

Estudio cualitativo de absorción 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/600b5c3ba6d98a000361db6a>

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 la gente. 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.

Los rayos X penetran en los objetos que son impenetrables para la luz visible. La absorción depende del grosor y el tipo de material. Esta dependencia se demuestra de manera cualitativa en una pantalla fluorescente con la ayuda de varios especímenes de absorción diferentes.

Información adicional para el profesor (2/2)

PHYWE



Objetivo



Tareas

El objetivo de este experimento es investigar la característica de exat de los rayos X para penetrar en la materia.

- Observar la transmisión de los rayos X en función del grosor del material.
- Determinar cómo el número atómico de los elementos de un material afecta a la transmisión de los rayos X.

Principio (1/3)

PHYWE

Los rayos X son invisibles para el ojo humano. Sin embargo, para poder percibirlos, se "convierten" en luz visible por medio de la fluorescencia y con la ayuda de ciertos materiales. Estas sustancias absorben la radiación X y entran en un estado de excitación. Cuando vuelven al estado de tierra, emiten en parte esta energía. La pérdida de energía resulta en un cambio de la longitud de onda de la luz emitida: La longitud de onda es más larga y ahora está en el rango visible. Hoy en día, se utiliza principalmente sulfuro de zinc como agente luminiscente en la pantalla. Los rayos X penetran en los objetos que son impenetrables para la luz visible. La luz visible se absorbe en una medida mucho menor. La absorción depende del grosor y del tipo de material. Mientras que en el pasado los rayos X se utilizaban incluso para comprobar si un zapato se ajustaba bien, ahora sabemos los efectos nocivos de la radiación. En los aeropuertos, se utiliza para inspeccionar el equipaje.

Cuando los rayos X con la intensidad I_0 de la materia de impacto del espesor d , la intensidad I de la radiación transmitida es la siguiente de acuerdo con la ley de absorción:

$$I = I_0 e^{-\mu(\lambda, Z) \cdot d} \quad (1)$$

Principio (2/3)

PHYWE

I : La intensidad de la radiación detrás del absorbedor; I_0 La intensidad inicial de la radiación...

μ ...el coeficiente de absorción lineal; d : el espesor del material

La ecuación (1) muestra directamente que la intensidad de la radiación detrás de la absorción que también depende del grosor del mismo. El coeficiente de absorción lineal $\mu[\text{cm}^{-1}]$ depende de la longitud de onda λ de la radiación así como en el número atómico Z de la materia absorbente. Como la absorción de la materia absorbente es proporcional, a menudo el llamado coeficiente de absorción de masa $\mu/\rho[\text{cm}^2/\text{g}]$ se utiliza, con ρ como la densidad del absorbente.

Aquí, sin embargo, la absorción debida a la producción de pares puede ser excluida, ya que los rayos X no tienen el nivel de energía requerido. Como resultado, el coeficiente de absorción de los rayos X consta de dos partes:

$$\mu = \tau + \sigma$$

Principio (3/3)

PHYWE

τ : coeficiente de absorción del efecto fotoeléctrico; σ : coeficiente de dispersión

En el rango de longitudes de onda que se utiliza para este experimento, el efecto fotoeléctrico domina ($\tau > \sigma$). La absorción en este caso puede describirse con la siguiente relación empírica:

$$\frac{\tau}{\rho} \approx \frac{\mu}{\rho} = k(\lambda^3 \cdot Z^3) \quad (2)$$

De acuerdo con (2), la capacidad de absorción aumenta drásticamente cuando la longitud de onda λ aumenta así como cuando el número atómico Z del absorbente aumenta.

Los siguientes procesos son responsables de la atenuación:

- efecto fotoeléctrico
- dispersión
- producción de pares

Material

Posición	Material	Artículo No.	Cantidad
1	XR 4.0 Unidad de rayos X, 35 kV	09057-99	1
2	X-ray Módulo enchufable con tubo de rayos X de cobre (Cu)	09057-51	1
3	XR 4.0 Set de extensión Radiofotografía con Rayos X	09155-88	1

PHYWE



Montaje y ejecución

Montaje

PHYWE

- Si se instala un goniómetro en la cámara de experimentación, debe ser retirado si es posible.
- Instalar el banco óptico y colocar la pantalla fluorescente en su soporte en el banco óptico lo más a la derecha posible. Para posicionar los distintos objetos frente a la pantalla fluorescente de forma estable, recomendamos utilizar las etapas de objetos.

Ejecución (1/4)

PHYWE

- Para la tarea 1, colocar las muestras de aluminio de diferentes grosores una al lado de la otra frente a la pantalla. Cerrar y bloquear la puerta. Luego, activar la radiación X. Observar el resultado en la pantalla fluorescente. También puede colocar las muestras una encima de la otra. Repetir esto con las placas de plexiglás.
- Para la tarea 2, la comparación de diferentes materiales, como el vidrio acrílico y el cristal mineral es muy interesante. Intercambiar los materiales repetidamente y observar el resultado.

Ejecución (2/4)

PHYWE

Colocar el objeto directamente frente a la pantalla fluorescente, o a una distancia de la pantalla, justo en la trayectoria del rayo. Si se posiciona a una distancia de la pantalla, se magnificará pero al mismo tiempo también perderá nitidez. Obtendrá una imagen de alto contraste con un voltaje anódico máximo (35 kV) y una corriente anódica máxima (1,0 mA).

Ahora, cerrar la puerta y proceder de la siguiente manera:

- Cerrar la puerta con la ayuda del botón 1.
- Activar la radiación X con el botón 2.

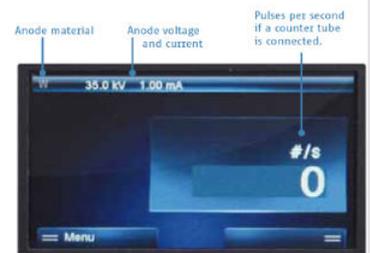


Botón 1



Botón 2

La pantalla entonces muestra:



Ejecución (3/4)

PHYWE

Ajustando el voltaje y la corriente del ánodo:

- Pulsar el botón en "Menú" (pantalla).



- En la siguiente ventana, seleccionar la opción "Parámetros de rayos X" (utilizar las teclas de flecha para la selección).
- Seleccione el parámetro que desea cambiar.
- Confirmar su selección con "Enter".



- Cambiar el valor actual que se muestra con la ayuda de las teclas de flecha.
- Confirmar con "Enter".

Ahora se mostrarán los nuevos parámetros.



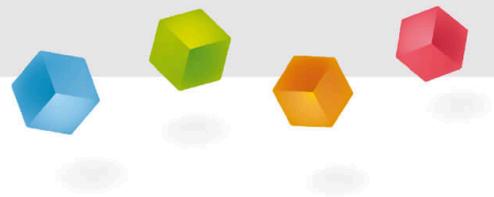
Ejecución (4/4)

PHYWE

Tomar una foto con una cámara digital:

- Fijar la cámara a una montura de diapositivas en el banco óptico.
- Cambiar a modo nocturno y desactivar el flash.
- O también oscurecer la habitación completamente o cubrir la unidad con su cubierta.
- Recomendamos iniciar la cámara con el autodisparador para que la imagen no se vea borrosa durante el manejo de la cámara.

PHYWE



Resultados

Tarea 1

PHYWE

Observación de la transmisión de rayos X como una función del grosor del material

Como muestran las Figuras 1 y 2, la absorción depende fuertemente del espesor del material, como también se desprende de la ecuación 1.



Fig. 1: Plexiglás, de izquierda a derecha: $d = 1$ mm, 5 mm y 10 mm (arriba: sin absorbente)

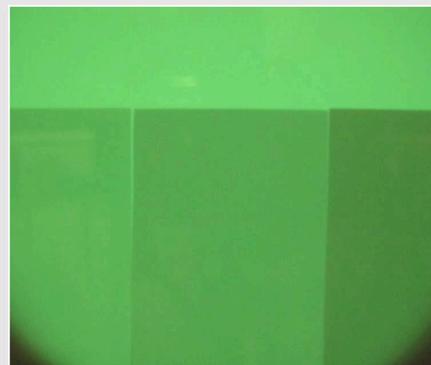


Fig. 2: Aluminio, de izquierda a derecha: $d = 0,3$ mm, 0,5 mm y 1 mm.

Tarea 2

PHYWE

Observación de la transmisión de rayos X en función del número atómico

Vidrio acrílico vs. vidrio mineral (Fig. 3):

Como el plexiglás es un polímero orgánico, está compuesto principalmente de carbono ($Z=6$), hidrógeno ($Z=1$) y oxígeno ($Z=8$), es decir, de elementos con un bajo número atómico. El vidrio mineral contiene silicio ($Z=14$) que puede encontrarse directamente debajo del carbono en la tabla periódica de elementos. Tiene un número atómico más alto, lo que resulta en una absorción considerablemente mayor de los rayos X en el vidrio mineral.



Fig. 3: Plexiglás (izquierda, $d = 1$ mm) y vidrio (derecha, $d = 1$ mm).

Tarea 2 (parte 2)

PHYWE

Cartón/aluminio contra hierro (Fig. 4)

En este caso, la diferencia entre los números atómicos de los dos elementos (Al: $Z = 13$; Fe: $Z = 26$) también tiene un fuerte efecto. El cartón está compuesto principalmente por materiales orgánicos. En comparación con los metales, los elementos que intervienen principalmente, es decir, el carbono ($Z = 6$), el hidrógeno ($Z = 1$) y el oxígeno ($Z = 8$), tienen números atómicos muy bajos.



Fig. 5: De izquierda a derecha: aluminio, cartón, hierro (todos ellos: $d = 1$ mm).