

Doble desdoblamiento K alfa de los rayos X del molibdeno / estructura fina



Física

La Física Moderna

Física de Rayos-X



Nivel de dificultad

difícil



Tamaño del grupo

2



Tiempo de preparación

45+ minutos



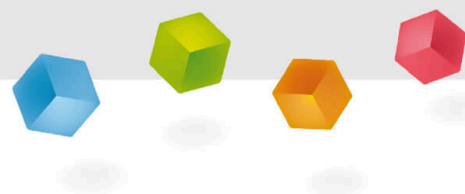
Tiempo de ejecución

45+ minutos

This content can also be found online at:

<http://localhost:1337/c/6017855b6b5e40000357c15d>

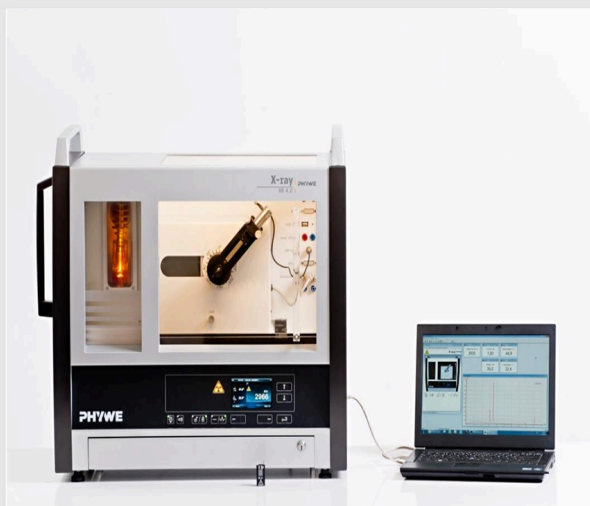
PHYWE



Información para el profesor

Aplicación

PHYWE



Montaje

La mayoría de las aplicaciones de los rayos X se basan en su capacidad para atravesar la materia. Como esta capacidad depende de la densidad de la materia, es posible obtener imágenes del interior de los objetos e incluso de las personas. Esto tiene un amplio uso en campos como la medicina o la seguridad.

Información adicional para el profesor (1/2)

PHYWE



Conocimiento

previo



Principio

Los conocimientos previos necesarios para este experimento se encuentran en la sección de principio.

La radiación X generada por un tubo de rayos X con un ánodo de molibdeno se selecciona en función del ángulo de Bragg con ayuda de un monocristal y se registra con un tubo contador Geiger-Müller. Las líneas de rayos X resultantes se utilizan para determinar la separación de las líneas del K_{α} así como sus respectivas intensidades.

Información adicional para el profesor (2/2)

PHYWE



Objetivo



Tareas

El objetivo de este experimento es llegar a investigar la radiación X característica monocromática del cobre.

1. Analizar la intensidad de la radiación X del molibdeno en función del ángulo de Bragg con la ayuda de un LiF monocristal.
2. Determinar las longitudes de onda y las intensidades de los K_{α_1} y K_{α_2} líneas y comparar sus valores con los valores teóricos.

Principio (1/3)

PHYWE

La figura 1 muestra el diagrama de nivel de energía del molibdeno ($Z = 42$).

Cuando se retira un electrón de la capa K de un átomo, el agujero resultante se llena con un electrón de una capa superior. La diferencia de energía de los niveles energéticos que intervienen en este proceso puede convertirse en radiación X. Cuando falta un electrón s de la capa K, se produce un $^2S_{1/2}$ resultados a largo plazo. Lo mismo ocurre con la capa L_1 . Un electrón p faltante en el L_2 o L_3 resultados de la capa en $^2P_{1/2-3/2}$ o $^2P_{3/2}$ términos. Dado que las reglas de selección de la mecánica cuántica sólo permiten transiciones radiativas con $\Delta l = \pm 1$ la transición $L_1 \rightarrow K$ no está permitido. De hecho, en lugar de tres K_α líneas, sólo las dos líneas K_{α_1} y K_{α_2} se puede observar. Dado que las condiciones $^2P_{1/2}$ y $^2P_{3/2}$ son cuádruples y dobles degenerados, las intensidades de los K_{α_1} y K_{α_2} las líneas tienen la proporción 4 : 2.

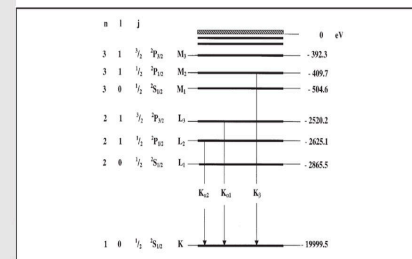


Fig. 1: Diagrama energético del molibdeno ($Z = 42$)

Principio (2/3)

PHYWE

Cuando los rayos X de la longitud de onda λ inciden en los planos de la red de un monocristal bajo el ángulo de incidencia θ . Los rayos que se reflejan en los planos de la red interfieren entre sí de forma constructiva siempre que su diferencia de trayectoria corresponda a un múltiplo integral de la longitud de onda. Esta situación se explica por la ley de Bragg:

$$2d \sin(\theta) = n\lambda$$

(d: espacio interplanar; $n = 1, 2, 3, \dots$)

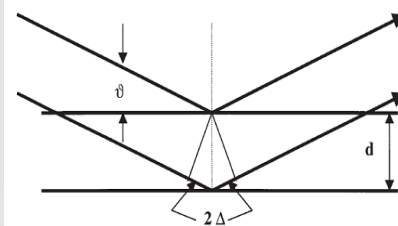


Fig. 2: Dispersión de Bragg en un par de planos de la red

Principio (3/3)

PHYWE

Si se conoce la distancia interplanar d , la longitud de onda λ se puede determinar con la ayuda del ángulo de incidencia θ . La energía de la radiación resulta entonces de:

$$E = h \cdot f = \frac{hc}{\lambda} (2)$$

Nota:

Los datos del diagrama de niveles de energía se tomaron del "Handbook of Chemistry and Physics", CRC Press Inc., Florida.

Constante de Planck $h = 6,6256 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$

Velocidad de la luz $c = 2,9979 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

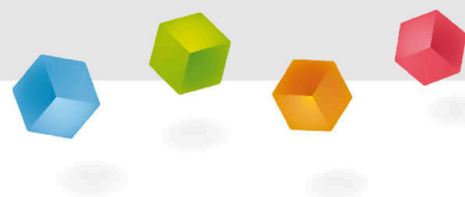
Distancia interplanar LiF (200) $d = 2,014 \cdot 10^{-10} \text{ m}$

Equivalente 1 eV = $1,6021 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

Material

Posición	Material	Artículo No.	Cantidad
1	XR 4.0 Unidad de rayos X, 35 kV	09057-99	1
2	XR 4.0 X-ray goniometro	09057-10	1
3	X-ray Módulo enchufable de rayos de molibdeno	09057-61	1
4	XRC 4.0 Set de Extensión Caracterización de Rayos X	09135-88	1

PHYWE



Montaje y ejecución

Montaje

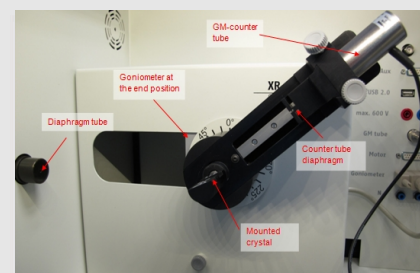
PHYWE

Conectar el goniómetro y el tubo contador Geiger-Müller a sus respectivos enchufes en la cámara de experimentación (véanse las marcas rojas en la Fig. 3). El bloque del goniómetro con el cristal del analizador debe situarse en la posición final del lado derecho. Fijar el tubo contador Geiger-Müller con su soporte en el tope posterior de los carriles guía. No olvidar instalar el diafragma delante del tubo contador (véase la Fig. 4). Introducir un tubo de diafragma con un diámetro de 1 mm en la salida del haz de la unidad de enchufe del tubo.

Para la calibración: Asegúrese de que se ha introducido el cristal correcto en los parámetros del goniómetro. A continuación, seleccionar "Menú", "Goniómetro", "Autocalibración". El aparato determina ahora las posiciones óptimas del cristal y del goniómetro entre sí y luego las posiciones de los picos.



↓Fig. 4:
Montaje del goniómetro



Ejecución (1/3)

PHYWE

- Conectar la unidad de rayos X mediante el cable USB al puerto USB de su ordenador (el puerto correcto de la unidad de rayos X está marcado en la figura 5).
- Iniciar el programa "medir". En la pantalla aparecerá una unidad de rayos X virtual.
- Puede controlar la unidad de rayos X haciendo clic en las distintas características de la unidad de rayos X virtual y debajo de ella. Alternativamente, también puede cambiar los parámetros en la unidad de rayos X real. El programa adoptará automáticamente los ajustes.



Fig. 5: Conexión del ordenador

Ejecución (2/3)

PHYWE

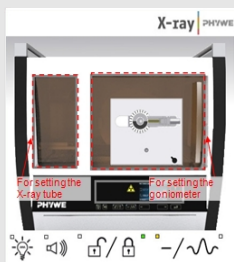


Fig. 6: Parte de la interfaz de usuario del

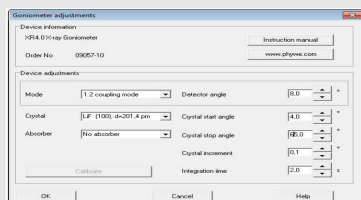


Fig. 7: Ajustes del goniómetro (cristal de LiF)

- Hacer clic en la cámara del experimento (vea la marca roja en la Figura 6) para cambiar los parámetros del experimento. Seleccionar los parámetros como se muestra en la Figura 7 para el cristal de LiF.
- Hacer clic en el tubo de rayos X (véase la marca roja en la figura 6), puede modificar la tensión y la corriente del tubo de rayos X. Seleccionar los parámetros como se muestra en la Fig. 8.
- Si se mide la sección del K_{α_1} y K_{α_2} líneas, seleccionar el siguiente rango de barrido: $44^\circ - 46^\circ$ ($n = 4$) y $61^\circ - 63^\circ$ ($n = 5$) y un tiempo de puerta de 30 - 60 s.

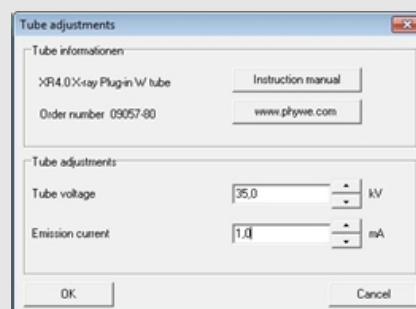
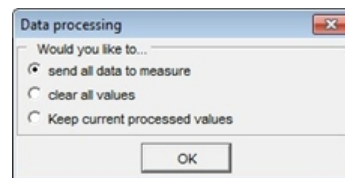
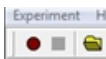


Fig. 8: Ajustes de tensión y corriente

Ejecución (3/3)

PHYWE

- Iniciar la medición haciendo clic en el círculo rojo:
- Tras la medición, aparece la siguiente ventana:

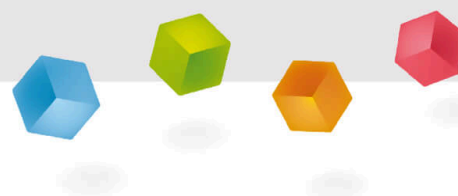


- Seleccionar el primer elemento y confirmar con OK. Los valores medidos se transferirán ahora directamente al software "measure".
- Al final de este manual, encontrará una breve introducción a la evaluación de los espectros resultantes.

Visión general de los ajustes del goniómetro y de la unidad de rayos X:

- Modo de acoplamiento 1:2
- Tiempo de la puerta 30 - 60 s; anchura del paso del ángulo 0,1°.
- Rango de exploración 44° - 64° y 61° - 63° (monocristal de LiF)
- Tensión anódica $U_A = 35 \text{ kV}$; corriente anódica $I_A = 1 \text{ mA}$

PHYWE



Resultados

Tarea 1

PHYWE

Tarea 1: Analizar la intensidad de la radiación X del molibdeno en función del ángulo de Bragg y con la ayuda de un LiF monocristal.

La figura 9 muestra el espectro de rayos X del molibdeno que se analizó con un LiF monocristal. Con la ayuda de la ley de Bragg (1), se pueden determinar las longitudes de onda de las líneas características en función de sus ángulos de incidencia θ .

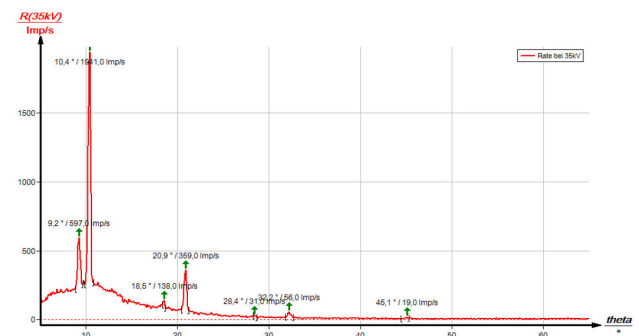


Fig. 9: Espectro de rayos X del molibdeno; monocristal de LiF como analizador

Tarea 1 (parte 2)

PHYWE

El cuadro 1 muestra los valores de los ángulos de deslizamiento θ que se determinaron a partir de la figura 9, así como los valores de las longitudes de onda λ de la línea de rayos X característica del molibdeno que se calcularon con la ayuda de la ecuación (1).

A modo de comparación, el cuadro 2 muestra los λ que se calcularon con la ayuda de la ecuación (2) y a partir de los valores energéticos de la figura 1. En la figura 9, el desdoblamiento de la K_{α} El doblete se hace casi visible a partir de la interferencia de cuarto orden ($n = 4$). Para el análisis del espectro de rayos X, véase también P2540205.

	$\vartheta(K_{\alpha})/^{\circ}$	$\vartheta(K_{\beta})/^{\circ}$	$\lambda(K_{\alpha})/\text{pm}$	$\lambda(K_{\beta})/\text{pm}$
n=1	10.4	9.2	71.3	63.7
n=2	20.9	18.5	71.2	63.2
n=3	32.2	28.4	71.2	63.4
n=4	45.1	-	71.2	-
			71.22	63.43

Tabla 1: Longitudes de onda del K_{α} y K_{β} líneas calculadas con la ayuda de los valores experimentales

$\lambda(K_{\alpha 1})/\text{pm}$	$\lambda(K_{\alpha 2})/\text{pm}$	$\lambda(K_{\beta})/\text{pm}$
71.36	70.93	63.29

Tabla 2: Longitudes de onda del K_{α} y K_{β} líneas calculadas con la ayuda de los valores energéticos (véase la Fig. 1)

Tarea 2

PHYWE

Tarea 2: Determinar las longitudes de onda y las intensidades de los K_{α_1} y K_{α_2} líneas y comparar sus valores con los valores teóricos.

Las figuras 10 y 11 muestran algunas secciones del espectro de rayos X del molibdeno. El desdoblamiento de las líneas K puede verse claramente. Los valores asociados se indican en la tabla 3. La longitud de onda se determinó con la ayuda de la ecuación (1).

Como primera aproximación, la intensidad de una línea de rayos X viene determinada por su máximo. En consecuencia, las figuras 10 y 11 conducen a una relación de intensidad de $I(K_{\alpha_1}) / I(K_{\alpha_2}) \approx 1.8$.

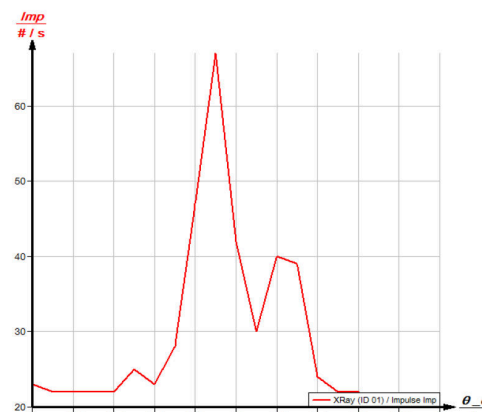


Fig. 10: División de la K_{α_1} y K_{α_2} líneas de molibdeno ($n = 4$)

Tarea 2 (parte 2)

PHYWE

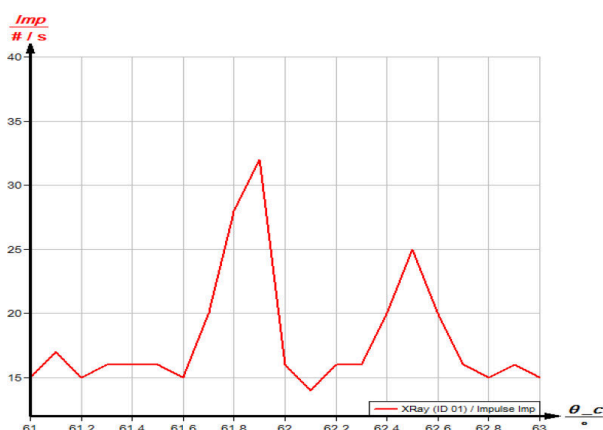


Fig. 11: División de la K_{α_1} y K_{α_2} líneas de molibdeno ($n = 5$)

	ϑ $n = 4$	ϑ $n = 5$	Mean value λ
$K_{\alpha 1}$	44.8	61.8	70.84
$K_{\alpha 2}$	45.1	62.45	71.22

Cuadro 3

Observaciones

PHYWE

Software "a medida"

Con el programa informático \ "measure", se pueden determinar los picos del espectro con bastante facilidad:

- Hacer clic en el botón  "Marcar" y seleccionar el área para la determinación del pico.
- Hacer clic en el botón  "Análisis de picos".
- Aparece la ventana "Análisis de picos" (véase la figura 12). A continuación, hacer clic en "Calcular". Si no se calculan todos los picos deseados (o demasiados), reajustar la tolerancia de error en consecuencia.
- Seleccionar "Visualizar resultados" para mostrar los datos de los picos directamente en el espectro.

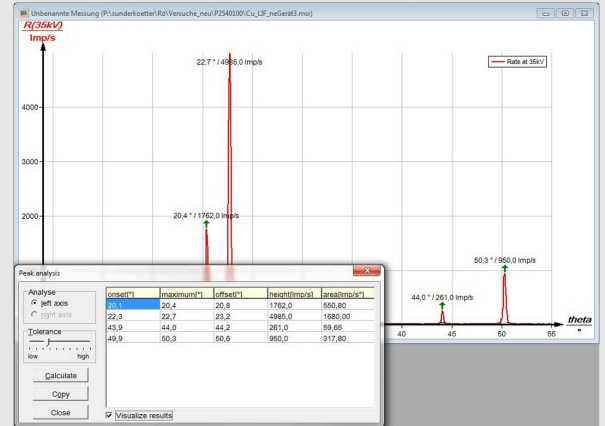


Fig. 12: Análisis automático de picos con "medida"