



UNIWERSYTET
JAGIELLOŃSKI
W KRAKOWIE

Wydział Fizyki,
Astronomii
i Informatyki
Stosowanej

II Pracownia
Fizyczna

XXIII Studencka Sesja Plakatowa

31.05-04.06.2021

plakat nr

13

autor:
Aleksandra Kaszlikowska

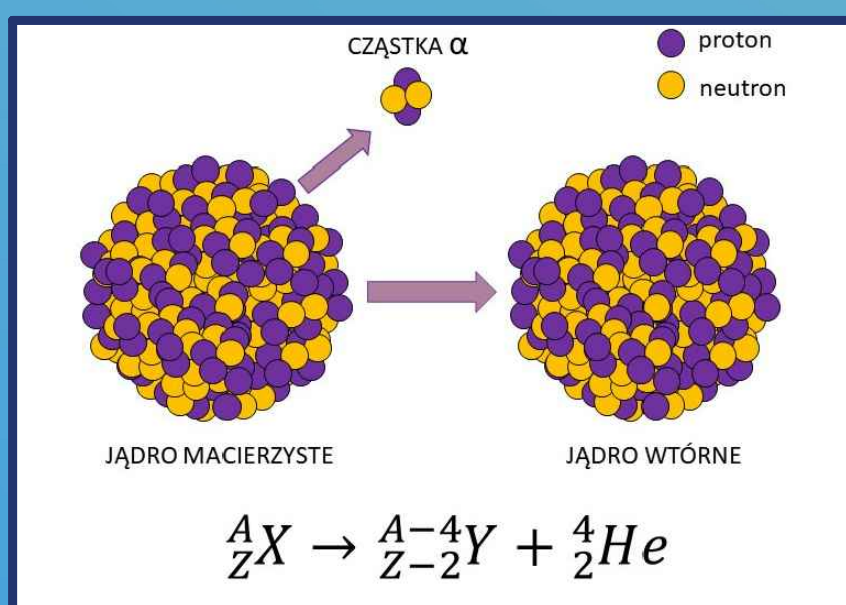
opiekun:
dr
Michał Silarski

POMIAR STRAT ENERGII CZĄSTEK α

ABSTRAKT

Dokonano pomiaru strat energii cząstek alfa poruszających się w powietrzu oraz aluminium. Na podstawie pomiarów i obliczeń wyznaczono zasięg cząstek alfa w tych ośrodkach. Wynoszą one odpowiednio: $R_p = (35,6 \pm 1,7) \text{ mm}$, $R_{Al} = (0,019 \pm 0,001) \text{ mm}$. Wartości te zgadzają się z danymi teoretycznymi w granicy trzech odchyłeń standardowych dla powietrza oraz jednego dla aluminium.

Rozpad alfa



Cząstki alfa powstają w wyniku rozpadów promieniotwórczych ciężkich (cięższych od ołowiu) pierwiastków. Podczas rozpadu alfa z jądra macierzystego emitowane są dwa protony i dwa neutrony. Po rozpadzie pozostaje jądro o liczbie masowej mniejszej o 4 i liczbie atomowej mniejszej o 2 w stosunku do jądra macierzystego oraz jądro helu stanowiące cząstkę alfa.

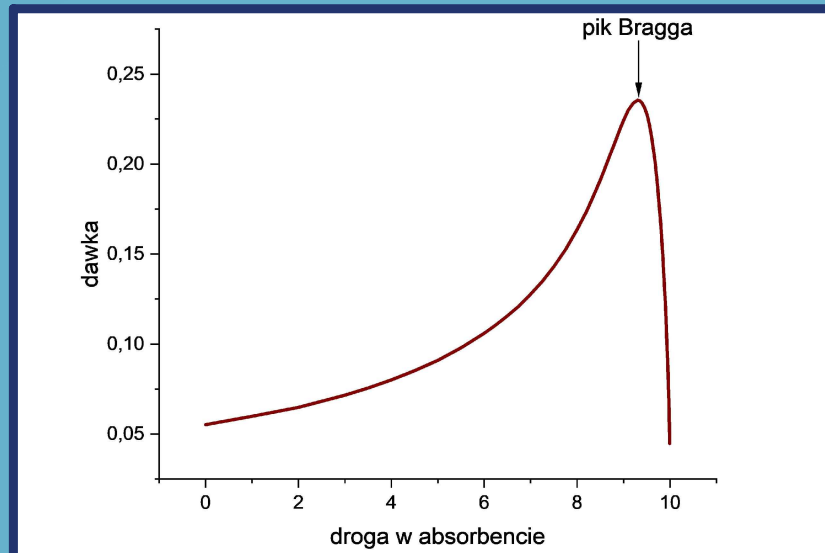
Straty energii w absorbencie

Cząstka α przechodząc przez ośrodek traci swoją energię m.in. poprzez oddziaływanie elektromagnetyczne z elektronami atomów ośrodka i z jądrami atomów. Straty energii na jednostkę drogi w absorbencie opisane są przez równanie Bethe'go-Blocha:

$$-\frac{dE}{dx} = 2\pi N_a r_e^2 m_e c^2 \rho \frac{Z}{A} \frac{z^2}{\beta^2} \left[\ln \left(\frac{2m_e \gamma^2 \beta^2 c^2 W_{max}}{I^2} \right) - 2\beta^2 \right]$$

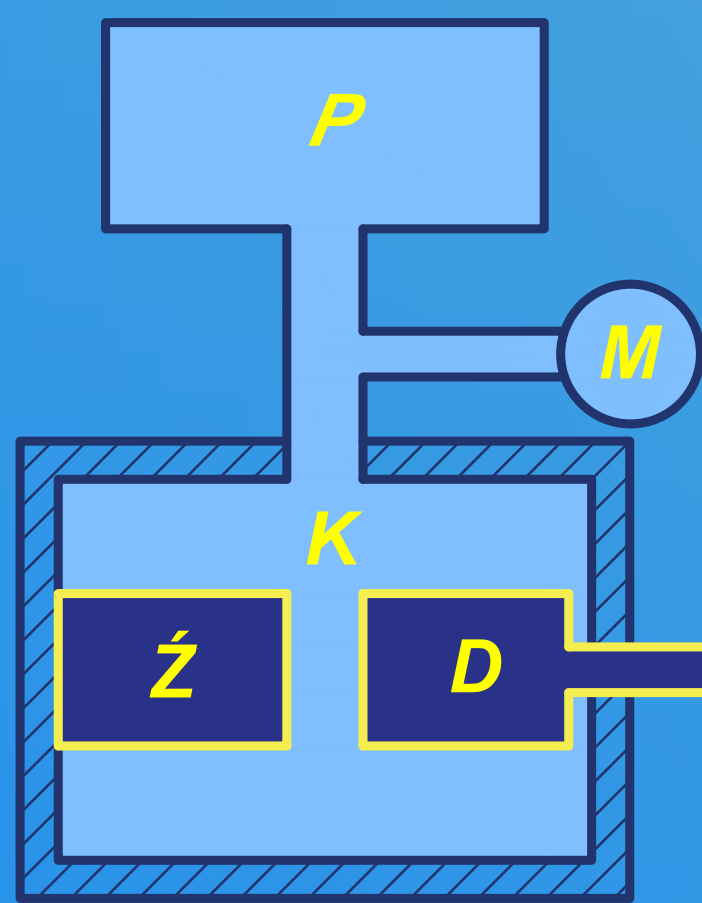
- r_e - promień elektronu
- m_e - masa elektronu
- N_a - liczba Avogadra
- I - średni potencjał jonizacji
- Z - liczba atomowa absorbentu
- A - liczba masowa absorbentu
- ρ - gęstość absorbentu
- z - ładunek cząstki padającej
- β - prędkość cząstki padającej
- c - prędkość światła w próżni
- $\gamma = 1/\sqrt{1-\beta^2}$

Krzywa Bragga



Obserwowana na wykresie powyżej krzywa Bragga jest charakterystyczna dla ciężkich cząstek posiadających ładunek. Przedstawia ona straty energii cząstki na jednostkę drogi w funkcji drogi przebytej w absorbencie. Gdy cząstka porusza się z dużą prędkością oddaje mało energii, natomiast gdy jej energia kinetyczna jest bardzo mała, cząstka deponuje całą swoją pozostałą energię. Zjawisko to jest wykorzystywane m.in. w terapiach hadronowych.

Układ doświadczalny



- P - pompa
- M - manometr
- K - komora próżniowa
- Z - źródło cząstek alfa
- D - półprzewodnikowy detektor krzemowy
- 1 - zasilacz z przedwzmacniaczem
- 2 - wzmacniacz liniowy
- 3 - analizator wielokanałowy

Detektory półprzewodnikowe

Działanie detektora półprzewodnikowego oparte jest na właściwościach złącza p-n spolaryzowanego w kierunku zaporowym. Gdy cząstka obdarzona ładunkiem przechodzi przez detektor powoduje jonizację ośrodka oraz przeniesienie elektronów do pasma przewodnictwa. Na skutek tego powstają liczne pary dziura-elektron, które następnie przemieszczają się wzdłuż półprzewodnika i zostają zarejestrowane na elektrodach. Dzięki temu nawet niewielka ilość zdeponowanej energii generuje mierzalny sygnał - detektor charakteryzuje wysoka energetyczna zdolność rozdzielcza.

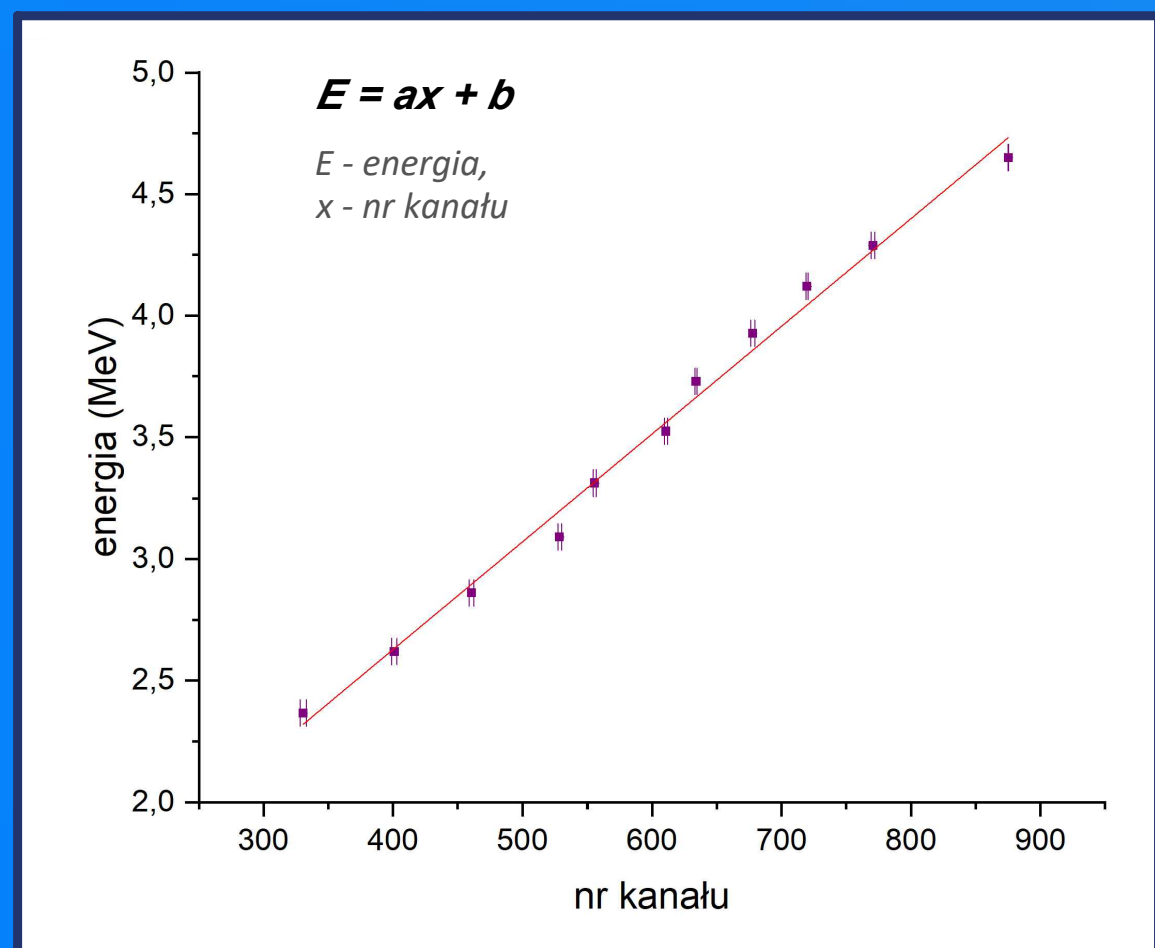
Krzywa kalibracyjna

W wyniku pomiarów otrzymano widma energii cząstek alfa przedstawione jako liczba zliczeń w funkcji numeru kanału. Do każdego zarejestrowanego widma energii dopasowano krzywą Gaussa, a następnie wyznaczono numer kanału dla maksimum każdego pik i jego odchylenie standardowe.

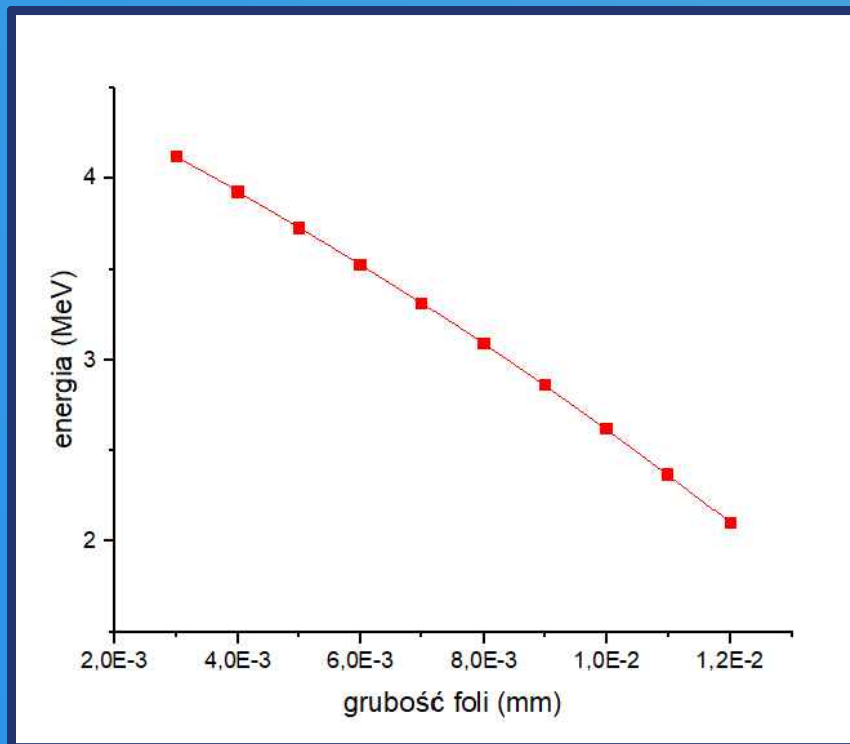
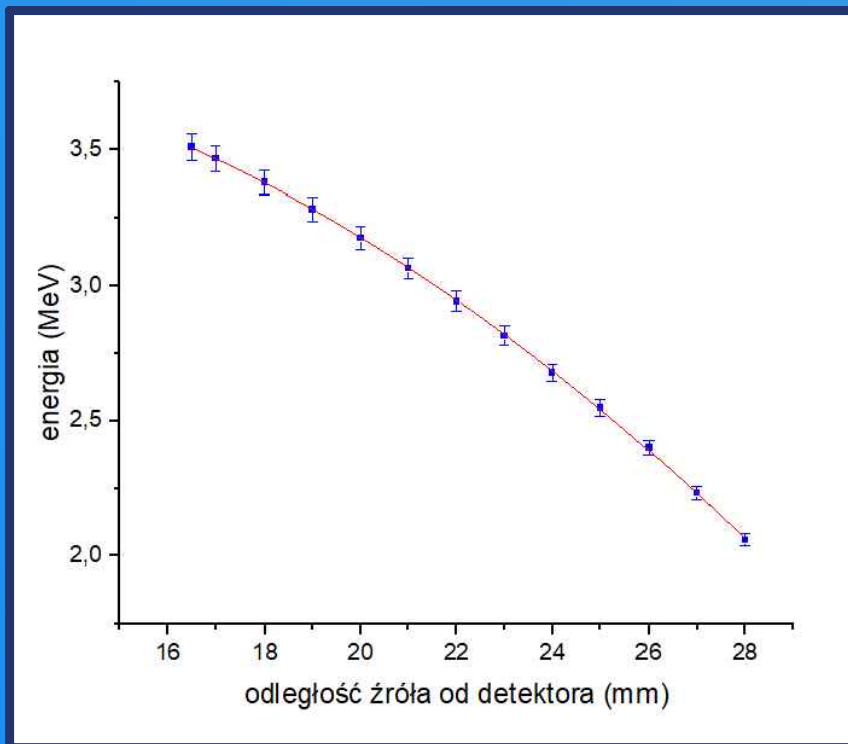
Za pomocą napisanego programu obliczającego całkę w oparciu o wzór Bethego-Blocha wyznaczono wartości energii zarejestrowanych przez detektor cząstek alfa, które przebyły określoną drogę w aluminium.

Sporządzono wykres (krzywą kalibracyjną) energii cząstek alfa w funkcji numeru kanału analizatora TUKAN dla różnych grubości folii aluminiowej i wykonano regresję liniową, otrzymano:

$a = (4,31 \pm 0,08) \cdot 10^{-3} \text{ MeV}$ - współczynnik kierunkowy
 $b = (9,09 \pm 0,48) \cdot 10^{-1} \text{ MeV}$ - wyraz wolny.



Zasięg cząstek alfa



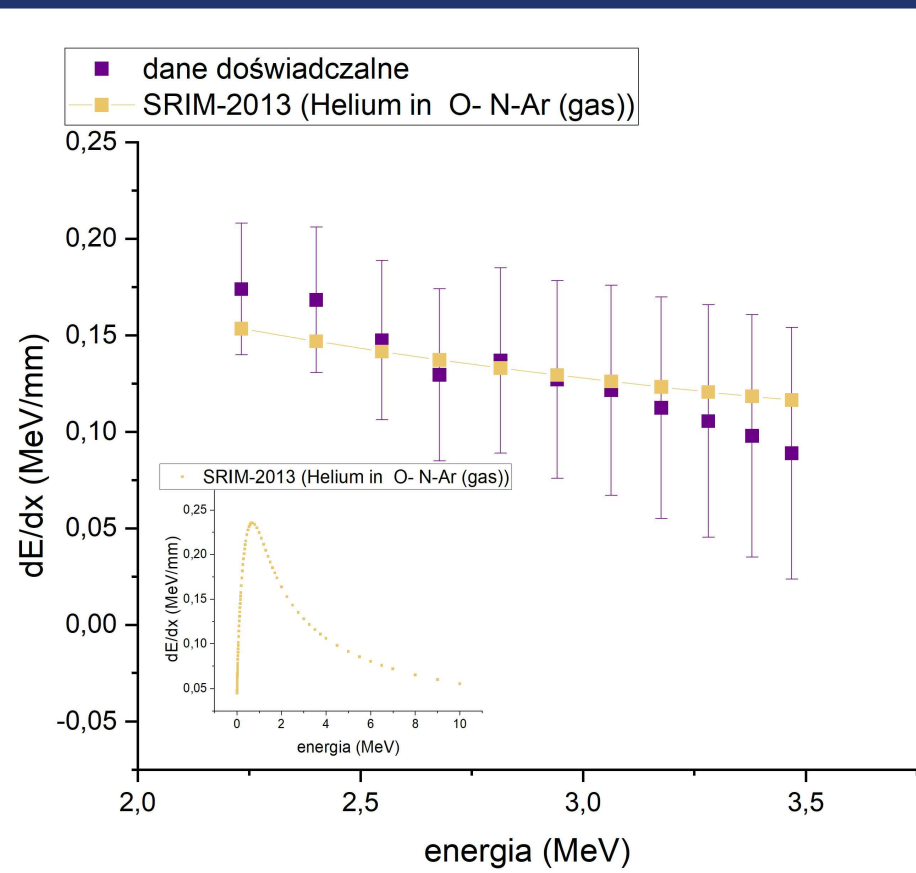
Korzystając ze współczynników krzywej kalibracyjnej wartości numerów kanału przeliczono na energię. Sporządzono wykresy wartości energii od grubości absorbenta (folii aluminiowej lub powietrza) i dopasowano do nich funkcję kwadratową. Wyznaczając miejsca zerowe funkcji obliczono zasięg R cząstek alfa.

WYNIKI

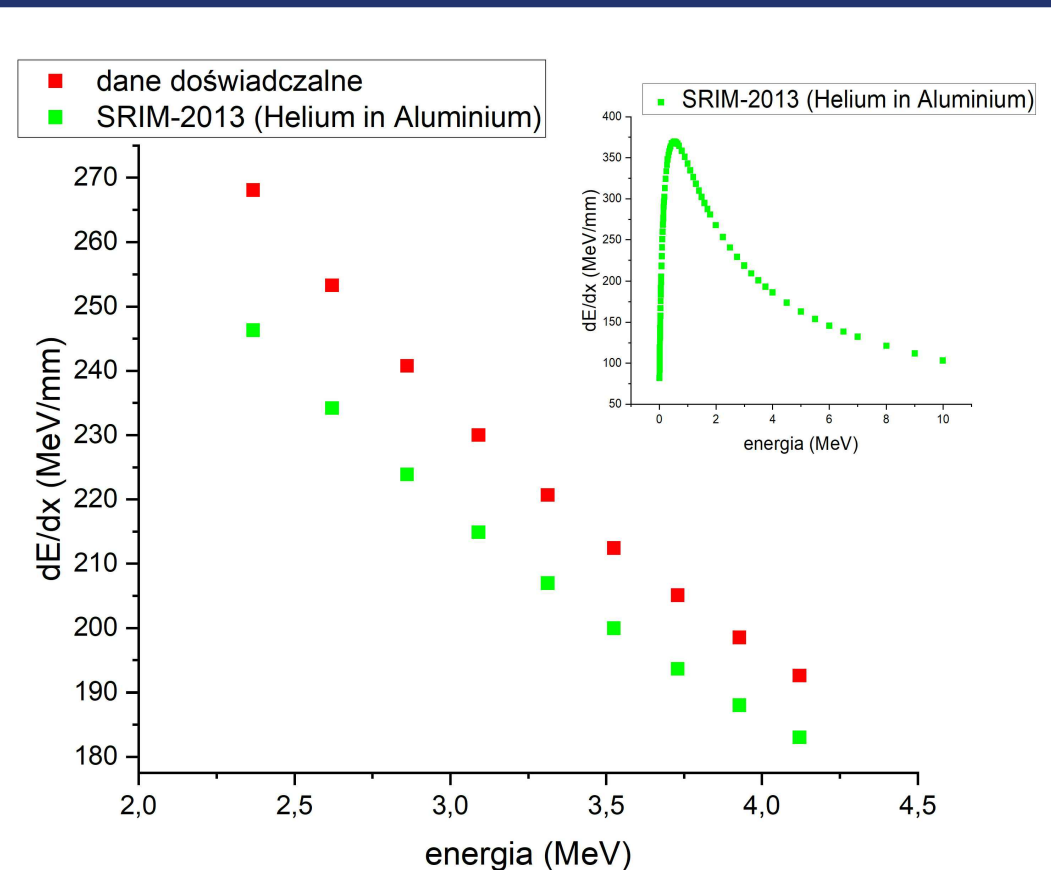
ABSORBENT	WYNIKI DOŚWIADCZALNE	Dane wygenerowane za pomocą programu SRIM - 2013
Aluminium	$R_{Al} = (0,019 \pm 0,001) \text{ mm}$	0,018mm
Powietrze	$R_p = (35,6 \pm 1,7) \text{ mm}$	31,22mm

Starty energii na jednostkę drogi w funkcji energii

Powietrze



Aluminium



Bibliografia:

1. Instrukcja do ćwiczenia Z24.
2. <https://fizyka.umk.pl/~lab2/tables/gamma2.html>
3. <https://fizyka.umk.pl/~lab2/tables/gamma1.html>
4. <http://www.1pf.if.uj.edu.pl/documents/5046939/0/tabela+G%C4%98STO%C5%9A%C4%86+SUBSTANCJI.pdf/4a8eb47e-c1e3-4295-b812-cfedaf76b7b>
5. <https://wios.rzeszow.pl/cms/upload/edit/file/opracowania/raporty/2005/r3.pdf>
6. <http://www.old.slej.uw.edu.pl/~agniecha/por/por-ewicz-3-alfa-beta.pdf>