

-25-

MEDIDA DE LA CARGA ESPECÍFICA DEL ELECTRÓN

OBJETIVO

- Medir la relación carga-masa del electrón midiendo el radio de la trayectoria que sigue un haz de electrones en un campo magnético.

MATERIAL

Tubo de rayos catódicos.

- Fuente de alimentación de filamento de 6.3 voltios.
- Fuente de alimentación de ánodo 0 a +250 V c.c.
- Fuente de alimentación de rejilla (-50 a 0 V) c.c
- Amperímetro.
- Voltímetro.
- Carretes de Helmholtz.
- Fuente de alimentación de los carretes.

NOTA 1: las conexiones eléctricas de este experimento ya están realizadas, pero no deben encender las fuentes de alimentación del equipo sin la supervisión del tutor responsable de la práctica.

FUNDAMENTO TEÓRICO

Cuando una carga puntual q se mueve con velocidad \vec{v} en el interior de un campo magnético \vec{B} , ésta experimenta una fuerza (fuerza de Lorentz) perpendicular al plano que contiene a \vec{v} y a \vec{B} que tiene por módulo $F = q v B \sin \varphi$ según la expresión:

$$\vec{F} = q \vec{v} \times \vec{B} \quad (1)$$

donde φ es el ángulo formado por los vectores \vec{v} y \vec{B} . Esta fuerza imprime a la partícula un movimiento de rotación que, en el caso en el que $\sin \varphi = 1$, es una circunferencia de radio r . Entonces se verifica que:

$$m v^2 / r = q v B \quad (2)$$

de dónde se deduce

$$q / m = v / r B \quad (3)$$

Esta última expresión permite hallar el cociente carga/masa de una partícula midiendo el radio de la trayectoria descrita por ésta cuando entra en un campo magnético B con velocidad v perpendicular al mismo; en particular, para un electrón, el cociente entre su carga e y su masa m_e . La primera medida de esta magnitud la realizó J.J. Thomson en 1897.

MÉTODO

El dispositivo experimental está compuesto por un tubo de rayos catódicos que consta de un cañón de electrones y una ampolla transparente que tiene Ar como gas de llenado. El cañón de electrones está formado por un filamento que calienta un material que actúa de cátodo emitiendo electrones por efecto termoiónico y una placa metálica, a la que se aplica un potencial positivo, que es el ánodo. Entre ambos electrodos, y cerca del cátodo, se coloca un segundo electrodo (rejilla) que sirve para controlar el paso de electrones hacia el ánodo. El ánodo tiene un pequeño orificio que permite al haz de electrones entrar en la ampolla de cristal. Los electrones interactúan con los átomos de Ar formando iones que, al recombinarse, emiten luz haciendo visible la trayectoria dentro de la ampolla.

Todo el conjunto se coloca en el centro de dos carretes de Helmholtz que proporcionan un campo magnético uniforme en la región en la que se realizarán las medidas (Figura 1). Si llamamos V_a a la diferencia de potencial que establecemos entre cátodo y ánodo, el principio de conservación de la energía nos permite conocer la velocidad v con la que entra el electrón en el campo magnético a partir de la expresión:

$$m_e \frac{v^2}{2} = eV_a \quad (4)$$

Por otra parte, el campo creado por una espira circular de radio R en su eje (Práctica 20) es:

$$B = \frac{\mu_0 I R^2}{2\sqrt{(x^2 + R^2)^3}} \quad (5)$$

donde x es la distancia al centro y $\mu_0 = 1.257 \times 10^{-6}$ T.m/A.

Según la expresión (5), una bobina de N espiras de radio R creará un campo a una distancia $x = R/2$ de:

$$B = \frac{\mu_0 N I}{2R} \left(\frac{4}{5}\right)^{\frac{3}{2}} \quad (6)$$

Los carretes de Helmholtz están formados por dos bobinas de radio R de N espiras cada una, separadas entre sí una distancia también R . Teniendo en cuenta la expresión (6), el campo resultante en el centro del eje será la suma del de cada una de ellas. Si se conectan en serie, la misma intensidad I circulará por cada una, por lo que el campo será el doble de (6), es decir:

$$B = 0,716 \frac{\mu_0 N I}{R} \quad (7)$$

En este caso, $N = 154$ espiras y $R = 0.2$ m.

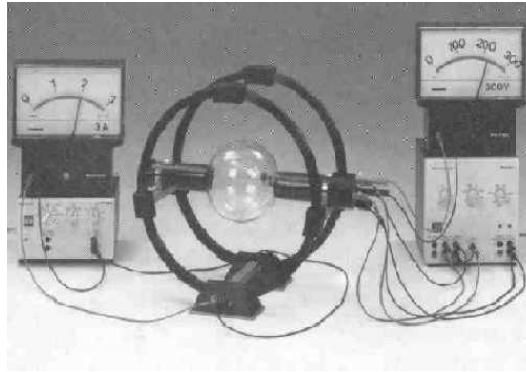


Figura 1

MODO DE OPERAR

Se caldea el cátodo durante unos minutos conectando la fuente de alimentación del filamento de 6.3 V. Se ajusta la tensión de la fuente de rejilla a -50 V y la de ánodo (0 a +250 V). Se hace circular corriente por los carretes cuidando de que no exceda de 3 A, de forma que la circunferencia descrita por los electrones alcance un radio de 2, 3, 4 ó 5 cm. En estos puntos, el haz de electrones choca con una barrita situada en el interior de la ampolla donde está depositada una sustancia fluorescente, de manera que el punto de impacto se visualiza fácilmente.

Despejando la velocidad del electrón de la expresión (4) y sustituyendo en (3) se tiene:

$$\frac{e}{m_e} = \frac{2V_a}{B^2 r^2} \quad (8)$$

Midiendo I con el amperímetro, la expresión (7) nos dará el campo magnético. La lectura del voltímetro corresponderá al potencial de ánodo. Sabiendo r , la ecuación (8) nos dará el cociente e/m buscado.

RESULTADOS EXPERIMENTALES

1. Para cada uno de los potenciales siguientes aplicados al ánodo (130, 160, 200 y 240 V), variar la intensidad que circula por los carretes hasta que el haz describa radios de 2, 3, 4 y 5 cm (recuerden no sobrepasar los 3 A de intensidad, por lo que a partir de los 130 V de ánodo la circunferencia mínima con la que se trabaje deberá ser la de 3 cm o segunda barrita). Medir la intensidad I en cada caso. Realizar una tabla para cada potencial en la que se incluyan los valores de I , r y e/m_e junto con su incertidumbre.

NOTA 2: e/m_e es una medida indirecta, puesto que se determina a partir de una expresión matemática que relaciona otras magnitudes ya medidas (ecuación 8). Su incertidumbre, por lo tanto, se calcula a partir de la de B , r y V_a siguiendo la propagación de incertidumbres dada en clase (consideren el número N de espiras de los carretes, su radio R y μ_0 con incertidumbre despreciable).

2. Teniendo en cuenta los resultados experimentales de las tablas del apartado anterior, responda a las siguientes cuestiones:
 - a. Si, para un potencial de ánodo fijo, aumentamos la corriente que circula por los carretes, ¿aumenta o disminuye el radio de la circunferencia descrita?
 - b. Si, para una intensidad en los carretes fija, aumenta el potencial de ánodo, ¿qué sucede con el radio de la circunferencia?
 - c. ¿Cuál es la explicación de estos hechos?

3. Sabiendo que la carga del electrón es de 1.602×10^{-19} C y su masa 9.108×10^{-31} kg, comparar su cociente con los resultados anteriores. ¿Cuál de los resultados obtenidos es más exacto y cuál es más preciso?