



Szkoła z przyszłością

szkolenie współfinansowane przez Unię Europejską
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego



Narodowe Centrum Badań Jądrowych, ul. Andrzeja Sołtana 7, 05-400 Otwock-Świerk

ĆWICZENIE	LABORATORIUM FIZYKI ATOMOWEJ I JĄDROWEJ
13e	Przechodzenie promieniowania X przez materię I
Data pomiaru:	
Imię i nazwisko:	
Imię i nazwisko:	

1. CEL ĆWICZENIA

Celem ćwiczenia jest zmierzenie absorpcji promieniowania X z molibdenowej lampy rentgenowskiej w funkcji liczby atomowej absorbentu, poza krawędziami absorpcji, dla ustalonej długości fali oraz sprawdzenie słuszności zależności od Z^4 dla współczynnika absorpcji τ .

2. WSTĘP TEORETYCZNY

Prawo Lamberta głosi, iż transmisja promieniowania X przez materię o grubości x opisana jest równaniem:

$$R = R_0 e^{-\mu x} \quad (1)$$

gdzie R i R_0 oznaczają natężenie przechodzące przez pochłaniacz oraz natężenie bez pochłaniacza. Na wartość liniowego współczynnika pochłaniania μ ma wpływ absorpcja, opisana współczynnikiem τ , oraz rozpraszanie, opisane współczynnikiem σ , tj.

$$\mu = \tau + \sigma \quad (2)$$

Ponieważ współczynniki te zależą od masy i liczby atomowej pochłaniacza, używamy często *masowych współczynników pochłaniania*:

$$\mu_m = \frac{\mu}{\rho}, \quad \tau_m = \frac{\tau}{\rho}, \quad \sigma_m = \frac{\sigma}{\rho} \quad (3)$$

oraz *atomowych współczynników pochłaniania*:

$$\mu_a = \mu_m \frac{A}{N_A}, \quad \tau_a = \tau_m \frac{A}{N_A}, \quad \sigma_a = \sigma_m \frac{A}{N_A} \quad (4)$$

gdzie A oznacza ciężar atomowy, a $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ oznacza liczbę Avogadro. Można łatwo sprawdzić, że dla pojedynczego pierwiastka:

$$\mu_m = \tau_m + \sigma_m \quad \text{oraz} \quad \mu_a = \tau_a + \sigma_a \quad (5)$$

W tym ćwiczeniu skupimy się na zależności:

$$\tau_a = \text{const} \cdot Z^4 \quad (6)$$

W doświadczeniu należy zweryfikować tę zależność dla aluminium ($Z = 13$, $\lambda_K = 796,7 \text{ pm}$), żelaza ($Z = 26$, $\lambda_K = 174,3 \text{ pm}$), miedzi ($Z = 29$, $\lambda_K = 138,1 \text{ pm}$), cyrkonu ($Z = 40$, $\lambda_K = 68,9 \text{ pm}$) i srebra ($Z = 47$, $\lambda_K = 48,6 \text{ pm}$). Z wyników pomiarów powinniśmy obliczyć:

$$\tau_a = \frac{\mu}{\rho} \cdot \frac{A}{N_A} - 0,2 \frac{\text{cm}^2}{\text{g}} \cdot \frac{A}{N_A} \quad (7)$$

Oczywiście współczynniki μ i μ_m otrzymamy z pomiarów transmisji $T = R/R_0$:

$$\mu = -\frac{\ln T}{x} \quad \text{oraz} \quad \mu_m = \frac{\mu}{\rho} \quad (8)$$

3. PRZEBIEG DOŚWIADCZENIA

A) Ustawić stolik próbki w odległości 5 cm od kolimatora i 5 cm od szczeliny przed detektorem.

B) Umocować kryształ NaCl na stoliku próbki.

C) Ustawić położenia „zerowe”.

D) Uruchomić program „X-ray Apparatus”.

E) Ustawić parametry pracy: $U = 35,0$ kV, $I = 0,60$ mA, $\Delta\beta = 0,0^\circ$ oraz $\Delta t = 20$ s. Nacisnąć przycisk COUPLED i ustawić kąt β na $4,1^\circ$ (dla $U = 35$ kV $\lambda_{\min} = 35,4$ pm; kąt $4,1^\circ$ odpowiada długości fali powyżej $\lambda_{\min}$ i poniżej krawędzi absorpcji λ_K absorbentów).

F) Uruchomić pomiar przyciskiem SCAN, odczytać wartość średnią po naciśnięciu przycisku REPLAY.

G) Zamontować folię aluminiową przed detektorem, ustawić $\Delta t = 100$ s. Po skończonym pomiarze (jak w p. F) obliczyć transmisję. Parametry tego i innych filtrów podaje tabela niżej.

H) Wykonać identyczne pomiary z pozostałymi filtrami.

I) Obliczyć τ_a dla filtrów i zrobić wykres zależności $\ln(\tau_a)$ (na osi rzędnych, OY) w funkcji $\ln Z$ (na osi odciętych, OX).

J) Dopasować do wykresu linię prostą i odczytać wartość współczynnika nachylenia tej prostej. Czy jego wartość zgadza się z przewidywaniami?

TABELA

Absorbent	Z	A	r	x	R	T	τ_a
Powietrze							
Al	13	26,98	2,70	0,050			
Fe	26	55,85	7,86	0,050			
Cu	29	63,55	8,92	0,007			
Zr	40	91,22	6,49	0,005			
Ag	47	107,87	10,50	0,005			