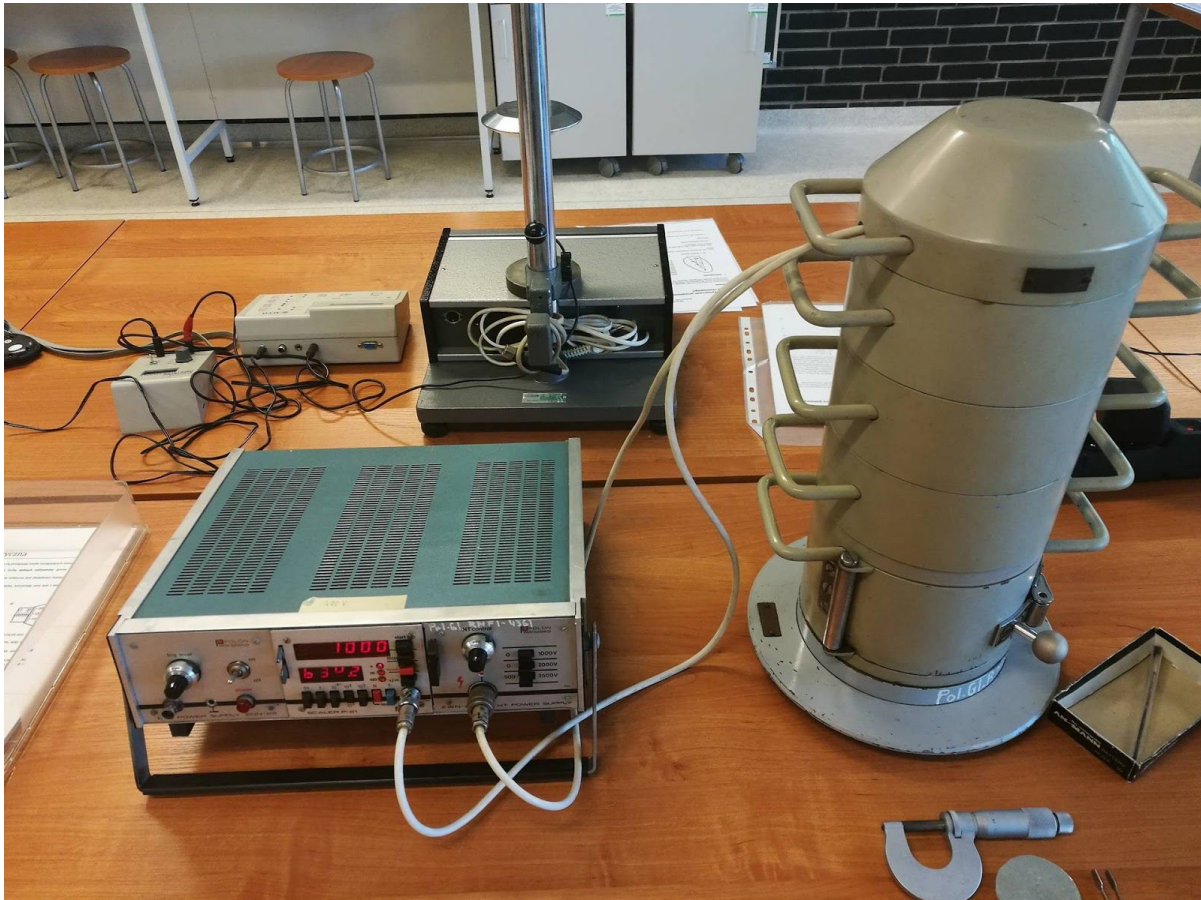


# 1. Wstęp.

Celem naszego ćwiczenia było wyznaczenie maksymalnej energii promieniowania beta metodą absorpcyjną.



Nasze stanowisko pracy składało się z miernika cyfrowego, którym mierzyliśmy czas oraz ilość impulsów, domku ołowianego, preparatu promieniotwórczego, aluminiowych absorbentów oraz śruby mikrometrycznej.

Wykorzystane urządzenia:

- Miernik Cyfrowy - do mierzenia czasu oraz ilości impulsów
- Śruba mikrometryczna - do sprawdzenia grubości absorbentu.

Jednostki fizyczne:

- Grubość - Metr [m]
- Czas - Sekunda [s]

Pomiar tła(pomiar bez czynnika promieniotwórczego) dla licznika:

Ilość zliczeń $N_T$	91
Czas $t$ [min]	10
Poziom tła $I_T = \frac{N_T}{t}$ Impuls/minutę	9,1

## 2. Zależność natężenia wiązki od grubości absorbenta.

Po włożeniu preparatu promieniotwórczego do domku ołowianego mierzyliśmy czas w którym liczba impulsów rosła do 1000 dla dziewięciu grubości absorbenta, którym były blaszki aluminiowe. Wynik wykonanych pomiarów przedstawia tabela poniżej:

Grubość x [mm]	Ilość impulsów	Czas t [min]	$I = \frac{N}{t}$ [imp/min]	u(I) [imp/min]
0,000	1000	0,65	1538,46	62,63
0,049	1000	1,05	952,38	33,70
0,098	1000	2,02	495,05	16,18
0,147	1000	2,60	384,62	12,41
0,196	1000	3,36	297,62	9,53
0,245	1000	3,49	286,53	9,16
0,294	1000	4,74	210,97	6,71
0,343	1000	5,98	167,22	5,31
0,392	1000	8,06	124,07	3,93
0,441	1000	10,57	94,61	3,00

Niepewność impulsów na minutę obliczyliśmy metodą propagacji niepewności ze wzoru poniżej: Jako niepewność czasu przyjęliśmy **1s**, czyli 1/60 minuty, natomiast niepewność zliczeń to pierwiastek z liczby zliczeń, czyli  $\sqrt{1000} \approx 31,62$ .

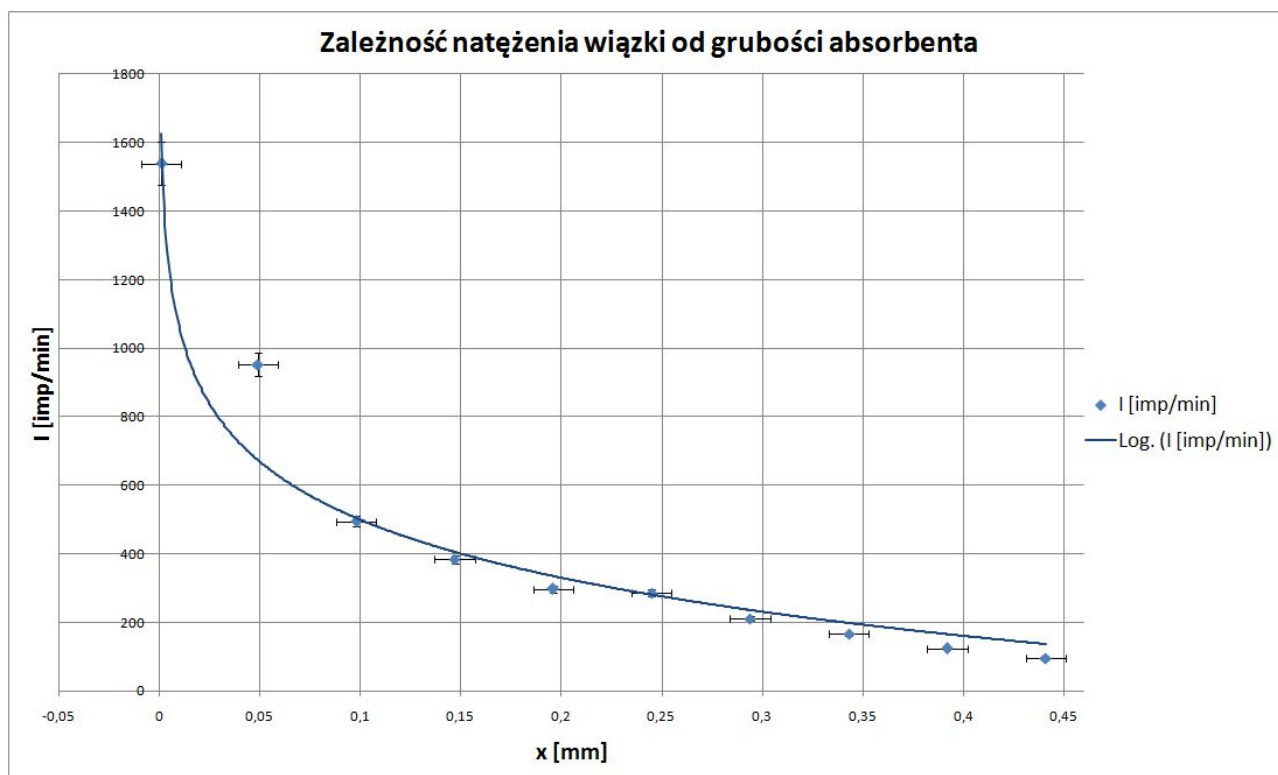
$$u(I) = \sqrt{\left(\frac{\partial I}{\partial N} * u(N)\right)^2 + \left(\frac{\partial I}{\partial T} * u(T)\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{1}{T} * u(N)\right)^2 + \left(-\frac{N}{T^2} * u(T)\right)^2}$$

Jako niepewność grubości absorbenta przyjęliśmy **10 μm**.

Na podstawie wykonanych pomiarów wykonaliśmy wykres zależności natężenia wiązki od grubości absorbenta, którą przedstawia wzór obok, gdzie:

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

- $I_0$  - natężenie wiązki bez blaszek aluminiowych
- $\mu$  - liniowy współczynnik pochłaniania absorbenta
- $x$  - grubość absorbenta



Niektóre słupki niepewności są zbyt małe aby je dostrzec na wykresie.

### 3. Zależność logarytmu naturalnego ilości zliczeń w jednostce czasu od grubości absorbenta.

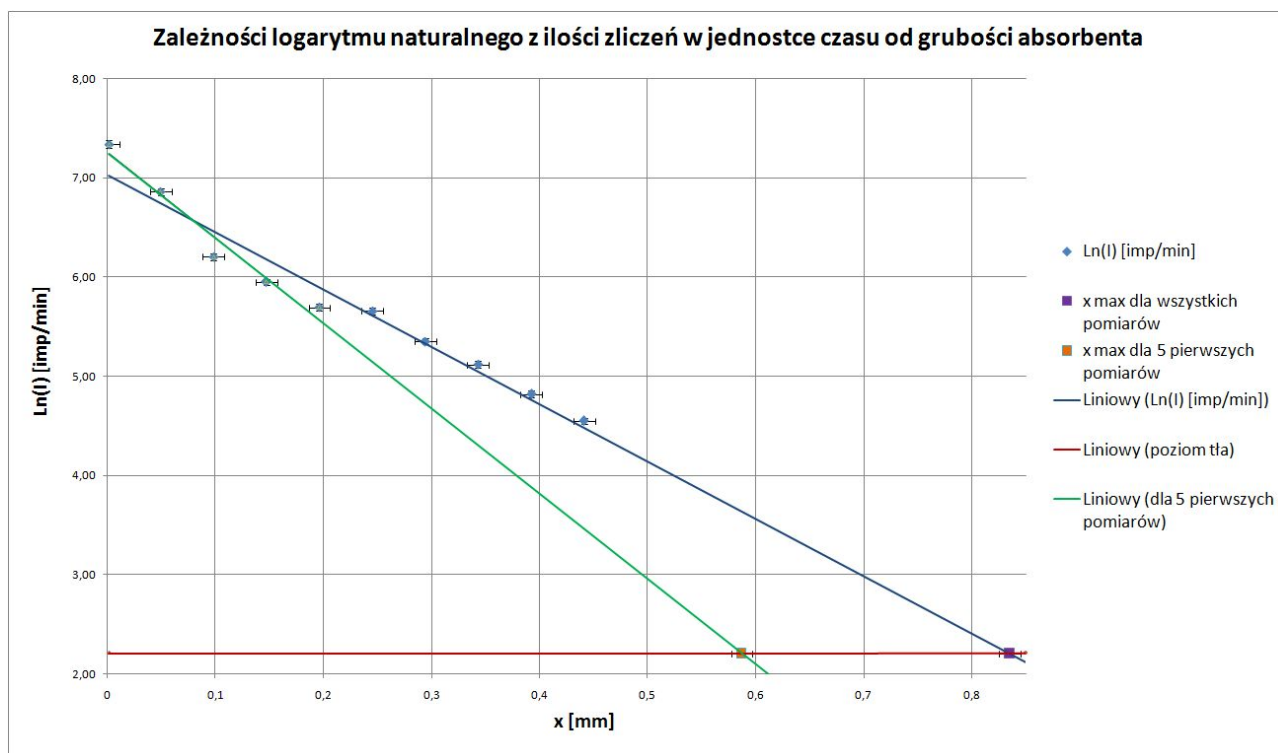
Wzór wykorzystany w poprzednim punkcie logarytmujemy obustronnie i przekształcamy go do postaci:

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

Wzór ten przedstawia zależność liniową między logarytmem naturalnym z ilości zliczeń w jednostce czasu od grubości absorbenta, której współczynniki wyliczamy za pomocą funkcji REGLINP w programie MS Excel. Współczynniki wyznaczonej prostej wraz z ich niepewnościami przedstawia poniższa tabela:

	Dla wszystkich pomiarów	Dla pierwszych 5 pomiarów
$a$ [ $\text{mm}^{-1}$ ]	-5,77	-8,56
$\Delta a$ [ $\text{mm}^{-1}$ ]	0,42	0,97
$b$ [imp/min]	7,03	7,25
$\Delta b$ [imp/min]	0,11	0,12

Zależność ta jest przedstawiona na wykresie znajdującym się na kolejnej stronie.



Niektóre słupki niepewności są zbyt małe aby je dostrzec na wykresie.

Jako niepewność grubości przyjęliśmy **10  $\mu\text{m}$** , natomiast niepewność  $\text{Ln}(I)$  obliczyliśmy ze wzoru:

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

Współczynnik 'a' prostej to składowa **- $\mu$**  wyznaczonej prostej (prosta na podstawie wszystkich pomiarów), a więc współczynnik pochłaniania  **$\mu$**  wynosi **5,77 [1/mm]**.

Drugą prostą wyznaczyliśmy dla początkowych pięciu wartości zliczeń w jednostce czasu.

Na wykres nanieśliśmy również prostą, która odpowiada wartości logarytmu naturalnego ilości zliczeń dla tła  **$\text{Ln}(I_T)$** .

Punkt przecięcia prostej na podstawie pięciu punktów i prostej  **$y = \text{Ln}(I_T)$**  odpowiada zasięgowi maksymalnemu promieniowania  **$x_{\text{max}}$** .

$$x_{\text{max}} = \frac{\ln(I_0) - \ln(I_T)}{\mu} = \frac{\ln(I_T) - b}{a}$$

Wyznaczamy go za pomocą funkcji w programie MS Excel albo ze wzoru obok i wynosi on:

**$x_{\text{max}} = 0,84$  [mm].**

Niepewność  $x_{max}$  obliczamy metodą propagacji niepewności ze wzoru poniżej:

$$u(x_{max}) = \sqrt{\left(\frac{\partial x_{max}}{\partial I_T} * u(I_T)\right)^2 + \left(\frac{\partial x_{max}}{\partial b} * u(b)\right)^2 + \left(\frac{\partial x_{max}}{\partial a} * u(a)\right)^2}$$

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

i wynosi ona:  $u(x_{max}) = 0,07 \text{ [mm]}$ .

Następnie obliczamy maksymalny zasięg masowy ze wzoru obok:

$$R_{max} = \rho * x_{max} \left[ \frac{mg}{cm^2} \right]$$

Gdzie  $\rho_{Al} = 2,72 * 10^3 \text{ [kg/m}^3\text{]} = 2720 \text{ [mg/cm}^3\text{]}$ .

$$R_{max} = \rho_{Al} * x_{max} = 2720 \text{ [mg/cm}^3\text{]} * 0,084 \text{ [cm]} = 228,48 \text{ [mg/cm}^2\text{]}.$$

Następnie metodą propagacji niepewności obliczamy niepewność zasięgu maksymalnego  $u(R_{max})$ :

$$u(R_{max}) = \sqrt{\left(\frac{\partial R_{max}}{\partial \rho} * u(\rho)\right)^2 + \left(\frac{\partial R_{max}}{\partial x_{max}} * u(x_{max})\right)^2} = \rho * u(x_{max})$$

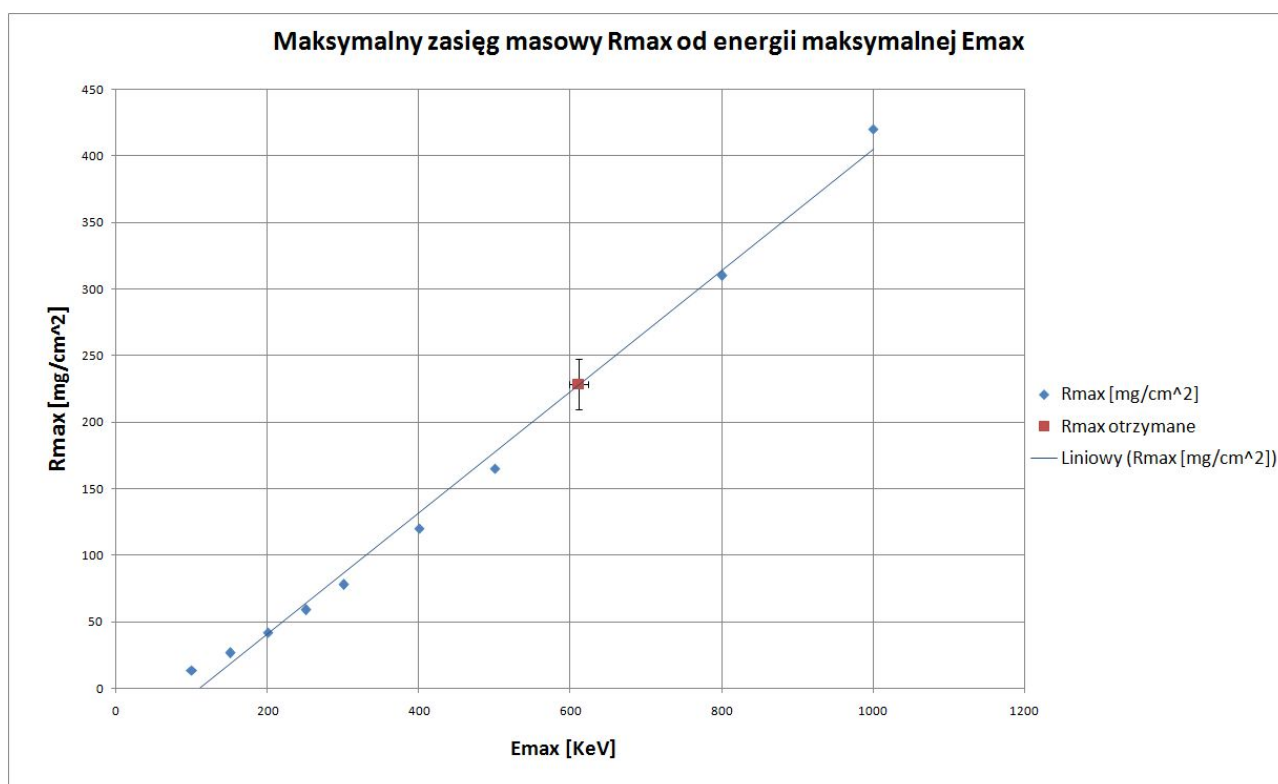
Po podstawieniu odpowiednich wartości otrzymujemy niepewność zasięgu maksymalnego:

$$u(R_{max}) = 19,04 \text{ [mg/cm}^2\text{]}.$$

## 4. Wyznaczanie graficznie energii maksymalnej $E_{\max}$

Na podstawie poniższej tabeli sporządzamy wykres maksymalnego zasięgu masowego  $R$  promieniowania  $\beta$  od jego energii maksymalnej  $E$ .

$E_{\max}$ [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



Niektóre słupki niepewności są zbyt małe aby je dostrzec na wykresie.

Wykres na poprzedniej stronie reprezentuje prosta o współczynnikach przedstawionych w tabeli poniżej:

a	2,18
$\Delta a$	0,07
b [keV]	111,78
$\Delta b$ [keV]	12,75

Na podstawie wykresu odczytujemy wartość energii maksymalnej  $E_{max}$  dla  $R_{max} = 228,48$  [mg/cm<sup>2</sup>] używając narzędzia REGLINW w programie MS Excel i wynosi ona:  $E_{max} = 610,58$  [keV].

Niepewność odczytu obliczamy metodą przenoszenia niepewności ze wzoru:

$$u(E_{max}) = \sqrt{\left(\frac{\partial E_{max}}{\partial a} * u(a)\right)^2 + \left(\frac{\partial E_{max}}{\partial R_{max}} * u(R_{max})\right)^2 + \left(\frac{\partial E_{max}}{\partial b} * u(b)\right)^2}$$

$$= \sqrt{(R_{max} * u(a))^2 + (a * u(R_{max}))^2 + (1 * u(b))^2}$$

Po podstawieniu odpowiednich wartości otrzymujemy niepewność energii maksymalnej promieniowania  $u(E_{max}) = 12,75$  [keV].

Następnie obliczamy  $E'_{max}$  korzystając ze wzoru z instrukcji:

$$E'_{max} = \frac{R_{max} + 0,09}{0,52}$$

Gdzie  $R_{max}$  wyrażony jest w [g/cm<sup>2</sup>].

$E'_{max}$  wynosi więc **0,400 [MeV]**.

Niepewność  $u(E'_{max})$  obliczamy metodą przenoszenia niepewności ze wzoru:

$$u(E'_{max}) = \sqrt{\left(\frac{\partial E'_{max}}{\partial R_{max}} * u(R_{max})\right)^2} = \frac{1 * 0,52}{(0,52)^2} * u(R_{max}) = \frac{1}{0,52} * u(R_{max})$$

Po podstawieniu wartości otrzymujemy niepewność  $u(E'_{max}) = 0,037$  [MeV].



## 5. Podsumowanie wyników.

Liniowy współczynnik pochłaniania promieniowania $\beta$ dla absorbenta			
$\mu$ [1/mm]		$u(\mu)$ [1/mm]	
5,77		0,42	
Zasięg maksymalny promieniowania			
$x_{max}$ [mm]		$u(x_{max})$ [mm]	
0,84		0,07	
Zasięg masowy promieniowania			
$R_{max}$ [mg/cm <sup>2</sup> ]		$u(R_{max})$ [mg/cm <sup>2</sup> ]	
228,48		19,04	
Energia maksymalna promieniowania			
Wyznaczenie z wykresu		Wyznaczanie z półempirycznej zależności	
$E_{max}$ [keV]	$u(E_{max})$ [keV]	$E'_{max}$ [MeV]	$u(E'_{max})$ [MeV]
610,58	12,75	0,400	0,037

## 6. Wnioski.

Badanie przeprowadzone bez czynnika promieniotwórczego pozwoliło nam na określenie natężenia tła licznika, a badania z wykorzystaniem czynnika promieniotwórczego, przy zwiększaniu grubości absorbenta, poprzez dodawanie kolejnych aluminiowych blaszek, wykazało, że im grubszy absorbent tym mniejsza jest ilość impulsów na minutę, czyli natężenie. Co wskazuje na to, że przy zwiększaniu grubości absorbenta, natężenie jest zbieżne do natężenia tła.

## 7. Odnosniki.

- Instrukcja do zadania - 31.01.2017r.
- Zdjęcie stanowiska - nasze - 31.01.2017r.
- [https://platforma.polsl.pl/rif/pluginfile.php/1824/mod\\_resource/content/5/OpracowanieDanychPomiarowych.pdf](https://platforma.polsl.pl/rif/pluginfile.php/1824/mod_resource/content/5/OpracowanieDanychPomiarowych.pdf) - 31.01.2017r.