

Ćwiczenie BCH3

Badanie struktury monokryształu chlorku sodu za pomocą promieniowania rentgenowskiego



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 miedzi.
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 NaCl);
 - 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.

- Zmierzyć zależność natężenia I promieniowania rentgenowskiego od kąta Bragga $\alpha\theta$ w zadanych przedziałach kąta $\alpha\theta$ (patrz *Dodatek A* do instrukcji) używając lampy z anodą Cu dla dwóch orientacji monokryształu NaCl :
 - [100] ,
 - [110] .
- Na podstawie otrzymanych zależności natężenia I w funkcji kąta $\alpha\theta$ określić położenia linii K_α i K_β dla wszystkich rzędów dyfrakcji w przypadku dwóch różnych orientacji monokryształu NaCl.
- Korzystając z równania (1) w *Dodatku B* do instrukcji wyznaczyć wartości odległości międzypłaszczyznowych d dla różnych orientacji monokryształu NaCl .
- Przeprowadzić rachunek błędów.
- Otrzymane wyniki doświadczalne porównać z wartościami teoretycznymi obliczonymi na podstawie równania (2) w *Dodatku B* .

III. Zestaw przyrządów.

- Aparat rentgenowski z wbudowanym goniometrem i wymiennymi lampami Cu i Mo.
- Zestaw komputerowy.

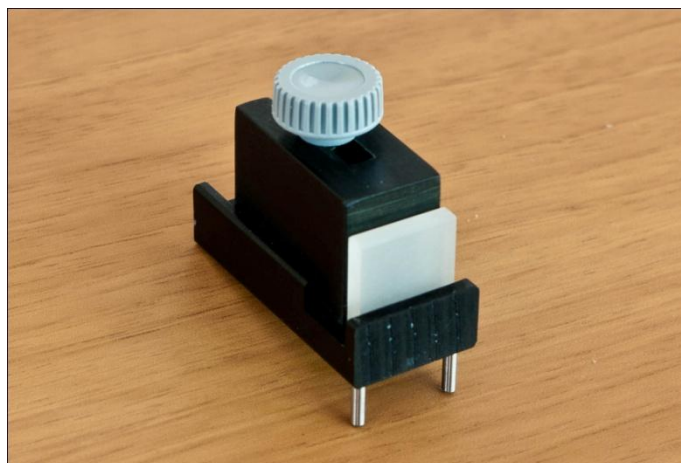
IV. Literatura.

- D. Halliday, R. Resnick, J. Walker – „*Podstawy fizyki*”, PWN, Warszawa 2003.
- Z. Bojarski, E. Łągiewka – „*Rentgenowska analiza strukturalna*”, PWN, Warszawa 1988.
- M.N. Rudden, J. Wilson – „*Elementy fizyki ciała stałego*”, PWN, Warszawa 1976.
- H. Ibach, H. Luth – „*Fizyka ciała stałego*”, PWN, Warszawa 1996.
- Ch. Kittel – „*Wstęp do fizyki ciała stałego*”, PWN, Warszawa 1999.
- H. Haken, M.Ch. Wolf – „*Atomy i kwanty- wprowadzenie do współczesnej spektroskopii atomowej*”, PWN, Warszawa 2002.
- H.A. Enge, M.R. Wehr, J.A. Richards – „*Wstęp do fizyki atomowej*”, PWN, Warszawa 1983.
- Cz. Bobrowski – „*Fizyka –krótki kurs*”, Wydawnictwo Naukowo–Techniczne, Warszawa 1998.
- Ch. Kittel – „*Introduction to Solid State Physics*”, Wiley & Sons, Inc., 2004.
- G. Burns – „*Solid State Physics*”, Academic Press, Inc., London 1985.
- R. Steadman – „*Crystallography*”, Van Nostrand Reinhold (UK) Co. Ltd., 1982.
- M. F. Ladd, R.A. Palmer – „*Structure Determination by X-Ray Crystallography*”, Plenum Press. New York and London 1985.
- K. Hermbecker – Handbook „*Physics X-Ray Experiments*”, PHYWE-Series of Publication, 2010.
- D. Halliday, R. Resnick, J. Walker – „*Fundamentals of Physics*”, Wiley & Sons, Inc., 2001.
- H. Haken, H. Ch. Wolf – „*The Physics of Atoms and Quanta*”, Springer, 2000.
- Ch. Hammond – „*The Basic of Crystallography and Diffraction*”, Oxford Science Publications, Oxford 2009.

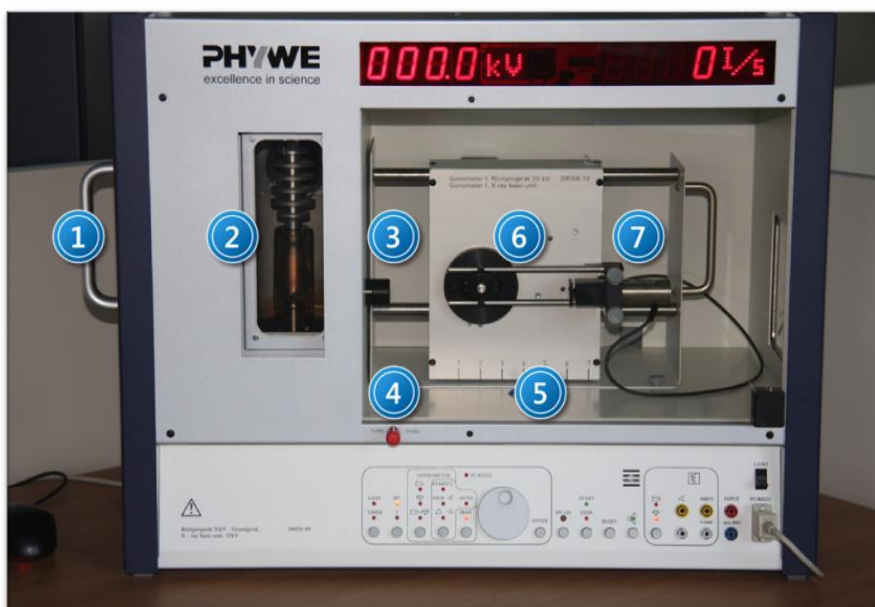
Dodatek A

Instrukcja do wykonania doświadczenia

1. Korzystając ze *Zdjęć 2 i 3* zamontować na goniometrze monokryształ NaCl kolejno przy orientacjach (100) oraz (110).



Zdjęcie 2. Uchwyt do próbek z umieszczonym kryształem NaCl.



Zdjęcie 3. Aparat rentgenowski: 1 – moduł z anodą; 2 – źródło promieniowania; 3– przesłona; 4 – blokada przesuwanej osłony; 5 – podziałka goniometru; 6 – goniometr; 7 – detektor jonizacyjny.

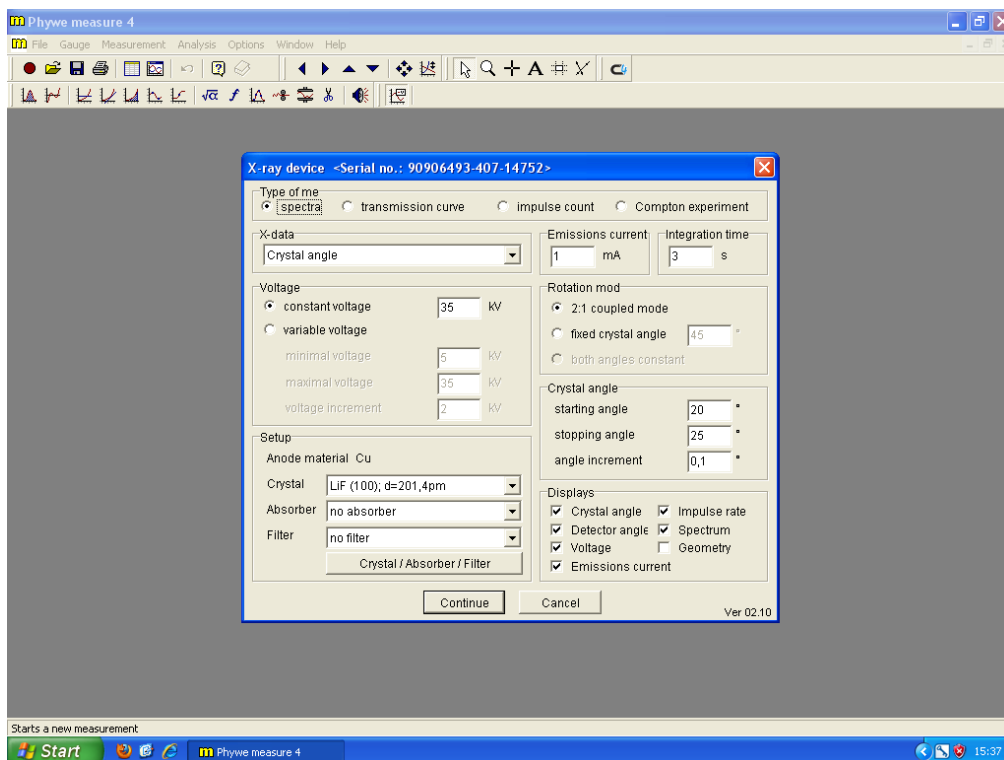
2. Na wyjściu promieniowania X umieścić przesłonę o średnicy 2 mm.
3. Ustawić położenie bloku goniometru w pozycji 4,5.
4. Włączyć aparat rentgenowski przez przełączenie włącznika sieciowego w tylnej ścianie. Na wyświetlaczu pojawi się przez kilka sekund symbol Cu – rodzaj anody użytej lampy.
5. Zamknąć 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**. Powoduje to uruchomienie głównego okna programu.
7. W celu przeprowadzenia pomiarów należy wybrać opcję **File** a następnie **New measurement**. Wykonanie tej czynności uruchamia okno ustawień pomiaru (Zdjęcie 4).
8. Ustawić następujące parametry pomiarów:
 czas zliczania (*integration time*) – 2 s, krok (*angle increment*) – $0,1^\circ$, zakres skanowania – $3^\circ - 55^\circ$, napięcie anodowe $U_A = 35 \text{ kV}$, prąd anodowy $I_A = 1 \text{ mA}$.



Zdjęcie 4. Okno ustawień parametrów pomiaru.

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

Równanie Bragga:

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

Wyrażenie na odległość międzypłaszczyznową d dla układu regularnego:

$$d = \frac{a}{\sqrt{h^2+k^2+l^2}} \quad (2)$$

gdzie:

λ - długość fali promieniowania X :

$$\lambda_{K\alpha} = 154,4 \text{ pm} ;$$

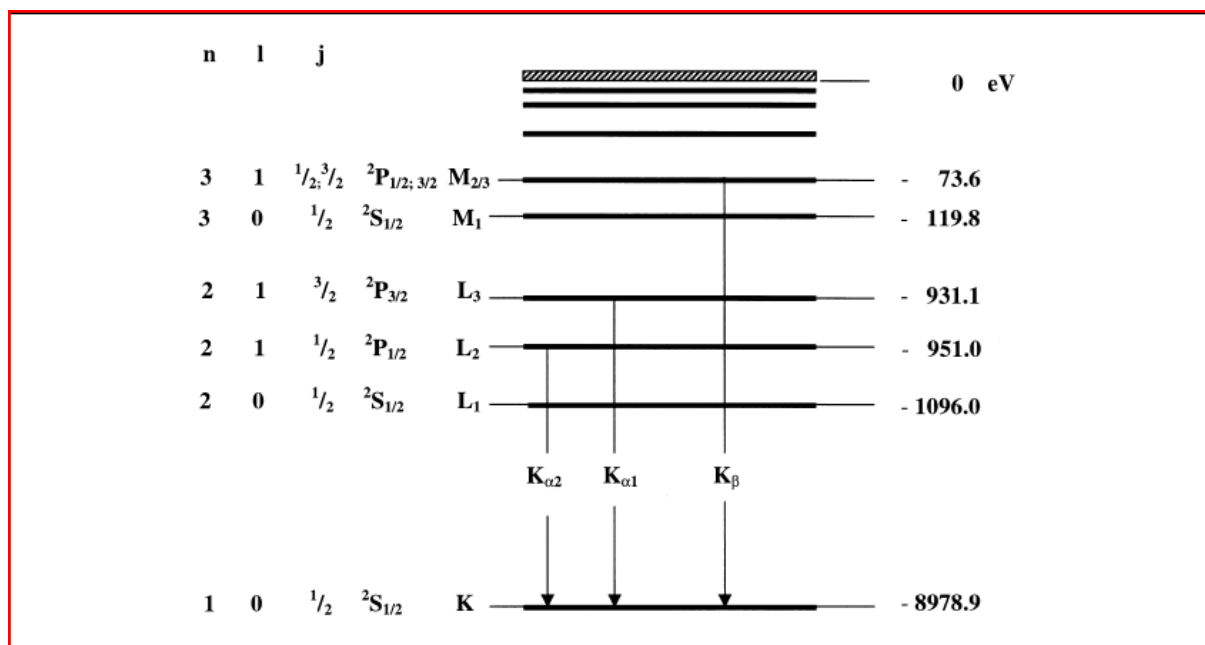
$$\lambda_{K\beta} = 139,2 \text{ pm} ;$$

ϑ – kąt Bragga ;

n – rząd ugięcia ;

a – stała sieci ; dla NaCl $a = 564 \text{ pm}$.

Schemat poziomów energetycznych dla atomu miedzi przedstawiono na *Rysunku 5*.



Rysunek 5. Schemat poziomów energetycznych miedzi (Z = 29).