

**LABORATORIO DE FÍSICA****GRUPO N° 2****CURSO: Z2574****PROFESOR: Maximiliano Riveyro****JTP: Carlos Elizalde****ATP: Santiago Berazategui, Eduardo Orgeira, Javier Pisani Díaz****ASISTE LOS DÍAS: Martes y Viernes****EN EL TURNO: Noche****TRABAJO PRÁCTICO N°: 8****TÍTULO: Tubo de Rayos Filiformes****INTEGRANTES PRESENTES EL DÍA QUE SE REALIZÓ**

Lopez Camila

Rodriguez Leandro

Magarzo Matias

Tamborini Agustin

Molina Francisco

	FECHAS	FIRMA Y ACLARACIÓN DEL DOCENTE
REALIZADO EL	08/11/2022	
CORREGIDO		
APROBADO		

**INDICACIONES PARA LAS CORRECCIONES:**

# ÍNDICE

<b>Objetivos:</b>	<b>3</b>
<b>Materiales Utilizados:</b>	<b>3</b>
<b>Introducción teórica:</b>	<b>4</b>
<b>Desarrollo del experimento</b>	<b>5</b>
Desarrollo de Ecuaciones	5
Cálculo de las Relaciones Carga / Masa	6
<b>Resultados y cálculos</b>	<b>7</b>
Mediciones	7
<b>Conclusiones</b>	<b>9</b>

## Objetivos:

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

## Materiales Utilizados:



1 - Tubo de haz fino (rayos filiformes)

2 - Zócalo de conexión

3 - Contacto para ánodo

4 - Contacto para cátodo

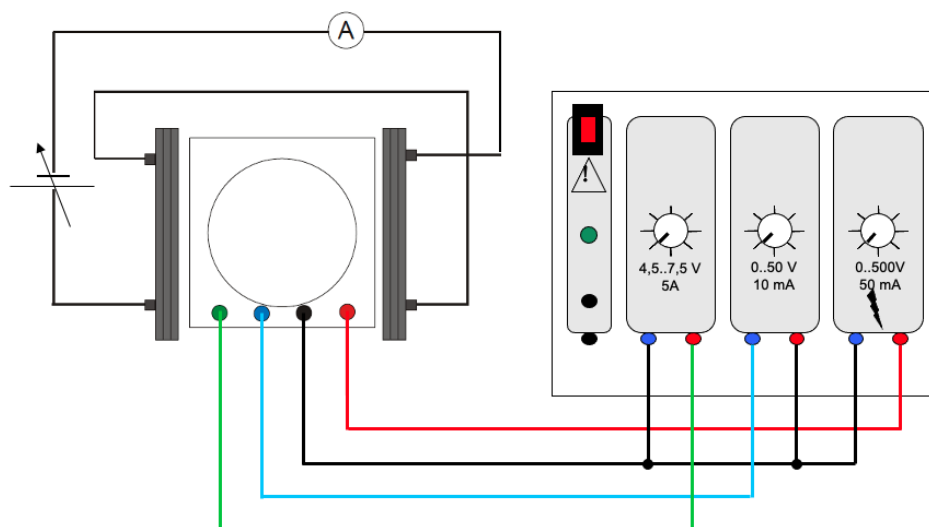
5 - Contacto para cilindro de Wehnelt

6 - Contacto para caldeo

### Otros materiales utilizados

- Batería
- Reóstato
- Amperímetro
- Voltímetro
- Linterna

### Esquema de Conexiones



# Introducción teórica:

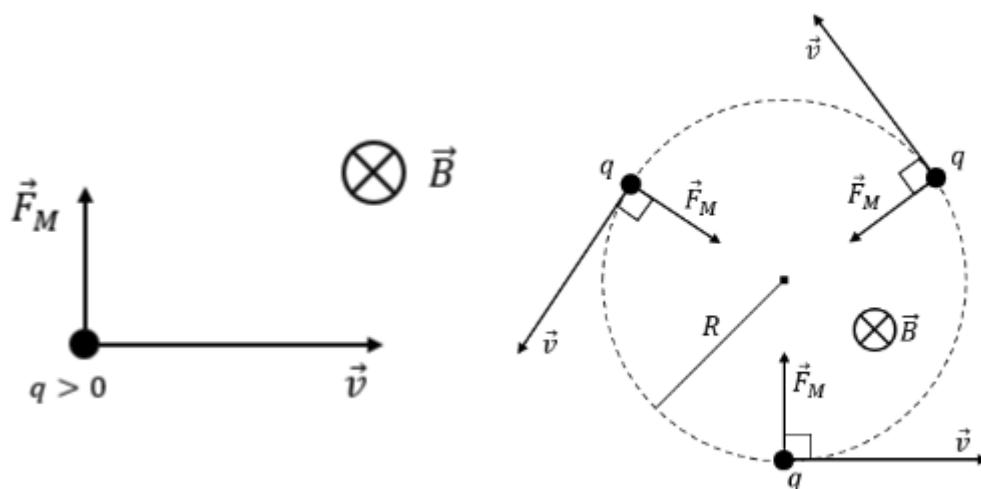
## Movimiento de cargas en campos magnéticos uniformes

De forma general, cuando una carga  $q$ , que se mueve a una velocidad  $\vec{v}$  en una región donde no hay campo eléctrico, entra en contacto con un campo magnético  $\vec{B}$ , actuará sobre ella una fuerza  $\vec{F}_M$  dada por la siguiente ecuación

$$\vec{F}_M = q \vec{v} \times \vec{B}$$

Al ser una multiplicación vectorial, sabemos que la fuerza magnética  $\vec{F}_M$  será perpendicular al campo magnético  $\vec{B}$  y a la velocidad  $\vec{v}$ . De esta última característica se deduce que la fuerza magnética, al ser perpendicular al desplazamiento, no realiza trabajo. Esto quiere decir que  $\vec{F}_M$  puede cambiar la dirección de la velocidad de una carga, pero no su rapidez ni su energía cinética.

En el caso particular de que la velocidad sea perpendicular al campo magnético, la dirección de la velocidad irá cambiando mientras que la fuerza se mantendrá perpendicular a la misma. Esto genera que la carga describa un MCU con la fuerza magnética cumpliendo el rol de fuerza centrípeta. El sentido del giro dependerá de la carga (positiva o negativa) y del sentido del campo magnético (entrante o saliente).



## Desarrollo del experimento

- Se aplica una tensión de calefacción de, por ejemplo, 7,5 V. (La tensión de calefacción debe de estar por debajo de 10,6V).
- Se aumenta lentamente la tensión de ánodo hasta un máximo de aproximadamente 210V (el haz de electrones es inicialmente horizontal y se hace visible en forma de una luz naranja tenue).
- Se elige la tensión de Wehnelt (salida de 0 a 50V) de manera que, en lo posible, se vea un trazo luminoso delgado y bien definido.
- Se ajusta la corriente de las bobinas (ih) hasta que el radio de la órbita quede en, por ejemplo, 5cm. Se anotan los valores de ajuste.
- Se realizan dos mediciones más, disminuyendo la tensión del ánodo, en pasos de aproximadamente 25V, en cada caso, seleccionando la corriente de la bobina de manera que el radio se mantenga constante en el valor elegido tomando nota de dichos valores.
- Se realizan más series de mediciones para los radios de órbita circular de 4cm y 3cm.
- Se procede a volcar los datos en una gráfica la cual tendrá como variable independiente  $B^2 r^2$  y como dependiente  $2U$ , luego buscamos trazar la recta que contenga a la mayor cantidad de puntos, la pendiente de esa recta indicará qué comportamiento tiene la relación buscada.

## Desarrollo de Ecuaciones

El módulo de la fuerza ejercida sobre un electrón que se mueve con una velocidad  $\vec{v}$  perpendicular al campo magnético uniforme  $\vec{B}$  es  $F = e.v.B$  donde  $e$  representa la carga elemental. También sabemos que  $F = m.a$  y, al describir un MCU, sabemos que

$$a = \frac{v^2}{r} \Rightarrow F = m \frac{v^2}{r}$$

igualando ambas expresiones nos queda

$$e.v.B = m \frac{v^2}{r} \Rightarrow e.B = \frac{m.v}{r} \Rightarrow \left(\frac{e}{m}\right)^2 = \frac{v^2}{(r.B)^2}$$

Los electrones son acelerados por el potencial (U) del ánodo. Por lo tanto la energía cinética resultante es

$$U.e = \frac{1}{2} m.v^2 \Rightarrow v^2 = 2U \frac{e}{m}$$

Reemplazando nos queda.

$$\left(\frac{e}{m}\right)^2 = \frac{2U \frac{e}{m}}{(r \cdot B)^2} \Rightarrow \boxed{\frac{e}{m} = \frac{2U}{(r \cdot B)^2}}$$

Para obtener la intensidad del campo magnético entre las bobinas de Helmholtz utilizamos

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

Reemplazando N y R por los valores incluidos en las especificaciones de nuestro equipo:

N: Número de espiras = 124

R: Radio de las bobinas = 150 mm

$$B = i_H \left(\frac{4}{5}\right)^{\frac{3}{2}} \frac{124 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \frac{N}{A^2}}{150 \cdot 10^{-3} m}$$

Resolviendo

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

## Cálculo de las Relaciones Carga / Masa

A partir de los datos obtenidos, se emplea la siguiente regresión lineal:  
 $f(B^2 r^2) = 2U$ .

Luego, con la pendiente de la recta:

$$m = \frac{\Delta x}{\Delta y}$$

y sabiendo que en la regresión que utilizaremos se cumple:

$$\frac{\Delta x}{\Delta y} = \frac{\Delta 2U}{(\Delta B^2 r^2)}$$

arribamos a que la relación de la carga/masa del electrón puede expresarse de la siguiente manera:

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

# Resultados y cálculos

## Mediciones

**r=0,03m**

U	$2 U$	$I_H$	B	$B^2 r^2$
Volt	Volt	A	T	$T^2 m^2$
186	372	2.09	$1.55 \times 10^{-3}$	$2.16 \times 10^{-9}$
157.6	315.2	1.92	$1.42 \times 10^{-3}$	$1.81 \times 10^{-9}$
249.7	499.4	2.40	$1.78 \times 10^{-3}$	$2.85 \times 10^{-9}$

**r=0,04m**

U	$2 U$	$I_H$	B	$B^2 r^2$
Volt	Volt	A	T	$T^2 m^2$
85.4	170.8	0.99	$7.35 \times 10^{-4}$	$8.64 \times 10^{-10}$
114.5	229	1.2	$8.91 \times 10^{-4}$	$1.27 \times 10^{-9}$
150.2	300.4	1.4	$1.04 \times 10^{-3}$	$1.73 \times 10^{-9}$

**r=0,05m**

U	$2 U$	$I_H$	B	$B^2 r^2$
Volt	Volt	A	T	$T^2 m^2$
143.4	286.8	1.09	$8.10 \times 10^{-4}$	$1.64 \times 10^{-9}$
191.4	382.8	1.26	$9.36 \times 10^{-4}$	$2.19 \times 10^{-9}$
226	452	1.38	$1.02 \times 10^{-3}$	$2.60 \times 10^{-9}$

0,09 m

U	2U	14	B <sup>2</sup> R <sup>2</sup>
V	V	A	T <sup>2</sup> M <sup>2</sup>
96,2		0,05	
85,4		0,99	
114,5		1,2	
150,2		1,4	

EP  
02/11/22  
RIVERO  
GRUPO 2

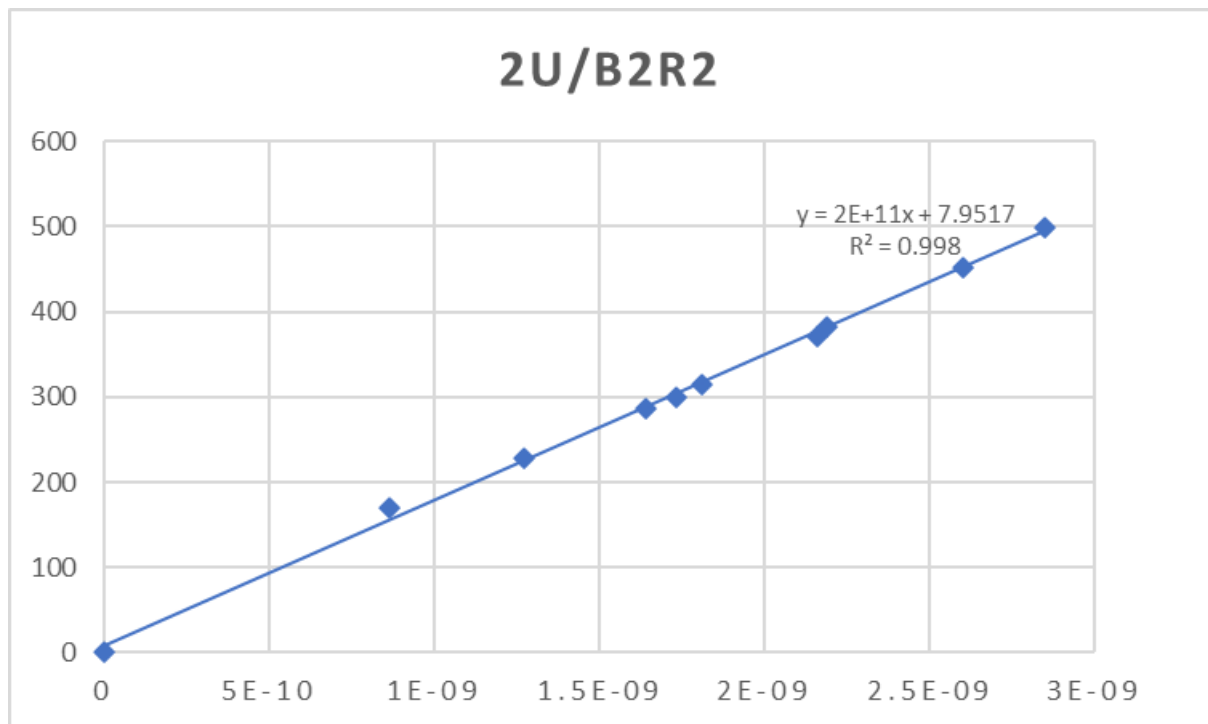
0,05 m

143,3	1,09
191,4	1,26
226	1,33

0,03 m

186	2,09
154,6	1,92
249,7	2,40





Utilizando la muestra hallamos la recta de la regresión lineal.

$$y = 2E^{11} + 7.9$$

El valor de la pendiente de la recta es la relación carga/masa(e/m).

El coeficiente de determinación es:

$$R^2 = 0.998$$

## Conclusiones

Mediante el experimento se pudo apreciar el cambio de la trayectoria del electrón si se modificaban variables como, por ejemplo, el campo magnético B o la posición del cañón de electrones con respecto a las bobinas.

Además, se pudo obtener la relación carga/masa del electrón, que en este caso equivale aproximadamente a  $2 \times 10^{11} \text{ g/C}$ .

A modo de referencia, el valor otorgado por NIST(National Institute of Standards and Technology) para esta misma relación corresponde a  $1,76 \times 10^{11} \text{ g/C}$ , por lo que podemos concluir que en el desarrollo de los cálculos se incurrió en un error absoluto de aproximadamente  $0.24 \times 10^{11}$ . Expresado en términos relativos porcentuales:

$$\text{Error relativo porcentual} = \left( \frac{2.4 \times 10^{10}}{2 \times 10^{11}} \right) \times 100 = 12\%$$