



**ĆWICZENIE
105**

SPEKTROSKOPIA RENTGENOWSKA

Demonstracja – instrukcja wykonawcza

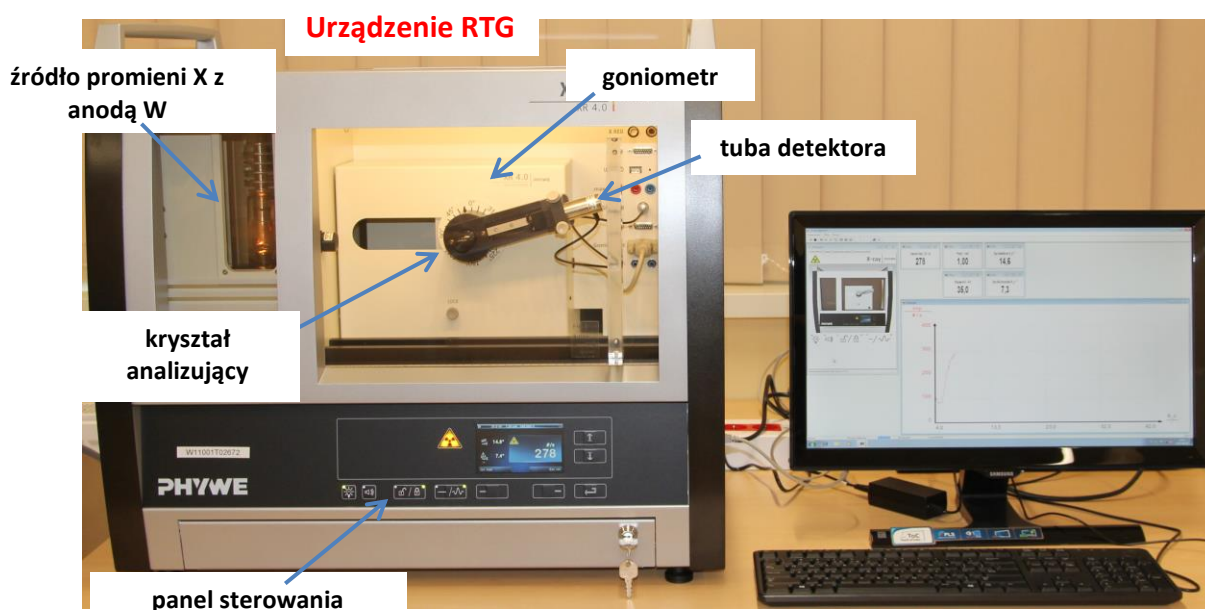
1 Wykaz przyrządów

- Urządzenie RTG z anodą wolframową.
- Goniometr z kryształem analizującym LiF.
- Detektor promieniowania – licznik Geigera-Müllera.
- Komputer.

2 Zagadnienia

- ciągłe i charakterystyczne promieniowanie X,
- poziomy energetyczne w atomie,
- przejścia elektronu pomiędzy poziomami,
- stała sieci kryształu,
- prawo Bragga

3 Schemat układu pomiarowego

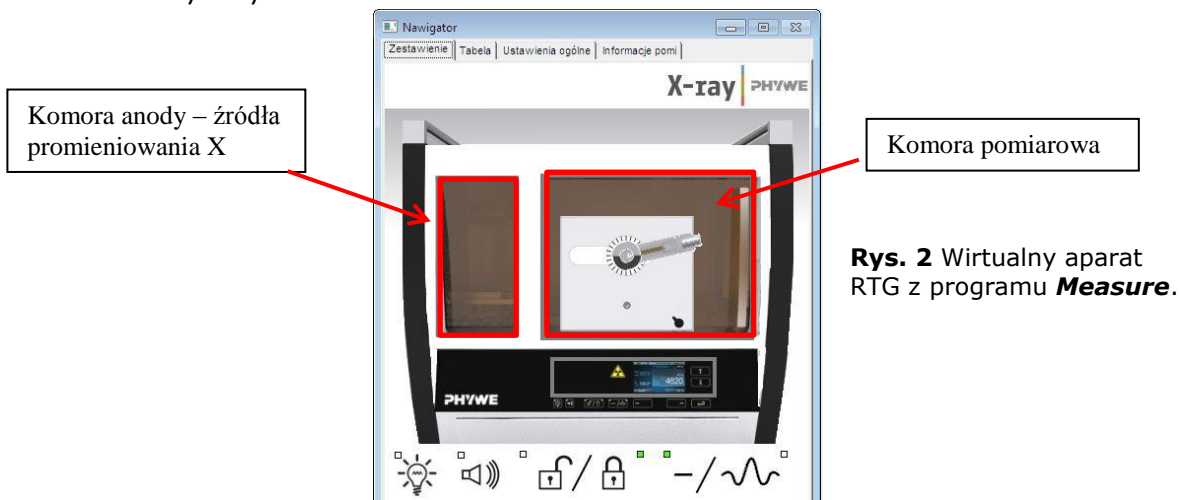


Rys. 1 Zdjęcie układu pomiarowego.

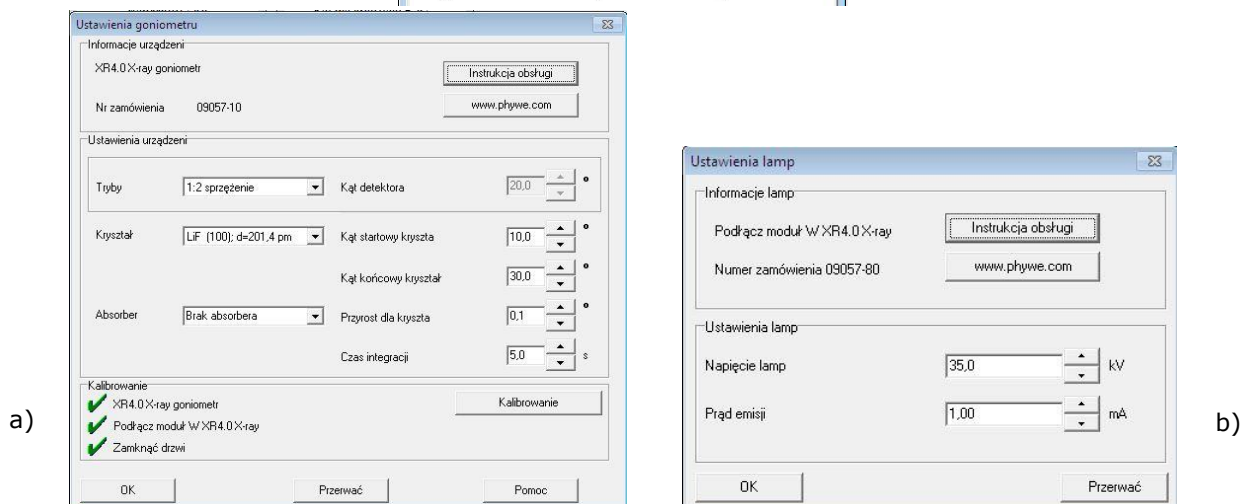
4 Przebieg pomiarów

Należy uruchomić komputer i aparat RTG (włącznik znajduje się na tylnej ścianie urządzenia – z prawej strony). Komorę pomiarową otwiera się poprzez delikatne przesunięcie drzwiczek w prawą stronę – jeśli drzwiczki się nie otwierają, może to znaczyć że są zablokowane elektromagnetycznie przyciskiem na panelu sterowania. Komorę można oświetlić (zaciemnić) od wewnątrz wciskając przycisk (pierwszy z lewej) na panelu sterowania.

Po uruchomieniu programu pomiarowego **Measure** na ekranie powinno pojawić się okno *Nawigator* przedstawiające obraz aparatu RTG – patrz rys. 2. Klikając na komorę pomiarową otwieramy okno *Ustawienia goniometru* i wchodzimy w tryb zmiany parametrów pomiaru – rys. 3a. Klikając na komorę anody otwieramy okno *Ustawienia lamp* – wchodzimy w tryb zmian parametrów anody – rys. 3b.

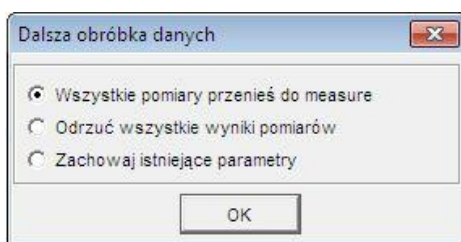


Rys. 2 Wirtualny aparat RTG z programu **Measure**.



Rys. 3 Panele konfiguracyjne goniometru (a) oraz źródła promieni X (b).

Poniżej obrazu przedstawiającego aparat RTG znajdują się ikony odpowiadające przyciskom na panelu sterowania aparatu służące np.: włączaniu/wyłączaniu oświetlenia (ikona żarówki), blokowaniu/odblokowywaniu drzwiczek aparatu (ikona kłódki). Przed rozpoczęciem pomiaru należy zablokować drzwiczki poprzez przyciśnięcie przycisku na panelu sterowania aparatu RTG. Pomiar widma uruchamiamy przyciskając czerwone kółko w lewym górnym rogu panelu programu **Measure**. Aby przerwać pomiar naciskamy czarny kwadrat. Po zakończonym (przerwanym) pomiarze pojawi się komunikat *Dalsza obróbka danych* – rys. 4. Aby zapisać pomiar wybieramy pierwszą opcję od góry: *Wszystkie pomiary przenieś do measure*.



Rys. 4 Okno komunikatu pojawiające się po zakończeniu pomiaru.

Uwaga! Nie należy oświetlać tuby detektora bezpośrednio padającym promieniowaniem X (goniometr ustawiony na 0° przy nieobecnych kryształach analizatora).

4.1 Badanie charakterystycznego promieniowania X wolframu

Źródłem promieniowania X jest anoda wykonana z wolframu (W, liczba atomowa $Z = 74$). Promieniowanie X jest analizowane z pomocą kryształu fluorku litu (LiF). Licznik Geigera-Müllera służy do pomiaru intensywności promieniowania X.

Polichromatyczne promieniowanie X wytwarzane w lampie rentgenowskiej skierowane jest przez niewielką przysłonę do komory pomiarowej. W komorze pomiarowej promienie X padają na kryształ analizujący umieszczony w goniometrze. W goniometrze zamocowany jest także detektor - licznik Geigera-Müllera. Pomiar polega na zmierzeniu zależności intensywności promieniowania X od kąta pod jakim promienie X padają na kryształ analizujący w wybranym zakresie zmian kąta ϑ .

Otrzymane widmo na tle promieniowania ciągłego prezentuje maksima, z których położenia możemy wyznaczyć energie promieniowania charakterystycznego wolframu.

4.2 Pomiar widma promieniowania X wolframu

Należy zmierzyć widmo promieniowania X wolframu w jednym z dwu zakresów: między 14° a 26° - co pozwala obserwować przejścia dla $m = 1$ rzędu dyfrakcji promieniowania X lub między 30° a 50° co pozwala obserwować przejścia dla $m = 2$ i między 30° a 80° co pozwala obserwować przejścia dla $m = 2$ i 3 rzędów dyfrakcji.

Parametry pomiarowe goniometru i źródła promieniowania:

Tryby	- 1:2 sprzężenie
Kryształ	- LiF (100)
Absorber	- brak absorbera
Kąt startowy kryształu	- 14° (30°)
Kąt końcowy kryształu	- 26° (50° lub 80°)
Przyrost dla kryształu (zmiana kąta)	- $0,1^\circ$
Czas integracji (czas zliczania)	- np. 6 s ($14-26^\circ$ i $30-50^\circ$) i 4 s ($30-80^\circ$)
Napięcie lamp	- $U_A = 35$ kV
Prąd emisji	- $I_A = 1$ mA

Zmierzone widmo należy udostępnić studentom. Najwygodniej jest zapisać otrzymane widmo w formacie tekstowym. A mianowicie w zakładce *Pomiar* wybieramy opcję *Eksport wartości pomiarowych* - otworzy się okno *Eksportuj wartości pomiarowe*: Cel - wybieramy *Zapisz do pliku*, format - *Eksportuj jako wartości liczbowe*. Zapiszmy plik w folderze *Pomiary* (folder znajduje się na pulpicie) nadając mu odpowiednią nazwę i rozszerzenie (np. *.dat* lub *.txt*). Powrót do okna umożliwiającego pomiary następuje po przyciśnięciu ikony przedstawiającej czerwoną kropkę.

4.3 Wyznaczyć wartości energii charakterystycznych wolframu

Studenci odczytują wartości kątów ϑ odpowiadających kilku maksimom w zmierzonym widmie (można do tego wykorzystać arkusz kalkulacyjny lub po prostu edytor tekstu). Korzystając z

zależności:

$$E = \frac{mhc}{2d \sin \vartheta} \quad (1)$$

gdzie: m - rząd dyfrakcji (należy sprawdzić w tabeli),

h - stała Plancka ($h = 6,6261 \cdot 10^{-34}$ Js = $4,1357 \cdot 10^{-15}$ eVs),

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

d - stała sieci kryształu LiF ($d = 2,014 \cdot 10^{-10}$ m),

studenci wyliczają energie odpowiadające tym przejściom (ilość określa prowadzący). Określają dokładność wyznaczenia kąta $u(\vartheta)$. Wyliczają niepewność złożoną $u_c(E)$. Uzyskane wartości energii przejść wewnątrzatomowych w wolframie studenci porównują z tabelą (lub diagramem poziomów energetycznych).

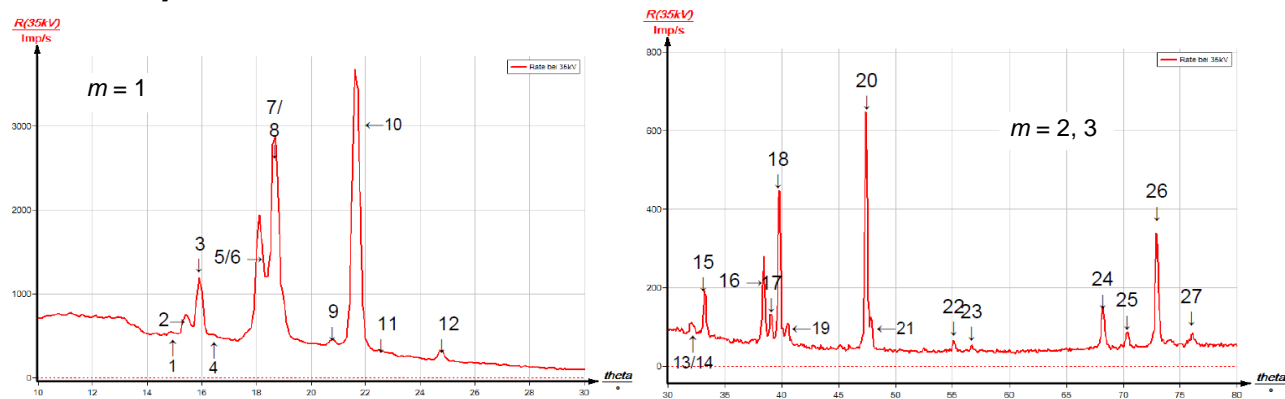
4.4 Wyznaczanie stałej sieci kryształu LiF

Po odczytaniu wartości kątów ϑ odpowiadających kilku maksimom w zmierzonym widmie (liczbę określa prowadzący) można zidentyfikować rozważane przejścia optyczne posiłkując się rys. 5. Wykorzystując wartości tablicowe energii przejść zawarte w tabeli i po przekształceniu wzoru (1):

$$d = \frac{mhc}{2E \sin \vartheta}, \quad (2)$$

można wyznaczyć stałą sieci d kryształu LiF. Studenci powinni policzyć niepewność złożoną $u_c(d)$, wartość średnią \bar{d} i niepewność całkowitą $u(d)$. Uzyskaną wartość średnią stałej sieci kryształu LiF można porównać z wartością tablicową.

5 Materiały dodatkowe



Rys. 5 Przykładowe widma intensywności promieniowania X wolframu w zależności od kąta ϑ w sugerowanych zakresach zmiany kąta. Energie przejść można sprawdzić w tabeli.

Tabela Oznaczenia i energie przejść wewnątrzatomowych w wolframie.

Numer	m	Linia	Przejście	Energia [eV]
1	1	γ_4	L_1O_3	12063
2	1	$\gamma_{3/2}$	L_1N_3/L_1N_2	
3	1	γ_1	L_2N_4	11286
4	1	γ_5	L_2N_1	10949
5	1	β_2	L_3N_5	9961
6	1	β_3	L_1M_3	
7	1	β_1	L_2M_4	9673
8	1	β_4	L_1M_2	
9	1	η	L_2M_1	8725
10	1	$\alpha_{1/2}$	L_3M_5/L_3M_4	8397
11	1	$Cu-K\alpha_{1/2}$		
12	1	/	L_3M_1	7387

Numer	m	Linia	Przejście	Energia [eV]
13	2	γ_3	L_1N_3	11674
14	2	γ_2	L_1N_2	11608
15	2	γ_1	L_2N_4	11286
16	2	β_2	L_3N_5	9961
17	2	β_3	L_1M_3	9818
18	2	β_1	L_2M_4	9673
19	2	β_4	L_1M_2	9525
20	2	α_1	L_3M_5	8397
21	2	α_2	L_3M_4	8335
22	3	γ_1	L_2N_4	11286
23	2	/	L_3M_1	7387
24	3	β_2	L_3N_5	9961
25	3	β_3	L_1M_3	9818
26	3	β_1	L_2M_4	9673
27	3	β_4	L_1M_2	9525

6 Proponowane tabele (do zatwierdzenia u prowadzącego)

Numer	ϑ [°]	$u(\vartheta)$ [°]	Linia	m	E [eV]	$u_c(E)$	E_{tab} [eV]
...

Numer	ϑ [°]	$u(\vartheta)$ [°]	Linia	m	E_{tab} [eV]	d [m]	$u_c(d)$ [m]
...
						\bar{d} [m]	
						$u(d)$ [m]	
						d_{tab} [m]	