

ODDZIAŁYWANIE PROMIENIOWANIA β Z MATERIA

Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest wyznaczenie parametrów charakteryzujących dany absorbent dla promieniowania β , przy pomocy półprzewodnikowego licznika G-M.

Parametrami tymi są: liniowy współczynnik absorpcji promieniowania (μ), masowy współczynnik absorpcji promieniowania (μ_m), grubość warstwy połówującej ($d_{\frac{1}{2}}$), zasięg (Z) promieniowania β w danym absorbencie. Po wyznaczeniu wartości powyższych parametrów, przy pomocy empirycznych wzorów można oszacować wartość maksymalnej energii elektronów emitowanych przez szkło uranowe.

Aparatura

Mikowy licznik Geigera-Müllera

Szkło uranowe zawiera w około 2% izotop uranu U-238. Izotop ten jest źródłem promieniowania jonizującego składającego się głównie z promieniowania korpuskularnego α i β oraz w znikomej ilości promieniowania elektromagnetycznego γ . Izotop uranu ${}^{238}_{92}\text{U}$ o czasie połowicznego rozpadu $T_{\frac{1}{2}} = 4.5 \cdot 10^9$ lat, na skutek jednej przemiany α i dwóch przemian β przechodzi w izotop uranu ${}^{234}_{92}\text{U}$ o czasie połowicznego rozpadu $T_{\frac{1}{2}} = 2.5 \cdot 10^5$ lat. Pośrednimi produktami wyżej wymienionych przemian są dwa izotopy o względnie krótkim czasie połowicznego rozpadu, odpowiednio około 24 dni oraz 7 godzin. Kilka kolejnych rozpadów promieniotwórczych α i β powoduje pojawienie się stabilnego izotopu ołowiu ${}^{206}_{82}\text{Pb}$. Opisany powyżej proces kolejnych rozpadów promieniotwórczych nazywa się szeregiem promieniotwórczym uranowo-radowym.

Natężenie promieniowania jonizującego emitowanego przez szkło uranowe jest porównywalne z natężeniem promieniowania jonizującego emitowanego przez granit.

Z uwagi na to, że zasięg promieniowania α w powietrzu jest mniejszy od 3 cm, można przyjąć, że w ćwiczeniu licznik Geigera-Müllera (G-M) oprócz promieniowania tła będzie rejestrował praktycznie tylko promieniowanie β , czyli elektrony.

UWAGA! ŹRÓDŁA PROMIENIOWANIA JONIZUJĄCEGO ZNAJDUJĄ SIĘ U ASYSTENTÓW PROWADZĄCYCH ĆWICZENIA

I. POMIARY NATEŻENIA PROMIENIOWANIA TŁA I NATEŻENIA PROMIENIOWANIA ŹRÓDŁA

Przebieg ćwiczenia:

1. Włączyć licznik G-M i odczekać około 1 minuty. Pomiar promieniowania tła powinien być przeprowadzony bez obecności źródeł promieniowania w pobliżu licznika G-M.

2. Liczba rejestrowanych impulsów jest wyświetlana na monitorze licznika G-M i podawana jest w jednostkach CPM (Counts Per Minute).
 - a. w ciągu 2 minut, co 15 sekund, odczytywać i zapisywać w **tabeli 1** liczbę wyświetlaną na monitorze licznika G-M.
 - b. obliczyć wartość średnią (N_t) liczby zarejestrowanych impulsów promieniowania tła.
3. Umieścić źródło promieniowania jonizującego pobranego od asystenta (szkło uranowe) w odległości 13 cm od licznika G-M i odczekać 1 minutę
4. Obliczyć średnią wartości (N) impulsów, analogicznie jak dla promieniowania tła. Odczytywane wartości liczby rejestrowanych impulsów wpisać do **tabeli 2**.
Oczywiste jest, że wartość N jest sumą liczby impulsów promieniowania tła i liczby elektronów emitowanych przez źródło promieniowania. Fakt ten należy uwzględnić przy obliczeniach.

II. PORÓWNANIE WARTOŚCI NATEŻENIA PROMIENIOWANIA EMITOWANEGO PRZEZ SZKŁO URANOWE I PRZEZ GRANIT.

Przebieg ćwiczenia:

1. Umieścić w odległości 10 cm szkło uranowe i po czasie 1 minuty, w ciągu dwóch minut odczytywać co 15 sekund wskazania licznika G-M i zapisywać je w **tabeli 3**.
2. Usunąć szkło uranowe i w tej samej odległości od licznika umieścić kawałek granitu. Wykonać pomiary w identyczny sposób jak dla szkła uranowego.

III. POMIARY PRZY UŻYCIU ABSORBENTÓW

Przebieg ćwiczenia:

1. Umieścić źródło promieniowania jonizującego (szkło uranowe) w odległości 13 cm od licznika G-M.
2. Zamocować na stojaku JEDNĄ kartkę papieru i umieścić ją między źródłem promieniowania i licznikiem G-M (**jak najbliżej licznika G-M**).
3. Odczekać 1 minutę i następnie w ciągu 2 minut, co 15 sekund, odczytywać i zapisywać w **tabeli 4** wskazania licznika G-M. Następnie kolejno zwiększać liczbę zamocowanych w stojaku papierowych kartek do: 3, 5, 7, 9 i 11.

Po każdym dołożeniu kartek i ustawieniu ich przed licznikiem G-M NALEŻY ODCZEKAĆ 1 minutę przed rozpoczęciem odczytywania wskazań licznika G-M.

Obliczyć średnią wartość liczby (N_p) zarejestrowanych impulsów dla każdej liczby kartek absorbenta papierowego.

4. Pomiary powtórzyć ze szkłem organicznym (plexi) i dane zapisać w **tabeli 5**.

Dane dla absorbentów, potrzebne do obliczeń		
Nazwa absorbenta	Gęstość (ρ) absorbenta ($\frac{kg}{m^3}$)	Grubość absorbenta (m)
Papier	0.852×10^3	0.10×10^{-3}
Pleksi	1.180×10^3	0.75×10^{-3}

IV. OPACOWANIE UZYSKANYCH DANYCH

1. Do wyznaczenia liniowego współczynnika absorpcji promieniowania należy wykorzystać wzór:

$$N = N_0 e^{-\mu d}$$

gdzie N jest liczbą impulsów po przejściu promieniowania przez dany absorbent, N_0 jest liczbą impulsów bez absorbenta, d jest grubością absorbenta.

Powyższy wzór należy przekształcić do użytecznej postaci, który przedstawia funkcję liniową o współczynniku kierunkowym μ :

$$\ln N_x(d) = \ln N_0 - \mu d$$

gdzie N_0 jest liczbą zarejestrowanych elektronów ze źródła promieniowania jonizującego w nieobecności absorbenta i $N_x(d)$ jest liczbą zarejestrowanych elektronów po przejściu przez dany absorbent x o grubości d .

2. W celu wyznaczenia wartości współczynnika kierunkowego powyższej funkcji, którego wartość bezwzględna jest wartością liniowego współczynnika absorpcji promieniowania β należy narysować wykres (linia najlepszego dopasowania) z danych w tabeli 6, dla papieru i z danych w tabeli 7, dla plexi. Skala osi pionowej powinna rozpoczynać się od wartości mniejszej od $\ln N_t$. Do wyznaczenia wartości współczynnika kierunkowego należy wykorzystać trygonometryczny wzór redukcyjny: $\text{tg}(90^\circ + \alpha) = -\text{ctg}\alpha$.

3. Po wyznaczeniu wartości liniowego współczynnika absorpcji, obliczyć wartość masowego współczynnika absorpcji dla danego absorbenta przy pomocy poniższego wzoru:

$$\mu_m = \frac{\mu}{\rho},$$

gdzie ρ jest gęstością danego absorbenta.

4. Obliczyć wartość grubości połowiącej dla zbadanych absorbentów, wykorzystując wzór:

$$d_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln 2}{\mu}.$$

5. Obliczyć wartość zasięgu (Z) elektronów w badanych absorbentach. W tym celu na sporządzonych wcześniej wykresach zaznaczyć poziomą przerywaną linią wartość $\ln N_t$. Następnie wykres należy ekstrapolować, aż do przecięcia się linii ekstrapolowanej z linią o wartości $\ln N_t$. Współrzędna punktu przecięcia się linii jest wartością zasięgu elektronów w danym absorbencie.

6. Energia maksymalna elektronów może być obliczona na podstawie empirycznych wzorów:

$$E_{max}[\text{MeV}] = 1,92 \cdot (Z_d)^{0,725} \quad \text{dla} \quad 0,02 \frac{\text{g}}{\text{cm}^2} < Z_d < 0,4 \frac{\text{g}}{\text{cm}^2}$$

$$E_{max}[\text{MeV}] = 1,75 \cdot Z_d + 0,281 \quad \text{dla} \quad Z_d > 0,4 \frac{\text{g}}{\text{cm}^2},$$

gdzie $Z_d = Z \cdot \rho$ jest zasięgiem maksymalnym elektronów wyrażonym w jednostkach $\frac{\text{g}}{\text{cm}^2}$.

Obliczając Z_d należy wyrazić zasięg Z w [cm] i pomnożyć go przez gęstość absorbenta wyrażoną w $\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$.

Obliczone wartości parametrów dla promieniowania β należy zapisać w tabeli 8.

Wymagane wiadomości teoretyczne.

1. Szeregi promieniotwórcze
2. Rozpady promieniotwórcze α, β^-, β^+
3. Zasada działania licznika G-M
 - a. gazowego
 - b. półprzewodnikowego
4. Omówić prawo pochłaniania promieniowania jonizującego
5. Umiejętność przekształcenia równania pochłaniania promieniowania jonizującego do postaci funkcji liniowej
6. Interpretacja liniowego i masowego współczynnika absorpcji promieniowania
7. Umiejętność wyprowadzenia wzoru na grubość warstwy połowiącej
8. Definicja grubości warstwy połowiącej
9. Sposób wyznaczania zasięgu elektronów w absorbencie
10. Oddziaływanie promieniowania z materią: efekt Comptona, zjawisko fotoelektryczne, tworzenie pary: pozyton - elektron

Proponowana literatura.

1. Andrzej Hryniewicz (red.), „Człowiek i promieniowanie jonizujące”, Wyd. Naukowe PWN, 2001.
2. Stanisław Miękiś, Andrzej Hendrich (red.), „Wybrane zagadnienia z biofizyki”, Wrocław, Volumed, 1998.
3. Feliks Jaroszyk (red.), „Biofizyka”, Warszawa, PZWL, 2001.
4. Czesław Bobrowski, „Fizyka – krótki kurs”, WNT, Warszawa, 1996

Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu Katedra i Zakład Biofizyki i Neurobiologii	Ćwiczenie 22 Oddziaływanie promieniowania β z materia	
 Imiona i nazwiska studentów	Wydział: nr grupy: Data:
Ocena:	Podpis prowadzącego ćwiczenia:	

I.

Tabela 1

sekundy	Liczba zarejestrowanych impulsów dla promieniowania tła (CPM)
0	
15	
30	
45	
60	
75	
90	
105	
120	
Średnia wartość N_t	

Tabela 2

sekundy	Liczba zarejestrowanych impulsów dla promieniowania źródła (CPM)
0	
15	
30	
45	
60	
75	
90	
105	
120	
Średnia wartość N	

II.

Tabela 3

sekundy	Liczba zarejestrowanych impulsów (CPM)	
	Szkło uranowe	Granit
0		
15		
30		
45		
60		
75		
90		
105		
120		
Wartość średnia		

III.

Tabela 4

Sekundy	Liczba N_p zarejestrowanych impulsów (CPM). Absorbent PAPIEROWY					
	1 kartka	3 kartki	5 kartek	7 kartek	9 kartek	11 kartek
0						
15						
30						
45						
60						
75						
90						
105						
120						
Średnia wartość N_p						

Tabela 5

Sekundy	Liczba N_{Px} zarejestrowanych impulsów (CPM). Absorbent PLEXI				
	1 płytka	2 płytki	3 płytki	4 płytki	5 płytek
0					
15					
30					
45					
60					
75					
90					
105					
120					
Średnia wartość N_{Px} zarejestrowanych impulsów					

IV.

Tabela 6

Liczba kartek	N_P	$\ln N_P$	Grubość absorbenta PAPIEROWEGO d (m)
1			
3			
5			
7			
9			
11			

Tabela 7

Liczba płytek	N_{Px}	$\ln N_{Px}$	Grubość absorbenta z PLEXI d (m)
1			
2			
3			
4			
5			

Tabela 8

Nazwa absorbenta	$\mu \left(\frac{1}{m}\right)$	$\mu_m \left(\frac{m^2}{kg}\right)$	$d_{\frac{1}{2}} \text{ (m)}$	$Z \text{ (m)}$	$Z_d \left(\frac{g}{cm^2}\right)$	$E_{\max} \text{ (MeV)}$
Papier						
Pleksi						

1. Ustalić i zapisać, które zbadane źródło promieniowania jonizującego wykazuje większą intensywność promieniowania jonizującego, przy tej samej odległości od licznika G-M. Szkło uranowe czy granit:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Analizując obliczoną wartość odpowiednich parametrów ustalić i uzasadnić, który z absorbentów w większym stopniu chroni przed promieniowaniem β :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....