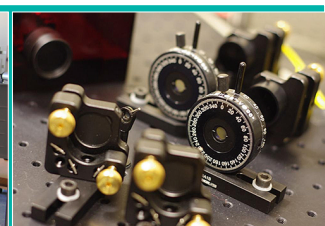
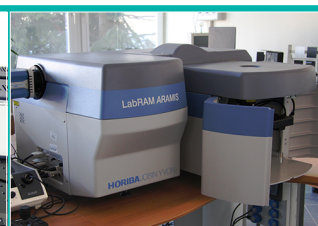


## Ćwiczenie 36

# Badanie struktury monokryształu chlorku sodu za pomocą promieniowania rentgenowskiego



## I. Zagadnienia do opracowania.

- Otrzymywanie promieni rentgenowskich.
- Budowa lampy rentgenowskiej.
- Własności widma rentgenowskiego:
  - widmo ciągłe;
  - granica krótkofalowa widma;
  - widmo charakterystyczne:
    - prawo przesunięć Moseley'a;
    - krawędź absorpcji;
    - schemat poziomów energetycznych dla miedzi.
- Podstawy krystalografii:
  - sieć punktowa;
  - układy krystalograficzne;
  - komórka elementarna;
  - płaszczyzny sieciowe, wskaźniki Millera;
  - struktura kryształu, sieci z bazą (na przykładzie kryształu NaCl);
  - sieć odwrotna.
- Dyfrakcja promieniowania rentgenowskiego na kryształach:
  - rozpraszanie Thomsona na elektronach, atomach i komórce elementarnej;
  - natężenie wiązki ugiętej; geometryczny czynnik strukturalny;
  - prawo Bragga.

## II. Zadania doświadczalne.

- 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  $K_\alpha$  i  $K_\beta$  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.

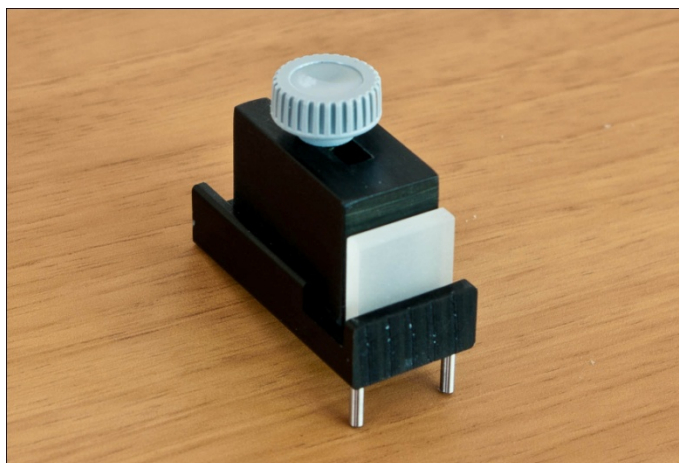
### IV. Literatura.

- 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.

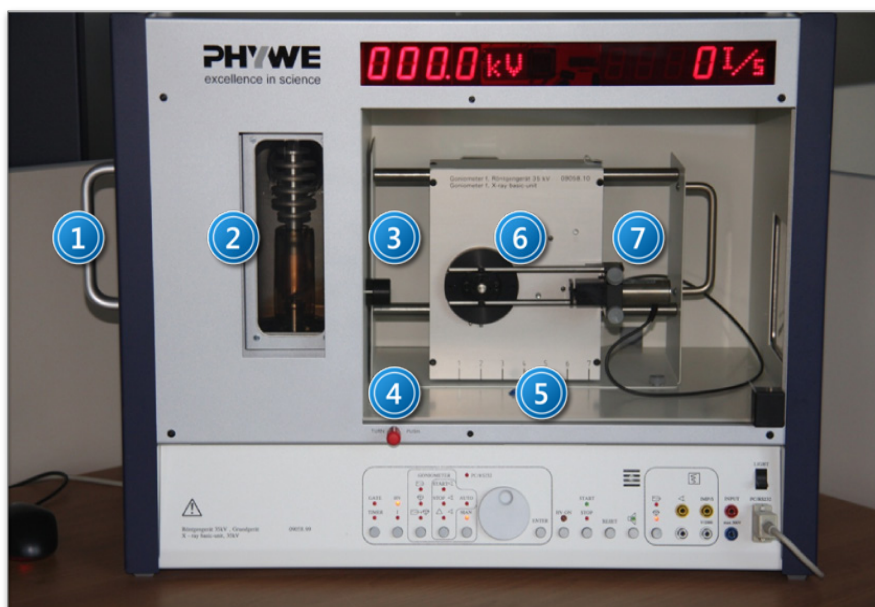
## Dodatek A

### 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.

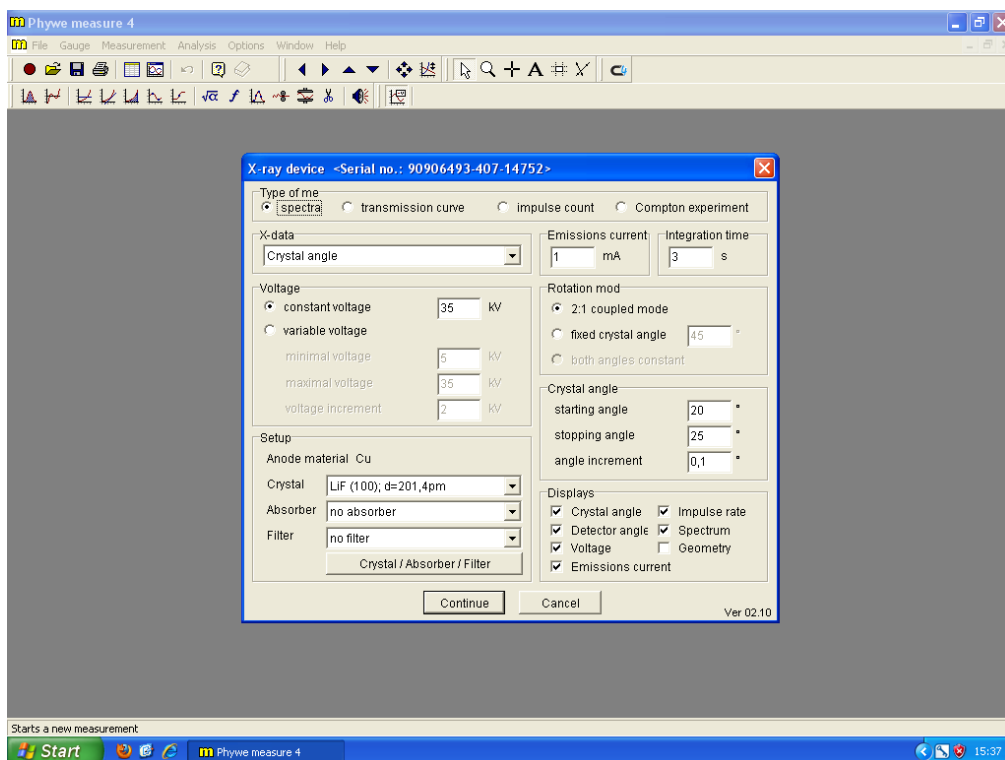
- Na wyjściu promieniowania  $X$  umieścić przesłonę o średnicy 2 mm.
- Ustawić położenie bloku goniometru w pozycji 4,5.
- Włączyć aparat rentgenowski przez przełączenie włącznika sieciowego w tylnej ścianie. Na wyświetlaczu pojawi się przez kilka sekund symbol Cu – rodzaj anody użytej lampy.
- Zamknąć 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.

- Włączyć komputer i dwukrotnie nacisnąć żółtą ikonę **M** – skrót do programu **Measure**. Powoduje to uruchomienie głównego okna programu.
- W celu przeprowadzenia pomiarów należy wybrać opcję **File** a następnie **New measurement**. Wykonanie tej czynności uruchamia okno ustawień pomiaru (Zdjęcie 4).
- 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.

- Nacisnąć przycisk **Continue** w celu akceptacji wszystkich ustawień i przejścia do okna uruchamiającego pomiar.
- 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:

$\lambda$  - długość fali promieniowania X :

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

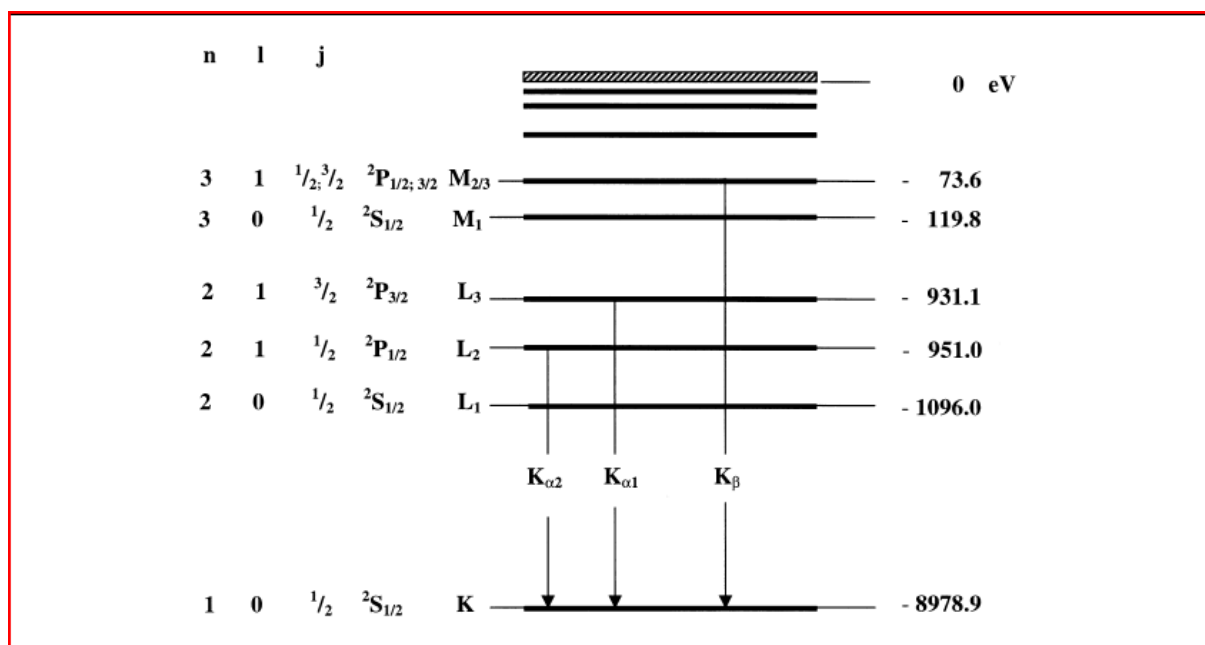
$$\lambda_{K\beta} = 139,2 \text{ pm} ;$$

$\vartheta$  – 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).*