



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  $\tau$  od  $\lambda^3$ .

## 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  $\mu$  ma wpływ absorpcja, opisana współczynnikiem  $\tau$ , oraz rozpraszanie, opisane współczynnikiem  $\sigma$ , 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:

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

Oczywiście współczynniki  $\mu$  i  $\mu_m$  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 miedzianą 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  $\tau_a$  dla obu folii (gęstości Cu i Zr są  $8,92$  i  $6,49$  g/cm<sup>3</sup>, 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  $\lambda^3$  od  $\tau_a$ ?