

## LABORATORIO DE FÍSICA II

GRUPO N<sup>º</sup>:

CURSO:

PROFESOR: MATÍAS PROIETTI

ASISTE LOS DÍAS: VIERNES

EN EL TURNO: NOCHE

J. T. P.: MIGUEL BALEA

A. T. P.: FEDERICO GUANUCO, JAVIER PISANI, LEONARDO SOUZA

TRABAJO PRÁCTICO N<sup>º</sup>: 8

TÍTULO: TUBO DE RAYOS FILIFORMES

Tubo de  
Rayos  
Filiformes

INTEGRANTES PRESENTES EL DÍA QUE SE REALIZÓ:

(Redacted)

(Redacted)

(Redacted)

	FECHAS	FIRMA Y ACLARACIÓN DEL DOCENTE
REALIZADO	22/11/2019	
CORREGIDO		
APROBADO	29/11/19.	

INDICACIONES PARA LAS CORRECCIONES:

## OBJETIVO

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

## DESCRIPCIÓN DEL TUBO DE RAYOS FILIFORMES

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 de Helmholtz, así como para la determinación de la carga específica del electrón.

En una ampolla de vidrio, con atmósfera de neon a una presión ajustada con precisión, se encuentra el cañón de electrones, que se compone de un catodo de caldeo indirecto (estos catodos consisten en un pequeño vaso de metal delgado revestido en su superficie exterior con una capa delgada que contiene óxido de torio, estroncio, cesio, potasio o bien litio, buenos emisores de electrones cuando el filamento los calienta al rojo oscuro), un cilindro de Wehnelt y un ánodo con un orificio central. El cilindro de Wehnelt es un cilindro metálico hueco que tiene la base que se enfrenta al catodo y sobre ella tiene un orificio por el que salen enfocados los electrones, que son acelerados debido a la diferencia de potencial que existe entre el ánodo y el catodo. Al salir del cañón, los electrones colisionan con los átomos del gas y los ionizan, originando un trazo luminoso rectilíneo y bien definido.



Debido al campo magnético generado por las bobinas de Helmholtz, la trayectoria de los electrones se curva en círculo.

lar. Unas marcas de medida incorporadas de la ampolla de nítrico permiten la medición sin paralaje del diámetro de la circunferencia formada por la trayectoria de electrones dentro del campo magnético.

### DESCRIPCIÓN DE LAS BOBINAS DE HELMHOLTZ

Las bobinas de Helmholtz son las encargadas de generar el campo magnético homogéneo perpendicular al rayo de electrones del tubo filiforme, dicho campo magnético provoca que el haz describa una trayectoria circular. El arreglo de Helmholtz consiste en dos bobinas iguales que comparten el eje de revolución y cuyos centros están a una distancia igual al radio de las mismas.

El punto medio del segmento determinado por los centros de las bobinas está ubicado a una distancia  $x = \frac{R}{2}$  de cada bobina. La intensidad del campo en dicho punto es:

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

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

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

$$B = N \cdot \mu_0 \cdot \left(\frac{4}{5}\right)^{\frac{3}{2}} \cdot \frac{R^2}{R^{\frac{9}{2}}}$$

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

Con los datos de nuestro equipo:

$$N (\text{número de espiras}) = 124.$$

$$R (\text{radio de las bobinas}) = 150 \cdot 10^{-3} \text{ m.}$$

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

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

siendo  $i_H$  la corriente que circula por las bobinas.

## MATERIALES UTILIZADOS

- Tubo de rayos catóforos.
- Bobinas de Helmholtz.
- Batería.
- Reóstato.
- Linterna.
- Voltímetro.
- Contactos para:
  - ánodo.
  - catodo.
  - cilindro de Wehnelt.
  - caldeo.

## FUNDAMENTOS TEÓRICOS BÁSICOS

Sobre un electrón que se mueve con una velocidad  $v$  perpendicular al campo magnético uniforme  $B$  actúa la fuerza de Lorentz en dirección perpendiculares a la velocidad y al campo. El módulo de dicha fuerza es:

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

siendo  $e$  la carga elemental

Al ser esta fuerza la única con un efecto relevante sobre el electrón, lo obliga a recorrer una trayectoria circular de radio  $r$  con aceleración centrípeta  $a = \frac{v^2}{r}$ .

Por aplicación de la 2<sup>da</sup> Ley de Newton, obtenemos:

$$(II) \quad F = m \cdot \frac{v^2}{r} \quad \text{siendo } m \text{ la masa del electrón.}$$

Igualando las expresiones (I) y (II)

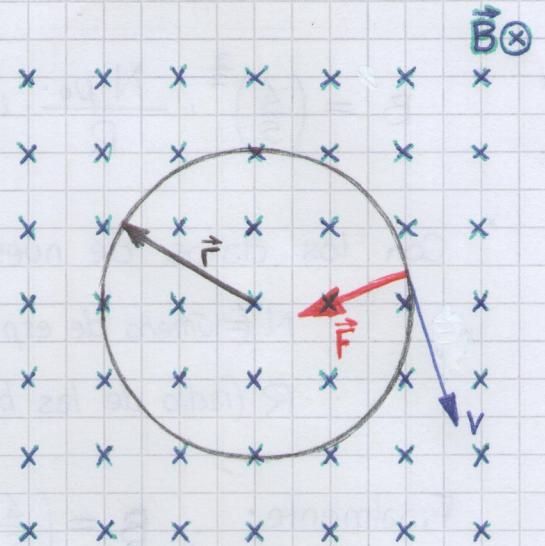
$$e \cdot v \cdot B = m \cdot \frac{v^2}{r}$$

$$\frac{e}{m} = \frac{v}{r \cdot B}$$

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

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

Los electrones son acelerados por el potencial ( $V$ ) del ánodo.



DESVIACIÓN DE ELECTRÓNESES DENTRO DE UN CAMPO MAGNÉTICO  $B$  DEBIDA A LA FUERZA DE LORENTZ EN UNA ÓRBITA CIRCULAR DE UN RADIO ESPECÍFICO  $r$ .

Por lo tanto, la energía cinética resultante es:

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

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

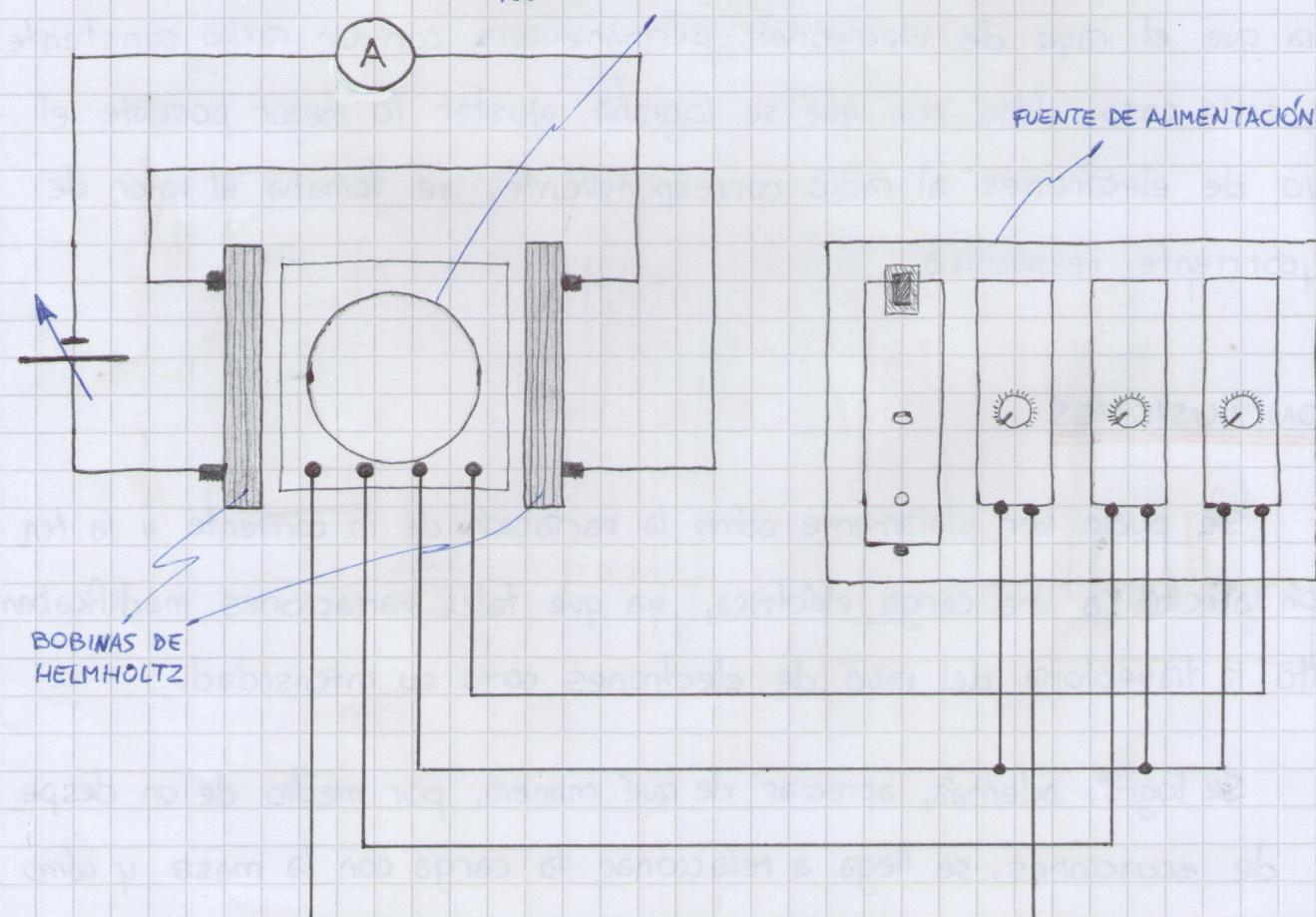
Reemplazando (IV) en (III):

$$\left(\frac{e}{m}\right)^{\frac{1}{2}} = \frac{2 \cdot U}{r \cdot B^2} \cdot \frac{e}{m}$$

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

### ESQUEMA DE CONEXIONES

TUBO DE RAYOS FILIFORMES



## DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA

Para el desarrollo de esta experiencia se utilizó un tubo de haz fino por el cual se podían visualizar los rayos de los electrones. Se realizaron una serie de mediciones, donde se fue variando la tensión y ajustando la corriente de manera tal que el diámetro del rayo quedara constante.

Bajo lo planteado anteriormente, se realizaron mediciones para tres radios distintos ( $0,05\text{m}$ ;  $0,04\text{m}$  y  $0,03\text{m}$ ). En la medición de cada uno de ellos, se tomaron tres valores de tensión distintos, para lo cual se fue reduciendo el valor de la tensión en  $15\text{V}$  para cada una de las medidas realizadas.

Para cada uno de los valores de tensión obtenidos (tres valores distintos para cada radio), se tuvo que ajustar la intensidad de corriente para que el rayo de electrones permaneciera con un radio constante en cada caso. Una vez que se lograba ajustar lo mejor posible el rayo de electrones al radio correspondiente, se tomaba el valor de la corriente respectiva.

## CONCLUSIONES

Se pudo ver claramente cómo la variación de la corriente y la tensión afectan a una carga eléctrica, ya que tales variaciones modificaban tanto la trayectoria del rayo de electrones como su intensidad.

Se logró, además, apreciar de qué manera, por medio de un despeje de ecuaciones, se llega a relacionar la carga con la masa y cómo ésta se modifica al variar la tensión o bien el flujo magnético.

TABLA DE VALORES MEDIDOS• PARA  $r = 0,05\text{m}$ :

$2U$	$i_H$	$B^2 \cdot r^2$
[V]	[A]	$[T^2 \cdot m^2]$
402,4	1,28	$2,26 \cdot 10^{-9}$
372	1,23	$2,09 \cdot 10^{-9}$
340	1,17	$1,89 \cdot 10^{-9}$

• PARA  $r = 0,04\text{m}$ :

$2U$	$i_H$	$B^2 \cdot r^2$
[V]	[A]	$[T^2 \cdot m^2]$
313,8	1,42	$1,782 \cdot 10^{-9}$
283,6	1,34	$1,587 \cdot 10^{-9}$
250,2	1,26	$1,403 \cdot 10^{-9}$

• PARA  $r = 0,03\text{m}$ :

$2U$	$i_H$	$B^2 \cdot r^2$
[V]	[A]	$[T^2 \cdot m^2]$
220,2	1,59	$1,257 \cdot 10^{-9}$
190	1,46	$1,059 \cdot 10^{-9}$
160	1,34	$0,892 \cdot 10^{-9}$

 $B$  siendo  $7,433 \cdot 10^{-4} \cdot i_H$ .

2U [VdT]

GRÁFICO

Escala:

$$\text{Eje } x: 1\text{ cm} = 0,2 \times 10^{-9} T^2 m^2$$

$$\text{Eje } y: 1\text{ cm} = 40 \text{ Volt}$$

T.P.N°8: RAYOS UNIFORMES

$$r = 0,05 \text{ m} \Rightarrow r^2 = 0,0025$$

$2U$ [VOLT]	$i_H$ [A]	$B^2 r^2$ $[T^2 \cdot m^2]$
402,4	1,28	$2,26 \times 10^{-9}$
372	1,23	$2,09 \times 10^{-9}$
340	1,17	$1,89 \times 10^{-9}$

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

$$r = 0,04 \text{ m} \Rightarrow r^2 = 0,0016$$

$2U$ [VOLT]	$i_H$ [A]	$B^2 r^2$ $[T^2 \cdot m^2]$
313,8	1,42	$1,782 \cdot 10^{-9}$
283,6	1,34	$1,587 \cdot 10^{-9}$
250,2	1,26	$1,403 \cdot 10^{-9}$

22/11

$$r = 0,03 \text{ m} \Rightarrow r^2 = 0,0009$$

$2U$ [VOLT]	$i_H$ [A]	$B^2 r^2$ $[T^2 \cdot m^2]$
220,2	1,59	$1,257 \times 10^{-9}$
190	1,46	$1,059 \times 10^{-9}$
160	1,34	$0,892 \times 10^{-9}$