



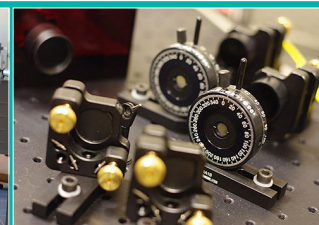
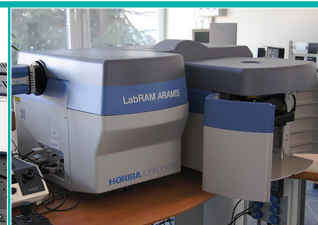
DLF

**DYDAKTYCZNE
LABORATORIUM
FIZYCZNE**

Instytut Fizyki Doświadczalnej
Wydział Matematyki, Fizyki i Informatyki
UNIwersytet Gdański

Ćwiczenie 33

Badanie natężenia charakterystycznego promieniowania rentgenowskiego miedzi (Cu) i molibdenu (Mo)



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 miedzi i molibdenu.
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 kryształów: LiF i KBr);
 - 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 zależność natężenia promieniowania rentgenowskiego od kąta Bragga 2ϑ dla lampy z anodą Cu (lub Mo) w zadanych przedziałach kąta ϑ (patrz *Dodatek A* do instrukcji) dla dwóch monokryształów – analizatorów: LiF oraz KBr.
3. Na podstawie otrzymanych zależności $I(\vartheta)$ określić położenia linii K_α i K_β dla wszystkich rzędów dyfrakcji dla anody Cu (lub Mo) w przypadku dwóch kryształów analizatorów: LiF oraz KBr.
4. Korzystając z równania (1) w *Dodatku B* do instrukcji, obliczyć wartości energii dla linii K_α i K_β . Obliczyć ich wartości średnie oraz przeprowadzić rachunek błędów.
5. Otrzymane wyniki doświadczalne porównać z wartościami energii obliczonymi na podstawie diagramów z *Rysunków 5 i 6*.

III. Zestaw przyrządów.

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

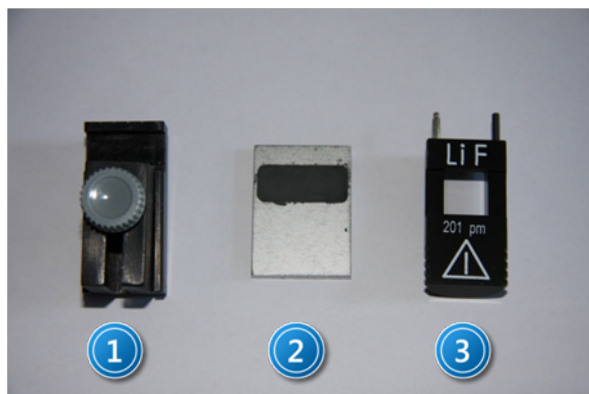
IV. Literatura.

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. V. Acosta, C.L. Cowan, B.J. Graham – „*Podstawy fizyki współczesnej*”, PWN, Warszawa 1981.
7. H. Haken, M.Ch. Wolf – „*Atomy i kwanty- wprowadzenie do współczesnej spektroskopii atomowej*”, PWN, Warszawa 2002.
8. Ch. Kittel – „*Introduction to Solid State Physics*”, Wiley 2004.
9. G. Burns – „*Solid State Physics*”, Academic Press, Inc. London 1985.
10. R. Steadman – „*Crystallography*”, Van Nostrand Reinhold (UK) Co.Ltd.,1982.
11. M. F. Ladd, R.A. Palmer – „*Structure Determination by X-Ray Crystallography*”, Plenum Press. New York and London 1985.
12. K. Hermbecker – Handbook „*Physics X-Ray Experiments*”, PHYWE-Series of Publication, 2010.
13. H. Haken, M.Ch. Wolf – „*The Physics of Atoms and Quanta*”, Springer, Berlin, Heidelberg 2000.
14. V. Acosta, C.L. Cowan, B.J. Graham – „*Essentials of Modern Physics*”, Harper & Row, Publishers, New York 1973.
15. Halliday, R. Resnick, J. Walker – „*Fundamentals of Physics*”, Wiley & Sons, Inc., 2001.
16. Ch. Hammond – „*The Basic of Crystallography and Diffraction*”, Oxford Science Publications, Oxford 2009.

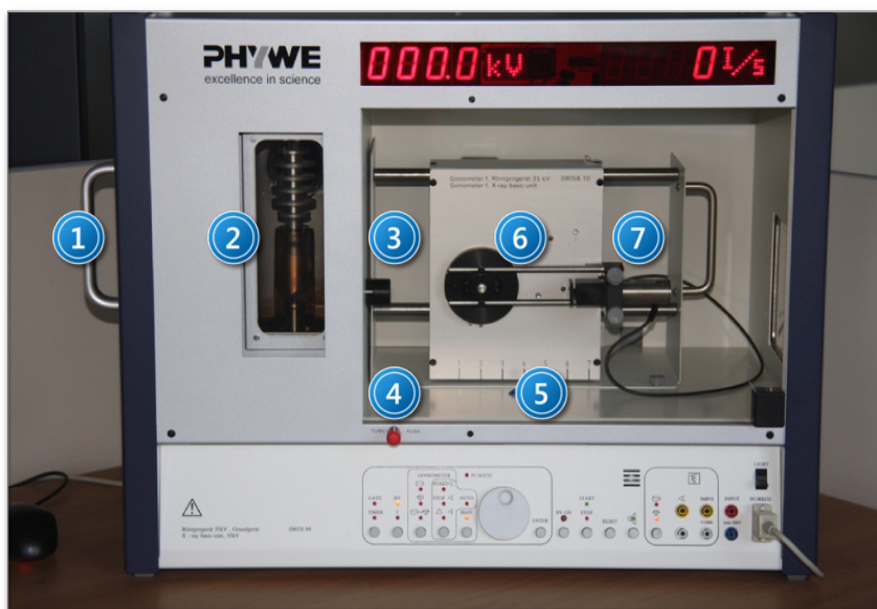
Dodatek A

Instrukcja do wykonania doświadczenia

1. Korzystając ze *Zdjęć 2 i 3* zamontować na goniometrze kryształ –analizator : LiF lub KBr.



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



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 odpowiednią przysłonę:
 - a. **dla modułu z anodą Cu:**
 dla kryształu LiF – średnica 1 mm,
 dla kryształu KBr – średnica 2 mm;
 - b. **dla modułu z anodą Mo:**
 dla obydwu kryształów – analizatorów - średnica – 2 mm.
3. Ustawić optymalne położenie bloku goniometru (podziałka 1-7, *Zdjęcie 3*).
 Zalecane są następujące ustawienia:

katoda	analizator	podziałka
Cu	KBr	1
Cu	LiF	4
Mo	KBr	7
Mo	LiF	7

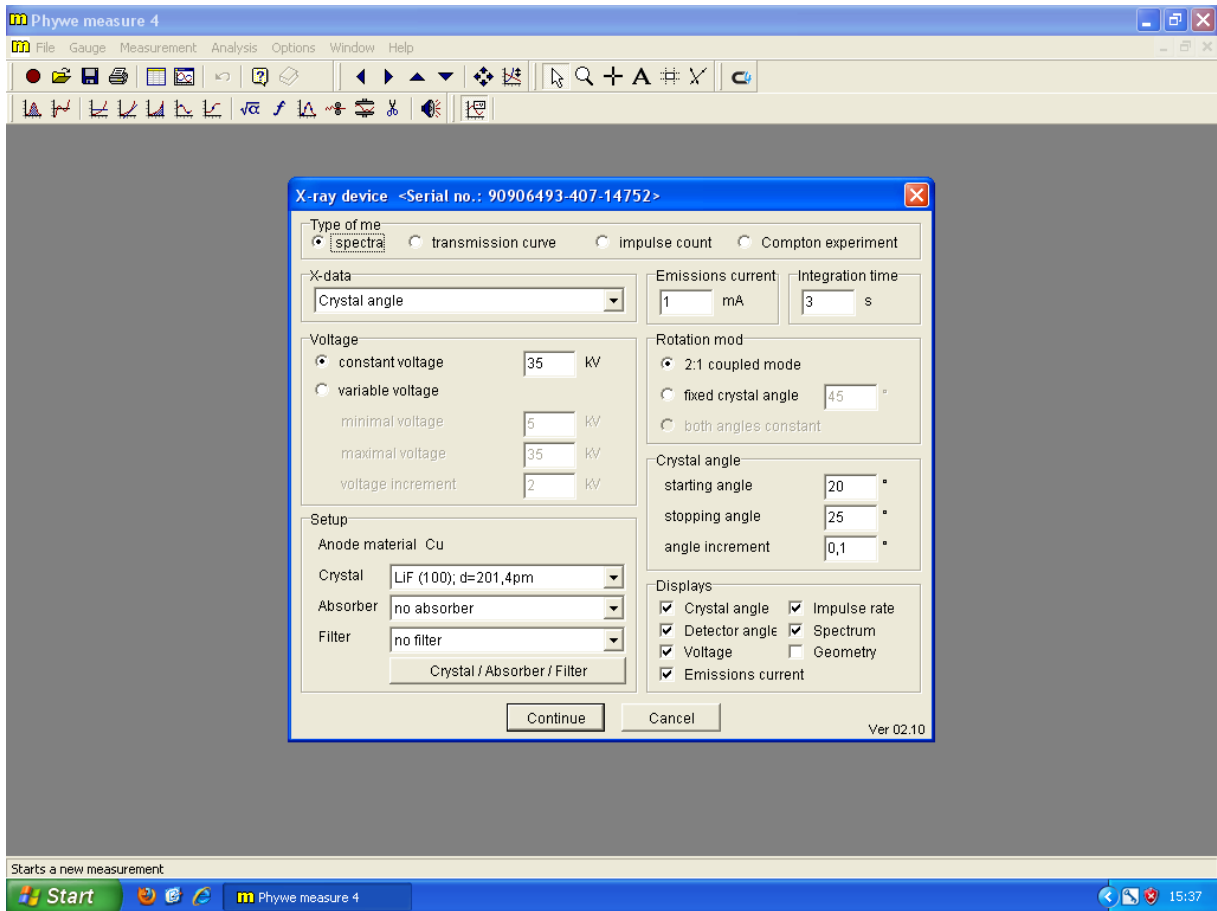
4. Włączyć aparat rentgenowski przez przełączenie włącznika sieciowego w tylnej ścianie.
 Na wyświetlaczu pojawi się przez kilka sekund symbol Cu lub Mo w zależności od użytej lampy.
5. Zamknąć i zablokować przesuwane szklane drzwi komory pomiarowej.
 W tym celu główkę blokady należy wcisnąć do oporu 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**.
 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*).



Zdjęcie 4. Okno ustawień parametrów pomiaru.

- Dokonać ustawienia parametrów pomiarów wykonywanych aparatem rentgenowskim. Zalecane są następujące parametry pomiarowe:

dla modułu z anodą Cu:

- czas zliczania (*integration time*) – 2 s,
- krok (*angle increment*) – 0,1°,
- zakres skanowania dla LiF : 3° - 55°, dla KBr : 3° - 75°,
- napięcie anodowe $U_A = 35 \text{ kV}$, prąd anodowy $I_A = 1 \text{ mA}$.

dla modułu z anodą Mo:

- czas zliczania – 2 s,
- krok – 0,1°,
- zakres skanowania dla LiF : 4° - 65°, dla KBr : 3° - 30°,
- 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.

Przekształcony wzór Bragga:

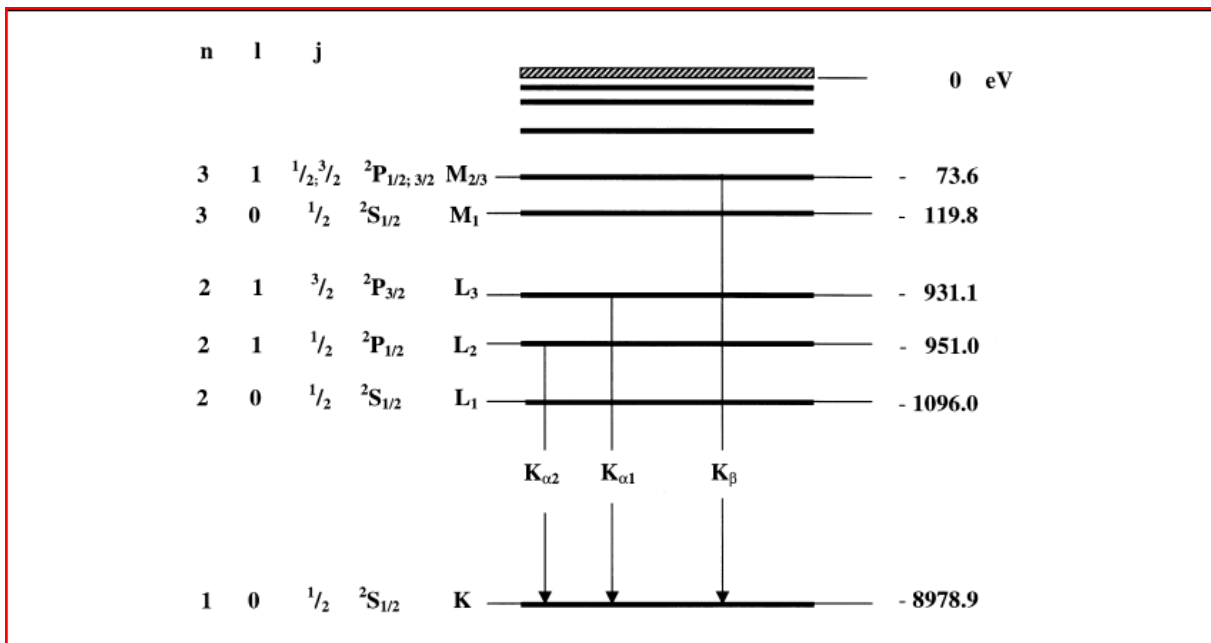
$$E(\vartheta) = \frac{n \cdot h \cdot c}{2 \cdot d \cdot \sin \vartheta}, \quad (1)$$

gdzie:

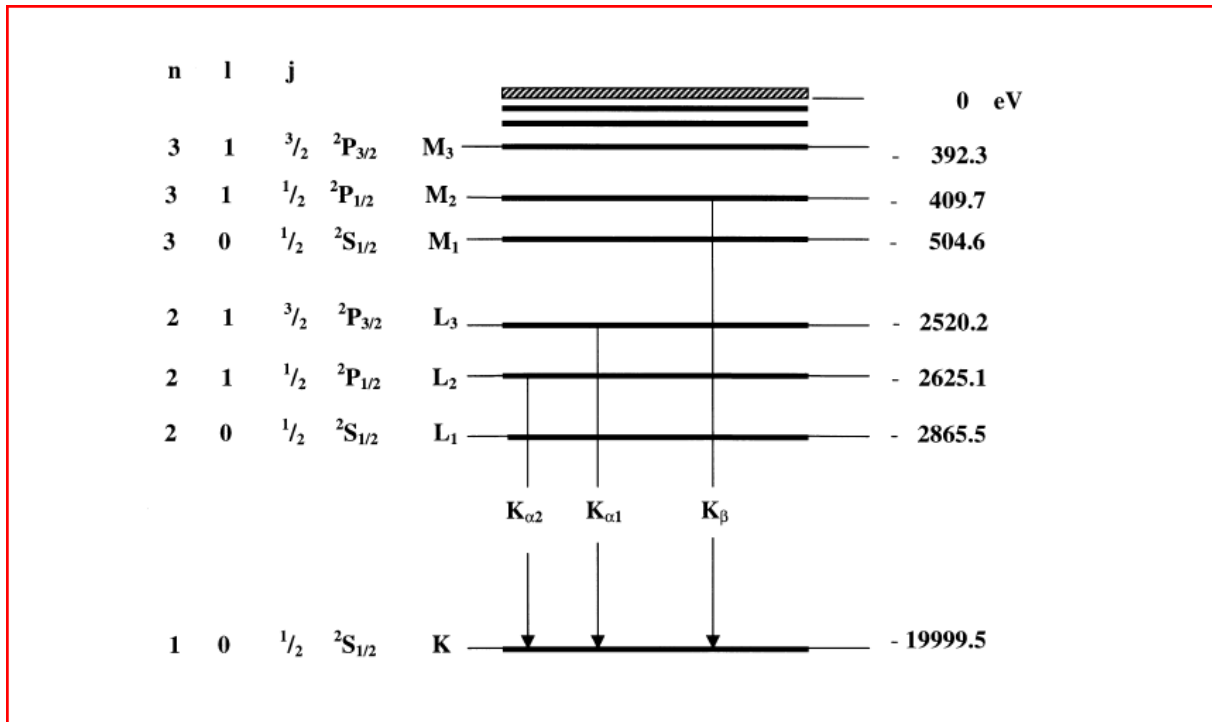
d - odległość międzypłaszczyznowa:	dla LiF (200)	$d = 2,014 \cdot 10^{-10} \text{ m}$
	dla KBr (200)	$d = 3,290 \cdot 10^{-10} \text{ m}$
h - stała Plancka;		$h = 6,6256 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$
c - prędkość światła;		$c = 2,9979 \cdot 10^8 \text{ m/s}$
ϑ - kąt Bragga.		

Długość fali dla składowej K_{β} - anoda Cu	$\lambda(K_{\beta}) = 139,22 \text{ pm}$
Długość fali dla składowej K_{α} - anoda Cu	$\lambda(K_{\alpha}) = 154,18 \text{ pm}$

Długość fali dla składowej K_{β} - anoda Mo	$\lambda(K_{\beta}) = 63,26 \text{ pm}$
Długość fali dla składowej K_{α} - anoda Mo	$\lambda(K_{\alpha}) = 71,14 \text{ pm}$



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



Rysunek 6. Schemat poziomów energetycznych molibdenu (Z = 42).