

C5: BADANIE POCHŁANIANIA PROMIENIOWANIA α i β W POWIETRZU oraz w ABSORBERACH

CEL ĆWICZENIA

Celem ćwiczenia jest:

- zbadanie pochłaniania promieniowania β w różnych materiałach i wyznaczenie zasięgu promieniowania β emitowanego przez źródło promieniotwórcze ^{90}Sr w poszczególnych absorberach;
- pomiar promieniowania emitowanego przez źródło ^{241}Am sondą półprzewodnikową i licznikiem Geigera-Müllera;

WYPOSAŻENIE STANOWISKA POMIAROWEGO

- ✓ radiometr Colibri
- ✓ sonda z detektorem krzemowym (SPAB-15)
- ✓ sonda z licznikiem Geigera-Müllera (SABG-15+)
- ✓ półotwarte źródła promieniotwórcze: ^{241}Am i ^{90}Sr
- ✓ płytki plastikowe służące do ustawienia sondy w określonej odległości od źródła
- ✓ krążki aluminiowe służące jako absorbery)
- ✓ szkiełka służące jako absorbery
- ✓ 2 tuleje aluminiowe
- ✓ suwmiarka

1. BADANIE POCHŁANIANIA PROMIENIOWANIA β W ABSORBERACH

W pomiarach wykorzystać sondę z detektorem krzemowym.

Sondę należy przestawić w tryb rejestracji promieniowania β . Następnie należy zmierzyć poziom tła β w miejscu, gdzie będą prowadzone pomiary (pomiar powinien trwać minimum 2-3 min).

Źródło promieniowania β należy ostrożnie wyjąć z pudełka (chwytać za „matową” aluminiową obudowę) i położyć na stole, aktywną („błyszczącą”) stroną do góry. **Nie wolno dotykać aktywnej powierzchni źródła!**

Nad źródłem należy ustawić dwie tuleje aluminiowe, tak by źródło znalazło się centralnie w otworze tulei. Absorbery kłaść na tuleje. Zbadać częstość zliczeń rejestrowanych przez sondę w funkcji grubości absorbera (poczynając od zerowej grubości absorbera).

Korzystając z funkcji preselekcji czasu w radiometrze dobierać czas poszczególnych pomiarów, tak aby uzyskać statystykę pozwalającą na nie przekraczanie 2% błędu względnego (ile zliczeń należy zarejestrować, żeby spełnić ten warunek?). Jeśli czas pomiaru konieczny dla zachowania powyższego warunku byłby dłuższy niż 100 s, nie wydłużać czasu pomiaru godząc się na pogorszenie względnych niepewności pomiarowych. (Limit 100 s jest ustalony arbitralnie).

W czasie pomiarów należy pilnować, aby środek detektora był umieszczany dokładnie nad środkiem źródła promieniotwórczego.

Pomiary wykonać dla następujących absorberów:

- Al;
- szkło.

2. POMIAR PROMIENIOWANIA EMITOWANEGO z PÓLOTWARTEGO ŹRÓDŁA ^{241}Am

Pierwszy pomiar przeprowadzić z użyciem półprzewodnikowej sondy krzemowej. Sondę należy przestawić w tryb rejestracji promieniowania α . Zmierzyć poziom tła promieniowania α w miejscu, gdzie będą prowadzone pomiary.

Następnie należy ostrożnie zdjąć pokrywę kapsułki zawierającą źródło radioaktywne ^{241}Am . W odkrytej części kapsułki znajduje się wgłębienie, w którym jest umieszczony materiał radioaktywny, pokryty bardzo cienką folią ochroną wykonaną z materiału o nazwie Mylar D).

Folia ochronna jest niezwykle delikatna. **Pod żadnym pozorem nie wolno dotykać izotopu znajdującego się we wgłębieniu lub kapsułki w okolicach otworu, zarówno palcami, ani jakimikolwiek przedmiotem (np pęsetą).**

W ćwiczeniu mierzona będzie liczba zliczeń na sekundę promieniowania α rejestrowaną przez sondę w zależności od odległości źródło-sonda.

Otwartą kapsułkę ze źródłem należy umieścić na stole otworem do góry. Do ustalenia odległości źródło — sonda posłużą plastikowe krążki z otworem (CD-rom). Krążki różnią się nieznacznie grubościami, każdorazowo należy więc mierzyć grubość dokładanej warstwy. Krążki należy nakładać na kapsułkę, nie dotykając jej, tak by źródło znalazło się w otworze po środku stosu płytek. Minimalna wymagana liczba płytek to 4 – co odpowiada przyłożeniu ochronnej siatki sondy niemal bezpośrednio do górnej powierzchni kapsułki ze źródłem. Do stosu płytek należy przyłożyć sondę i wykonać pomiar. Zwiększanie odległości sondy od źródła należy kontynuować, aż do chwili, gdy wskazania radiometru spadną do poziomu tła.

Trzeba zachować szczególną ostrożność, by nie uszkodzić okna sondy – również to okno jest bardzo delikatnym elementem i nie wolno go dotykać.

Należy korzystać z funkcji preselekcji czasu w radiometrze dobierając czas pomiaru tak, by w każdym pomiarze uzyskać statystykę zliczeń pozwalającą na nieprzekraczanie 5% względnej niepewności (ile zliczeń należy zarejestrować, żeby spełnić ten warunek?). Jeśli czas pomiaru konieczny dla zachowania powyższego warunku byłby dłuższy niż 60 s, nie wydłużać czasu pomiaru godząc się na pogorszenie się względnych niepewności pomiarowych. (Limit 60 s jest ustalony arbitralnie).

Powtórzyć pomiar z sondą z licznikiem Geigera-Müllera.

OPRACOWANIE WYNIKÓW (dla obu części ćwiczenia, pomiary α i β)

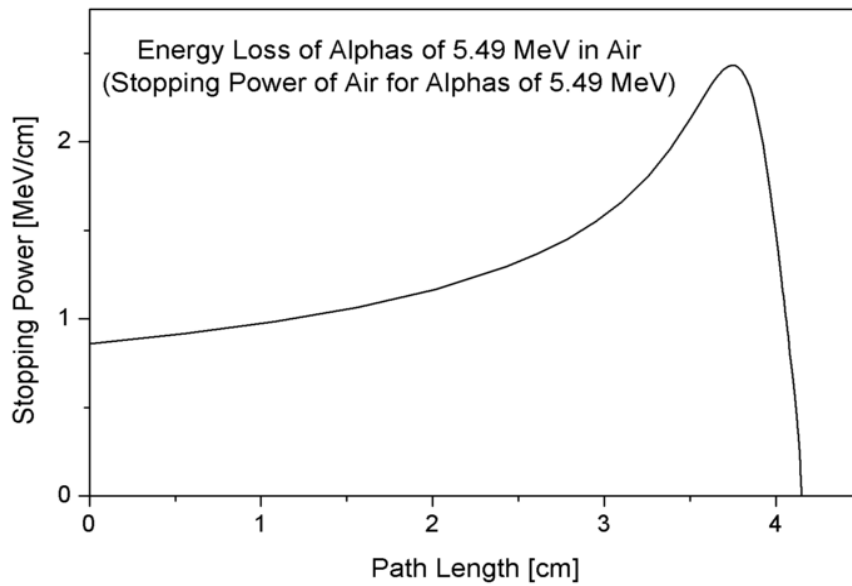
Pochłanianie promieniowania β

- Wyliczyć częstości zliczeń i jej niepewność zmierzonych dla poszczególnych grubości absorberów (pamiętać o uwzględnieniu zliczeń tła).
- Wyniki przestawić na wykresie: częstość zliczeń w funkcji grubości absorbera (dobierać skalę tak, by cały wykres był czytelny – najlepiej skalę półlogarytmiczną).
- Na podstawie wykresów wyznaczyć zasięg cząstek β emitowanych ze źródła ^{90}Sr w absorberach.
- Przedyskutować otrzymane wyniki i porównać z danymi teoretycznymi.

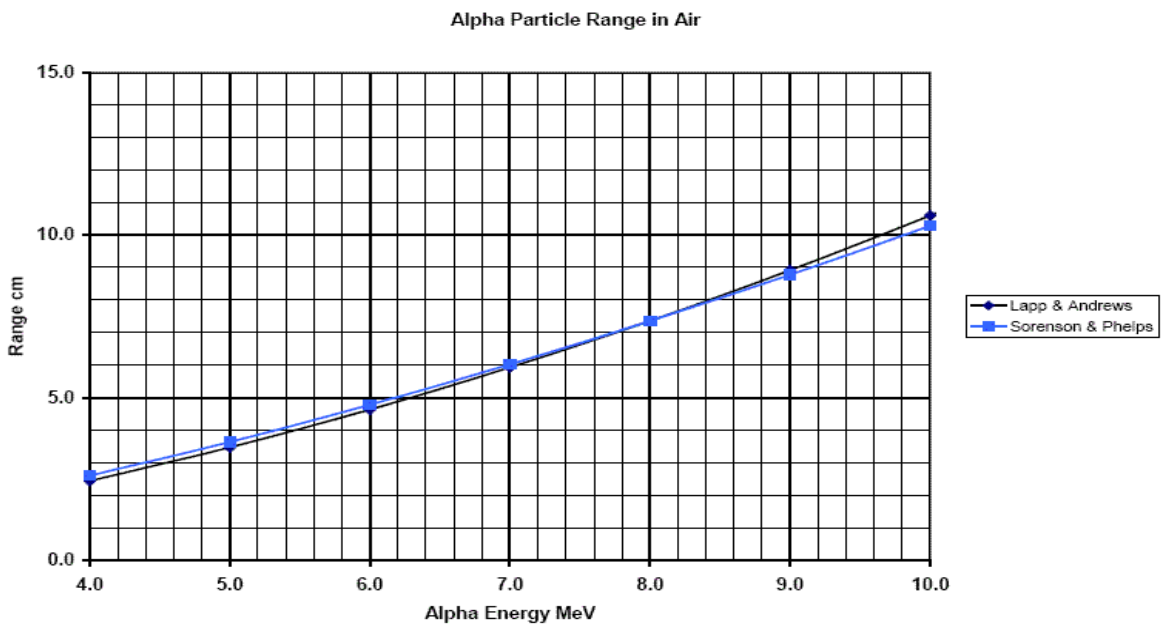
Pomiar promieniowania emitowanego ze źródła ^{241}Am

- Wyznaczyć grubość warstwy powietrza, po której sondy przestały rejestrować promieniowanie (przyjąć, że powierzchnia źródła znajduje się 3 mm nad powierzchnią stołu, a detektor w sondzie półprzewodnikowej znajduje się 4 mm pod ochronną siatką sondy).
- Czy wyniki dla obu sond są takie same?
- Wyjaśnić ew. różnice w kontekście zasad działania obu rodzaju detektorów i charakterystyk sond podanych przez producenta (zakresów działania).

Strata energii i zasięg cząstek alfa w powietrzu



Wyres 1: Strata energii cząstek alfa o energii 5.49 MeV w powietrzu.



Wykres 2: Zasięg cząstek alfa w powietrzu w funkcji energii.

Promieniowanie beta ze źródła ^{90}Sr

Izotop ^{90}Sr ulega rozpadowi β z czasem połowicznego zaniku równym 28.8 lat. Całkowita energia wyzwolana w procesie tego rozpadu wynosi 0.546 MeV i dzielona ona jest pomiędzy elektron, antyneutrino oraz powstające jądro ^{90}Y . Maksymalna energia promieniowania β powstającego w tym rozpadzie wynosi więc 0.546 MeV.

Wyprodukowany w rozpadzie ^{90}Sr izotop ^{90}Y jest również niestabilny – ulega on kolejnemu rozpadowi β z czasem połowicznego zaniku równym 64 godziny. Maksymalna energia powstającego w tym rozpadzie promieniowania β to 2.27 MeV.

Widmo elektronów emitowanych przez źródło ^{90}Sr jest więc sumą widm z pierwszego i drugiego rozpadu. Średnia energia takich elektronów jest równa 1.13 MeV.

Zasięg w różnych materiałach elektronów ze źródła ^{90}Sr przedstawia tabela:

materiał absorbera	gęstość	maksymalny zasięg e^-	
		(2.3 MeV)	(1.1 MeV)
powietrze	1.2 mg/cm ³	8.8 m	3.8 m
woda (tkanki miękkie)	1.0 g/cm ³	11 mm	4.6 mm
plastik	1.2	9.6 mm	4.0 mm
szkło	2.2	5.6 mm	2.2 mm
aluminium	2.7	4.2 mm	2.0 mm
miedź	8.9	1.2 mm	0.5 mm
ołów	11.3	1.0 mm	0.4 mm

Warto pamiętać, że zasięg elektronów można z grubsza oszacować, przyjmując, że zasięg wyrażony w g/cm² jest równy połowie maksymalnej energii elektronów wyrażonej w MeV.