

# Carga específica del electrón - $e/m$



Física

La Física Moderna

Física Cuántica

Química

Fisicoquímica

Estructura y propiedades atómicas



Nivel de dificultad

difícil



Tamaño del grupo

2



Tiempo de preparación

45+ minutos



Tiempo de ejecución

45+ minutos

This content can also be found online at:

<http://localhost:1337/c/5f9ee08a9c5ed800030505e6>

PHYWE

## Información general



## Ejecución

PHYWE



Un espectrómetro de masas

La espectrometría de masas es una técnica analítica que mide con precisión la masa de diferentes moléculas dentro de una muestra. Normalmente se utiliza para identificar muestras y determinar su pureza.

Un espectrómetro de masas genera múltiples iones a partir de la muestra investigada, luego los separa según su relación específica masa-carga, y luego registra la abundancia relativa de cada tipo de ión. Los resultados se muestran como espectros de la intensidad de la señal de los iones detectados en función de la relación masa-carga.

## Información adicional para el profesor (1/2)

PHYWE

### Conocimiento previo



### Principio científico



Cuando los electrones son bombardeados en una muestra de gas, el gas se rompe en moléculas cargadas, o se ioniza. Al someterlas a un campo eléctrico y a un campo magnético, los iones con la misma relación masa-carga sufrirán la misma cantidad de desviación.

Los electrones se aceleran en un campo eléctrico y entran en un campo magnético en ángulo recto con la dirección del movimiento. La carga específica del electrón se determina a partir del voltaje de aceleración, la intensidad del campo magnético y el radio de la órbita del electrón.

## Información adicional para el profesor (2/2)

PHYWE

### Objetivo de aprendizaje



### Tareas



Aprender sobre la carga específica del electrón, la fuerza de Lorentz y la ionización del electrón.

Determinar la carga específica del electrón ( $e/m_0$ ) de la trayectoria de un haz de electrones en campos eléctricos y magnéticos cruzados de fuerza variable.

## Instrucciones de seguridad

PHYWE

Para este experimento aplican las reglas y medidas generales de seguridad para actividades experimentales en la enseñanza de ciencia naturales.

En este experimento se utilizan voltajes peligrosos. Bajo ninguna circunstancia se deben tocar los cables y los enchufes. Sólo se utilizarán los altos voltajes dados en la estación de trabajo. Los voltajes de calentamiento de los tubos para producir el haz de electrones no excederán los voltajes dados.

Tengan mucho cuidado al manejar la estructura.

## Teoría (1/3)

PHYWE

Si un electrón de masa  $m_0$  y carga  $e$  se acelera por una diferencia de potencial  $U$  este alcanza la energía cinética:

$$e \cdot U = \frac{1}{2} \cdot m_0 \cdot v^2$$

donde  $v$  es la velocidad del electrón.

En un campo magnético de fuerza  $\vec{B}$ , la fuerza de Lorentz actuando sobre un electrón con velocidad  $\vec{v}$  es:

$$\vec{F} = e \cdot \vec{v} \times \vec{B}$$

## Teoría (2/3)

PHYWE

Si el campo magnético es uniforme, como lo es en la disposición de Helmholtz (Maquina e/m), el electrón por lo tanto sigue un camino en espiral a lo largo de las líneas magnéticas de fuerza, que se convierte en un círculo de radio  $r$  si  $\vec{v}$  es perpendicular a  $\vec{B}$ .

Dado que la fuerza centrífuga  $m_0 \cdot v^2 / r$  así definida es igual a la fuerza de Lorentz, obtenemos

$$v = \frac{e}{m_0} \cdot B \cdot r$$

donde  $B$  es la magnitud absoluta de  $\vec{B}$ . De la ecuación (1), se deduce que

$$\frac{e}{m_0} = \frac{2U}{(Br)^2}.$$

## Teoría (3/3)

PHYWE

Para calcular el campo magnético  $B$  se utilizan la primera y la cuarta ecuación de Maxwell en el caso de que no existan campos eléctricos dependientes del tiempo. Así, obtenemos la fuerza del campo magnético  $B_z$  en el eje  $z$  de una corriente que circula de manera simétrica en dos bobinas a la distancia " $a$ " entre cada uno:

$$B_z = \mu_0 \cdot I \cdot R^2 + \left\{ (R^2 + (z - \frac{a}{2})^2)^{3/2} + (R^2 + (z + \frac{a}{2})^2)^{3/2} \right\}$$

con  $\mu_0 = 1.257 \cdot 10^{-6} \frac{Vs}{Am}$  y  $R$  es el radio de la bobina.

Para la disposición de Helmholtz de dos bobinas ( $a = R$ ) con el número de vueltas  $n$  en el centro entre las bobinas se obtiene

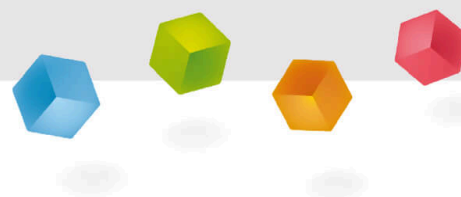
$$B = \left(\frac{4}{5}\right)^{3/2} \cdot \mu_0 \cdot n \frac{I}{R}.$$

## Equipo

Posición	Material	Artículo No.	Cantidad
1	BOBINAS DE HELMHOLTZ, UN PAR	06960-06	1
2	PHYWE TUBO DE RAYOS FILIFORMES	06959-00	1
3	Cámara de observación e/m	06959-01	1
4	PHYWE Fuente de alimentación regulada DC: 0...12 V, 0,5 A; 0...650 V, 50 mA / AC: 6,3 V, 2 A	13672-93	1
5	PHYWE Fuente de alimentación universal DC: 0...18 V, 0...5 A / AC: 2/4/6/8/10/12/15 V, 5 A	13504-93	1
6	Multímetro digital, 3 1/2-visualizado de caracteres	07122-00	2
7	Cable de conexión 32 A, 25 cm, rojo	07335-01	1
8	Cable de conexión 32 A, 25 cm, azul	07335-04	1
9	CABLE CONEX.D.SEG.,32A,100CM,ROJO	07337-01	2
10	CABLE CONEX.D.SEG.32A,100CM, AZUL	07337-04	2
11	CABLE CONEX.D.SEG.32A,100CM,AMAR.	07337-02	3
12	Cable de conexión, 32 A, 1000 mm, rojo	07363-01	3
13	Cable de conexión, 32 A, 1000mm, AZUL	07363-04	1
14	soporte para tubo de haz fino	06962-01	2

PHYWE

## Configuración y procedimiento



### Configuración (1/2)

PHYWE

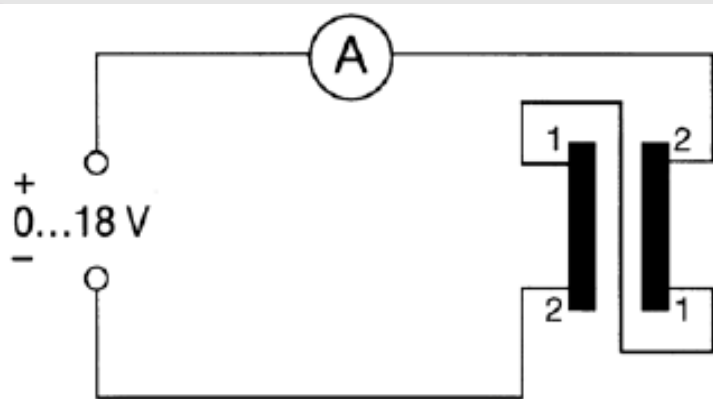


Diagrama de cableado para las bobinas de Helmholtz

Las dos bobinas están giradas una hacia la otra en la disposición o arreglo de Helmholtz. Como la corriente debe ser la misma en ambas bobinas, la conexión en serie es preferible a la conexión en paralelo.

No debe superarse la corriente continua máxima permitida de 5A.

Si la polaridad del campo magnético es correcta, una trayectoria luminosa curvada es visible en el cuarto oscuro.

## Configuración (2/2)

PHYWE

Si el trazo tiene la forma de una hélice, esto debe ser eliminado girando el tubo de haz alrededor de su eje longitudinal.

Para una descripción detallada del tubo de haz estrecho, por favor, consulte las instrucciones de funcionamiento en el manual de intrucciones.

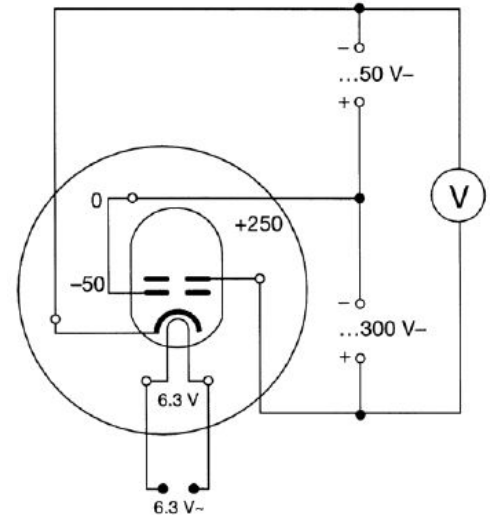


Diagrama de cableado para el tubo de haz

## Procedimiento

PHYWE



Montaje experimental

Variando el campo magnético (corriente) y la velocidad de los electrones (aceleración y voltaje de enfoque), se puede ajustar el radio de la órbita, de tal manera que coincida con el radio definido por las trazas luminosas.

Cuando el rayo de electrones coincide con trazas luminosas, sólo se podrá observar la mitad del círculo. El radio del círculo será entonces 2, 3, 4 o 5 cm.



## Evaluación (1/2)

PHYWE

Para las bobinas

$$R = 0.2 \text{ m y } n = 154$$

La corriente  $I$  y la carga específica del electrón  $e/m_0$  se determinan para varios voltajes  $U$  y varios radios  $r$  de las trayectorias de los electrones.

Compara el valor medio de la carga específica medida del electrón y el valor de la literatura:

$$e/m = 1.759 \cdot 10^{11} \text{ As/kg}$$

	$r = 0.02\text{m}$		$r = 0.03\text{m}$		$r = 0.04\text{m}$		$r = 0.05\text{m}$	
$\frac{U}{V}$	$I$	$\frac{e/m_0}{10^{11} \frac{As}{kg}}$	$I$	$\frac{e/m_0}{10^{11} \frac{As}{kg}}$	$I$	$\frac{e/m_0}{10^{11} \frac{As}{kg}}$	$I$	$\frac{e/m_0}{10^{11} \frac{As}{kg}}$
100	2.5	1.7	1.6	1.8	1.1	2.2	0.91	2.0
120	2.6	1.9	1.7	1.9	1.3	1.9	1.0	2.0
140	2.8	1.9	1.9	1.8	1.4	1.9	1.1	1.9
160	-	-	2.0	1.9	1.5	1.9	1.2	1.9

$$\overline{e/m_0} = (1.84 \pm 0.02) \cdot 10^{11} \text{ As/kg}$$

Correinte  $I$  y la carga específica del electrón  $e/m_0$

## Evaluación (2/2)

PHYWE

¿Cómo actúa la fuerza de Lorentz sobre el electrón?

- ☐ Hace que el electrón se mueva en un movimiento circular
- ☐ Influye en la velocidad del electrón

✓ Revisa

¿Cuál podría ser el error más notable en las mediciones?

- ☐ El radio del círculo
- ☐ El radio de las bobinas
- ☐ Corriente eléctrica

✓ Revisa

Diapositiva

Puntuación/Total

Diapositiva 15: Múltiples tareas

0/2

Puntuación total



0/2



Mostrar soluciones



Reintenta