

**LABORATORIO DE FÍSICA****GRUPO N° 3****CURSO: Z2012****PROFESOR: PIÑERA****JTP: Carlos Elizalde****ATP: Mariano Alonso-Rodolfo Delmonte-Agustín Gioioso****ASISTE LOS DÍAS: LUNES Y JUEVES****EN EL TURNO: MAÑANA****TRABAJO PRÁCTICO N°: 8****TÍTULO: Tubo rayos filiformes****INTEGRANTES PRESENTES EL DÍA QUE SE REALIZÓ**

Bellino Kevin

Razanov Agustina

Calle Huanca Alfredo

Sastre Federico

Moreno Vera Franco

	FECHAS	FIRMA Y ACLARACIÓN DEL DOCENTE
<b>REALIZADO EL</b>	7/7/2022	
<b>CORREGIDO</b>		
<b>APROBADO</b>		

**INDICACIONES PARA LAS CORRECCIONES:**

# Introducción

## Objetivo

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 =  $150 \cdot 10^{-4} \frac{T}{A} i_h$

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

Siendo  $i_h$  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

$\vec{v}$ : velocidad a la que se mueve la carga  $q$

$\vec{B}$ : 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. Su módulo puede escribirse de la siguiente manera:

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

( $e$ : carga elemental)

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):

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

## Procedimiento experimental o desarrollo

Se aplica una tensión (U) de calefacción de, por ejemplo, 7,5V para luego ir aumentando lentamente hasta un máximo de aproximadamente 210V. Se buscará, en lo posible, que se vea un trazo luminoso delgado y bien definido.

Se ajusta entonces la corriente ( $i_H$ ) hasta que el radio de la órbita quede en 5 cm (dentro de la ampolla de vidrio se encuentra una regleta metálica vertical que sirve para realizar esta determinación en forma empírica, visualmente).

Se realizan dos mediciones más, manteniendo constante el valor del radio, disminuyendo la tensión. Luego, se realiza nuevamente la experiencia para los radios de órbita circular de 4 y 3 cm.

Finalmente, para la obtención de la relación  $e/m$  recurrimos a una técnica de Cálculo Numérico conocida como “fiteo de datos”, correspondiente en este caso a una regresión lineal, con el propósito de aproximar y representar algebraicamente el conjunto completo de valores experimentales obtenidos durante la medición.

De la expresión (5), obtenemos que:

$$2U = (e/m) \cdot (B^2 \cdot r^2)$$

Por lo tanto, al llevar los valores de los tres cuadros con las mediciones a un gráfico de  $2U = f[(B^2 \cdot r^2)]$  y trazar la recta que contenga a la mayor cantidad de puntos, la pendiente de esa recta nos dará la relación  $e/m$  buscada.

## Resultados y análisis

### Tabla firmada

63 7/7

$\uparrow 1059.2$

$r = 0,05 \text{ m}$			$r = 0,04 \text{ m}$			$r = 0,03 \text{ m}$		
2 U	$i_H$	$B^2 r^2$	2 U	$i_H$	$B^2 r^2$	2 U	$i_H$	$B^2 r^2$
Volt	A	$T^2 m^2$	Volt	A	$T^2 m^2$	Volt	A	$T^2 m^2$
403,2	1,3	$2,334 \times 10^{-9}$	371,8	1,54	$2,1 \times 10^{-9}$	404,2	2,13	$2,26 \times 10^{-9}$
332,6	1,17	$1,89 \times 10^{-9}$	292,8	1,36	$1,64 \times 10^{-9}$	352,4	2,03	$2,05 \times 10^{-9}$
269,4	1,05	$1,52 \times 10^{-9}$	203,6	1,6	$2,26 \times 10^{-9}$	264,4	1,76	$1,54 \times 10^{-9}$

## Tablas de mediciones

Para los cálculos se utiliza:  $B = 7,433 \cdot 10^{-4} \frac{T}{A} i_H$  y la expresión  $\frac{e}{m} = \frac{2U}{(r \cdot B)^2}$

r: radio de la traza luminosa

$i_h$ : corriente que circula por la bobina

U: potencial aplicado sobre los electrodos

**r = 0,05 m**

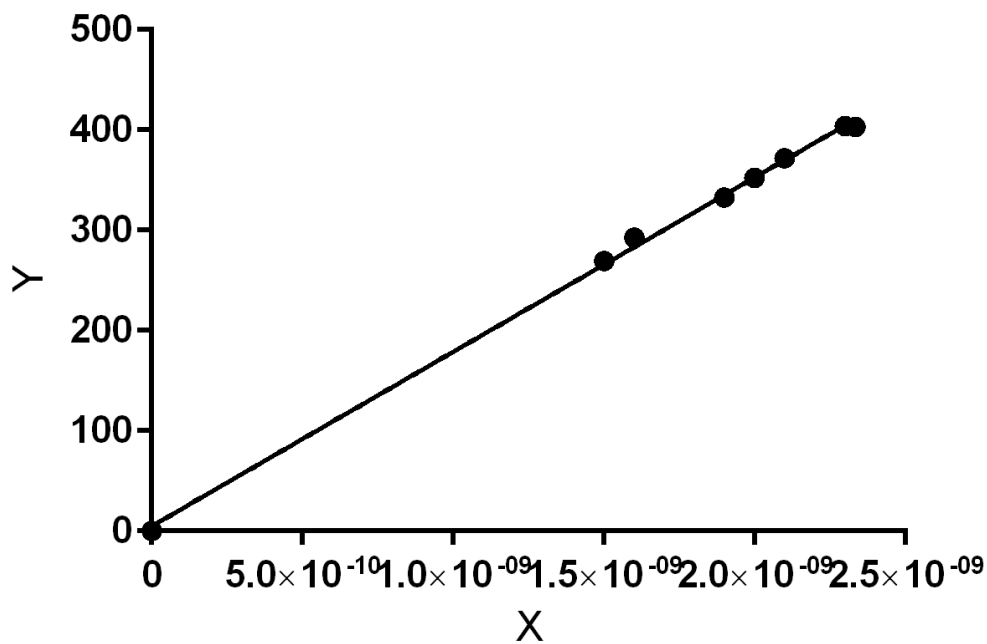
2 U	$I_h$	$B^2 r^2$
Volt	A	$T^2 m^2$
103,2	1,3	$2.334 \times 10^{-9}$
332,6	1,17	$1,89 \times 10^{-9}$
269,4	1,05	$1.52 \times 10^{-9}$

**r = 0,04 m**

2 U	$I_h$	$B^2 r^2$
Volt	A	$T^2 m^2$
371,8	1,54	$2,1 \times 10^{-9}$
292,8	1,36	$1,64 \times 10^{-9}$
403,6	1,6	$2,26 \times 10^{-9}$

**r = 0,03 m**

2 U	$I_h$	$B^2 r^2$
Volt	A	$T^2 m^2$
404	2,13	$2.26 \times 10^{-9}$
352,4	2,03	$2,05 \times 10^{-9}$
264,4	176	$1.54 \times 10^{-9}$



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

$$Y = 2U \quad [Y] = V$$

Escala:  $0,25 \times 10^{-9} T^2 m^2 / cm$   
 $77 V/cm$

$$R^2 = 0,9984$$

## Resultados

Pendiente o valor representativo de  $e/m$

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

Desvío o error absoluto de  $e/m$

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

Resultado final

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

## Conclusiones

Mediante los datos obtenidos para la elaboración del gráfico se genera una regresión lineal y en base a esto se pudo obtener la pendiente. De esto se conoce que

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

por lo que se puede conocer el resultado de la relación carga masa del electrón

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

y en base a una nuestra experiencia pudimos obtener un resultado de  $1,739 \times 10^{11}$  para la pendiente dentro del intervalo  $[1,7146 \times 10^{11}; 1,7634 \times 10^{11}]$ .

Según el instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST) el valor de carga masa es de:

electron charge to mass quotient $-e/m_e$	
Numerical value	$-1.758\ 820\ 010\ 76 \times 10^{11}\ \text{C kg}^{-1}$

Aunque este valor se halla dentro nuestro intervalo, podemos concluir que hubo aproximadamente un error con respecto al valor representativo hallado mediante la pendiente de la recta. A pesar de ser un número grande, si lo comparamos con los trabajados, el error termina siendo pequeño.

Como el ajuste lineal tiene un valor  $R = 0,9992$ , la recta aproximada es bastante precisa, lo que indica que el valor representativo es preciso.