

## Objetivos

1. Observar y describir la interacción entre cargas eléctricas en movimiento y campos magnéticos creados por bobinas.
2. Determinar qué clase de partícula emite un filamento al calentarse midiendo su relación carga – masa.

## Esquema del laboratorio y Materiales

Equipo requerido	Cantidad	Observaciones
Bobina de Helmholtz	1	
Fuente de 6,3 VCD o C.A	1	
Fuente de 0-300 VCD	1	
Fuente de 6-9 VCD; 2 A	1	
Cables para conexión	6	
Aparato experimental para instalación de las bobinas	1	

## Marco teórico

### BOBINAS DE HELMHOLTZ

Las bobinas de Helmholtz consisten en dos bobinas circulares de radio “ $R$ ” y separadas por una distancia igual a su radio. Si ambas espiras tienen un número de arrollamiento igual a “ $N$ ” y por ambas espiras circula una corriente “ $I$ ” (en el mismo sentido), se tiene que el campo magnético en el centro de las espiras es constante.

Cuando por las bobinas circula una corriente directa y constante se crea un campo magnético aproximadamente uniforme en su interior (representado por “ $x$ ” en la **figura 1**) que se puede calcular con la siguiente expresión:

$$B = \frac{8\mu_0 NI}{\sqrt{125} R} \quad (8.1)$$

Dónde:

- $N$  = Número de vueltas de la bobina de Helmholtz.



- $R$  = Radio de la bobina de Helmholtz.
- $\mu_0$  = Constante de permeabilidad (espacio libre),  $4\pi * 10^{-7}$  T.m/A.
- $I$  = Corriente a través de la bobina de Helmholtz.

(Las bobinas que se utilizaran para la práctica tienen las siguientes características:  $N = 130$  y  $R = 15$ .)

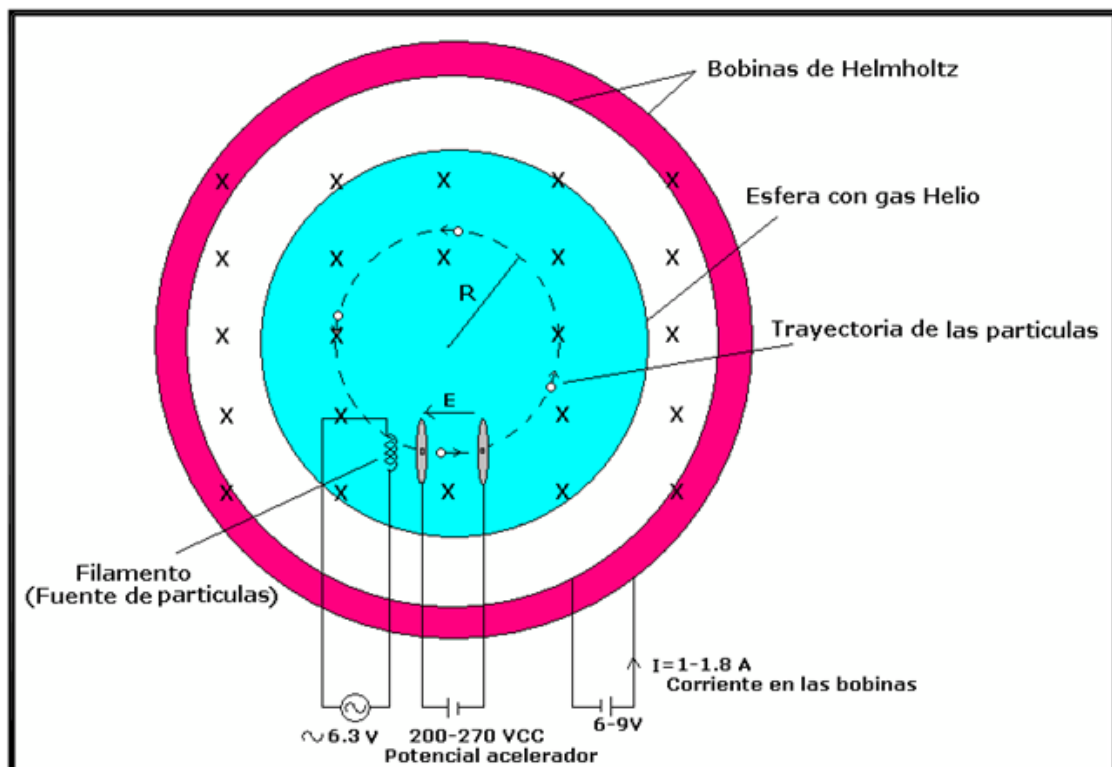


Figura 1. Bobinas de Helmholtz. Montaje experimental.



### **ELECTRONES ACELERADOS POR EL CAMPO ELÉCTRICO**

Cuando se calienta el filamento por la fuente de corriente alterna, este emite partículas, tal como se evaporan las moléculas de un líquido al calentarse. Este fenómeno se llama **emisión termoiónica**. El potencial acelerador crea un campo eléctrico entre el ánodo y el cátodo que acelera las partículas emitidas por el filamento. Si las partículas parten del reposo, al final de la región de campo eléctrico tendrán una velocidad “ $v$ ”, donde la energía cinética “ $\Delta E_k$ ” ganada, será igual a la energía potencial eléctrica perdida “ $\Delta U$ ”:

$$\Delta U = \Delta E_k \quad (8.2)$$

Es decir;

$$qV = \frac{1}{2}mv^2 \quad (8.3)$$

Dónde:

- $V$  = Diferencia de potencial entre el ánodo y el cátodo (igual a la fuente de alimentación).
- $q$  = Carga de las partículas emitidas por el filamento.
- $m$  = Masa de las partículas emitidas por el filamento.

### **PARTÍCULA CARGADA ENTRANDO AL CAMPO MAGNÉTICO**

Cuando las partículas salen del campo eléctrico entran al campo magnético “ $\vec{B}$ ” creado por las bobinas de Helmholtz. La fuerza magnética “ $\vec{F}_m$ ” que actúa sobre cada una de las partículas, cuando entra con una velocidad “ $\vec{v}$ ” en el campo magnético está dada por

$$\vec{F}_m = q\vec{v} \times \vec{B} \quad (8.4)$$

Si el vector velocidad de la partícula es perpendicular al vector del campo magnético, la magnitud de la fuerza magnética será:

$$F_m = qvB \quad (8.5)$$



Bajo estas condiciones la partícula se moverá en una trayectoria circular de radio  $r$ , experimentando una fuerza centrípeta de la forma:

$$F_c = \frac{mv^2}{r} \quad (8.6)$$

Quien obliga a la partícula a moverse en la trayectoria circular es el campo magnético, entonces la fuerza centrípeta en este caso es la fuerza magnética, es decir:

$$F_c = F_m \quad (8.7)$$

Así de las ecuaciones **(8.3)** y **(8.7)** se puede extraer la siguiente relación:

$$r^2 = \frac{2}{B^2} \frac{m}{q} V \quad (8.8)$$

## Cuestionario

Este cuestionario debe desarrollarse antes de la realización de la práctica y debe entregarse en el preinforme según indicaciones del docente.

1. De una descripción de las bobinas de Helmholtz y de su utilidad.
2. De la ecuación **(8.8)**, encuentre la relación carga-masa " $q/m$ ".
3. Consultar los valores de la relación carga-masa para las partículas fundamentales más importantes (Ej: electrones, protones, y otras). ¿por qué es importante esta relación para las partículas atómicas?
4. Consultar y describir el experimento histórico de Thomson para la medida de la relación carga-masa.
5. Consultar las unidades para el campo magnético y su relación entre ellas (Tesla, Gauss, Weber/m<sup>2</sup>, Maxwell).



## Procedimiento

1. Realice las conexiones de las fuentes de voltaje como se indica en la **figura 1**.
2. Encienda la fuente que calienta el filamento y asegúrese de que éste se coloca de color rojo.
3. Encienda la fuente para el potencial acelerador y ajuste inicialmente un voltaje de 100V. Debe observar una huella recta de las partículas en el gas Helio al ser acelerados por el campo eléctrico.
4. Encienda la fuente para las bobinas de Helmholtz en un rango de voltaje entre 6V – 9V y ajuste inicialmente una corriente de 1A. Debe observar a los electrones describir una trayectoria circular.
5. Mantenga la misma corriente en las bobinas de 1A. Mida el radio de la trayectoria circular del haz electrónico para potenciales de aceleración de 100, 120, 140 y 160V. Registre los datos obtenidos en la **tabla 1**.
6. Repita los pasos anteriores para corrientes de 1,4A y 1,8A en la bobina de Helmholtz y complete la **tabla 1**.
7. Determine los valores para el campo magnético con la expresión **(8.1)** empleado los valores de las corrientes registradas en la **tabla 1**. Introduzca estos valores para campo magnético en la **tabla 2**.
8. Tome los valores de radio “r” presentes en la **tabla 1**, eleve al cuadrado y registre en la **tabla 2** para cada caso.
9. Utilice la expresión **(8.8)** para determinar la relación “ $q/m$ ” en (en C/Kg) para cada valor de campo magnético con su respectivo radio y potencial.



10. Calcule el promedio de la relación “ $q/m$ ” para cada caso y complete con estos datos la **tabla 2**.

**Análisis de datos**

V(V)	$I_1 = 1.0A$	$I_2 = 1.4A$	$I_3 = 1.8A$
	r(m)	r(m)	r(m)
100			
120			
140			
160			

**Tabla 1. Radio de la trayectoria circular del electrón en función del potencial de aceleración para diferentes corrientes en las bobinas.**

V (v)	$B_1 =$	$q/m$ (C/Kg)	$B_2 =$	$q/m$ (C/Kg)	$B_3 =$	$q/m$ (C/Kg)
	$r^2(m^2)$		$r^2(m^2)$		$r^2(m^2)$	
100						
120						
140						
160						
		Prom=		Prom=		Prom=

**Tabla 2. Relación carga-masa**

1. Registre el promedio final de la relación “ $q/m$ ”

Promedio final  $q/m$  (C/Kg) = \_\_\_\_\_



2. Trace una curva de " $r^2$ " en función del potencial " $V$ " para cada corriente utilizada en la bobina de Helmholtz, empleando los datos de la **tabla 2**.
3. Determine la pendiente de las tres gráficas obtenidas con el numeral anterior.
4. Utilice las tres pendientes obtenidas en el numeral anterior y junto con su respectivo campo magnético (Campo magnético registrado en la **tabla 2** para cada caso  $B_1, B_2$  y  $B_3$ ) calcule el valor para " $q/m$ " en (C/Kg) para cada corriente utilizada y promedie.
5. Identifique en una tabla establecida de relaciones " $q/m$ " la clase de partículas que emite el filamento al calentarse. **¿Es la partícula que esperada?**
6. Compare los dos valores para la relación " $q/m$ " obtenidos experimentalmente (valor obtenido con los datos de la **tabla 2** y valor obtenido con la curva de " $r^2$ " en función del potencial " $V$ ") con el valor para la relación " $q/m$ " establecido.
7. Calcule los porcentajes de error respectivos del numeral anterior y explique las posibles fuentes de error.

### Preguntas de control

1. A partir de los valores de la relación carga-masa de las partículas fundamentales estudiadas según el cuestionario planteado previo a la práctica y el promedio final calculado en el inciso 1 del análisis de datos identifique la partícula presente en el experimento.
2. Explique con sus palabras el experimento estudiado.

### Conclusiones y observaciones

Las conclusiones se deben formular de los resultados obtenidos en la practica.

### Bibliografía