

# Z31 - EKSPERYMENT RUTHERFORDA

II Pracownia Fizyczna

Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej, Uniwersytet Jagielloński

Celem ćwiczenia jest wykonanie eksperymentu Rutherforda, czyli zmierzenie zależności pomiędzy ilością rozproszonych na cienkiej folii cząstek  $\alpha$ , a kątem ich rozproszenia.

## Zagadnienia do przestudiowania

Na podstawie literatury zawartej w bibliografii należy zapoznać się z następującymi problemami:

1. Cząstki  $\alpha$  - jak są zbudowane, jak powstają, podstawowe własności [1, 2].
2. Podstawowe własności rozpadu  $\alpha$  - w szczególności reguły wyboru [1, 2].
3. Oddziaływanie cząstek  $\alpha$  z materią - w szczególności rozpraszanie (wzór) Rutherforda [1, 2].
4. Działanie półprzewodnikowego detektora krzemowego [1, 2].

**Przed przystąpieniem do ćwiczenia należy koniecznie przeczytać pełną instrukcję do ćwiczenia** (jest ona dostępna po zalogowaniu na stronę II pracowni fizycznej).

## Zadania obliczeniowe

Korzystając z wzorów podanych w pełnej instrukcji do ćwiczenia należy policzyć, o jaki czynnik zmieni się ilość padających na detektor cząstek  $\alpha$ , jeżeli zmieni się odległość pomiędzy źródłem, a detektorem z 5 do 19 centymetrów.

## Aparatura i materiały

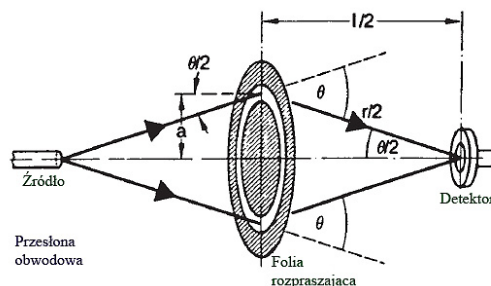
Zestaw eksperymentalny przedstawiony jest na Rysunku 2. W jego skład wchodzi:

1. Otwierana komora próżniowa z zamontowanym detektorem krzemowym.
2. Zamknięte źródło cząstek  $\alpha$ :  $^{241}\text{Am}$ .
3. Folia złota lub aluminiowa oraz magnes (niewidoczny na zdjęciu), którym można przesunąć folię, gdy znajduje się ona wewnątrz komory próżniowej.
4. Manometr.
5. Pompa próżniowa.
6. Przedwzmacniacz.
7. Analizator wielokanałowy (AWK) z oprogramowaniem „measure” zainstalowanym na komputerze PC.

## Program ćwiczenia

Szczegóły znajdują się w głównej instrukcji do ćwiczenia.

1. Uruchomienie aparatury.
2. Pomiar rozpraszania do przodu na folii złotej.



Rysunek 1: Ustawienie źródła i detektora

Odpompowujemy powietrze w komorze próżniowej (poniżej 20 hPa). Pomiar należy wykonać dla kilku odległości pomiędzy źródłem, a detektorem, np.  $l = 5, 7, 10, 14$  i  $19$  cm. Za każdym razem po ustawieniu pozycji źródła (detektor jest nieruchomy) ustawiamy folię w odległości  $l/2$  od detektora (Rysunek 1).

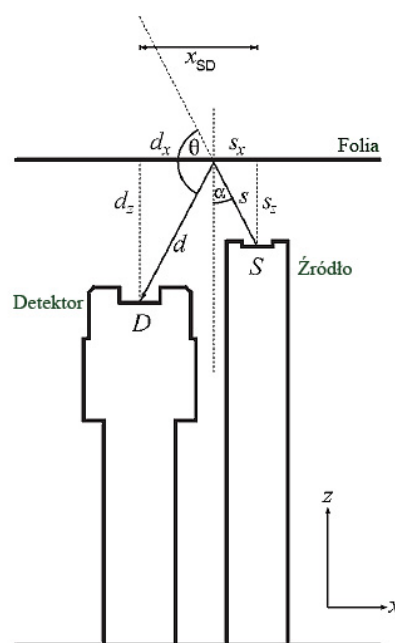
- Nie wolno dotykać folii palcami.
  - Źródło należy przesunąć poprzez delikatne obracanie i jednocześnie pchanie lub ciągnięcie pręta, na którym jest ono zamocowane.
  - Aby przesunąć folię, należy położyć na stole, pod komorą próżniową, specjalny magnes i go przesunąć.
  - Po ustawieniu pozycji źródła i folii należy osłonić komorę próżniową od światła oraz uruchomić pomiar. Należy na bieżąco zapisywać wyniki (ilości zmierzonych w zadanym czasie cząstek w funkcji odległości źródła od detektora) pomiarów w zeszycie pomiarowym.
3. Należy zmienić folię złotą na aluminiową i wykonać jeden pomiar dla  $l = 10$  cm i czas 2400 s.
  4. Ponieważ układ mierzy nie tylko cząstki rozproszone na folii, ale również cząstki inne (np. rozproszone na szklanej obudowie), czyli tzw. tła, więc dokonamy jeszcze pomiaru tła, czyli pomiaru z samą ramką bez folii. Po drugie, można dokonać pomiaru z folią złotą, podczas którego pusta



Rysunek 2: Zestaw eksperymentalny

ramka jest ustawiona około 5 mm od folii złotej (od strony detektora) – w ten sposób pełni ona rolę kolimatora ograniczającego wpływ rozproszeń na komorze próżniowej. W tym przypadku trzeba będzie wziąć pod uwagę zmniejszenie kąta bryłowego detektora.

5. Pustą ramkę możemy też wykorzystać jako przesłonę ograniczającą wpływ tła (wpływ cząstek rozproszonych). W tym celu należy umieścić ją po lewej od folii złotej w odległości około 5 mm i powtórzyć pomiary z punktu 2.
6. Można przeprowadzić pomiar dla rozpraszania wstecznego ustawiając elementy pomiarowe w sposób, jak na Rysunku 3 - źródło jest zamontowane tuż przy detektorze, a folia ustawiona w kierunku źródła. Instalujemy folię złotą w odległości  $S_z = 4.5$  cm od źródła. Pomiar wykonamy dla kilku innych pozycji folii, np.  $S_z = 4.0, 5.0, 5.5$  i  $6.0$  cm. Wykonujemy pomiar również dla folii aluminiowej ustawionej w pozycji  $S_z = 4.0$  cm.



Rysunek 3: Rozpraszanie wsteczne

## Opracowanie wyników

### 1. Opracowanie pomiaru dla rozpraszania do przodu:

- Korzystając z wzorów podanych w pełnej instrukcji do ćwiczenia proszę znaleźć oczekiwaną ilość mierzonych cząstek na sekundę zakładając, że  $E_\alpha = 3$  MeV,  $a = 20.16$  mm,  $Q = 370$  kBq,  $AF = 6$  cm<sup>2</sup>,  $dF = 1.5$  μm, a  $AD = 45$  mm<sup>2</sup> – proszę zrobić tabelę i wykres zawierający zmierzone i policzone wartości. Czy wielkości te zgadzają się ze sobą?
- Proszę porównać wyniki uzyskane z pustą ramką i bez (o ile takie pomiary były wykonywane). Jakie jest znaczenie pomiaru z samą pustą ramką? Ponieważ nie wiemy, jaka część cząstek była przepuszczana przez pustą ramkę, gdy była ona umieszczona w odległości 5 mm od folii złotej i grała rolę kolimatora, więc proszę oszacować jej wpływ.

- Analogicznie należy porównać pomiary przeprowadzone dla obu folii, aluminiowej i złotej, które zostały przeprowadzone dla tej samej odległości.
- W powyższym wzorze energia cząstek  $\alpha$  jest podana w przybliżeniu – można dokładniej oszacować jej wartość zakładając, że złota folia osłaniająca źródło <sup>241</sup>Am ma grubość 5 μm. Co więcej, cząstka alfa może rozpraszać się na różnych głębokościach w folii tarczy – tak więc energia cząstki alfa zależy również od miejsca rozproszenia – jak ten efekt można uwzględnić w obliczeniach?
- Jak można określić statystyczne i systematyczne niepewności tego pomiaru? Proszę je oszacować.

### 2. Rozpraszanie do tyłu:

- Głównym problemem tego pomiaru jest brak możliwości wyboru trajektorii cząstek, czyli brak kolimacji. Nie wiemy, gdzie odbiła się cząstka, którą zarejestrowaliśmy w detektorze. Są możliwe dwa podejścia, uproszczone i dokładne.
- W podejściu uproszczonym możemy wykorzystać fakt, że kąt bryłowy detektora dla odbić w różnych miejscach folii maleje jak  $\frac{1}{r^2} = \frac{1}{(s+d)^2}$  (oznaczenia z rysunku) i założyć, że główny przyczynek do mierzonej ilości cząstek mają przypadki, gdy droga cząstki jest minimalna. Ponieważ w tym pomiarze całkujemy nie tylko po powierzchni folii, ale także po jej grubości, nie mamy możliwości uzyskania zgodności wartości policzonych i zmierzonych ilości zliczeń w danym czasie. Możemy natomiast porównać kształt zależności od kąta rozpraszania. Korzystamy z wzorów wyprowadzonych w pełnej wersji instrukcji do ćwiczenia.
- Analogicznie postępujemy przy porównaniu rozpraszania dla folii aluminiowej i złotej.
- Podejście dokładne do powyższego problemu może, w najprostszym przypadku, polegać na scałkowaniu wzoru Rutherforda po całej powierzchni folii. Bardziej zaawansowane metody powinny uwzględniać zmiany energii cząstek alfa wewnątrz folii oraz inne, bardziej subtelne efekty, ale to zdecydowanie wykracza poza zakres ćwiczeń na II pracowni fizycznej.

## Zasady BHP

Jak zwykle, przy pracy ze źródłami promieniotwórczymi, należy zachować dużą ostrożność. Nie można źródła wyjmować lub dotykać bez obecności asystenta. Stosowane źródło jest źródłem zamkniętym, nie wolno jednak dotykać folii chroniącej materiał promieniotwórczy: folia ta jest delikatna i można ją zniszczyć przy nieostrożnej pracy.

## Literatura

- [1] A. Strzałkowski, *Wstęp do fizyki jądra atomowego*, PWN.
- [2] Z. Wilhelmi, *Fizyka reakcji jądrowych*, PWN, rozdział 2.3.1: *Rozpraszanie kulombowskie cząstek  $\alpha$* .