LABORATORIO DE FÍSICA

PROFESOR: Norberto Sinardi

JTP: Rodolfo DELMONTE

ATP: Emiliano COLAVITTA, Carlos GAMBETTA y Federico GUANUCO

ASISTE LOS DÍAS: Miércoles

EN EL TURNO: Mañana

TRABAJO PRÁCTICO N°: 7

TÍTULO: Tubo de Rayos Filiformes (TRF)

INTEGRANTES PRESENTES EL DÍA QUE SE REALIZÓ

	FECHAS	FIRMA Y ACLARACIÓN DEL DOCENTE
REALIZADO EL		
CORREGIDO		
APROBADO		

INDICACIONES PARA LAS CORRECCIONES:

Objetivo

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

Materiales

- ❖ Tubo de rayos filiformes
- ❖ Batería
- ❖ Reostato
- ❖ Voltímetro
- ❖ Linterna
- ❖ Bobinas de Helmholtz
- ❖ Zocalo de conexion
- ❖ Contacto para ánodo
- ❖ Contacto de cátodo
- ❖ Contacto para cilindro de Wehnelt
- ❖ Contacto para caldeo
- ❖ Fuente de alimentación

Desarrollo

Para poder determinar la relación carga masa (e/m) de un electrón, debemos ver primeramente cómo relacionar estas unidades. Para ello consideramos que un electrón (con carga elemental) se mueve con una velocidad constante, perpendicular a un campo magnético uniforme (simulado), donde actuará una fuerza en dirección perpendicular a la dirección de la velocidad de la partícula (ya que si fuese paralela, la fuerza daria 0), a esta fuerza se la conoce como Fuerza de Lorentz, expresada de la siguiente manera

$$F = e.v.B$$

donde:

e = carga elemental del electrón
B = vector del campo magnético
v = velocidad de la partícula

Aplicando esta fuerza horizontalmente, provoca que la partícula realice un movimiento circular dentro del campo, donde el radio de la circunferencia formada es “r”.
Sabiendo que en cada punto que se va posicionando respecto al tiempo la partícula en esta trayectoria, su trabajo realizado es 0 ya que la dirección de la fuerza permanece perpendicular al vector velocidad para todo punto. Y teniendo en cuenta que la velocidad es constante, y que su aceleración centrípeta es $a = v^2/r$, entonces por segunda Ley de Newton obtendremos que:

$$F = m\,(v^2/r)$$

donde:

m = masa del electrón
r = radio de la circunferencia formada por el movimiento del electrón

Igualando las expresiones:

$$e.v.B = m\,(v^2/r)$$
$$e.B = m(v/r)$$
$$e/m = v/(B.r)$$

$$(e/m)^2 = (v/(B.r))^2$$

Los electrones son potenciados por el potencial (U) del ánodo,siendo así la energía resultante equivalente a:

$$U.e = m.v^2/2$$
$$2U(e/m) = v^2$$

Por lo tanto, reemplazando nos quedaría:

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

Para comprobar experimentalmente la relación de la carga y masa del electrón, se deberá utilizar un Tubo de Rayos Filiformes, que sirve para el estudio de la desviación de los rayos de electrones en un campo magnético homogéneo, además para esto último se utiliza unas bobinas con la configuración de Helmholtz que consiste en dos bobinas iguales que comparten el eje de revolución y cuyos centros están a una distancia igual al radio de las mismas.

Para la experiencia, se seguirán los siguientes pasos:

- Se aplica una tensión de calefacción
- 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 un valor deseado
- Se realizan dos mediciones más, disminuyendo la tensión anódica, en pasos de aproximadamente 25V, en cada caso, seleccione la corriente de la bobina de manera que el radio se mantenga constante en el valor elegido y anote estos valores.
- Se realizan más series de mediciones para los radios de órbita circular de mayor CM y menor CM

Datos utilizados:

N: Número de espiras = 124

R: Radio de las bobinas = $150.10^{-3}\,m$

Teniendo en cuenta que $$B = \left(\frac{4}{5}\right)^{\frac{3}{2}} . \frac{N.\mu_0.i_H}{R}$$

$r = 0.03m$

U	$2.U$	I_H	B	$B^2.r^2$
(V)	(V)	(A)	(T)	$(T^2.m^2)$
220	440	2.18	0.00162	$2{,}3.10^{-9}$
185	370	1.98	0.00147	$1{,}9.10^{-9}$
166	332	1.9	0.00141	$1{,}7.10^{-9}$

$B_1 = \left(\frac{4}{5}\right)^{\frac{3}{2}}.\frac{(124).(4\pi.10^{-7}).(2.18)}{(150.10^{-3})} = 0.00162$

$B^2.r^2 = (0.00162)^2.(0.03)^2 = 2,3.10^{-9}$

$B_2 = \left(\frac{4}{5}\right)^{\frac{3}{2}}.\frac{(124).(4\pi.10^{-7}).(1.98)}{(150.10^{-3})} = 0.00147$

$B^2.r^2 = (0.00147)^2.(0.03)^2 = 1,9.10^{-9}$

$B_2 = \left(\frac{4}{5}\right)^{\frac{3}{2}}.\frac{(124).(4\pi.10^{-7}).(1.9)}{(150.10^{-3})} = 0.00141$

$B^2.r^2 = (0.00141)^2.(0.03)^2 = 1,7.10^{-9}$

Incerteza para r = 3:

Media ($\overline{x}$) de B = 0,0015

$S = \sqrt{\frac{\sum_{x=1}^{n}(X-\bar{X})}{n-1}}$

B(x)	Error(x-media)	Desviación: (x - media)²	S (desviación)
0,00162	0,0001	0,00000001	5 E-6
0,00147	-0,00003	9E-10	
0,00141	-0,00009	8,1E-09	

Valor aceptado de B para r = 3: 0,0015±5E-6

$r = 0.04m$

U	$2.U$	I_H	B	$B^2.r^2$
(V)	(V)	(A)	(T)	$(T^2.m^2)$
210	420	1.62	0.00120	$2{,}3.10^{-9}$
190	380	1.49	0.00110	$1{,}9.10^{-9}$
166	332	1.42	0.00105	$1{,}7.10^{-9}$

$$B_1 = \left(\frac{4}{5}\right)^{\frac{3}{2}} . \frac{(124).(4\pi.10^{-7}).(1.62)}{(150.10^{-3})} = 0.00120 \qquad B^2.r^2 = (0.00120)^2.(0.04)^2 = 2,3.10^{-9}$$

$$B_2 = \left(\frac{4}{5}\right)^{\frac{3}{2}} . \frac{(124).(4\pi.10^{-7}).(1.49)}{(150.10^{-3})} = 0.00110 \qquad B^2.r^2 = (0.00110)^2.(0.04)^2 = 1,9.10^{-9}$$

$$B_2 = \left(\frac{4}{5}\right)^{\frac{3}{2}} . \frac{(124).(4\pi.10^{-7}).(1.42)}{(150.10^{-3})} = 0.00105 \qquad B^2.r^2 = (0.00105)^2.(0.04)^2 = 1,7.10^{-9}$$

Incerteza para r = 4:

Media ($\overline{x}$) de B = 0,0011166

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{x=1}^{n} (X - \overline{X})}{n-1}}$$

B(x)	Error(x-media)	Desviación: (x - media)²	S (desviación)
0,0012	0,0000834	6,9E-09	7,6E-05
0,0011	-1,66E-05	2,7E-10	
0,00105	-0,0000666	4,4E-09	

Valor aceptado de B para r = 4: 0,001116$\pm$ 7,6E-05

$r = 0.05m$

U	$2.U$	I_H	B	$B^2.r^2$
(V)	(V)	(A)	(T)	$(T^2.m^2)$
217	434	1.29	0.00095	$2,2.10^{-9}$
198	396	1.22	0.00090	2.10^{-9}
170	340	1.14	0.00084	$1,7.10^{-9}$

$$B_1 = \left(\frac{4}{5}\right)^{\frac{3}{2}} . \frac{(124).(4\pi.10^{-7}).(1.29)}{(150.10^{-3})} = 0.00095 \qquad B^2.r^2 = (0.00095)^2.(0.05)^2 = 2,2.10^{-9}$$

$$B_2 = \left(\frac{4}{5}\right)^{\frac{3}{2}} . \frac{(124).(4\pi.10^{-7}).(1.22)}{(150.10^{-3})} = 0.00090 \qquad B^2.r^2 = (0.00090)^2.(0.05)^2 = 2.10^{-9}$$

$$B_2 = \left(\frac{4}{5}\right)^{\frac{3}{2}} . \frac{(124).(4\pi.10^{-7}).(1.14)}{(150.10^{-3})} = 0.00084 \qquad B^2.r^2 = (0.00084)^2.(0.05)^2 = 1,7.10^{-9}$$

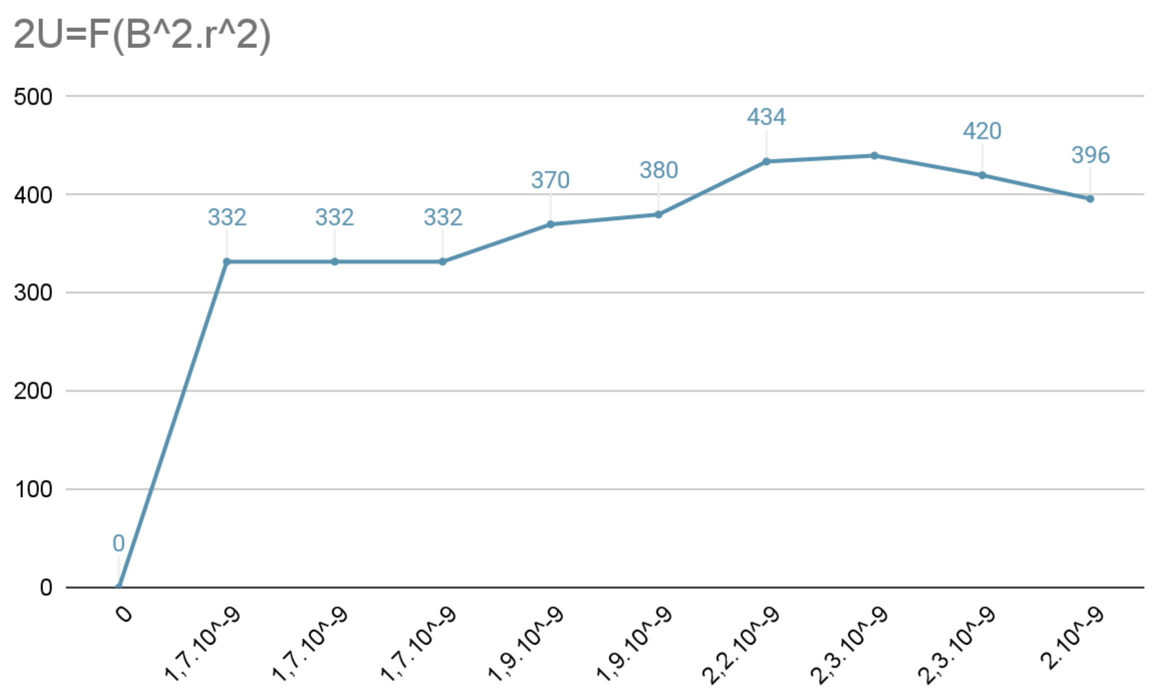
Incerteza para r = 5:

Media ($\bar{x}$) de B = 0,000896

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{x=1}^{n} (X - \bar{X})}{n-1}}$$

	Error(x-media)	Desviación: (x - media)²	S (desviación)
0,00095	-0,0001666	2,77556E-08	0,000274935
0,0009	-0,0002166	4,69156E-08	
0,00084	-0,0002766	7,65076E-08	

Valor aceptado de B para r = 5: 0,000896 $\pm$ 2,74E-4



Mediante los datos obtenidos se recrea una regresión lineal $f\left(B^2 r^2\right) = 2U$ para, mediante la pendiente de la recta $m = \frac{\Delta x}{\Delta y}$ y a su vez se sabe que en nuestra regresión $\frac{\Delta x}{\Delta y} = \frac{\Delta 2U}{\Delta B^2 r^2}$ se puede conocer el resultado de la relación carga masa del electrón:

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

$\Delta x\ =\ \Delta(2U)$

$\Delta x\ =\ 440\ -\ 320$

$\Delta x\ =\ 120$

$\Delta y\ =\ \Delta(B^2.r^2)$

$\Delta y\ =\left(2,3.10^{-9}\right)-\left(1,7.10^{-9}\right)$

$\Delta y\ =\ 6.10^{-10}$

$\frac{\Delta x}{\Delta y}\ =\ \frac{120}{6.10^{-10}}\ =\ 2.10^{11}\ g/C$

Fiteo con Excel

Utilizando la herramienta de regresión lineal de Excel arribamos al mismo valor de pendiente y obtenemos un

R^2 = 0,9529, lo cual al ser cercano a 1 indica que el ajuste es adecuado.

Conclusión

A través de la experiencia obtenemos que la relación carga/masa del electrón es aproximadamente igual a $2.10^{11}\ g/C$. Se compara este resultado con el valor recomendado por el CODATA (Comité de Información para Ciencia y Tecnología) en el año 2010, que es e/m_e = (1,758820024±0,000000011) × 10^{11} C/kg. Esta diferencia puede deberse a que el método utilizado para el cálculo es poco preciso.