

**OZNACZANIE WSPÓŁCZYNNIKA POCHŁANIANIA
PROMIENIOWANIA GAMMA
PRZY UŻYCIU LICZNIKA SCYNTYLACYJNEGO**

Instrukcję przygotował:
dr, inż. Zbigniew Górski
Poznań, grudzień, 2004.

WSTĘP

Natężenie promieniowania gamma ulega osłabieniu przy przechodzeniu przez materię. Pochłanianie promieniowania gamma danej substancji podlega (w przybliżeniu) prawu wykładniczemu:

$$I = I_0 e^{-\mu d} \quad (1)$$

gdzie:

- I_0 - natężenie wiązki przed i po absorpcji,
- μ - współczynnik pochłaniania,
- d - grubość warstwy pochłaniającej.

Wielkość μ nosi nazwę **całkowitego liniowego współczynnika pochłaniania**.

Ponieważ pochłanianie kwantów gamma przez ośrodki materialne zachodzi na drodze trzech elementarnych procesów:

1. zjawiska fotoelektrycznego,
2. zjawiska rozpraszania Comptona,
3. tworzenia się par elektron - pozyton,

dlatego współczynnik μ można wyrazić jako:

$$\mu = \tau + \sigma + \kappa \quad (\mu = \text{tau} + \text{sigma} + \text{kappa})$$

W powyższym równaniu τ charakteryzuje absorpcję kwantów gamma związaną z zjawiskiem fotoelektrycznym, a współczynniki σ oraz κ dotyczą odpowiednio zjawiska rozpraszania Comptona oraz tworzenia się par negaton - pozyton.

Odsetkowy udział trzech wymienionych procesów w całkowitym osłabieniu natężenia promieniowania gamma zależy w pierwszym rzędzie od energii kwantów gamma, a również od charakteru absorbenta. W niniejszym ćwiczeniu ograniczamy się jedynie do określenia całkowitego współczynnika pochłaniania μ .

Przy wyznaczaniu współczynnika pochłaniania najdokładniejsze wyniki uzyskuje się przy użyciu wąskiej wiązki promieni gamma wydzielonej kolimatorem z kanałem osiowym. W przypadku zastosowania rozbieżnej wiązki promieni gamma umieszcza się substancję pochłaniającą możliwie blisko detektora.

W zastosowaniu do absorpcji promieniowania gamma jest istotne pojęcie **grubości połówkowej $d_{0,5}$** . Grubość połówkową określa się jako grubość danego materiału, która powoduje osłabienie natężenia promieniowania gamma do połowy.

Przekształcone równanie (1) przybiera następujące postacie:

$$\ln \frac{I_0}{I} = \mu d \quad (2)$$

oraz

$$\log \frac{I_0}{I} = \frac{\mu d}{2,303} \quad (3)$$

Dla grubości połówkowej należy postawić równość:

$$I = \frac{I_0}{2}$$

a zatem

$$\ln \frac{I_0}{\frac{I_0}{2}} = \mu d$$

czyli

$$\ln 2 = \mu d$$

Ostatecznie więc liniowy współczynnik pochłaniania μ jest związany z grubością połówkowej warstwy pochłaniającej następującą zależnością:

$$\mu \cdot d_{0,5} = 0,693$$

skąd

$$d_{0,5} = \frac{0,693}{\mu} \quad (4)$$

Poniżej zamieszczona tabela nr 1 podaje wartości współczynnika μ oraz $d_{0,5}$ przy absorpcji przez ołów monoenergetycznego promieniowania gamma w zakresie energii kwantów od 0,5 do 2 MeV.

W tabeli nr 2 są podane wartości μ dla procesu pochłaniania w aluminium promieniowania gamma.

Tabela nr 1

Energia kwantów gamma [MeV]	Współczynnik μ dla ołowiu [cm^{-1}]	Warstwa połowkowa dla ołowiu [$\frac{g}{cm^2}$]
0,50	1,7	4,5
0,75	1,0	7,5
1,00	0,75	9,8
1,25	0,65	12,0
1,50	0,55	13,5
2,00	0,49	15,5

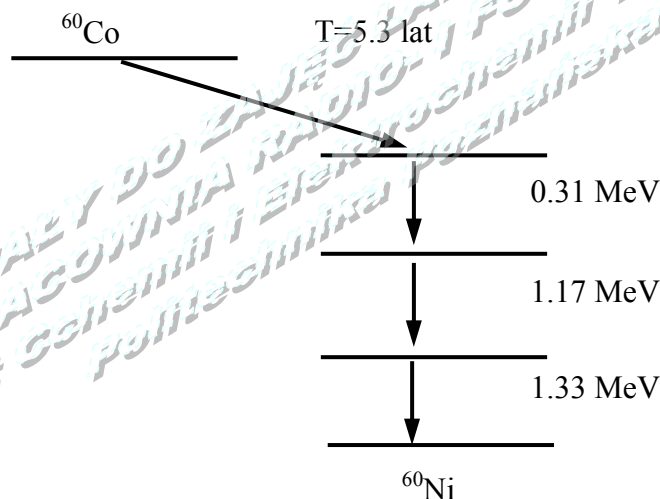
Tabela nr 2

Energia kwantów gamma [MeV]	Współczynnik μ dla glinu [cm^{-1}]
0,025	10,00
0,05	1,00
0,10	0,45
0,25	0,3

CHARAKTERYSTYKA ZASTOSOWANEGO ŹRÓDŁA PROMIENIOWANIA

Jako zamknięte źródło promieniowania gamma stosujemy w tym ćwiczeniu preparat izotopu ^{60}Co .

Schemat rozpadu promieniotwórczego tego nuklidu przedstawia się następująco:



Źródło ^{60}Co stanowi oryginalny preparat metalicznego kobaltu produkcji IBJ, służący do przybliżonego skalowania przyrządów dozometrycznych. Aktywność promieniotwórcza tego preparatu jest niższa od jednego mikro-curie.

1. CEL ĆWICZENIA

- 1.1. Zapoznanie się z parametrami pracy licznika scyntylacyjnego i aparatury współpracującej, ,
- 1.2. Poznanie różnic stopnia pochłaniania promieniowania gamma przez ołów i glin,
- 1.3. Oznaczenie współczynnika pochłaniania przez ołów promieni gamma emitowanych przez izotop ^{60}Co .

2. APARATURA I ŹRÓDŁA PROMIENIOWANIA

1. Komputerowy licznik promieniowania MAZAR
2. Źródło promieniowania ^{60}Co
3. Śruba mikrometryczna
4. Filtry metalowe

OPIS APARATURY I PRZYGOTOWANIE APARATURY DO PRACY

Patrz instrukcja licznika MAZAR

UWAGA !!! Włączenie aparatury powinno odbyć się w obecności prowadzącego.

1. Uruchomić radiometr i komputer pomiarowy.
2. Ustawić czas zliczania na 100 s.
3. Umieścić w domku pomiarowym preparat promieniotwórczy.
4. Wykonać i zapisać widmo promieniowania γ , emitowanego przez ^{60}Co . **Patrz instrukcja licznika MAZAR.**
5. Przy pomocy analizatora amplitudy wybrać jedno z pism energetycznych emisji kwantów γ .
6. Ustawić liczbę powtórzeń na 5.
7. Umieścić w domku pomiarowym filtry (nad preparat promieniotwórczym).
8. Rozpocząć pomiar.
9. Po zakończeniu pomiaru zapisać wynik.
10. Po zakończeniu pomiarów wyłączyć interfejs ekranowy licznika.
11. Skopiować wyniki pomiarów.
12. Zamknąć system WINDOWS i wyłączyć komputer.

WYKONANIE ĆWICZENIA

Oznaczanie współczynnika pochłaniania promieniowania gamma

Ustawić czasy pomiarów na 100 sekund. Umieścić zamknięte źródło promieniowania gamma w postaci preparatu ^{60}Co na dnie domku pomiarowego i zmierzyć natężenie promieniowania gamma (I_0) w wybranym zakresie energetycznym widma emitowanego promieniowania. Następnie pomiędzy preparatem a głowicą licznika scyntylicyjnego umieszczać kolejne filtry metalowe i każdorazowo mierzyć natężenie promieniowania. W celu zwiększenia dokładności należy pomiary wykonywać pięciokrotnie.

Otrzymane wyniki zestawić w tabeli:

Rodzaj filtru	Grubość filtru [cm]	I [imp/100s]	$I_{\text{średnie}}$ [imp/100s]	$I_{\text{średnie bez tła}}$ [imp/100s]
		1.		
		2.		
		3.		
		4.		
		5.		

OPRACOWANIE WYNIKÓW

1. Sporządzić wykres widma emitowanego promieniowania γ i zaznaczyć na nim wybrane pasmo energetyczne.
2. Należy sporządzić wykres zależności logarytmu naturalnego zmierzonych stosunków natężeń promieniowania od grubości ołowianych filtrów w cm. Prostoliniowa forma tego wykresu wskazuje na jednorodność (mono-energetyczność) wybranego pasma emisji promieniowania gamma.
3. Wartość całkowitego liniowego współczynnika pochłaniania promieni gamma μ (cm^{-1}) dla danego materiału oblicza się z uzyskanego wykresu (współczynnik kierunkowy prostej).
4. Znając wartości współczynnika μ należy z kolei obliczyć grubości połówkowe $d_{0.5}$ dla badanych promieni gamma i badanych absorbentów posługując się podanym wzorem (4). Liczbowe wartości $d_{0.5}$ wyrażone w cm materiału filtra należy również przeliczyć na wartość tzw. masy powierzchniowej wyrażonej w $\frac{\text{g}}{\text{cm}^2}$.
5. Znajdując wartość współczynnika μ należy określić energię kwantów gamma dla zastosowanego źródła promieniowania.

LITERATURA

1. A. B. Niesmiejanow (i inni): Ćwiczenia z radiochemii, PWN 1959.
2. W. Boczkariow (i inni): Pomiary aktywności źródeł promieniowania beta i gamma, PWN 1956.
3. R. T. Overman, H. M. Clark: Izotopy promieniotwórcze, metodyka stosowania, WNT 1963.
4. J. Sobkowski: Chemia Jądrowa, PWN 1981.
5. A. Lewandowski, S. Magas: Wiadomości do Ćwiczeń laboratoryjnych z chemii fizycznej, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, 1994.
6. S. Magas: Technika izotopowa, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, 1997.
7. A. Z. Hryniewicz: Człowiek i promieniowanie jonizujące, PWN 2001.
8. W. Gorączko: Radiochemia i ochrona radiologiczna, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, 2003.