



P1-J1. (A) Wyznaczanie maksymalnej energii promieniowania beta metodą absorpcyjną*

Zagadnienia

Natura promieniowania β . Źródła promieniowania β . Absorpcja promieniowania, współczynnik pochłaniania. Zasięg masowy promieniowania w materiale.

1 Układ pomiarowy

W układzie pomiarowym do rejestracji cząstek β wykorzystano detektor okienkowy Geigera-Müllera (kielichowy licznik G-M). Detektor ten charakteryzuje się prawie 100% wydajnością detekcji cząstek, jeśli okienko licznika wykonane z miki jest dostatecznie cienkie, aby przepuszczane mogły być cząstki β o bardzo niskiej energii. Licznik umieszczony jest w osłonie ołowianej (domku). Wewnątrz domku od strony okienka licznika znajdują się pierścieniowe wycięcia. Do jednego z nich, w pewnej odległości od licznika, należy wstawić preparat promieniotwórczy. Między preparatem a licznikiem będą umieszczane folie absorbującego promieniowanie absorbenta (tutaj z aluminium). Z licznikiem G-M współpracuje aparatura elektroniczna, która zasila detektor stabilizowanym napięciem i zarazem służy do rejestracji i pomiaru szybkości zliczeń impulsów.

2 Pomiary

- Wykonać pomiar tła licznika przez kilka minut, przy pustym zamkniętym domku ołowianym (bez preparatu) z niepewnością względną $w(N_T)$ nie większą niż 5%. Niepewność tę określa się z warunku

$$w(N_T) = \frac{u(N_T)}{N_T} = \frac{\sqrt{N_T}}{N_T} = \frac{1}{\sqrt{N_T}} \leq 0.05,$$

gdzie N_T oznacza liczbę zliczeń licznika. Zanotować czas jaki był potrzeby do zliczenia żądanej liczby cząstek. Wyznaczyć poziom tła $I_T = N_T/t$ w jednostkach imp/min.

N_T	
t , min	
poziom tła $I_T = N_T/t$, imp/min	

- Preparat promieniotwórczy umieścić w domku ołowianym w odległości ok. 1 cm od okienka licznika. Zmierzyć liczbę zliczeń, pilnując żeby niepewność pomiaru była nie większa niż 5%. Wyznaczyć ilość zliczeń przypadających na minutę $I = N/t$.
- Wykonać pomiary liczby impulsów dla różnych grubości absorbenta, wstawiając między preparat i okienko licznika kolejne folie aluminiowe. Za każdym razem wykonać pomiar grubości wkładanej folii. Pomiary należy prowadzić tak długo aż liczba zliczeń w jednostce czasu zbliży się do poziomu tła.

grubość x , mm	ilość impulsów N	czas t , min	$I = N/t$, imp/min
0			

*Opracowanie: dr inż. Alina Domanowska

3 Opracowanie wyników pomiarów

1. Sporządzić wykres zależności natężenia wiązki od grubości absorbenta $I = f(x)$. Jest to zależność opisywana wzorem $I(x) = I_0 \exp(-\mu x)$, gdzie μ – liniowy współczynnik pochłaniania promieniowania β dla absorbenta.
2. Na wykresie zaznaczyć niepewności $u(I)$.¹
3. Sporządzić wykres zależności logarytmu naturalnego z ilości zliczeń w jednostce czasu od grubości absorbenta $\ln(I) = f(x)$.²
4. Na wykresie zaznaczyć linią prostą logarytm naturalny z poziomu tła $\ln(I_T)$.
5. Metodą regresji liniowej dopasować prostą do zależności $\ln(I) = u(x)$ dla początkowej części krzywej (tam, gdzie szybkość zliczeń impulsów jest wyraźnie większa od szybkości zliczeń odpowiadających promieniowaniu tła). Narysować dopasowaną prostą na wykresie (poprowadzić prostą aż do przecięcia z prostą poziomu tła).
6. Zapisać wartość współczynnika pochłaniania μ wraz z niepewnością w odpowiednim formacie.
7. Obliczyć x_{max} jako wartość przecięcia prostej teoretycznej z prostą poziomu tła.
8. Zaznaczyć obliczony punkt na wykresie.
9. Korzystając z prawa przenoszenia niepewności, obliczyć niepewność $u(x_{max})$.
10. Wyznaczyć maksymalny zasięg masowy badanego promieniowania w badanym materiale (glin) $R_{max} = \rho_{Al} \cdot x_{max}$, mg/cm², gdzie $\rho_{Al} = 2.72 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$.³
11. Korzystając z prawa przenoszenia niepewności, obliczyć niepewność $u(R_{max})$.
12. Na podstawie tabeli sporządzić wykres maksymalnego zasięgu masowego R promieniowania β od jego energii maksymalnej E_{max} .

E_{max} , keV	R_{max} , mg/cm ²
100	13.5
150	26.5
200	42
250	59
300	78
400	120
500	165
800	310
1000	420

13. Odczytać z wykresu E_{max} dla otrzymanej wartości R_{max} .
14. Oszacować graficznie niepewność $u(E_{max})$ odczytu wartości E_{max} z wykresu.
15. Wyznaczyć E'_{max} , korzystając z półempirycznej zależności dla glinu, wstawiając R_{max} w jednostkach g/cm²
$$E'_{max} = \frac{R_{max} + 0.09}{0.52}, \text{ MeV},$$
16. Korzystając z prawa przenoszenia niepewności wyznaczyć niepewność $u(E'_{max})$.
17. Przeprowadzić test zgodności E_{max} i E'_{max} i skomentować wyniki.

¹ Skorzystać z prawa przenoszenia niepewności, wiedząc że $u(N) = \sqrt{N}$

² Otrzymałą zależność opisuje zlogarytmowany wzór z punktu 1

³ Konieczne są odpowiednie przeliczenia jednostek