



LABORATORIO DE FÍSICA

GRUPO N° 5

CURSO: Z2012

PROFESOR: EDUARDO PIÑEIRA

JTP: CARLOS ELIZALDE

ATP: MARIANO ALONSO, RODOLFO DELMONTE, AGUSTÍN GIOIOSO

ASISTE LOS DÍAS: JUEVES

EN EL TURNO: MAÑANA

TRABAJO PRÁCTICO N°: 8

TÍTULO: RAYOS

INTEGRANTES PRESENTES EL DÍA QUE SE REALIZÓ

SPILERE, SANTINO	BONILLA BAFFICO, LARA
ENRIQUE, LAUREANO	REVELLI, BAUTISTA
COLOTTO, NAHUEL	

	FECHAS	FIRMA Y ACLARACIÓN DEL DOCENTE
REALIZADO EL		
CORREGIDO		
APROBADO		

INDICACIONES PARA LAS CORRECCIONES:

--

Objetivos

Determinar experimentalmente la relación carga masa (e/m) del electrón utilizando un tubo de rayos filiformes y bobinas de Helmholtz.

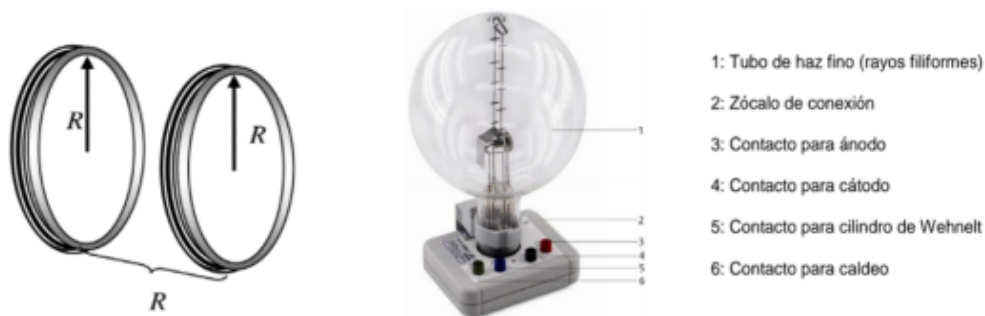
Descripción del equipo a utilizar

El tubo de rayos filiformes sirve para el estudio de la desviación de rayos de electrones en un campo magnético homogéneo, utilizando un par de bobinas conectadas en la configuración Helmholtz, así como para la determinación de la carga específica del electrón.

Dentro de una cámara esférica verticalmente orientada que contiene gas inerte a baja presión () está montado horizontalmente un cañón de electrones, que se compone de un cátodo de caldeo indirecto, un cilindro de Wehnelt y un ánodo con un orificio central.

Las bobinas de Helmholtz son las encargadas de producir un campo magnético homogéneo perpendicular al rayo de electrones del cañón cuando una corriente pasa a través de ellas.

Los electrones, al salir del cañón, colisionan con los átomos del gas y los ionizan, originando un trazo luminoso bien definido cuya trayectoria (originalmente rectilínea) se ve afectada por el campo magnético, volviéndose circular



El punto medio del segmento determinado por los centros de las bobinas está ubicado a una distancia de cada bobina. La intensidad del campo magnético en dicho punto es:

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

Con los datos de nuestro equipo:

N: número de espiras = 124

R: radio de las bobinas = $150 \cdot 10^{-4} \text{ T A i h}$

$$B = 7,433 \cdot 10^{-4} \frac{T}{A} i_H$$

Siendo i la corriente que circula por las bobinas

Fundamentos básicos

Sabemos que la ecuación de la Fuerza magnética es:

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

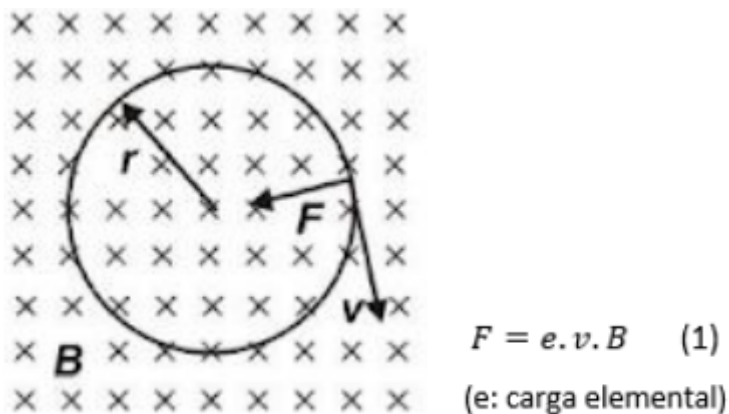
Donde:

q : carga sobre la que actúa la fuerza magnética

v : velocidad a la que se mueve la carga q

B : campo magnético en el que se mueve la carga

Sobre un electrón que se mueve a una velocidad perpendicular al campo magnético uniforme actúa la fuerza de Lorentz en dirección perpendicular a la velocidad y al campo. El modulo de dicha fuerza es::



Al ser esta fuerza la única con un efecto relevante sobre el electrón, lo obliga a recorrer una trayectoria circular de radio con aceleración centrípeta $a = v^2 / r$. Por aplicación de la 2ª ley de Newton obtenemos:

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

(m: masa del electrón)

Igualando (1) y (2):

$$e \cdot B = \frac{m \cdot v}{r} \rightarrow \left(\frac{e}{m}\right)^2 = \frac{v^2}{(r \cdot B)^2} \quad (3)$$

Los electrones son acelerados por el potencial (U) del ánodo, que corresponde a la tensión aplicada sobre los electrodos. La energía cinética resultante es:

$$U \cdot e = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \rightarrow v^2 = 2U \frac{e}{m} \quad (4)$$

Finalmente, reemplazando (4) en (3)

$$\frac{e}{m} = \frac{2U}{(r \cdot B)^2} \quad (5)$$

Introducción teórica

En principio, la ley de Lorentz establece que una partícula cargada (denominada “q”) que circula a una velocidad perpendicular en un campo magnético, sufrirá la acción de una fuerza magnética denominada fuerza de Lorentz en dirección perpendicular a la velocidad y al campo magnético.

Como $\theta = 90^\circ$, siendo θ el ángulo entre el vector velocidad y el vector campo magnético, el módulo de la fuerza de Lorentz es: $F = q \cdot v \cdot B$. Como la fuerza magnética es perpendicular a la velocidad, ésta cambia la trayectoria de la carga en el campo magnético (cambia la dirección de la velocidad de la carga y no su magnitud, manteniéndose siempre perpendicular a ella) describiendo como resultado una órbita circular de un radio específico R (un movimiento circular uniforme).

Para un movimiento circular la fuerza centrípeta es:

$$F = (m \cdot v^2) / R$$

Y como la fuerza centrípeta es dada por la fuerza magnética:

$$q \cdot v \cdot B = (m \cdot v^2) / R$$

$$R = (m \cdot v) / (q \cdot B)$$

La demostración experimental puede verse utilizando un dispositivo llamado “Tubo de Rayos Filiformes” que sirve para el estudio de la desviación de rayos de electrones en un campo magnético homogéneo. Este consiste en una cámara esférica verticalmente orientada que contiene gas inerte a baja presión (dentro de ella está montado horizontalmente un cañón de electrones) y dos bobinas conectadas en la configuración de Helmholtz que producen un campo magnético uniforme perpendicular al cañón de electrones cuando una corriente pasa a través de ellas. Cuando el cañón de electrones se enciende uno puede ver un anillo brillante dentro de la bombilla. Esto se debe a que los electrones interactúan con electrones atómicos de gas estimulándolos y, cuando se desestimulan, éstos últimos emiten radiación individualmente que puede ser vista colectivamente como luz en forma de anillo. El “Tubo de Rayos Filiformes” puede utilizarse también para la determinación de la carga específica del electrón. La relación carga masa (q/m) del electrón fue medida en 1897 por Sir Joseph John Thomson, quien realizó una serie

de experimentos trascendentales, de resultados fundamentales para la comprensión del electrón y de la naturaleza eléctrica de la materia. Midió la relación carga masa para el electrón usando un dispositivo llamado selector de velocidades.

Thomson sometió a los electrones a la acción de campos eléctricos y magnéticos. Entonces observó que experimentaban una desviación paralela al campo eléctrico aplicado (lejos del electrodo negativo) y perpendicular al campo magnético aplicado. Pudo así medir cuánto se desviaban de su trayectoria original, lo que le permitió medir la relación carga/masa. Esa relación para el electrón tiene un valor de $1,76 \cdot 10^{11} \text{C/kg}$.

Las bobinas de Helmholtz son bobinas circulares útiles para conseguir un campo magnético bastante uniforme en el laboratorio, colocándolas sobre un eje común con corrientes iguales fluyendo en el mismo sentido. Para un radio de bobina dada, se puede calcular la separación necesaria para conseguir el más uniforme campo central. Esta separación es igual al radio de las bobinas. Abajo se ilustra las líneas de campo magnético para esta geometría

Desarrollo

- Se aplica una tensión de calefacción de, por ejemplo, 7,5 V. (La tensión de calefacción debe de estar por debajo de 10,6 V).
- levemente aumentamos la tensión hasta aproximadamente 210 V (el haz de electrones es inicialmente horizontal y se hace visible en forma de una luz naranja tenue).
- Es elegida la tensión de Wehnelt (salida de 0 a 50 V) tratando de lograr que se vea un trazo luminoso fino y angosto.
 - Se ajusta la corriente de las bobinas (i_H) hasta que el radio de la órbita quede en, por ejemplo, 5 cm. Anotamos los valores de ajuste.
 - Procedemos a realizar 2 mediciones adicionales, reduciendo la tensión. En pasos de aproximadamente 25 V, en cada caso, seleccionamos la corriente de la bobina de manera que el radio se mantenga constante en el valor elegido y anotamos estos valores.
 - realizamos las mismas mediciones para los radios de órbita circular de 4 cm y 3 cm.

Resultados obtenidos y análisis

$B = 7,433 \cdot 10^{-4} \text{ i.H.}$

65 7/7

$r = 0,05 \text{ m}$

2 U	i _H	B ² r ²
Volt	A	T ² m ²
403,2	1,3	2,33 · 10 ⁻⁹
332,6	1,17	1,89 · 10 ⁻⁹
269,4	1,05	1,52 · 10 ⁻⁹

↳ 134,7
↳ 269,4

$r = 0,04 \text{ m}$

2 U	i _H	B ² r ²
Volt	A	T ² m ²
371,8	1,54	2,1 · 10 ⁻⁹
292,8	1,36	1,64 · 10 ⁻⁹
201,8	1,16	2,126 · 10 ⁻⁹

↳ 403,6

$r = 0,03 \text{ m}$

2 U	i _H	B ² r ²
Volt	A	T ² m ²
404	2,13	2,26 · 10 ⁻⁹
352,4	2,03	2,04 · 10 ⁻⁹
264,4	1,76	1,54 · 10 ⁻⁹

R= 0,05 m

2 U	I _H	B ² R ²
Volt	A	T ² m ²
103,2	1,3	2,334 x 10 ⁻⁹
332,6	1,17	1,89 x 10 ⁻⁹
269,4	1,05	1,52 x 10 ⁻⁹

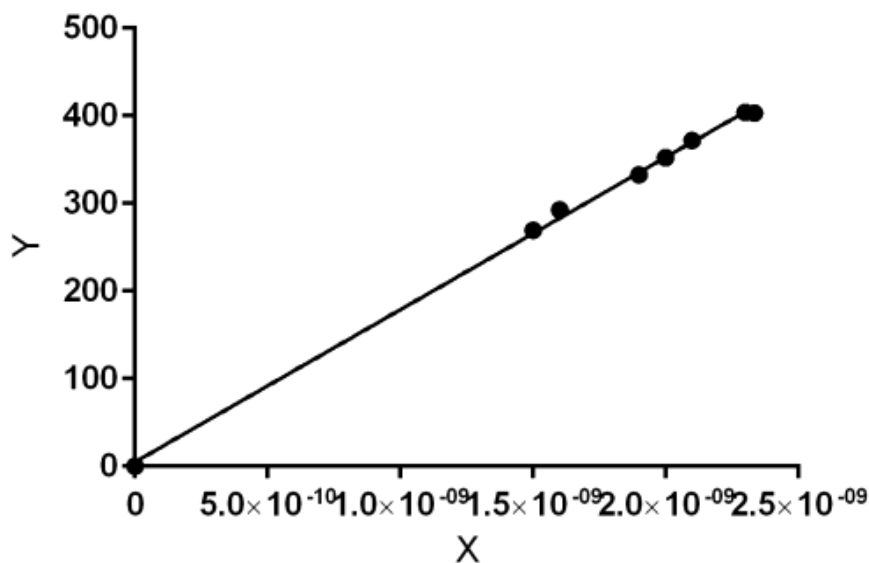
R= 0,04 m

2 U	I _H	B ² R ²
Volt	A	T ² m ²
371,8	1,54	2,1 x 10 ⁻⁹
292,8	1,36	1,64 x 10 ⁻⁹
403,6	1,6	2,26 x 10 ⁻⁹

R= 0,03 m

2 U	I _H	B ² R ²
Volt	A	T ² m ²
404	2,13	2,26 x 10 ⁻⁹
352,4	2,03	2,05 x 10 ⁻⁹
264,4	1,76	1,54 x 10 ⁻⁹

Gráfico



$$X = B^2 r^2 [X] = T^2 m^2 \quad Y = 2U [Y] = V$$

Escala:

$$0, 50 \times 10^{-9} \text{ T}^2 \text{ m}^2 / \text{cm}$$

$$45 \text{ V/cm}$$

$$R^2 = 0,9984$$

Resultados

Pendiente o valor representativo de e/m:

$$e/m_0 = 1,739 \times 10^{11} \text{ C/kg}$$

Desvío o error absoluto de e/m

$$\Delta e/m = 2,44 \times 10^9 \text{ C/kg}$$

Resultado final:

$$e/m = (1,739 \times 10^{11} \pm 2,44 \times 10^9) \text{ C/kg}$$

Conclusión

Mediante esta investigación pudimos analizar que ocurre cuando una partícula cargada se mueve en un campo magnético que, por la Ley de Lorentz, sufrirá la acción de una fuerza perpendicular a su velocidad cambiando solo su dirección. Además se logró apreciar cómo por medio de un despeje se llega a relacionar la carga de la masa y como esta se modifica cuando variamos el flujo magnético o la tensión.