



## 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                                                              |
| 13d                    | Kwantowa natura promieniowania X: wysokoenergetyczna granica promieniowania hamowania. Stała Plancka |
| Data pomiaru: .....    |                                                                                                      |
| Imię i nazwisko: ..... |                                                                                                      |
| Imię i nazwisko: ..... |                                                                                                      |

### 1. CEL ĆWICZENIA

Celem ćwiczenia jest wyznaczenie najkrótszej długości fali w widmie promieniowania hamowania w funkcji napięcia  $U$  lampy rentgenowskiej, zweryfikowanie relacji Duane'a-Hunta oraz wyznaczenie stałej Plancka.

### 2. WSTĘP TEORETYCZNY

W roku 1915 William Duane i Franklin Hunt stwierdzili, że dolna (w długościach fal) granica widma promieniowania hamowania ( $\lambda_{\min}$ ) jest odwrotnie proporcjonalna do wartości wysokiego napięcia  $U$  podanego na lampę rentgenowską:

$$\lambda_{\min} \propto \frac{1}{U} \quad (1)$$

Powyższa relacja Duane'a-Hunta wynika z kwantowej i dualistycznej natury promieniowania: promieniowanie to można bowiem uznać za złożone z cząstek o masie zerowej, *fotonów*, których energia związana jest ściśle z częstotliwością  $\nu = c/\lambda$  ( $c = 2,9979 \cdot 10^8$  m/s) fali elektromagnetycznej:

$$E = h\nu = hc/\lambda \quad (2)$$

gdzie  $h$  oznacza tzw. *stałą Plancka*. Energię pojedynczego fotonu nazywamy *kwantem energii*. Energia kwantu promieniowania X nie może być większa niż energia kinetyczna elektronu wzbudzającego promieniowanie:

$$E_{\text{kin}} = e \cdot U \quad (3)$$

gdzie  $e = 1,6022 \cdot 10^{-19}$  A·s jest wartością ładunku elementarnego. Z równań tych łatwo otrzymamy:

$$\nu_{\max} = \frac{e}{h} \cdot U \quad \text{oraz} \quad \lambda_{\min} = \frac{h \cdot c}{e} \cdot \frac{1}{U} \quad (4)$$

Zatem z wyznaczonej dla danego napięcia  $U$  wartości  $\lambda_{\min}$  można otrzymać wartość stałej Plancka  $h$ .

### 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 napięcie  $U = 22$  kV, prąd emisji  $I = 1,00$  mA, czas pojedynczego pomiaru  $\Delta t = 30$  s, skok kąta  $\Delta\beta = 0,1^\circ$ ; nacisnąć przycisk COUPLED i ustawić granice ruchu stolika próbki: dolną na  $5,2^\circ$ , górną na  $6,2^\circ$ .

F) Rozpocząć pomiary naciskając przycisk SCAN.

G) Wykonać pomiary także przy parametrach podanych w poniższej tabelce.

| U [kV] | $\Delta t$ [s] | $\beta_{\min}$ [stopnie] | $\beta_{\max}$ [stopnie] |
|--------|----------------|--------------------------|--------------------------|
| 22     | 30             | 5,2                      | 6,2                      |
| 24     | 30             | 5,0                      | 6,2                      |
| 26     | 20             | 4,5                      | 6,2                      |
| 28     | 20             | 3,8                      | 6,0                      |
| 30     | 10             | 3,2                      | 6,0                      |
| 32     | 10             | 2,5                      | 6,0                      |
| 34     | 10             | 2,5                      | 6,0                      |
| 35     | 10             | 2,5                      | 6,0                      |

### 4. OPRACOWANIE WYNIKÓW

A) Aby otrzymać wykres w funkcji długości fali należy otworzyć okno dialogowe "Settings" (lub poprzez klawisz F5) i na tabliczce "Crystal" nacisnąć przycisk "Enter NaCl".

B) Dla każdego zmierzonego widma nacisnąć prawy przycisk myszy i wybrać polecenie "Best-fit Straight Line".

C) Posługując się lewym przyciskiem myszy zaznaczyć obszar, w którym chce się przeprowadzić linię prostą.

D) Zapisać wynik dopasowania pod odpowiednią nazwą, tj. wartości  $U$  oraz  $\lambda_{\min}$ .

E) Korzystając z klawisza "Planck" programu obsługi i prawego przycisku myszy dopasować linię prostą do punktów doświadczalnych. Z wartości nachylenia prostej  $A$ , które na podstawie relacji (4) wynosi  $hc/e$ , należy obliczyć stałą Plancka. Jej wartość literaturowa wynosi  $6,626 \times 10^{-34}$  J·s.