

TAREAS

- Análisis de la desviación de un haz de electrones en un campo magnético.
- Estimación de la carga específica del electrón.
- Análisis de la desviación de un haz de electrones en un campo eléctrico.
- Montaje de un filtro de velocidad a partir del cruce de un campo eléctrico y uno magnético.

OBJETIVO

Análisis de la desviación de los electrones en un campo eléctrico y en un campo magnético

RESUMEN

En el tubo de Thomson, la desviación vertical de un haz horizontal de electrones se vuelve visible sobre una pantalla luminiscente. La desviación se puede provocar por medio de un campo eléctrico vertical o por medio de un campo magnético horizontal que, en el plano horizontal, se encuentre en posición perpendicular al sentido del haz.

EQUIPO REQUERIDO

Número	Aparato	Artículo N°
1	Tubo de Thomson S	1000617
1	Soporte de tubos S	1014525
1	Par de bobinas de Helmholtz S	1000611
1	Fuente de alta tensión, 5 kV (230 V, 50/60 Hz)	1003310 o
	Fuente de alta tensión, 5 kV (115 V, 50/60 Hz)	1003309
1	Fuente de alimentación de CC 0 – 500 V (230 V, 50/60 Hz)	1003308 o
	Fuente de alimentación de CC 0 – 500 V (115 V, 50/60 Hz)	1003307
1	Juego de 15 cables de experimentación de seguridad, 75 cm	1002843

2

FUNDAMENTOS GENERALES

Los electrones atraviesan el tubo de Thomson, en sentido horizontal, por un diafragma hendido, ubicado detrás del anodo y llegan a una pantalla luminiscente colocada en posición oblicua a la trayectoria del haz, lo cual la vuelve visible. Un condensador de placas se encuentra colocado por detrás del diafragma hendido, en cuyo campo eléctrico vertical los electrones se desvían en este mismo sentido. Adicionalmente, con el empleo de las bobinas de Helmholtz, se puede crear un campo magnético de trayectoria horizontal en el que los electrones también se ven desviados en sentido vertical.

La fuerza de Lorentz actúa sobre un electrón que atraviesa un campo magnético B con una velocidad v :

$$(1) \quad F = -e \cdot v \times B$$

e : Carga elemental

en sentido perpendicular al plano creado por el sentido del movimiento y el campo magnético. La desviación se realiza en sentido vertical si el sentido del movimiento de los electrones, al igual que el campo magnético, se encuentran en el plano horizontal (ver Fig. 1). Si el sentido del movimiento es perpendicular al campo magnético homogéneo, los electrones se ven forzados a adoptar una órbita cuya fuerza centrípeta viene dada por la ley de fuerza de Lorentz:

$$(2) \quad m \cdot \frac{v^2}{r} = e \cdot v \cdot B$$

m : Masa de electrones, r : Radio de la órbita.

La velocidad de los electrones depende de la tensión anódica U_A . Es válido:

$$(3) \quad v = \sqrt{2 \cdot \frac{e}{m} \cdot U_A}$$

De esta manera, a partir del radio de la órbita, se puede determinar la carga específica del electrón, si se conoce el campo magnético homogéneo B y la tensión anódica U_A . A partir de (2) y (3) se deduce la carga específica del electrón:

$$(4) \quad \frac{e}{m} = \frac{2 \cdot U_A}{(B \cdot r)^2}$$

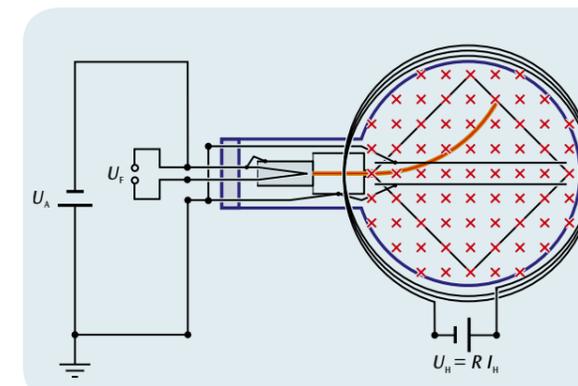


Fig. 1: Representación esquemática del tubo de Thomson en el campo magnético

Si se aplica una tensión U_p en el condensador de placas, en su campo eléctrico vertical E , los electrones se verán desplazados por la fuerza:

$$(5) \quad F = -e \cdot E$$

e : Carga elemental

igualmente en sentido vertical (ver Fig. 2). El campo eléctrico se puede, por tanto, seleccionar de tal manera que compense exactamente la desviación producida en el campo magnético:

$$(6) \quad e \cdot E + e \cdot v \cdot B = 0$$

En este caso, se puede determinar sencillamente la velocidad de los electrones. Es válido:

$$(7) \quad v = \frac{E}{B}$$

Por esta razón, una estructura formada por el cruce del campo eléctrico y el magnético, en la que la desviación de los electrones se compense con un valor de cero, se conoce como filtro de velocidad.

EVALUACIÓN

En un par de bobinas de Helmholtz se genera el campo magnético B y éste es proporcional a la corriente I_H que circula en una bobina individual. Se puede calcular el factor de proporcionalidad k a partir del radio de la bobina $R = 68 \text{ mm}$ y el número de espiras $N = 320$ de cada bobina:

$$B = k \cdot I_H \text{ en donde } k = \left(\frac{4}{5}\right)^2 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}} \cdot \frac{N}{R}$$

El campo eléctrico se puede calcular a partir de la tensión U_p y de la distancia d entre placas:

$$E = \frac{U_p}{d}$$

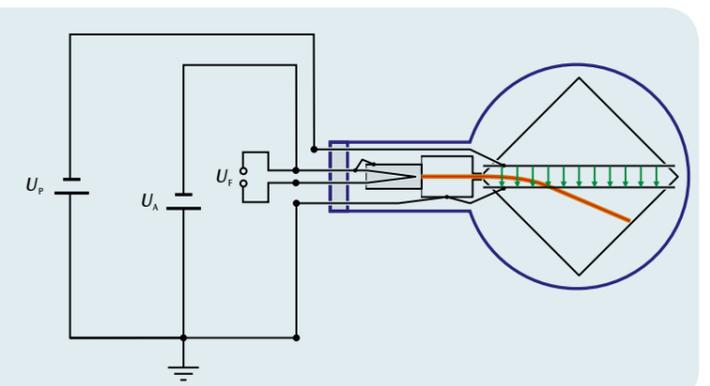


Fig. 2: Representación esquemática del tubo de Thomson en el campo eléctrico