



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
13f	Przechodzenie promieniowania X przez materię II
Data pomiaru:	
Imię i nazwisko:	
Imię i nazwisko:	

1. CEL ĆWICZENIA

Celem ćwiczenia jest zmierzenie absorpcji promieniowania X z molibdenowej lampy rentgenowskiej w cyrkonie i miedzi w funkcji długości fali w zakresie 30 pm do 120 pm; zmierzenie zależności liniowego współczynnika pochłaniania od długości fali poza krawędziami absorpcji oraz sprawdzenie słuszności zależności współczynnika absorpcji τ od λ^3 .

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:

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

Teoria pochłaniania pokazuje, że poza krawędziami absorpcji atomowy współczynnik pochłaniania opisany jest relacją:

$$\tau_a = \text{const} \cdot \lambda^3 \cdot Z^4 \quad (6)$$

W doświadczeniu należy zweryfikować tę zależność dla dwóch materiałów: miedzi ($Z = 29$) i cyrkonu ($Z = 40$). Pomocną informacją jest, że efekt rozpraszania w obszarze długości fal od 35 pm do 100 pm jest niewielki w stosunku do samego pochłaniania. W przybliżeniu można przyjąć, że:

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

a więc z wyników pomiarów możemy obliczyć:

$$\tau_a = \frac{\mu}{\rho} \cdot \frac{A}{N_A} - 0,2 \frac{cm^2}{g} \cdot \frac{A}{N_A} \quad (8)$$

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

$$\mu = -\frac{\ln T}{x} \quad \text{oraz} \quad \mu_m = \frac{\mu}{\rho} \quad (9)$$

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: $U = 30,0$ kV, $I = 1,00$ mA, $\Delta\beta = 0,1^\circ$ oraz $\Delta t = 5$ s.
- F) Nacisnąć przycisk COUPLED, ustawić dolną i górną granice kątowe na $4,2^\circ$ oraz $8,3^\circ$. Uruchomić pomiar przyciskiem SCAN.
- G) Po skończonym pomiarze, zwiększyć czas pojedynczego pomiaru do $\Delta t = 10$ s, zamontować folię miedzaną przed detektorem i ponownie rozpocząć pomiar (przycisnąć SCAN).
- H) Wykonać identyczny pomiar z filtrem cyrkonowym.
- I) Przedstawić obraz widma w funkcji długości fali (poprzez "Settings" → "Crystal" → "Enter NaCl").
- J) Przycisnąć na ekranie przycisk "Transmission" i wygenerować krzywe transmisji dla obu absorbentów.
- K) Obliczyć współczynniki τ_a dla obu folii (gęstości Cu i Zr są $8,92$ i $6,49$ g/cm³, masy atomowe zaś $63,55$ i $91,22$ g/mol, grubości $0,007$ cm i $0,005$ cm) w funkcji długości fali.
- L) Przedstawić wykres funkcji $y=f(x)$ przyjmując $y=\ln(\tau_a)$ i $x=\ln(\lambda)$. Jaki kształt ma otrzymana krzywa? Czy na podstawie tego wykresu można zweryfikować zależność λ^3 od τ_a ?