



**DLF**

**DYDAKTYCZNE  
LABORATORIUM  
FIZYCZNE**

**Instytut Fizyki Doświadczalnej**

Wydział Matematyki, Fizyki i Informatyki  
UNIwersytet Gdański

## Ćwiczenie 35 A

# Wyznaczanie stałej sieciowej miedzi metodą Debye'a- Scherrera

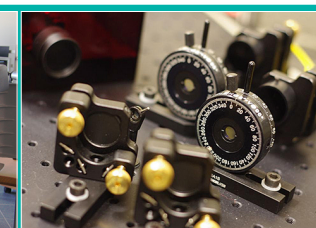
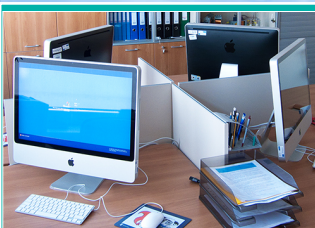


**KAPITAŁ LUDZKI**  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



UNIwersytet Gdański

**UNIA EUROPEJSKA**  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



## I. Zagadnienia do opracowania.

- Otrzymywanie promieni rentgenowskich.
- Budowa lamp rentgenowskich.
- Własności widma rentgenowskiego:
  - widmo ciągłe;
  - granica krótkofalowa widma;
  - widmo charakterystyczne:
    - prawo przesunięć Moseley'a;
    - krawędź absorpcji;
    - schemat poziomów energetycznych dla atomu miedzi.
- Podstawowe pojęcia krystalograficzne:
  - sieć punktowa;
  - układy krystalograficzne;
  - komórka elementarna;
  - sieci Bravais'go;
  - płaszczyzny sieciowe, wskaźniki Millera;
  - struktura kryształu; sieci z bazą (na przykładzie kryształu Cu);
  - sieć odwrotna.
- Dyfrakcja promieniowania rentgenowskiego na kryształach:
  - rozpraszanie Thomsona na elektronach, atomach i komórce elementarnej;
  - natężenie wiązki ugiętej; geometryczny czynnik strukturalny;
  - inne czynniki wpływające na natężenie linii dyfrakcyjnych w metodzie proszkowej (czynniki: polaryzacyjny, Lorentza, krotności płaszczyzn sieciowych);
  - prawo Bragga.

## II. Zadania doświadczalne.

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



Zdjęcie 1. Moduł rentgenowski zestawem komputerowym.

2. Zmierzyć natężenie widma rentgenowskiego w funkcji kąta Bragga  $2\theta$  dla polikrystalicznej próbki Cu przy użyciu lampy z anodą Cu (patrz *Dodatek A* do instrukcji).
3. Przyporządkować otrzymanym liniom dyfrakcyjnym odpowiednie wskaźniki Millera (hkl) dla płaszczyzn krystalograficznych.
4. Obliczyć stałą sieciową  $a$  dla miedzi i określić typ sieci Bravais'go zgodnie z obliczeniami w *Tabeli 1* w *Dodatku B*.
5. Na podstawie wzoru z równania (3) w *Dodatku B* obliczyć ilość atomów w komórce elementarnej miedzi.

### III. Zestaw przyrządów.

1. Aparat rentgenowski z wbudowanym goniometrem i wymiennymi lampami.
2. Zestaw komputerowy.

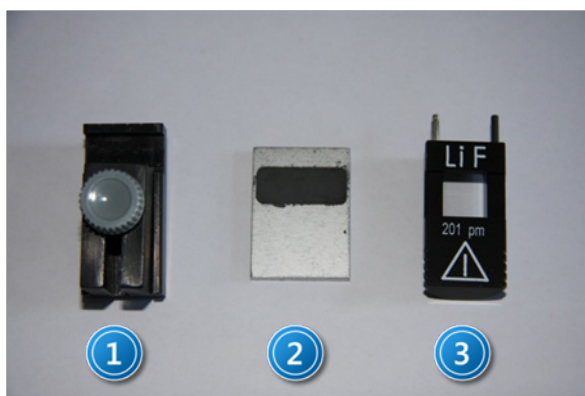
### IV. Literatura.

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 spektroskopiiatomowej”, 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. Acosta, C. L. Cowan, B.J. Graham – „Podstawy fizyki współczesnej”, PWN, Warszawa 1981.
11. Ch. Kittel – “Introduction to Solid State Physics”, 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.
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. Acosta, C.L. Cowan, B.J. Graham – “Essentials of Modern Physics”, New York 1973.
19. D. Halliday, R. Resnick, J. Walker – “Fundamentals of Physics”, Wiley & Sons, Inc., 2001.
20. Ch. Hammond – “The Basic of Crystallography and Diffraction”, Oxford Science Publications, Oxford 2009.

## Dodatek A

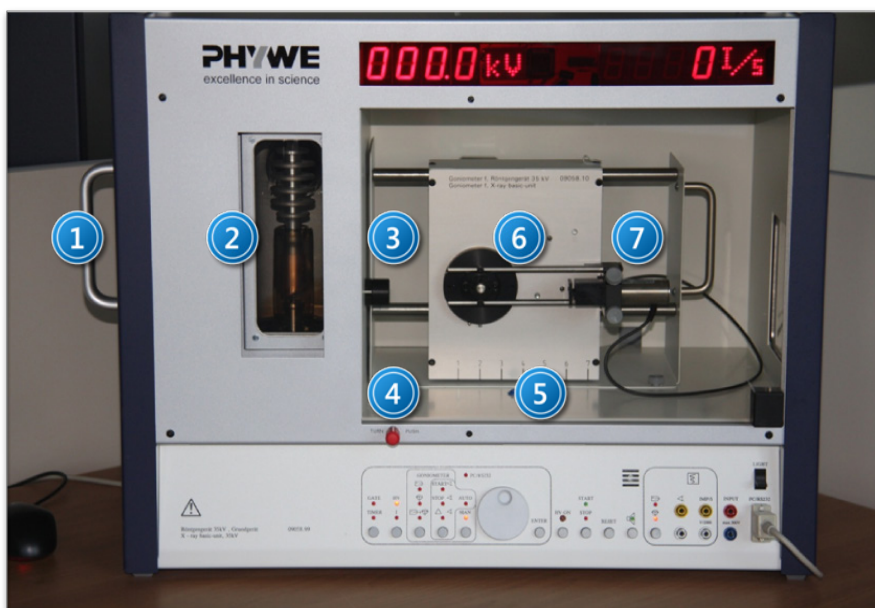
### Instrukcja do wykonania doświadczenia

- Przygotować próbkę do pomiarów.  
Odpowiednią ilość drobnokrystalicznej miedzi zmieszać na kartce papieru z małą ilością wazeliny tak, aby powstała jednolita masa. Następnie umieścić ją we wgłębieniu metalowej płytki (2 na *Zdjęciu 2*) i wyrównać powierzchnię próbki za pomocą łopatką.  
Jest to ważne, ponieważ nierówności powierzchni mają wyraźny wpływ na natężenia linii – przy nierównych powierzchniach natężenia refleksów nisko kątowych będą zbyt małe.



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


- Umieścić płytkę z próbką w uchwycie 1 na *Zdjęciu 2* a następnie zamontować na goniometrze (6 na *Zdjęciu 3*).



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



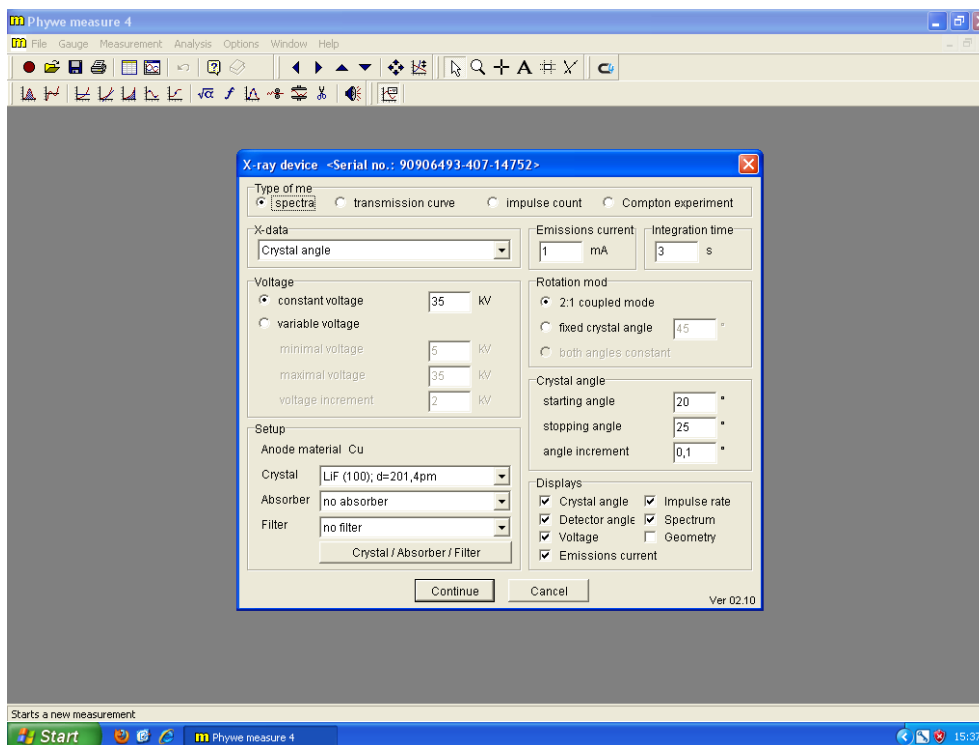
- Na wyjściu źródła promieniowania X umieścić przesłonę o średnicy  $\Phi = 2\text{mm}$  z filtrem Ni.
- Ustawić położenie bloku goniometru w pozycji 4,5 (patrz Zdjęcie 3).
- Włączyć aparat rentgenowski włącznikiem sieciowym w tylnej ścianie modułu. Na wyświetlaczu pojawi się przez kilka sekund symbol zainstalowanej anody Cu.
- Zamknąć i zablokować przesuwane szklane drzwi komory pomiarowej. W tym celu główkę blokady wcisnąć do oporu i obrócić o ćwierć obrotu w lewo.



## UWAGA!

Praca przyrządu jest możliwa tylko przy zablokowanych drzwiach.

- Włączyć komputer i uruchomić program **Measure**. Spowoduje 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. Okno ustawień parametrów pomiaru.

- Postępując się Zdjęciem 4 ustawić zalecane parametry pomiarów:
  - czas zliczania (*integration time*) – 30 s ;
  - krok (*angle increment*) – 0,1° ;
  - zakres skanowania 15°-50° ;
  - napięcie anodowe  $U_A = 35\text{ kV}$  ; prąd anodowy  $I_A = 1\text{ mA}$ .
- 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

Wzór Bragga

$$2d\sin\theta = n\lambda. \quad (1)$$

Odległość międzypłaszczyznowa  $d_{hkl}$  dla układu regularnego

$$\frac{1}{d_{hkl}^2} = \frac{1}{a^2} (h^2 + k^2 + l^2). \quad (2)$$

Gęstość  $\rho$

$$\rho = \frac{M}{V} = n \cdot m \cdot \frac{1}{a^3}, \quad (3)$$

gdzie :  $m = \frac{m_A}{N}$ ,  $n = \frac{\rho N a^3}{m_A}$ ;

$n$  - liczba atomów w komórce elementarnej;

$m$  - masa 1 atomu Cu ;

$m_A$  - ciężar atomowy dla Cu :  $m_A = 63,546$  g;

$N$  - liczba Avogadro  $N = 6,022 \cdot 10^{23}$  at/mol;

$a$  - stała sieciowa dla kryształu Cu;

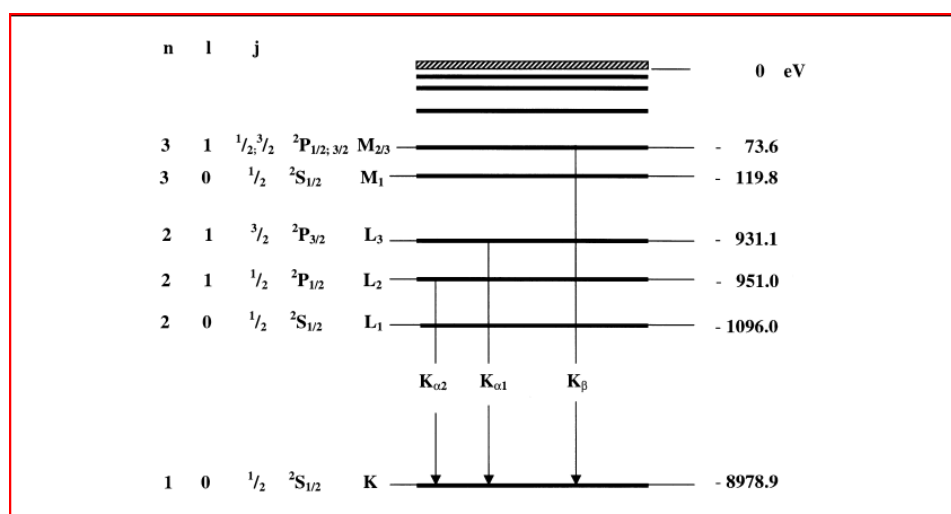
$\rho$  - gęstość miedzi :  $\rho = 8,92$  g/cm<sup>3</sup>.

Długości fal składowych  $K_\beta$  i  $K_\alpha$  dla **anody Cu** :  $\lambda(K_\beta) = 139,22$  pm ;  $\lambda(K_\alpha) = 154,18$  pm.

Tabela 1. Przykładowa tabela do wykonania obliczeń w ćwiczeniu.

Nr. linii	$\vartheta^\circ$	$\sin \vartheta$	$\sin^2 \vartheta$	$s=h^2+k^2+l^2$	$\sin^2 \vartheta / s$	$a[\text{pm}]$	$hkl$	$\Delta a[\text{pm}]$

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



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