



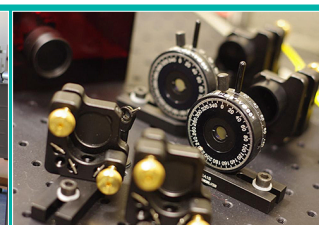
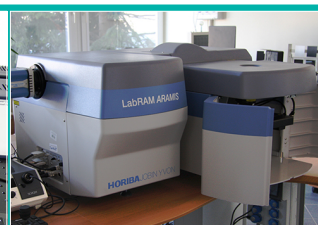
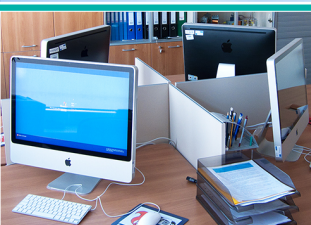
DLF

**DYDAKTYCZNE
LABORATORIUM
FIZYCZNE**

Instytut Fizyki Doświadczalnej
Wydział Matematyki, Fizyki i Informatyki
UNIwersytet Gdański

Ćwiczenie 34

Struktura subtelna promieniowania rentgenowskiego- rozszczepienie dubletu $K\alpha$ molibdenu



I. Zagadnienia do opracowania.

1. Otrzymywanie promieni rentgenowskich.
2. Budowa lampy rentgenowskiej.
3. Własności widma rentgenowskiego:
 - a) widmo ciągłe;
 - b) granica krótkofalowa widma;
 - c) widmo charakterystyczne:
 - prawo przesunięć Moseley'a,
 - krawędź absorpcji,
 - schemat poziomów energetycznych dla atomu molibdenu (reguły wyboru, symbolika termów).
4. Podstawy krystalografii:
 - a) sieć punktowa;
 - b) układy krystalograficzne;
 - c) komórka elementarna;
 - d) płaszczyzny sieciowe, wskaźniki Millera;
 - e) struktura kryształu, sieci z bazą (na przykładzie kryształu LiF);
 - f) sieć odwrotna.
5. Dyfrakcja promieniowania rentgenowskiego na kryształach:
 - a) rozpraszanie Thomsona na elektronach, atomach i komórce elementarnej;
 - b) natężenie wiązki ugiętej; geometryczny czynnik strukturalny;
 - c) prawo Bragga.

II. Zadania doświadczalne.

1. Zapoznać się z funkcjami modułu rentgenowskiego przedstawionego na *Zdjęciach 1 – 3*.



Zdjęcie 1. Moduł rentgenowski z zestawem komputerowym.

2. Zmierzyć natężenie I promieniowania rentgenowskiego w funkcji kąta Bragga $\alpha\vartheta$ dla lampy z anodą Mo i monokryształem LiF jako analizatorem stosując następujące parametry pomiarowe:
 - zakres $\alpha\vartheta$: $4^\circ - 65^\circ$,
 - czas zliczania (*integration time*) – 3 s,
 - krok (*angle increment*) – $0,1^\circ$,
 - napięcie anodowe $U_A = 35$ kV ; prąd anodowy $I_A = 1$ mA.
3. W celu wyraźnej separacji składowych K_α zmierzyć natężenie I promieniowania rentgenowskiego w funkcji $\alpha\vartheta$ Bragga dla rzędów interferencji $n = 4$ i $n = 5$ stosując następujące parametry pomiarowe:
 - zakres $\alpha\vartheta$: $44^\circ - 46^\circ$ dla $n = 4$ oraz zakres $\alpha\vartheta$: $61^\circ - 63^\circ$ dla $n = 5$,
 - czas zliczania (*integration time*) – 30 s,
 - krok (*angle increment*) – $0,1^\circ$,
 - napięcie anodowe $U_A = 35$ kV; prąd anodowy $I_A = 1$ mA.
4. Na podstawie otrzymanych zależności I w funkcji $\alpha\vartheta$ z punktu II.2. określić położenie kątowe linii K_α i K_β dla wszystkich rzędów dyfrakcji.
5. Korzystając z równania Bragga wyznaczyć długości fal dla obu linii oraz ich wartości średnie.
6. Uwzględniając równanie Bragga (1) w Dodatku B oraz wyniki otrzymane w punkcie II.3. wyznaczyć długości fal dla linii $K_{\alpha 1}$ i $K_{\alpha 2}$.
7. Obliczyć ich wartości średnie oraz różnicę $\Delta\lambda$.
8. Przeprowadzić rachunek błędów.
9. Porównać wyniki doświadczalne uzyskane z punktów II.2. i II.3. z wartościami obliczonymi na podstawie diagramu poziomów energetycznych molibdenu na *Rysunku 5*.

III. Zestaw przyrządów.

1. Moduł rentgenowski z wbudowanym goniometrem i wymiennymi lampami Cu oraz Mo.
2. Zestaw komputerowy.

IV. Literatura.

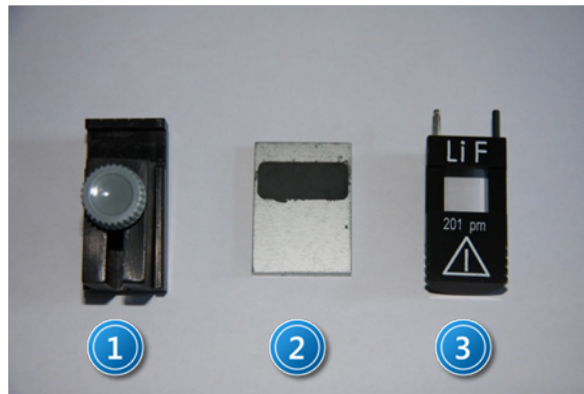
1. D. Halliday, R. Resnick, J. Walker – „Podstawy fizyki”, PWN, Warszawa 2003.
2. Z. Bojarski, E. Łągiewka – „Rentgenowska analiza strukturalna”, PWN, Warszawa 1988.
3. M.N. Rudden, J. Wilson – „Elementy fizyki ciała stałego”, PWN, Warszawa 1976.
4. H. Ibach, H. Luth – „Fizyka ciała stałego”, PWN, Warszawa 1996.
5. Ch. Kittel – „Wstęp do fizyki ciała stałego”, PWN, Warszawa 1999.
6. H. Haken, M.Ch. Wolf – „Atomy i kwanty- wprowadzenie do współczesnej spektroskopii atomowej”, PWN, Warszawa 2002.
7. H.A. Enge, M.R. Wehr, J.A. Richards – „Wstęp do fizyki atomowej”, PWN, Warszawa 1983.
8. O. Scholz – „Fizyka atomu w zarysie”, PWN, Warszawa 1973.
9. Cz. Bobrowski – „Fizyka – krótki kurs”, Wydawnictwo Naukowo – Techniczne, Warszawa 1998.
10. V. Ascota, C. L. Cowan, B.J. Graham – „Podstawy fizyki współczesnej”, PWN, Warszawa 1981.
11. Ch. Kittel – “Introduction to Solid State Physics”, John Wiley & Sons, 2004.
12. G. Burns – “Solid State Physics”, Academic Press, Inc. London 1985.
13. R. Steadman – “Crystallography”, Van Nostrand Reinhold (UK) Co. Ltd., 1982.

14. M. F. Ladd, R.A. Palmer – “*Structure Determination by X-Ray Crystallography*”, Plenum Press., New York and London 1985.
15. K. Hermbecker – Handbook “*Physics X-Ray Experiments*”, PHYWE - Series of Publication, 2010.
16. H.A. Enge, M.R. Wehr, J.A. Richards – “*Introduction to Atomic Physics*”, Wesley, 1981.
17. H. Haken, M.Ch. Wolf – “*The Physics of Atoms and Quanta*”, Springer, 2000.
18. V. Ascota, C. L. Cowan, B.J. Graham – “*Essentials of Modern Physics*”, New York 1973.
19. Ch. Hammond – “*The Basic of Crystallography and Diffraction*”, Oxford Science Publications, Oxford 2009.

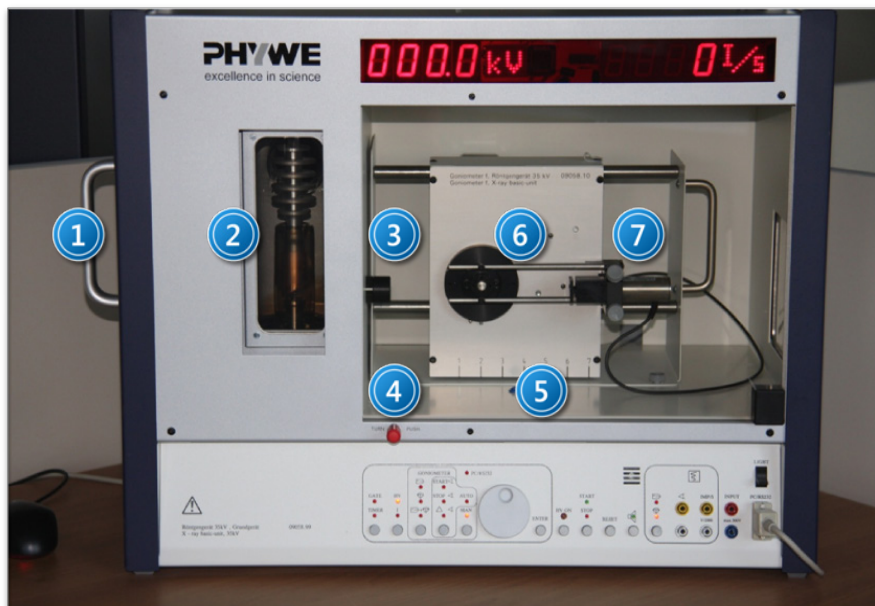
Dodatek A

Instrukcja do wykonania doświadczenia

1. Korzystając ze Zdjęć 2 i 3 zamontować na goniometrze kryształ –analizator LiF.
2. Na wyjściu promieniowania X umieścić przesłonę o średnicy 2 mm.




Zdjęcie 2. Dodatkowe elementy wyposażenia aparatu rentgenowskiego: 1 – uchwyt do próbek; 2 – płytka do próbek polikrystalicznych; 3 – uchwyt z kryształem LiF.



Zdjęcie 3. Widok aparatu rentgenowskiego: 1 – moduł z anodą; 2 – źródło promieniowania; 3– przesłona; 4 – blokada przesuwanych drzwi; 5 – podziałka goniometru; 6 – goniometr; 7 – detektor jonizacyjny.

3. Ustawić położenie bloku goniometru (5 na Zdjęciu 3) w pozycji 5 przy rejestracji widma w punkcie II.2. oraz w pozycji 3 przy rejestracji widma w punkcie II.3.
4. Włączyć aparat rentgenowski włącznikiem sieciowym w tylnej ścianie modułu. Na wyświetlaczu pojawi się przez kilka sekund symbol zainstalowanej anody Mo.

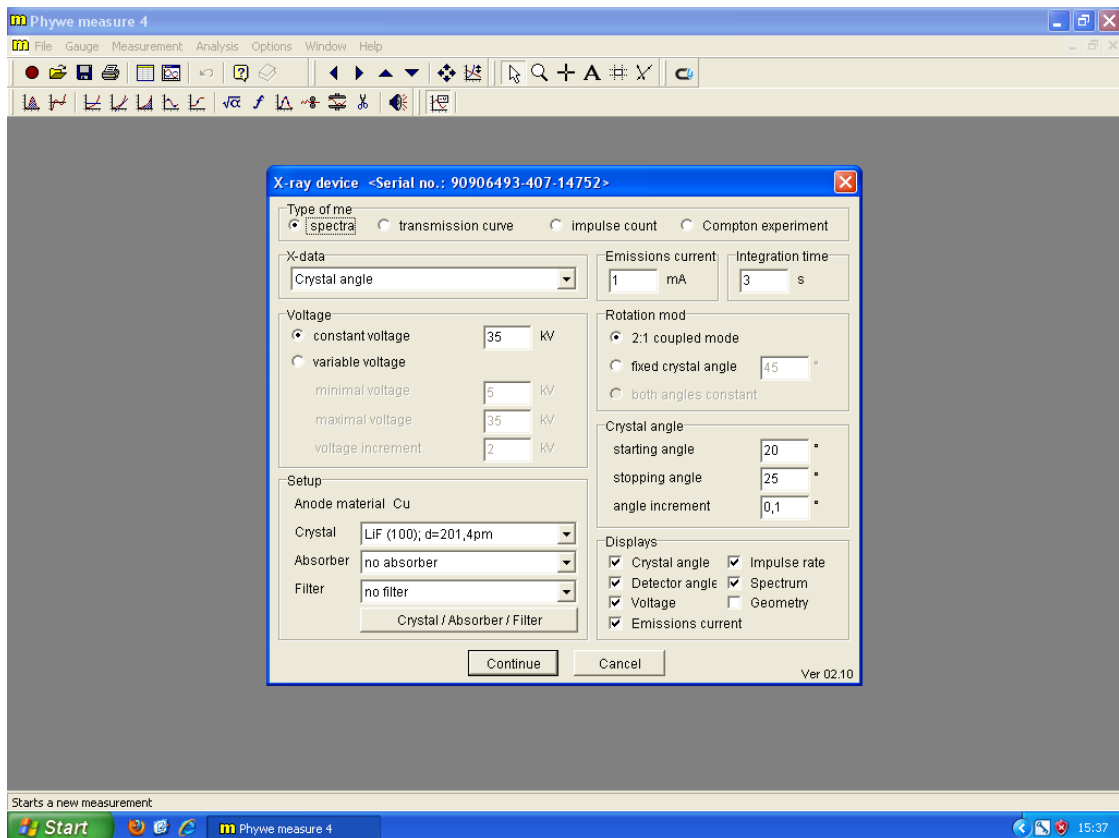
5. Zamknąć i zablokować przesuwane szklane drzwi komory pomiarowej. W tym celu główkę blokady należy wcisnąć do oporu i obrócić o ćwierć obrotu w lewo.



UWAGA!

Praca przyrządu jest możliwa tylko przy zablokowanych drzwiach.

6. Włączyć komputer i dwukrotnie nacisnąć żółtą ikonę **M** – skrót do programu **Measure**. Spowoduje to uruchomienie głównego okna programu.
7. W celu przeprowadzenia pomiarów należy wybrać opcję **File** a następnie **New measurement**. Wykonanie tej czynności uruchomi okno ustawień pomiaru.



Zdjęcie 4. Okno ustawień parametrów pomiaru.

8. Parametry pomiarów ustawić zgodnie z zaleceniami z punktów II.2. oraz II.3.
9. Nacisnąć przycisk **Continue** w celu akceptacji wszystkich ustawień i przejścia do okna uruchamiającego pomiar.
10. Uruchomić **START**.

Dodatek B

Wzory i inne dane niezbędne do opracowania ćwiczenia

Wzór Bragga:

$$2d \sin\vartheta = n\lambda, \quad (1)$$

gdzie:

d - odległość międzypłaszczyznowa dla LiF(100) $d = 201,4$ pm;

n - rząd ugięcia $n = 1, 2, 3$.

Przekształcony wzór Bragga:

$$E(\vartheta) = \frac{n \cdot h \cdot c}{2 \cdot d \cdot \sin \vartheta}, \quad (2)$$

gdzie:

h - stała Plancka $h = 6,6256 \cdot 10^{-34}$ Js;

c - prędkość światła $c = 2,9979 \cdot 10^8$ m/s;

ϑ - kąt Bragga.

Długości fal dla składowych $K\beta$ i $K\alpha$ dla **anody Mo**: $\lambda(K\beta) = 63,26$ pm; $\lambda(K\alpha) = 71,14$ pm.

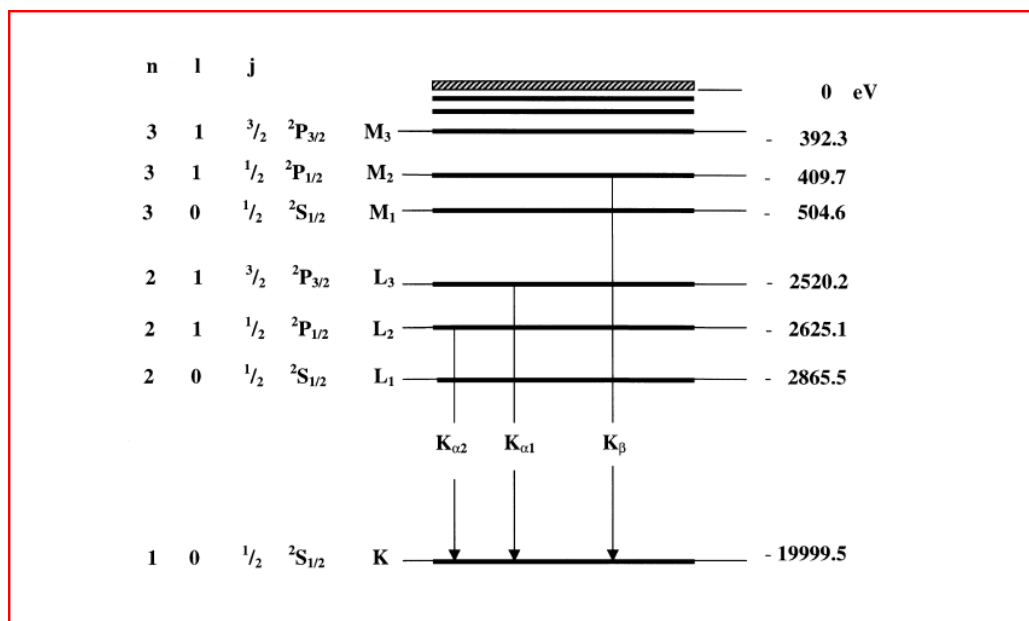


Wskazówka

Teoretyczny stosunek natężenia linii $K\alpha_1$ do natężenia linii $K\alpha_2$ czyli

$$I(K\alpha_1) / I(K\alpha_2) = 1,8.$$

Schemat poziomów energetycznych molibdenu przedstawiony jest na *Rysunku 5*.



Rysunek 5. Schemat poziomów energetycznych molibdenu ($Z = 42$).