

Física Experimental IV

Práctica III Determinación de e/m

Funes, Gustavo
Giordano, Leandro
Gulich, Damían
Sotuyo, Sara

Departamento de Física – Facultad de Ciencias Exactas – UNLP

Sinopsis

En el presente informe se detalla el procedimiento para determinar la relación carga-masa del electrón.

Introducción y

En 1897 [1], el físico Joseph John Thompson zanjó definitivamente la cuestión de los rayos catódicos al demostrar que podían ser desviados por campos magnéticos. Restaba, pues, averiguar, qué eran las “partículas” catódicas. En aquel tiempo las únicas partículas cargadas negativamente que se conocían eran los iones negativos de los átomos. Los experimentos demostraron que las partículas de los rayos catódicos no podían identificarse con tales iones, pues al ser desviadas de aquella forma por un campo electromagnético, debían de poseer una carga eléctrica inimaginablemente elevada, o bien tratarse de partículas muy ligeras, con una masa mil veces más pequeña que la de un átomo de hidrógeno. Esta última interpretación era la que encajaba mejor en el marco de las pruebas realizadas. Los físicos habían ya intuido que la corriente eléctrica era transportada por partículas. En consecuencia estas partículas de rayos catódicos fueron aceptadas como las partículas elementales de la electricidad. Se les dio el nombre de “electrones”, denominación sugerida por Stoney en 1891. Finalmente, se determinó que la masa del electrón era 1837 veces menor que la de un átomo de hidrógeno.

En 1897, Thompson efectuó medidas precisas para relación carga-masa (e/m), entre la carga de partículas de rayos catódicos y su masa.

En el presente informe se describe un método similar al utilizado por Thompson para determinar la relación e/m del electrón. Es importante destacar que los rayos catódicos producen cierta fluorescencia ionizando un gas al atravesarlo; esto permite visualizar la trayectoria del haz de electrones.

Desarrollo teórico

El campo magnético de las bobinas de Helmholtz utilizadas en esta experiencia viene dado por la ecuación

$$B = \frac{\mu_0 \cdot I \cdot N}{a} \cdot \left(\frac{4}{5}\right)^{\frac{3}{2}} \quad (1)$$

siendo I la corriente que circula por las espiras, N su número y a su radio.

La fuerza ejercida sobre cada uno de los electrones disparados por el cañón es

$$\vec{F}_l = e \cdot \vec{v} \times \vec{B} \quad (2)$$

En este caso

$$F_l = e \cdot v \cdot B \quad (3)$$

y como esta fuerza debe ser igual a la fuerza centrípeta, se tiene que:

$$e \cdot v \cdot B = \frac{m \cdot v^2}{r} \quad (4)$$

siendo r el radio del de la circunferencia electrónica.

Despejando y reemplazando, se obtiene la siguiente relación:

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

Procedimiento Experimental

Para el desarrollo de esta experiencia se utiliza un balón con un gas inerte a presión muy baja. Dentro del balón se ubica un cañón de electrones capaz de disparar un haz continuo. Los electrones son acelerados por el potencial de las placas del cañón (ver figura 1), capaz de ser modificado a voluntad mediante la acción sobre los controles de una fuente regulable. De esta

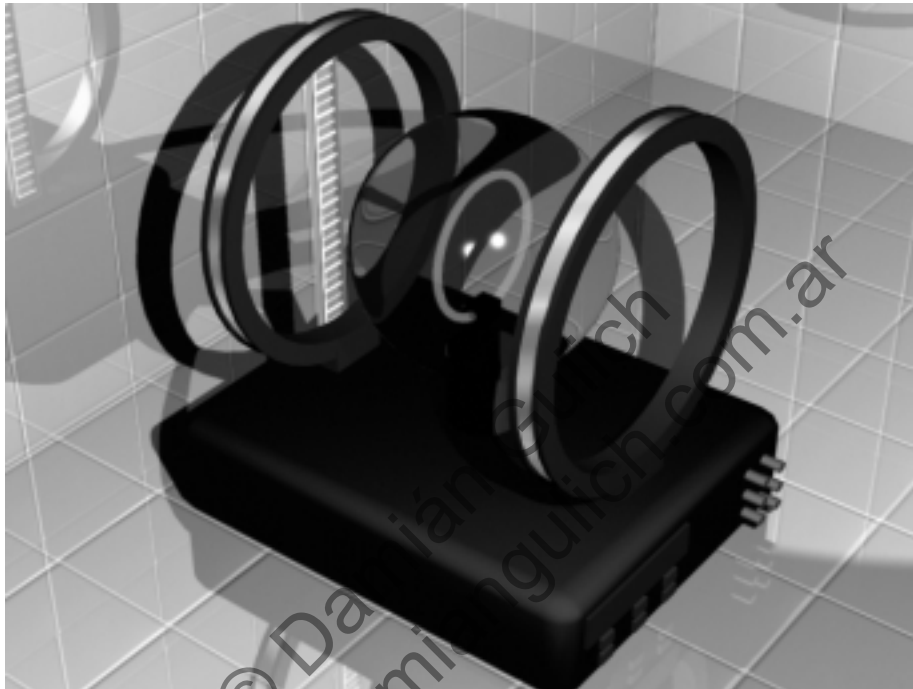


Figura 1: Arreglo del sistema.



Figura 2: Circuito del dispositivo empleado.

manera, los electrones emitidos alcanzan una cierta velocidad dependiente del potencial acelerador.

El balón se sitúa en el centro de una bobina de Helmholtz, capaz de crear un campo magnético uniforme en una determinada región del espacio. Esta bobina es alimentada por otra fuente regulable, aunque el valor variado sobre la bobina es la corriente que circula por sus espiras. Esto produce una variación en la intensidad del campo magnético.

El campo magnético y el cañón de electrones están dispuestos perpendicularmente, de forma tal que la trayectoria de los electrones es una circunferencia contenida en un plano paralelo al plano

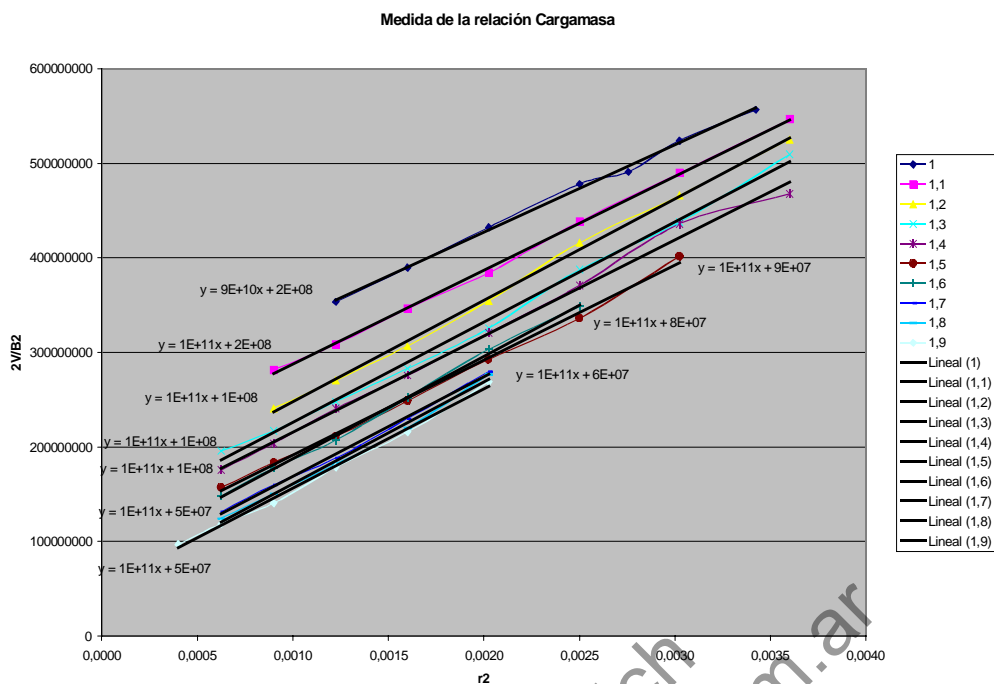
de las espiras. Dependiendo del potencial acelerador y de la corriente circulante por la bobina resulta el diámetro de la circunferencia descripta. Al pasar por el gas, la corriente electrónica produce su ionización, observándose fluorescencia. Para la medición del diámetro de dicha circunferencia, el dispositivo consta de una regla graduada en centímetros, ubicada verticalmente detrás del balón (figura 1).

Para determinar la relación e/m del electrón se fija la corriente que circula por la bobina, se varía el potencial de aceleración hasta que la circunferencia alcance determinados diámetros y se registra el valor de este potencial para cada diámetro medido. Luego se varía la corriente hasta otro valor (en incrementos de 0,1A) y se repite el procedimiento, hasta alcanzar valores de I de 1,9A y sin superar valores de potencial acelerador de 300V. Se registran variaciones de potencial para variaciones del diámetro de 1cm.

Como cada medición se realiza para B constante (I constante), se representa r^2 en función de $2 \cdot V/B^2$ obteniéndose rectas cuya pendiente es el valor de la relación e/m obtenido.

© Damián Gulich
www.damiangulich.com.ar

Resultados



Intensidad (A)	Pendiente
1	92252791278
1,1	99444051786
1,2	1,07502E+11
1,3	1,06094E+11
1,4	1,01771E+11
1,5	1,00524E+11
1,6	1,08730E+11
1,7	1,05E+011
1,8	1,07784E+11
1,9	1,04966E+11
Promedio	1,0344E+11

Error absoluto 72440390694
 error relativo 0,700312564
 Error % 70,03

Discusión

Durante el análisis de los datos se destacó el error cometido en la medición del diámetro de la circunferencia -descrita por el haz de electrones al ionizar el gas-, debido al espesor de tal haz. Además, el hecho de no contar con la regla dentro de la esfera de vidrio dificulta mucho la medición, agregando errores que, de otra manera, serían evitables.

Se obvió en esta experiencia el error que pudiera aportar el radio de las espiras componentes de la bobina de Helmholtz (dato extraído del manual).

El hecho del paralelismo existente entre las rectas graficadas, lleva a la conclusión de que las medidas fueron realizadas correctamente. Sin embargo, existe una diferencia importante entre el valor promedio obtenido y el valor de tabla. Esto implica la existencia de un error sistemático en el instrumental que no pudo ser detectado.

Conclusiones

El valor aceptado de tabla para la relación e/m_e es $(1,75880475 \pm 0,00000005) \cdot 10^{11}$ Coul/kg. Los valores obtenidos con sus correspondientes errores, se acercan al valor de tabla. Con ayuda de algún otro método, el dispositivo utilizado en la presente experiencia podría ser calibrado, de forma tal de poder realizar mediciones con un error sistemático mucho menor, ya que esta forma de realizarlas es muy directa, en comparación con otro tipo de instrumentos experimentales.

Referencias

[1] Asimov, Isaac, "Nueva guía de la ciencia" (cuarta edición), pág. 354, Ed. Plaza & Janés (1998).