.

Program ćwiczenia

1. Załączyć układ pomiarowy wg. Instrukcji, umieścić źródło ^{60}Co oraz obserwować jego sygnał na oscyloskopie oraz po zebraniu za pomocą analizatora wielokanałowego. W razie potrzeby dostosować wysokość wzmocnienia (na wzmacniaczu liniowym). Ustawienie analizatora wielokanałowego na zapis 1024 kanałów jest wystarczające. Przed wykonaniem dalszych pomiarów proszę upewnić



Rysunek 1: Stanowisko pomiarowe

się, że eksportowane (do pliku ASCII) widma potrafimy odczytać i narysować np. w programie Origin.

- Zebrać widma izotopów ^{60}Co , ^{22}Na , ^{137}Cs , ^{133}Ba . Proszę również zapisywać parametry użytych źródeł (oznaczenie, aktywność źródła). Można też przystąpić do opracowania (wyznaczenia) krzywej kalibracyjnej oraz energetycznej zdolności rozdzielczej scyntylatora. Proszę przemyśleć niepewność w wyznaczeniu położenia maksimum w widmie (np. proszę wykonać kilka dopasowań krzywej gaussa w różnych przedziałach, w tym asymetrycznych, i zanotować rozrzut w wyznaczonej wartości położenia maksimum).
 - Przygotować płytki absorbentów, za pomocą suwmiarki wyznaczyć ich grubości (pomiar wykonać w kilku miejscach płytek – zwracając uwagę na ich deformacje oraz wpływ na niepewność pomiarową). Zebrać widma dla danego rodzaju absorbenta, uważając, żeby źródło podczas całego pomiaru znajdowało się w tej samej odległości (możne je dodatkowo unieruchomić np. taśmą samoprzylepną). Należy również zebrać widmo bez żadnego źródła, celem określenia tła. Proszę pamiętać o przeliczaniu zebranych widm na jednostkę czasu (na sekundę).
- Opracowanie wyników**
- Zebrałe w pierwszej części ćwiczenia widma przedstawić w postaci surowej (liczba zliczeń przeliczonych na sekundę w funkcji numeru kanału), aby wyznaczyć położenie charakterystycznych maksimum (linii γ , absorpcji). Do wyko-
- nania krzywej kalibracji należy użyć izotopów ^{60}Co , ^{22}Na , ^{137}Cs . Następnie przedstawić wszystkie widma w funkcji energii. Zinterpretować składowe widm (zaznaczyć wartości charakterystycznych maksimum, w tym krawędzi komptonowskich). Zinterpretować widmo ^{133}Ba .
- Wyznaczyć energetyczną zdolności rozdzielczą ($R=?E$)/ E oraz wykonać wykres punktowy (w funkcji energii). Podać średnią wartość rozdzielczości dla detektora scyntylacyjnego (wraz z niepewnością pomiarową).
 - Narysować widma (liczba zliczeń na sekundę w funkcji numeru kanału) dla danego rodzaju absorbenta, oraz kilku wybranych grubości absorbenta. Kolejno wyznaczyć liczbę zliczeń w maksimum pełnego pochłaniania (kolejnych widm absorpcyjnych) – proszę zwrócić szczególną uwagę na problem tła pochodzącego od krawędzi komptonowskiej (lub w przypadku ^{60}Co , również jednego z maksimum). Wielkość tła należy oszacować: albo poprzez modelowanie funkcji opisującej kształt krawędzi oraz gaussa (dla maksimum pełnego pochłaniania), lub – w przypadku widma ^{137}Cs , całkowanie prawej i lewej połowy widma (względem maksimum) i porównanie wkładów oraz oszacowanie wkładu od tła.
 - Wykonać liniowe wykresy (w oparciu o prawo absorpcji), dzięki którym możliwe będzie, po dopasowaniu prostej, wyznaczenie liniowego (oraz masowego) współczynnika absorpcji. Porównując otrzymane wartości z tablicowymi, proszę zwrócić uwagę na energię kwantu γ , dla którego wyznaczano dany współczynnik.

Zasady BHP

Nie demontować (np. przez zdejmowanie obudowy) układów elektronicznych, zasilaczy wysokiego napięcia i detektorów, gdyż grozi to porażeniem prądem.

Literatura

- [1] Z. Wróbel, A. Budziak, H. Hryniewicz, L. Jarczyk, *Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki jądrowej w pracowni studenckiej*, IF UJ, 1979, rozdziały II i III.
- [2] A. Strzałkowski, *Wstęp do fizyki jądra atomowego*, PWN 1979, rozdziały: 1.113, 1.143, 1.133, 2.51.
- [3] P. Moskał, *Dawki promieniowania jądrowego*, Foton 112 (2011),
http://koza.if.uj.edu.pl/files/adc90109bb82fd65f2e0cdc45e3882c9/02_dawki_2011.pdf
- [4] L. Dobrzyński, E. Droste, W. Trojanowski (Dział Szkolenia i Doradztwa Instytutu Problemów Jądrowych), *Elementy fizyki promieniowania jonizującego*,
http://ncbj.edu.pl/zasoby/rozne/elementy_fiz_prom_jonizujacego.pdf
- [5] B. Swatowska, *Praktyczna umiejętność opracowywania wyników, teoria niepewności pomiaru*,
<http://home.agh.edu.pl/~swatow/downloads/1-Rachunek%20niepew.pom.-BS.pdf>