



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

### **Zagadnienia**

*Natura promieniowania  $\beta$ . Źródła promieniowania  $\beta$ . Absorpcja promieniowania, współczynnik pochłaniania. Zasięg masowy promieniowania w materiale.*

### **1 Układ pomiarowy**

W układzie pomiarowym do rejestracji cząstek  $\beta$  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  $\beta$  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**

1. Wykonać pomiar tła licznika kilka 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	

2. 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  $I = N/t$ .
3. 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  $\mu$  – liniowy współczynnik pochłaniania promieniowania  $\beta$  dla absorbenta.
2. Na wykresie zaznaczyć niepewności  $u(I)$ .<sup>1</sup>
3. Sporządzić wykres zależności logarytmu naturalnego z ilości zliczeń w jednostce czasu od grubości absorbenta  $\ln(I) = f(x)$ .<sup>2</sup>
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  $\mu$  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  $R_{max} = \rho_{Al} \cdot x_{max}$ , mg/cm, gdzie  $\rho_{Al} = 2.72 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ .<sup>3</sup>
11. Korzystając z prawa przenoszenia niepewności, obliczyć niepewność  $u(R_{max})$ .
12. Na podstawie tabeli sporządzić wykres maksymalnego zasięgu masowego  $R$  promieniowania  $\beta$  od jego energii maksymalnej  $E_{max}$ .

$E_{max}$ , keV	$R_{max}$ , mg/cm <sup>2</sup>
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

$$E'_{max} = \frac{R_{max} + 0.09}{0.52}, \text{ MeV},$$

16. Korzystając z prawa przenoszenia niepewności wyznaczyć niepewność  $u(E'_{max})$ .
17. Przeprowadzić test zgodności  $E_{max}$  i  $E'_{max}$  i skomentować wyniki.

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

<sup>2</sup> Otrzymaną zależność opisuje zlogarytmowany wzór z punktu 1

<sup>3</sup> Konieczne są odpowiednie przeliczenia jednostek