

Wyznaczanie maksymalnej energii promieniowania beta metodą absorpcyjną

1 Wstęp teoretyczny

1.1 Promieniowanie beta

Promieniowanie beta¹ to strumień elektronów lub pozytonów, emitowany przez jądra atomowe podczas przemiany jądrowej. Jest jednym z rodzajów promieniowania jonizującego oraz jest bardziej przenikliwe od promieniowania alfa (przenikliwe czyli zdolne do przenikania przez różne materiały). Energia promieniowania jest zależna od rodzaju źródła, a zasięg promieniowania dodatkowo od gęstości substancji absorbującej.

Przykładowe źródła promieniowania beta:

- promieniowanie sztucznych jądrach promieniotwórczych powstających podczas reakcji jądrowych
- rozpad izotopu sodu ^{22}Na

1.2 Absorpcja promieniowania beta

Absorpcja promieniowania beta² jest to proces pochłaniania promieniowania przez substancję. Oddziaływanie promieniowania beta z materią powoduje straty energii cząstek beta oraz zmianę toru ich ruchu.

Zasięg masowy promieniowania³ jest zależny od energii cząstek beta, czyli od zasięgu maksymalnego dla danego izotopu pierwiastka promieniotwórczego oraz od współczynnika pochłaniania absorbującej materii.

2 Przebieg i cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest wyznaczenie maksymalnej energii promieniowania beta metodą absorpcyjną.

2.1 Tabele pomiarowe

¹https://pl.wikipedia.org/wiki/Promieniowanie_beta, z dnia: 25.05.2017

²https://pl.wikipedia.org/wiki/Absorpcja_promieniowania_beta, z dnia: 25.05.2017

³https://pl.wikipedia.org/wiki/Oslona_przed_promieniowaniem, z dnia: 25.05.2017

N_T	99
t, min	10
Poziom tła $I_T = N_T/t \text{ imp/min,}$	9,9

grubość x, mm	ilość impulsów N	czas t, min	$I = N/t$ imp/min
0	1000	0,69	1449,28
0,05	1000	1,16	862,07
0,10	1000	1,56	641,03
0,15	1000	2,06	485,44
0,20	1000	2,96	337,84
0,25	1000	3,69	271,00
0,30	1000	4,77	209,64
0,35	1000	6,28	159,24
0,40	1000	8,19	122,19
0,45	1000	10,97	91,16
0,50	1000	14,33	69,78

2.2 Opracowanie wyników pomiarów

Obliczyliśmy niepewność $u(I)$ korzystając z prawa propagacji niepewności

$$u(I) = \sqrt{\left(\frac{1}{T} \cdot u(N)\right)^2 + \left(-\frac{N}{T^2} \cdot u(T)\right)^2}$$

gdzie $u(N) = \sqrt{1000} \approx 31,62$, a $u(T) = \frac{1}{60}$ czyli jest to 1 sekunda.
Np. dla $N = 1000$ oraz $T = 4,77$

$$u(I) = \sqrt{\left(\frac{1}{4,77} \cdot 31,62\right)^2 + \left(-\frac{1000}{4,77^2} \cdot \frac{1}{60}\right)^2} = 6,669$$

Niepewność grubości absorbenta to $10\mu m$ wynikająca z niepewności sprzętu, którym był on mierzony. Sporządziliśmy wykres zależności natężenia wiązki do grubości absorbenta $I = f(x)$ Przekształciliśmy wzór

$$I = I_0 e^{-x\mu}$$

do postaci

$$\ln I = -x\mu + \ln I_0$$

Ukazuje on nam zależność liniową pomiędzy $\ln I$, a grubością absorbenta x Współczynniki zależności wyliczyliśmy korzystając z funkcji REGLINP(MS Excel), i tak:

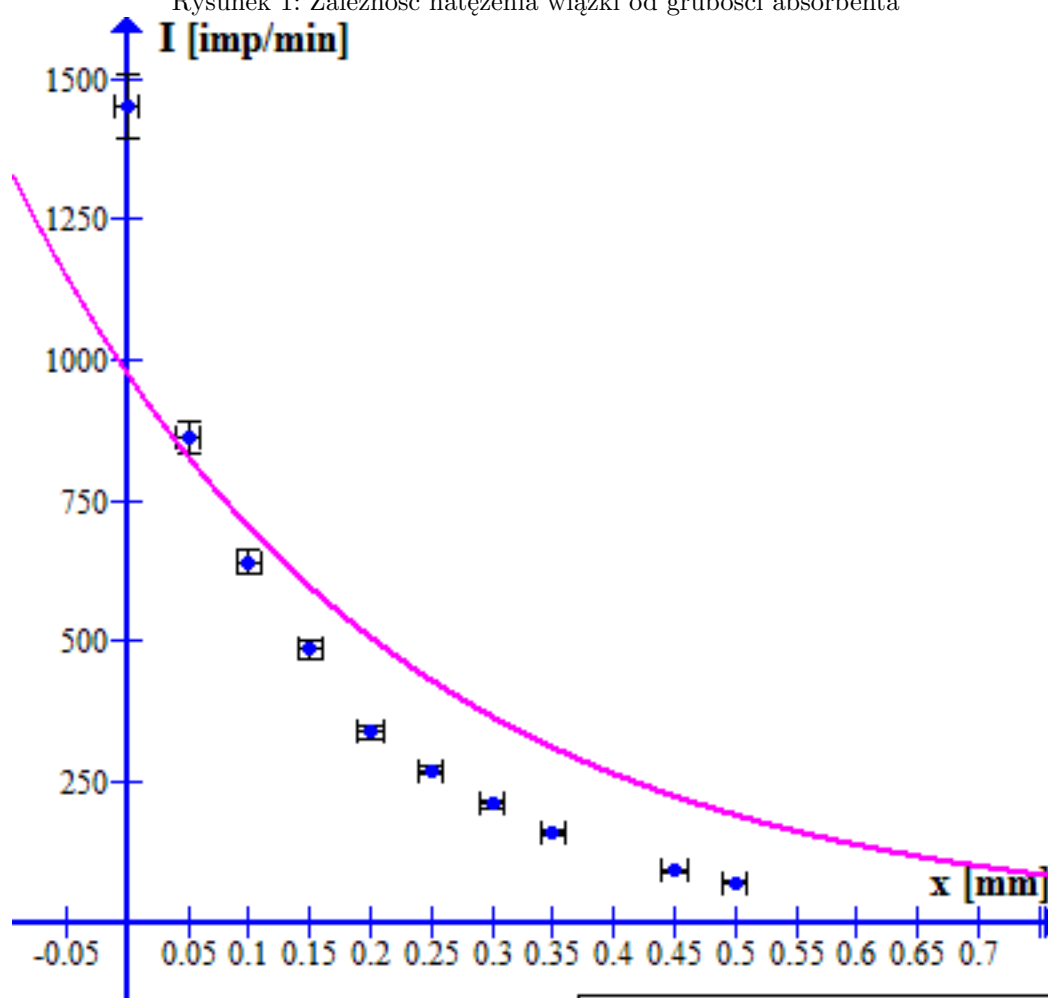
$$a = -3,27(28)$$

$$b = 6,88(11)$$

Obliczyliśmy logarytm naturalny z wartości I

$$u(\ln I) = \frac{1}{I} \cdot u(I)$$

Rysunek 1: Zależność natężenia wiązki od grubości absorbenta

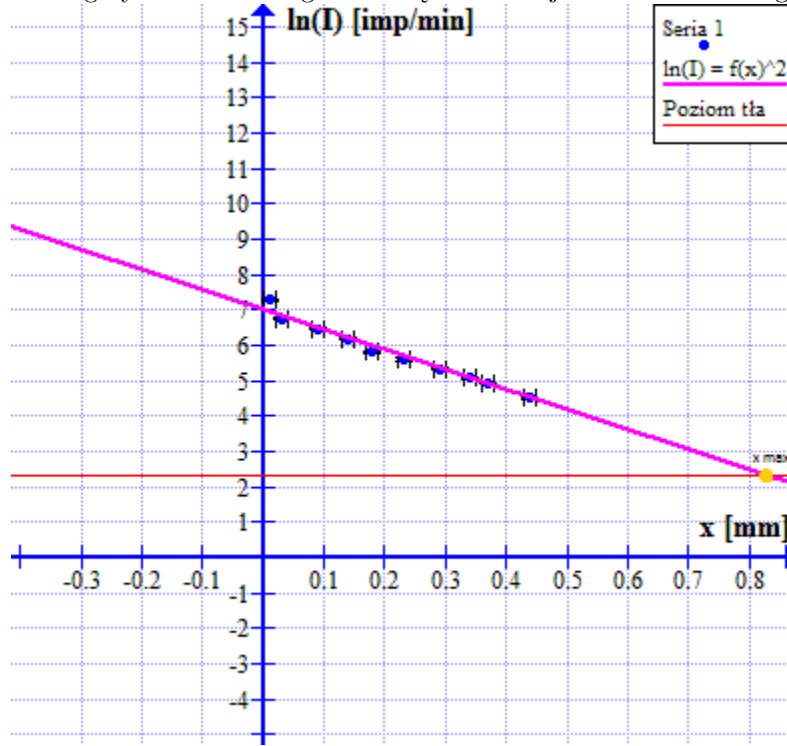


$I [imp/min]$	$\ln(I)$
1449,28	7,278(39)
862,07	6,759(35)
641,03	6,463(34)
485,44	6,185(34)
337,84	5,822(33)
271	5,602(32)
209,64	5,345(31)
159,24	5,070(31)
12219	9,4101(31)
91,16	4,512(31)
69,78	4,245(31)

Sporządziliśmy wykres zależności logarytmu naturalnego z ilością zliczeń w jednostce czasu od grubości absorbenta. Na wykresie została również ukazana prosta $\ln(I_T)$ czyli logarytm naturalny ilości zliczeń poziomu tła. Współczynnik

$$\mu = -a = 3,27(28) [1/mm]$$

Rysunek 2: Zależności logarytmu naturalnego z ilością zliczeń w jednostce czasu od grubości absorbenta



Punkt przecięcia prostej $y = \ln(I_T)$ oraz prostej wyznaczonej powyższej zależności wyznacza nam zasięg maksymalny promieniowania

$$x_{max} = \frac{\ln(I_0) - \ln(I_T)}{\mu} = \frac{\ln(I_T) - b}{a} = 0,84 [mm]$$

Metodą propagacji niepewności obliczamy

$$u(x_{max}) = \sqrt{\left(\frac{1}{I_T a} \cdot u(I_T)\right)^2 + \left(-\frac{1}{a} \cdot u(b)\right)^2 + \left(\frac{a - \ln(I_T)}{a^2} \cdot u(a)\right)^2}$$

więc,

$$x_{max} = 0,84(7) [mm]$$