

Característica de un tubo contador



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/6342c25a580cc10003957f4d>

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 para este experimento se encuentran en la sección de principio.



Principio

El tubo contador utiliza el efecto ionizante de la radiación de alta energía para medir la intensidad de la radiación. Las características del tubo contador describen su rango de trabajo, es decir, el rango de tensión en el que cuenta de forma fiable las partículas entrantes.

Información adicional para el profesor (2/2)

PHYWE



Objetivo

El objetivo de este experimento es aprender el principio de un tubo contador.



Tareas

1. Determinar las características del tubo contador de tipo B que se utiliza.

Principio (1/4)

PHYWE

Disposición del tubo contador

Un contratubo consiste en un tubo metálico de paredes finas que se llena con una mezcla de gases a presión reducida. Un cable metálico fino y aislado atraviesa su eje. El tubo metálico y el hilo forman así un condensador cilíndrico que se conecta a la fuente de tensión a través de una resistencia R de alto valor óhmico. La figura 1 muestra un esquema del circuito. El metal de la carcasa es tan fino que la radiación gamma puede atravesarlo. Para poder detectar también la radiación alfa y beta, así como la radiación X, hay una ventana de mica en un extremo del tubo. Es muy sensible con respecto a la tensión mecánica y debe protegerse con la ayuda de la tapa suministrada. El hilo contador axial del tubo contador está conectado al conductor central a través de un cable de 10 MΩ de resistencia, mientras que la cubierta del tubo contador está conectada al conductor de fase del cable BNC. La tensión se aplica entre el cable de conteo y la cubierta del tubo contador. Para anular las descargas puntuales en el hilo metálico, éste se funde en una bola.

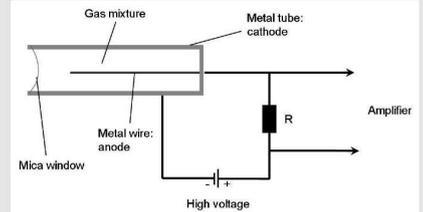


Fig. 1: Esquema del circuito de un tubo contador GM

Principio (2/4)

PHYWE

Principio de medición

El tubo contador utiliza el efecto ionizante de la radiación de alta energía: Cuando los rayos X entran en el tubo contador, ionizan las partículas de gas, creando iones con carga positiva y electrones libres, los electrones primarios. Estos últimos son acelerados hacia el hilo contador cargado positivamente, obteniendo así la energía suficiente para ionizar más partículas de gas. Debido a esta llamada multiplicación del gas, una avalancha de electrones llega al ánodo. Esto, a su vez, da lugar a un flujo de corriente entre la pared del tubo contador y el hilo de conteo y, por tanto, a una caída de tensión que se detecta. El flujo de corriente resultante puede convertirse en una señal de tensión con la ayuda de la resistencia. En el caso de los tubos contadores Geiger-Müller portátiles, esta señal se amplifica electrónicamente y se emite de forma visual o audible. El interior del tubo contador está lleno de una mezcla de gases que consiste principalmente en un gas inerte. Sin embargo, como las partículas de gas ionizadas pueden liberar electrones secundarios de la pared del tubo contador, lo que distorsionaría el resultado de la medición, deben ser interceptadas por un gas de enfriamiento, en este caso un halógeno. Éste se consumirá por la reacción con las partículas de gas ionizadas. Por ello, la vida útil de un tubo contador es limitada. Las características de un tubo contador describen su rango de trabajo, es decir, el rango de tensión en el que cuenta de forma fiable las partículas entrantes.

Principio (3/4)

PHYWE

Si la radiación ionizante atraviesa el tubo contador, las partículas de gas se ionizan y se liberan electrones primarios. Estos son acelerados hacia el hilo de conteo. Sin embargo, sólo llegan al hilo de conteo si no se recombinan con las partículas de gas en su camino. Si la tensión del tubo contador es demasiado baja, algunos de los impulsos se pierden en su camino, y la señal resultante no será concluyente (rango de recombinación). Cuando se aumenta la tensión, todos los electrones liberados principalmente inciden en el ánodo a partir de un determinado nivel. A partir de este momento, la corriente medida es proporcional a la energía de la radiación entrante. Al aumentar aún más la tensión, los electrones primarios adquieren tanta energía que ionizan más partículas de gas. Sin embargo, la corriente medida sigue siendo proporcional a la energía de la radiación incidente (rango proporcional). Si se aumenta aún más la tensión del tubo contador, la intensidad de la corriente de ionización permanece constante dentro de un determinado intervalo de tensión. Cada partícula que entra en el tubo contador genera el mismo impulso de corriente, ya que la parte incidente inicia una descarga de gas completa. Este intervalo se conoce también como meseta Geiger-Müller o región Geiger-Müller (fig. 2). Debe ser lo más largo posible y mostrar sólo un ligero gradiente. Si un tubo contador funciona en este rango de tensión, también se denomina tubo contador de liberación. Un nuevo aumento de la tensión del tubo contador provocará entonces una descarga de gas auto mantenida que destruirá el tubo contador.

Principio (4/4)

PHYWE

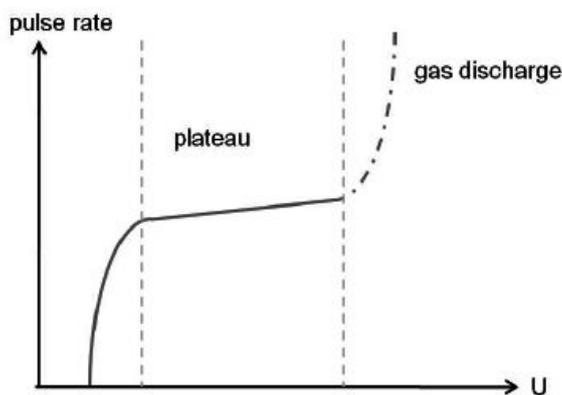


Fig. 2: Recorrido esquemático de la curva característica del tubo contador

Tiempo muerto

Inmediatamente después de una descarga de gas, el tubo contador no es capaz de detectar nuevas partículas durante aproximadamente $100 \mu\text{s}$. Este es el llamado tiempo muerto. Durante este tiempo, los iones cargados positivamente protegen al ánodo del campo eléctrico. No es hasta que los iones de gas se han desplazado al cátodo y el aditivo halógeno ha apagado la descarga del tubo contador que éste vuelve a estar listo.

Si τ ($\tau \approx 90 \mu\text{s}$) es el tiempo muerto del tubo contador Geiger-Müller y N_0 la frecuencia de pulso medida, la verdadera frecuencia de pulso N es:

$$N = \frac{N_0}{1 - \tau \cdot N_0}$$

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 Física de Estado Sólido con Rayos-X	09125-88	1

PHYWE



Montaje y ejecución

Montaje

PHYWE

Colocar el tubo de contador directamente en el haz primario con la ayuda del soporte del tubo de contador o con el goniómetro. Introducir el tubo de diafragma con un diámetro de 1 mm en la salida del haz de la unidad de enchufe del tubo para la colimación de los rayos X. De este modo, se protege una gran parte de la radiación. Como alternativa, el tubo contador también se puede desplazar fuera del haz primario. Conectar el tubo contador a través del cable BNC al MultiLINK.

Ejecución (1/3)

PHYWE

Procedimiento sin ordenador

- Ajustar la tensión y la intensidad del ánodo en el menú "Parámetros de rayos X". Seleccionar una tensión de 35 kV y una intensidad de corriente de 0,02 mA. Esto da como resultado una tasa de recuento de aproximadamente 1.500 pulsos por segundo, que es suficiente para la medición sin desgastar el tubo contador.
- En "Menú", seleccionar "Ajustes" en la pantalla.
- En la siguiente ventana, seleccionar "Tensión GM" y ajustar el valor deseado con la ayuda de las teclas de flecha.
- El tiempo de promediación de los impulsos/segundo debe ajustarse en "Menú", "Ajustes", "Tiempo de puerta". Se recomienda ajustar un tiempo de puerta de aproximadamente 10 segundos para evitar desviaciones estadísticas.
- Anotar la tasa de recuento a una tensión del tubo contador entre 300 y 600 V en pasos de 10 V. En el punto de inflexión, utilizar pasos más pequeños (1 V).

Ejecución (2/3)

PHYWE

Procedimiento asistido por ordenador

- Conectar la unidad de rayos X mediante un cable USB al puerto USB del ordenador (el puerto correcto de la unidad de rayos X está marcado en la fig. 3).
- Se puede controlar la unidad de rayos X haciendo clic en las distintas características de la unidad de rayos X virtual y debajo de ella. También se pueden cambiar los parámetros en la unidad de rayos X real. El programa adoptará automáticamente los ajustes. Si se hace clic en la pantalla de la unidad de rayos X virtual (ver la marca roja en la figura 4), se podrán modificar los parámetros de los experimentos (figura 5). Hacer clic en el tubo de rayos X para cambiar el voltaje y la corriente del tubo de rayos X. Seleccionar los ajustes como se muestra en la figura 6.
- Anotar la tasa de recuento a una tensión del tubo contador entre 300 y 600 V en pasos de 10 V. En el punto de inflexión, utilizar pasos más pequeños (1 V).



Fig. 3: Conexión del ordenador

Ejecución (3/3)

PHYWE



Fig. 4: Parte de la interfaz de usuario del software



Fig. 5: Ajustes de la tensión GM

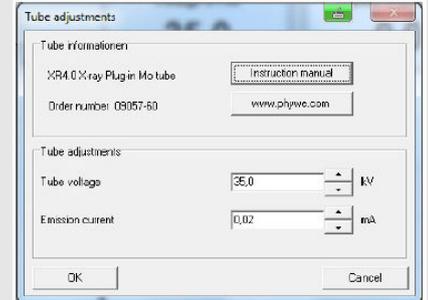


Fig. 6: Ajustes de tensión y corriente

PHYWE



Resultados

Tarea 1

PHYWE

GM voltage/V	Pulses/s
300	0
325	0
330	0
331	0
332	0
333	25
334	911
335	1174
336	1174
337	1152
338	1154
350	1150
400	1147
450	1151
500	1150
550	1148
600	1150

Tabla 1: Valores

La posición de la meseta varía de un tubo contador a otro.

El siguiente resultado es un ejemplo y, por lo tanto, los valores de medición reales pueden ser diferentes.

Los valores medidos se muestran en la Tabla 1 y el resultado se representa en forma de gráfico en la figura 7. No es hasta una tensión de 336 V que los impulsos llegan al ánodo. A esto le sigue la meseta. Como todo lo que supere la tensión de meseta dañaría el tubo contador, no está previsto (y tampoco es posible) aplicar una tensión superior a 600 V.

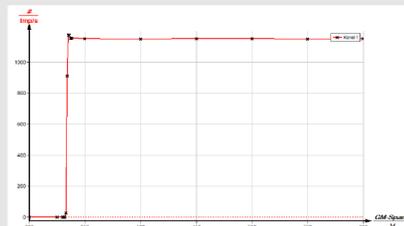


Fig. 7: Frecuencia de impulsos en función de la tensión del tubo contador