

Espectroscopía con el detector de energía de rayos X



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/634321bd580cc1000395800a>

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

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



Principio

Diversas muestras metálicas se someten a rayos X policromáticos. La radiación de fluorescencia resultante se analiza con la ayuda de un detector semiconductor y un analizador multicanal. Se determinan los máximos de intensidad de las correspondientes líneas características de rayos X. Los valores de energía predefinidos de las líneas características y los canales del analizador multicanal que deben asignarse a su vez dan lugar a una calibración del detector de energía semiconductor.

Información adicional para el profesor (2/2)

PHYWE



Objetivo

El objetivo de este experimento es llegar a investigar los espectros de la radiación de fluorescencia.



Tareas

- Registrar los espectros de la radiación de fluorescencia que generan las muestras de metal.
- Determinar los números de canal de los máximos de intensidad de las líneas características de la radiación de fluorescencia correspondiente.
- Representar las energías de línea predefinidas en función de los números de canal en forma de gráfico para dos factores de ganancia diferentes del analizador multicanal.

Principio

PHYWE

El análisis energético de los rayos X con ayuda de detectores semiconductores se describe brevemente basándose en el ejemplo de un detector de pines de Si (contacto p - intrínseco - contacto n). Los cuantos de rayos X incidentes con un nivel de energía suficiente crean electrones libres en el cristal de Si debido al efecto fotoeléctrico. La energía cinética de estos electrones se correlaciona con la energía de los cuantos de rayos X. Además de la excitación de los fonones, los electrones también crean pares de electrones-huecos en su camino a través de la capa de agotamiento del semiconductor. El número de estos pares electrón-hueco es una medida de la energía del cuanto incidente. Los agujeros y los electrones se retiran por medio de un voltaje que se aplica externamente y, de este modo, se crea un pulso de carga. La magnitud del pulso de carga, por otra parte, es una medida de la energía del cuanto de rayos X incidente.

El espectro de altura de pulso resultante se analizará con un analizador multicanal, en el que se asignan varias alturas de pulso a diferentes canales. Los pulsos del mismo nivel de tensión se sumarán en el mismo canal.

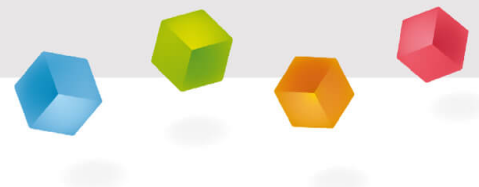
En un último paso, también hay que asignar un valor de energía a la altura del pulso (= número de canal).

Esta calibración energética puede realizarse -como se hace aquí- con la ayuda de las líneas características y los niveles de energía conocidos de la radiación de fluorescencia de rayos X.

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 con tubo de rayos X de cobre (Cu)	09057-51	1
4	XR 4.0 Set de Extensión Análisis de Materiales con Rayos X	09165-88	1

PHYWE



Montaje y ejecución

Montaje

PHYWE

- Atornillar el anillo adaptador en el tubo de entrada del detector de energía y conectar los cables de señal y de alimentación a los puertos correspondientes del detector con la ayuda de los conectores en ángulo recto.
- Conectar los cables de señal y de alimentación a los puertos correspondientes de la cámara de experimentación del equipo de rayos X. En la figura 1, el puerto para el cable de señal está marcado en rojo y el puerto para el cable de alimentación está marcado en verde. Conectar los puertos X RED externos de la unidad de rayos X (ver la figura 2) al analizador multicanal (MCA). Conectar el cable de señal al puerto "Input" y el cable de alimentación al puerto "X-Ray Energy Det." del MCA.
- Fijar el detector de energía en el soporte del brazo giratorio del goniómetro. Colocar los dos cables con la longitud suficiente para que el goniómetro pueda girar libremente en todo su recorrido. Conectar el analizador multicanal y el ordenador con ayuda del cable USB.



Fig. 1:
Conectores en la
cámara de
experimentación



Fig. 2: Conexión del analizador
multicanal

Ejecución (1/2)

PHYWE

- Insertar el tubo del diafragma con la apertura de 2 mm.
- Llevar el bloque goniométrico y el detector a sus respectivas posiciones finales a la izquierda. Llevar el detector a la posición de 90° en el modo de acoplamiento 1:2
- Introducir la muestra de metal con el soporte universal de cristales (la muestra está a 45°).
- Datos de funcionamiento del tubo de rayos X de cobre: Ajustar una tensión anódica $U_A = 35 \text{ kV}$ y la corriente anódica para que la tasa de recuento de cada una de las muestras sea $\leq 300 \text{ c/s}$ (seleccionar la corriente anódica máxima para las muestras de estaño y plata).

Confirmar los datos de funcionamiento pulsando el botón "ENTER".

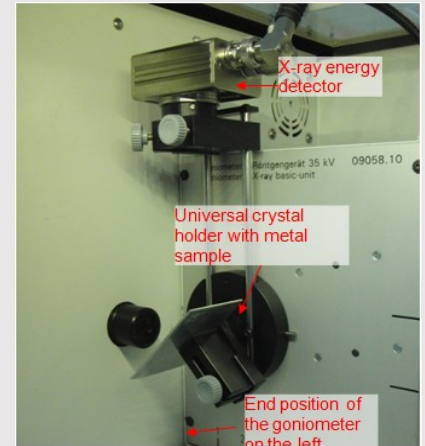


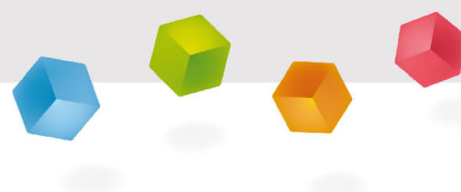
Fig. 3: Montaje del goniómetro

Ejecución (2/2)

PHYWE

- Cerrar la puerta corredera de la unidad de rayos X.
- En el programa "measure", seleccionar "Analizador multicanal" en "Gauge". A continuación, seleccionar "Registro de espectros". Ajustar "Datos XD = número de canal" y "Ancho de intervalo [canales] = 1 canal". Ajustar el offset de forma que se supriman las señales de ruido de baja energía (normalmente basta con un 5%).
- Ganancia = 2 (seleccionar el nivel de ganancia 4 para la segunda serie de mediciones).
- Tiempo de medición: 3 minutos (5 minutos para la muestra de Ag). Utilizar para ello el temporizador del aparato de rayos X.

PHYWE



Resultados

Tarea 1

PHYWE

Registrar los espectros de la radiación de fluorescencia que generan las muestras de metal.

Como ejemplo de mediciones con el nivel de ganancia 4 del analizador multicanal, la figura 4 muestra el espectro de fluorescencia de una muestra de cobre.

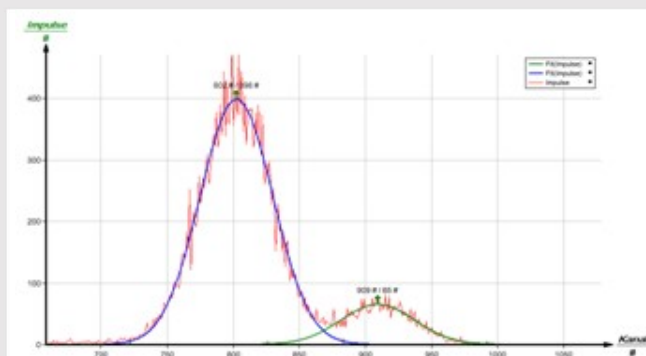


Fig. 4: Líneas de fluorescencia del cobre con una distribución nor-mal ajustada, nivel de ganancia 4.

Tarea 2

PHYWE

A	B	C	D	E
			Ganar el nivel 2	Ganar nivel 4
Elemento	Línea	E [keV]	Número de canal	Número de canal
Fe	K_{α}	6.40	596	1402
Fe	K_{β_1}	7.06	680	1564
Ni	K_{α}	7.47	731	1671
Cu	K_{α}	8.04	802	1813
Ni	K_{β_1}	8.26	828	1857
Zn	K_{α}	8.63	877	1973
Cu	K_{β_1}	8.90	909	2027
Zn	K_{β}	9.57	995	2208
Ag	K_{α}	22.08	2595	
Ag	K_{β_1}	24.94	2958	

Determinar los números de canal de los máximos de intensidad de las líneas características de la radiación de fluorescencia correspondiente.

La siguiente tabla muestra los resultados de varios espectros para dos niveles diferentes de ganancia del analizador. Los valores que se indican para el K_{α} son los valores energéticos medios de los K_{α_1} y K_{α_2} líneas.

Dado que la unidad de rayos X sólo puede suministrar radiación con una energía máxima de 35 keV, los análisis con el nivel de ganancia 1 del analizador multicanal no son útiles en este caso.

Tarea 3

PHYWE

Representar las energías de línea predefinidas en función de los números de canal en forma de gráfico para dos factores de ganancia del analizador multicanal.

Los valores de la tabla de energía de las líneas de fluorescencia se muestran en la Figura 5 (nivel de ganancia 4) y en la Figura 6 (nivel de ganancia 2) en función de los números de canal asociados que se determinaron durante el experimento. En su forma matemática, las líneas de regresión que se suman ayudan a determinar con precisión el nivel de energía de una radiación desconocida en función del número de canal asociado.

Fig. 5:
Nivel de
ganancia
4

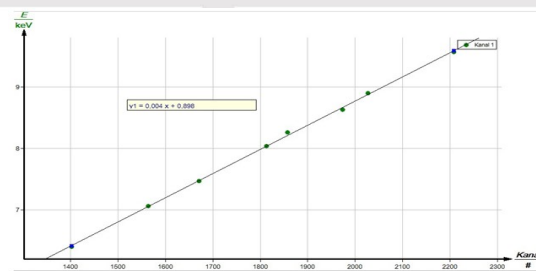


Fig. 6:
Nivel de
ganancia
2



Observaciones

PHYWE

- Para determinar la posición de la línea, pasar de la visualización de barras a la visualización de curvas. Para ello, hacer clic en "Opciones de visualización" y luego en "Interpolación y líneas rectas". La figura 7a muestra el resultado relativo al espectro de la muestra de zinc.
- Ampliar la sección de la línea correspondiente con la ayuda de la función de zoom .
- A continuación, seleccionar las distintas secciones de la curva con .

Abrir la ventana "Ajuste de funciones"

A continuación, seleccionar "Distribución normal escalada" (ver la fig. 7b).

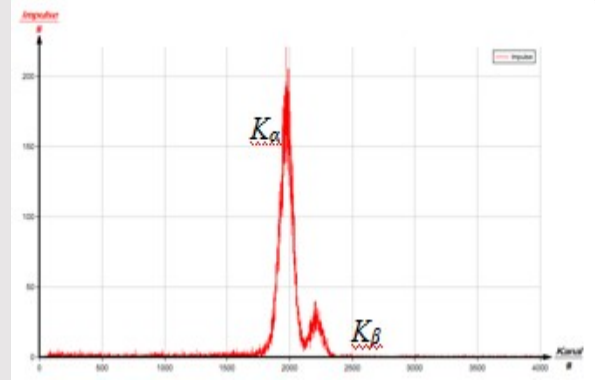


Fig. 7a: Espectro de fluorescencia del zinc, nivel de ganancia 2

Observaciones (parte 2)

PHYWE

- Ocultar la curva de medición original y volver a seleccionar las secciones de las distribuciones normales. Encontrar los centroides de las líneas de las distribuciones normales con "Análisis de picos".  (ver Fig. 7c) o determinarlas con la función "Encuesta" .

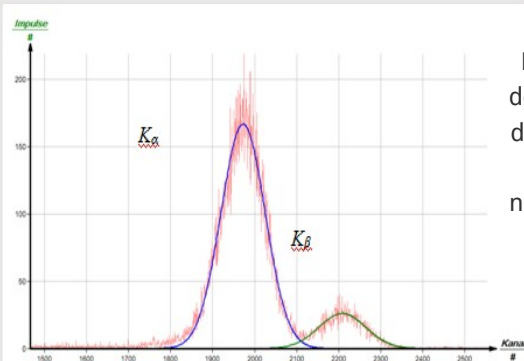


Fig. 7b: Líneas de fluorescencia del zinc con una distribución normal ajustada

Fig. 7c: Distribución normal de las líneas de fluorescencia del zinc para determinar su posición en el canal (no se muestra la curva de medición original)

