

Tubo de haz fino de radiación

DETERMINACIÓN DE LA CARGA ESPECÍFICA DEL ELECTRÓN

- Demostración de la desviación de los electrones dentro de un campo magnético homogéneo en una órbita cerrada.
- Determinación de la corriente de las bobinas de Helmholtz IH en función de la tensión de aceleración U del cañón de electrones con radio r de órbita constante.
- Determinación de la carga específica e/m del electrón en base a los valores de medición.

UE307070

08/06 UK

FUNDAMENTOS GENERALES

En el tubo de haz fino de radiación, los electrones se desplazan en una órbita descrita dentro de un campo magnético homogéneo. El tubo contiene gas de neón con una presión de ajuste exacto, y los átomos del gas, a lo largo de la órbita, se ionizan debido al choque con los electrones, provocando emisión de luz. Por esta razón, la órbita de los electrones se hace visible de manera indirecta, y el radio de esta órbita se puede medir directamente por medio de una escala. Dado que la tensión de aceleración U del cañón de electrones y el campo magnético B son conocidos, a partir del radio r de la órbita, se puede calcular la carga específica e/m del electrón:

Sobre un electrón que se mueve con una velocidad v en dirección perpendicular al campo magnético uniforme B actúa la fuerza de Lorentz en sentido perpendicular a la velocidad y al campo

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

e : carga elemental

Como fuerza centrípeta

$$F = \frac{m \cdot v^2}{r} \quad (2)$$

m : masa del electrón

obliga al electrón a adoptar una órbita con el radio r . Por tanto

$$e \cdot B = \frac{m \cdot v}{r} \quad (3)$$

La velocidad v depende de la tensión de aceleración U del cañón de electrones:

$$v = \sqrt{2 \cdot \frac{e}{m} \cdot U} \quad (4)$$

Por tanto, para la carga específica del electrón es válido:

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

Si se mide el radio r de la órbita, con diferentes tensiones de aceleración U y diferentes campos magnéticos B , los valores de medición, registrados en un diagrama $r^2 B^2$ en función de $2U$, de acuerdo con la ecuación (5), se encuentran en una recta de origen con la pendiente e/m .

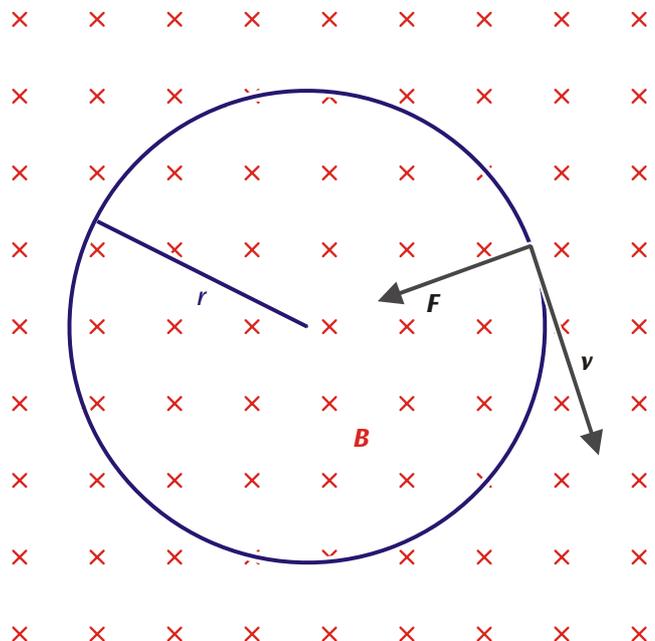


Fig. 1: Desviación de los electrones que se desplazan con la velocidad v , en un campo magnético B , provocada por la fuerza de Lorentz F en una órbita cerrada de radio r .

LISTA DE EQUIPOS

1	Tubo de haz fino	U8481420
1	Bobinas de Helmholtz, 300 mm	U8481500
1	Fuente de alimentación de CC, 0–500 V	U33000
1	DC Amperemeter, 3 A, p.ej..	U17450
1	Juego de 15 cables de experimentación de seguridad	U138021

AVISO DE SEGURIDAD

El tubo de haz fino de radiación es una bombilla de pared delgada y al vacío. ¡Manipúlela con cuidado: peligro de implosión!

- El tubo de haz fino de radiación no se debe someter a cargas mecánicas.
- Para evitar cargas mecánicas, conecte solamente un cable de experimentación a cada clavija de conexión.

En el tubo de haz fino de radiación se aplica una tensión peligrosa al contacto:

- Para las conexiones, utilice solamente cables de experimentación de seguridad.
- Efectué las conexiones sólo con las fuentes de alimentación apagadas.
- El montaje y desmontaje del tubo solamente se debe realizar si los equipos de alimentación están apagados.

MONTAJE

Notas:

Para poder observar mejor el haz de electrones, se debe realizar el experimento en un cuarto oscuro.

Durante el montaje, todas las fuentes de alimentación deben permanecer apagadas y todos los reguladores de tensión girados completamente hacia la izquierda.

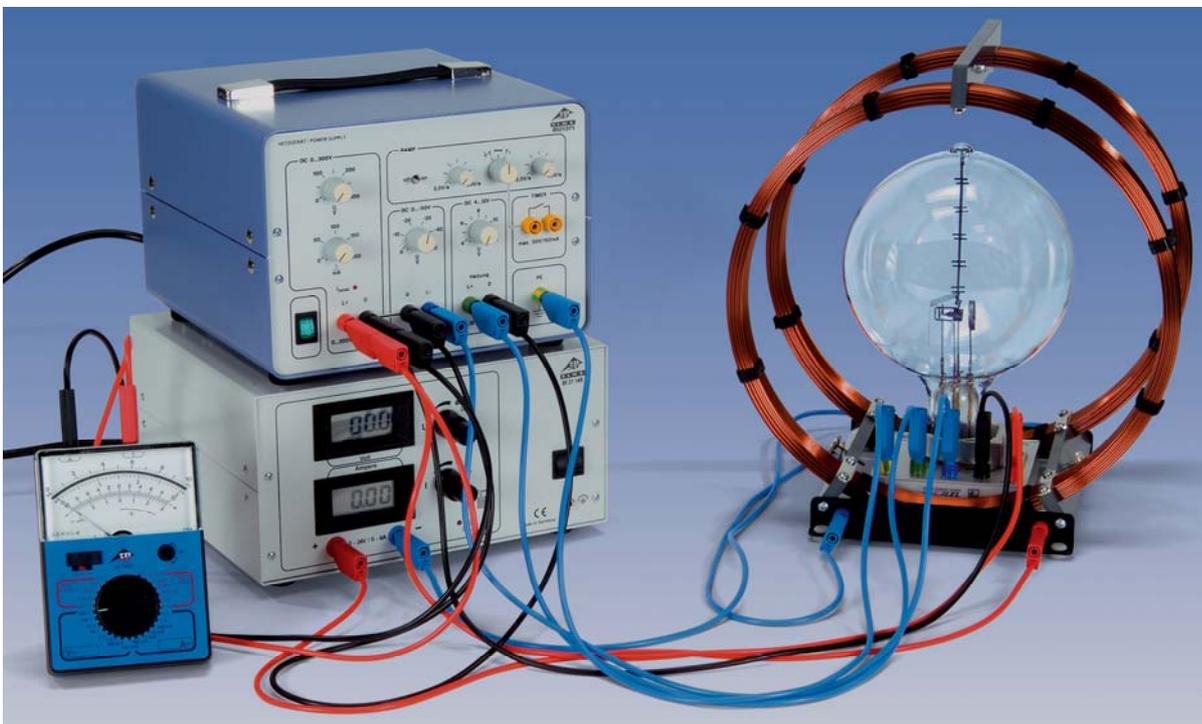
Conexión del tubo de haz fino de radiación a la fuente de alimentación:

- Se conectan entre sí, el polo negativo de la salida de 500 V, el polo positivo de la salida de 50 V y el polo negativo de la salida de 12 V y con el cátodo del tubo (casquillo negro del zócalo de conexión).
- El polo positivo de la salida de 500 V se conecta con el ánodo (casquillo rojo).
- Conecte el polo negativo de salida de 50 V con el cilindro de Wehnelt (clavijeros azules).
- Conecte el polo positivo de salida de 12 V con la calefacción de cátodo (clavijeros verdes).

Conexión del par de bobinas de Helmholtz:

- Se acuerdo con la Fig. 3 se conectan las bobinas de Helmholtz y el amperímetro en serie en la salida de 8 V, de tal forma que la corriente fluya al mismo tiempo por ambas bobinas.

Fig. 2: Montaje experimental para la determinación de la carga específica del electrón



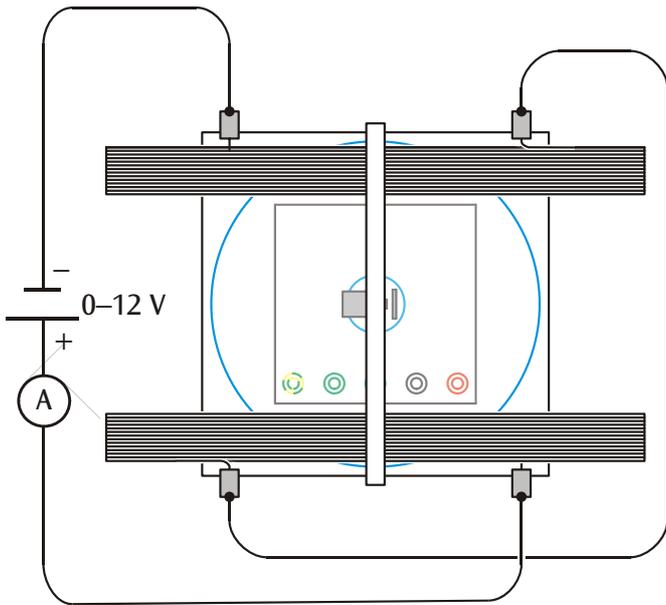


Fig. 3: Conexión eléctrica del par de bobinas de Helmholtz

EJECUCIÓN

Ajuste del haz de electrones:

- Aplique una tensión de calefacción de, por ejemplo, 7,5 V.
- Ajuste la tensión anódica a 300 V (el haz de electrones es inicialmente horizontal y se hace visible en forma de una luz azul tenue).
- Elija la tensión de Wehnelt de manera que, en lo posible, se vea un haz de rayos delgado y nítidamente limitado.
- Optime la nitidez y la claridad del haz de rayos variando la tensión de calefacción.

- Eleve la corriente I_H que circula por las bobinas de Helmholtz y compruebe si el haz de electrones se curva hacia arriba.

Si no se observa ninguna curvatura del haz de electrones:

- Invierta la polaridad de una de las bobinas de manera que la corriente fluya en el mismo sentido a través de ambas bobinas.

Si la curvatura del haz de electrones no se dirige hacia arriba:

- Permute las conexiones de la fuente de alimentación de DC de 12 V para que se invierta la polaridad

- Siga elevando la corriente de la bobina y compruebe si el haz de electrones forma una órbita circular cerrada en sí misma.

Si la órbita circular no se cierra:

- Gire un poco el tubo de haz fino de radiación, junto con su soporte, sobre su eje vertical.

Registro de los valores de medición:

- Seleccione la corriente de la bobina de manera que el radio de la órbita circular sea de 5 cm y que el haz de electrones quede oculto por la marca de medición correspondiente del tubo. Anote los valores de ajuste.
- Disminuya la tensión anódica, en pasos de 20 V, hasta llegar a 200 V; en cada caso, seleccione la corriente de la bobina I_H de

manera que el radio se mantenga constante y anote estos valores.

- Realice más series de mediciones para los radios de órbita circular de 4 cm y 3 cm.

EJEMPLO DE MEDICIÓN

Tabla 1: Valores de medición de la corriente de bobina I_H en función de la tensión de aceleración U para tres diferentes constantes de radio de la órbita circular r

U / V	I_H / A		
	con $r = 3$ cm	con $r = 4$ cm	con $r = 5$ cm
300	2,66	1,98	1,58
280	2,56	1,91	1,53
260	2,47	1,84	1,46
240	2,37	1,77	1,42
220	2,29	1,68	1,34
200	2,14	1,61	1,25

EVALUACIÓN

El campo magnético B se genera en el par de bobinas de Helmholtz y es proporcional a la corriente I_H que circula a través de una sola bobina. El factor de proporcionalidad k se puede calcular a partir del radio de la bobina $R = 147,5$ mm y el número de espiras $N = 124$ por bobina:

$$B = k \cdot I_H \text{ en donde } k = \left(\frac{4}{5}\right)^{\frac{3}{2}} \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{Vs}{Am} \cdot \frac{N}{R} = 0,756 \frac{mT}{A}$$

De esta manera se conocen todas las magnitudes necesarias para determinar la carga específica del electrón.

Para una evaluación adicional, se transfieren los valores de medición a un diagrama $r^2 B^2$ en función de $2U$ (véase Fig. 4). En la tabla 2 se muestran los datos calculados para este propósito a partir de los datos de medición de la tabla. 1.

De la pendiente de las rectas de origen de la Fig. 4 se lee:

$$\frac{e}{m} = 16,8 \cdot \frac{V}{mT^2 \cdot cm^2} = 1,68 \cdot 10^{11} \frac{As}{kg}$$

El valor que indica la teoría es de:

$$\frac{e}{m} = 1,76 \cdot 10^{11} \frac{As}{kg}$$

Tabla 2: Valores calculados de la tabla 1 en relación con la tensión de aceleración U para órbitas circulares de tres radios distintos

U / V	$2U / V$	$B^2 r^2 / \text{mT}^2 \text{cm}^2$		
		con $r = 3 \text{ cm}$	con $r = 4 \text{ cm}$	con $r = 5 \text{ cm}$
300	600	36,4	35,8	35,7
280	560	33,7	33,4	33,4
260	520	31,4	31,0	30,5
240	480	28,9	28,6	28,8
220	440	27,0	25,8	25,7
200	400	23,6	23,7	22,3

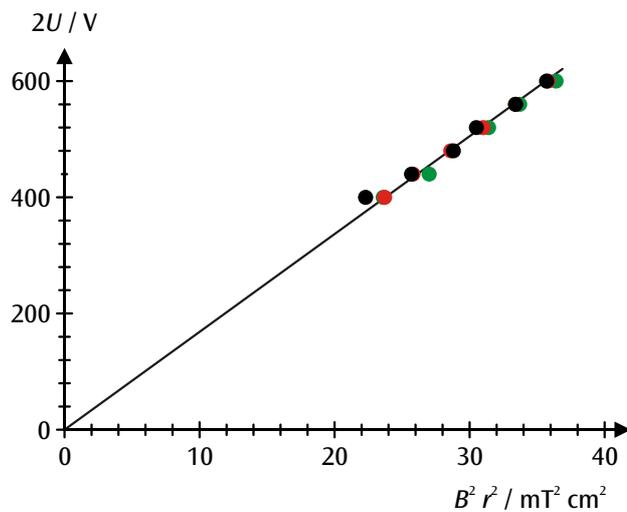


Fig. 4: Diagrama $r^2 B^2 / 2U$ de los valores de medición (negro: $r = 5 \text{ cm}$, rojo: $r = 4 \text{ cm}$, verde: $r = 3 \text{ cm}$). La pendiente de las rectas de origen corresponde a la carga específica e / m del electrón.