D8. Badanie absorpcji promieniowania β

***Celem ćwiczenia** jest poznanie zjawiska promieniotwórczości i zjawiska pochłaniania promieniowania jonizującego przez materię oraz doświadczalne wyznaczenie współczynnika absorpcji badanego materiału.*

Promieniotwórczość – to nieustanny i spontaniczny ***rozpad jąder atomowych***, połączony z emisją cząstek (promieniowani α i β) i fal elektromagnetycznych (promieniowanie γ).
Pierwiastki promieniotwórcze występujące w przyrodzie to tzw. ***naturalne pierwiastki promieniotwórcze.*** Wytworzone za pomocą sztucznie wywołanych reakcji jądrowych – to tzw. ***sztuczne pierwiastki promieniotwórcze.***
Promieniowanie α - to emisja z jąder atomów promieniotwórczych cząstek α, które są jądrami helu (ozn. $^{4}{}_{2}He$ lub α), składającymi się z dwóch protonów i dwóch neutronów. Schemat ***rozpadu α:***

$$ {}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^{4}_{2}He + \gamma \qquad (1) $$

Powyższa reakcja jądrowa - podobnie jak wszystkie inne – zgodna jest z zasadą zachowania ładunku elektrycznego i z zasadą zachowania liczby masowej. Spełnione też jest ***prawo przesunięć.***
Promieniowanie β - to emisja elektronu ujemnego (negatonu) e^- lub elektronu dodatniego (pozytonu) e^+. ***Schemat rozpadu β- i β+*** : :

$$ {}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z+1}Y + {}^{0}_{-1}e \qquad (2) \qquad \text{lub} \qquad {}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z-1}Y + {}^{0}_{1}e \qquad (3). $$

Ponadto przy emisji cząstki β^- (${}^{0}_{-1}e$) dochodzi do równoczesnej emisji ***antyneutrino*** $\bar{\nu}$ i zamiany jednego neutronu w proton, a przy emisji β^+ (${}^{0}_{1}e$) - dochodzi do przejścia jednego z protonów w jądrze w neutron i emisji ***neutrino*** ν.
Obu typom rozpadu α i β towarzyszy często promieniowanie γ, co zaznaczono na schemacie (1). Istnieją jednak również ***rozpady γ,*** niezależne od rozpadów α i β.

Promieniowanie γ - to emisja kwantu energii $E = h \cdot f$ ($f > 3 \cdot 10^{20}$ Hz), podczas której jądro ze stanu wzbudzonego (oznaczone - na schemacie poniżej - gwiazdką) przechodzi w stan o niższej energii:

$$ {}^{A}_{Z}X^{*} \rightarrow {}^{A}_{Z}X + hf \,. \qquad (4). $$

Zauważmy, że rozpadowi γ nie towarzyszy zmiana ani liczby masowej A ani liczby atomowej Z pierwiastka.

Prawo rozpadu promieniotwórczego mówi, że: *liczba jąder rozpadających się w jednostce czasu jest proporcjonalna do aktualnej liczby jąder N*:

$$ \frac{dN}{dt} = -\lambda \cdot N \qquad (5). $$

Współczynnik λ nazywa się ***stałą rozpadu*** i zależy od pierwiastka promieniotwórczego. Równanie (5) po scałkowaniu przyjmuje postać wykładniczą:

$$ N = N_o e^{-\lambda t} \qquad (6) \qquad (N_o = N \text{ dla } t = 0). $$

Czas połowicznego rozpadu T– to czas, w ciągu którego rozpada się połowa wszystkich jąder w danej próbce promieniotwórczej.

Absorpcja promieniowania

Na skutek oddziaływania z materią, promieniowanie jądrowe, przechodząc przez warstwę substancji pochłaniającej, zmniejsza stopniowo swoje natężenie. Ten ***proces absorpcji*** opisuje funkcja wykładnicza (***prawo absorpcji***): $I = I_o e^{-\mu d}$ (7), gdzie: $\boldsymbol{I_o}$ – natężenie promieniowania padającego, $\boldsymbol{I}$ – natężenie promieniowania po przejściu przez warstwę pochłaniającą o grubości ***d, μ - całkowity współczynnik absorpcji***.

Grubość warstwy pochłaniającej, która dwukrotnie zmniejsza natężenie promieniowania padającego $\boldsymbol{I_o}$ nazywa się ***warstwą połówkowego pochłaniania*** ($\boldsymbol{d_{1/2}}$).

Literatura uzupełniająca

1. Cz. Bobrowski, Fizyka- krótki kurs, Rozdz.8.3, 8.4, 8.5
2. S. Przestalski, Fizyka z elementami biofizyki i agrofizyki, Rozdz. 5.3,

Zobacz też:

symulacje komputerowe na stronie internetowej *Katedry Fizyki i Biofizyki*

(https://sparrow.up.poznan.pl/kfb/) (zakładka: *Symulacje zjawisk fizycznych*),

D8. Protokół pomiarów i obliczeń

Nr pary	Imię i nazwisko studenta	Wydział grupa
data	Imię i nazwisko prowadzącego	Zaliczenie

Wykonanie ćwiczenia

Przyrządy i materiały: czujnik promieniowania (licznik Geigera), źródło promieniowania β, materiał absorbujący o różnej grubości.

1. Źródło promieniowania β włóż do osłony ołowianej, umieszczając je w trzeciej od góry szczelinie (półka pomiędzy oznaczeniami „10” i „20” znajdującymi się na obudowie).
2. Na obrotowej głowicy czujnika ustaw pomiar „β+γ”. Włącz czujnik promieniowania przytrzymując czerwony przycisk przez około 2 sekundy.
3. Za pomocą przycisku z oznaczeniem CPS/CPM/П ustaw na wyświetlaczu czujnika pomiar parametru CPS (natężenie promieniowania - ilość zliczeń na sekundę).
4. Umieść czujnik w pozycji pionowej w osłonie ołowianej tak, by okienko sondy czujnika znajdowało się nad źródłem promieniowania.
5. Dokonaj pięciokrotnie odczytu wartość parametru CPS w nieobecności absorbenta i oblicz wartość średnią $I_{0śr}$.
6. Pomiędzy sondę czujnika a źródło promieniowania (na pierwszą wolną szczelinę nad źródłem) wstaw płytkę badanego absorbenta o najmniejszej grubości *d* (= 0,28 mm). Odczytaj pięciokrotnie wartość natężenia promieniowania i oblicz wartość średnią $I_{śr}$.
7. Analogiczne pomiary przeprowadź dla pięciu innych grubości absorbenta każdorazowo dokładając po jednej płytce o grubości 0,28 mm na tę samą półkę w osłonie.

Tabela

d [mm]	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	$I_{śr.}$	$\frac{I_{0śr}}{I_{śr}}$	$ln\frac{I_{0śr}}{I_{śr}}$
0						$I_{0śr}$=		

Opracowanie wyników

1. Dla wszystkich wartości $I_{śr}$ obliczonych dla różnych grubości absorbenta wykonaj obliczenia $I_{0śr}/I_{śr}$ oraz $ln(I_{0śr}/I_{śr})$, ($I_{0śr}$ jest natężeniem promieniowania w nieobecności absorbenta).
2. Na papierze milimetrowym narysuj wykres zależności $ln(I_{0śr}/I_{śr})$ od grubości absorbenta *d*.*

   **Dlaczego właśnie taki wykres? Otóż, po zlogarytmowaniu równania* $I = I_o e^{-\mu d}$ *, lnI = lnI$_o$ - μ·d* $\rightarrow$ $\ln\frac{I}{I_o}$ *=μ·d oraz zmianie znaków otrzymujemy wyrażenie:* $\ln\frac{I_o}{I} = \mu \cdot d$ *, które jest równaniem linii prostej, gdzie: y = ln(I$_o$/I), x = d, a współczynnikiem kierunkowym tej prostej jest współczynnik absorpcji* μ *. Pozwala to na łatwe wyliczenie wartości współczynnika absorpcji z otrzymanej graficznie zależności* $\ln(I_o/I)=f(d)$.

3. Oblicz współczynnik absorpcji badanego materiału μ, jako współczynnik kierunkowy otrzymanej prostej. W tym celu można zastosować odpowiedni program komputerowy, wstawiając: *d* jako X oraz $ln(I_{0śr}/I_{śr})$ jako Y.
4. Z wykresu odczytaj grubość warstwy połówkowego pochłaniania ($d_{1/2}$), która odpowiada wartości natężenia promieniowania $I = I_{0śr}/2$, czyli – na naszym wykresie wartości $\ln(I_{0śr}/I_{śr}) = \ln 2$.
5. Oblicz wielkość błędu pomiarowego dla współczynnika absorpcji tak, jak dla współczynnika kierunkowego prostej.
6. Znając błąd względny $\frac{\Delta\mu}{\mu}$, wylicz następnie błąd bezwzględny $\Delta\mu$ i zestaw go na końcu protokołu z otrzymaną – w doświadczeniu – wartością μ, jako: $\mu \pm \Delta\mu$.