

NOVA **DIDACTA**

Sistemas Didáticos



PHYWE

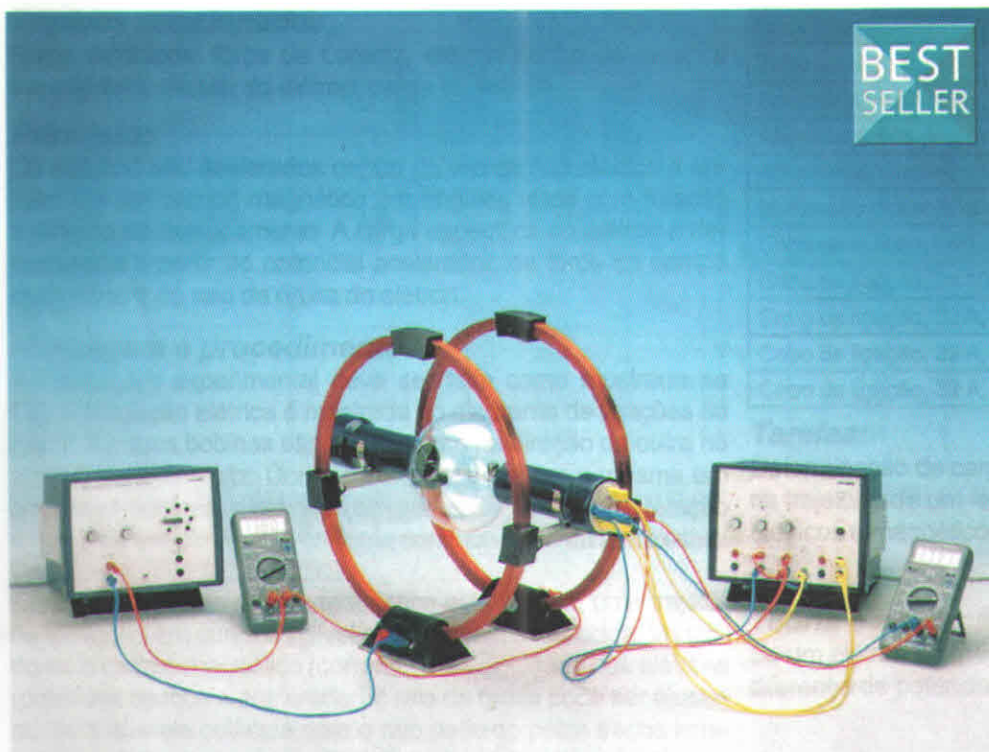
Estrutura Física da Matéria

Carga Específica do Elétron – e/m

P2510200

MANUAL DO USUÁRIO

Soluções Tecnológicas



O que você pode aprender sobre este assunto...

- Raios catódicos
- Força de Lorentz
- Elétron dentro de campos transversais
- Massa do elétron
- Carga do elétron

Princípio:

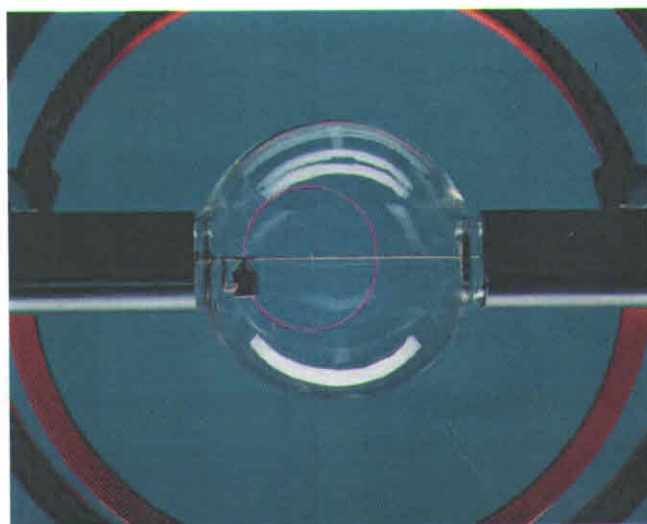
Os elétrons são acelerados dentro de um campo elétrico e entram em um campo magnético em ângulos retos com relação à direção de deslocamento. A carga específica do elétron é determinada a partir do potencial acelerador, da força do campo magnético e do raio da órbita do elétron.

O que você necessita:

Tubo de feixe estreito com soquete	✓	06959.00	1
Bobinas de Helmholtz, um par	✓	06960.00	1
Alimentação de energia, regulável, 0...600 V -	✓	13672.93	1
Alimentação de energia, universal	✓	13500.93	1
Multímetro digital 2010	✓	07128.00	2
Cabo de ligação, conector de 4 mm, 32 A, vermelho, 10 cm 07359.01	✓	07362.01	1
Cabo de ligação, conector de 4 mm, 32 A, azul, 10 cm	✓	07359.04	1
Cabo de ligação, conector de 4 mm, 32 A, vermelho, 75 cm 07362.01	✓	07362.01	5
Cabo de ligação, conector de 4 mm, 32 A, azul, 75 cm	✓	07362.04	3
Cabo de ligação, conector de 4 mm, 32 A, amarelo, 75 cm	✓	07362.02	3
Conjunto completo do equipamento com manual incluído em um CD-ROM	✓		
Carga específica do elétron – e/m		P25102 00	

Tarefas:

Determinação da carga específica do elétron (e/m_e) a partir da trajetória de um feixe de elétrons atravessando campos elétricos e magnéticos transversais de intensidade variável.



*Ameliora
curso em Manual*

Tópicos relacionados

Raios catódicos, força de Lorentz, elétron dentro de campos transversais, massa do elétron, carga do elétron

Princípio:

Os elétrons são acelerados dentro de um campo elétrico e entram em um campo magnético em ângulos retos com relação à direção de deslocamento. A carga específica do elétron é determinada a partir do potencial acelerador, da força do campo magnético e do raio da órbita do elétron.

Montagem e procedimento

A montagem experimental deve ser feita como mostrado na Fig. 1. A ligação elétrica é mostrada no diagrama de ligações da Fig. 2. As duas bobinas são giradas uma na direção da outra no arranjo de Helmholtz. Como a corrente deve ser a mesma em ambas as bobinas, a **conexão em série é preferível** com relação à conexão em paralelo. A **corrente contínua máxima permitível de 5 A não deve ser excedida**.

Se a polaridade do campo magnético está correta, uma trajetória luminosa em curva é visível em uma sala escurecida. Variando-se o campo magnético (corrente) e a velocidade dos elétrons (potencial de foco e acelerador) o raio da órbita pode ser ajustado para que ele coincida com o raio definido pelos traços luminosos definidos na escala. Quando o feixe de elétrons coincide com os traços luminosos, metade do círculo é observável. O raio do círculo pré-definido na escala pode ser de 2, 3, 4 ou 5 cm.

Para uma descrição detalhada do tubo de feixe estreito, por favor consulte as instruções de operação.

Se o traço possui a forma de uma hélice, isto quer dizer que os elétrons não estão sendo projetados perpendicularmente ao campo magnético. Isto deve ser corrigido girando-se o tubo de feixe estreito em torno do seu eixo longitudinal.

Equipamento		
Tubo de feixe estreito	06959.00	1
Bobinas de Helmholtz, um par	06960.00	1
Alimentação de energia, regulável, 0...600 VDC	13672.93	1
Alimentação de energia, universal	13500.93	1
Multímetro digital 2010	07128.00	2
Cabo de ligação, l = 100 mm, vermelho	07359.01	1
Cabo de ligação, l = 100 mm, 32 A, azul	07359.04	1
Cabo de ligação, 32 A, l = 750 mm, vermelho	07362.01	5
Cabo de ligação, 32 A, l = 750 mm, azul	07362.04	3
Cabo de ligação, 32 A, l = 750 mm, amarelo	07362.02	3

Tarefas:

Determinação da carga específica do elétron (e/m₀) a partir da trajetória de um feixe de elétrons atravessando campos elétricos e magnéticos transversais de intensidade variável.

Teoria e avaliação

Se um elétron de massa m₀ e carga e é acelerado por uma diferença de potencial U, ele adquire a energia cinética:

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

onde v é a velocidade do elétron. Dentro de um campo magnético com intensidade \vec{B} a força de Lorentz atuando sobre um elétron com velocidade \vec{v} é dada por:

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

Se o campo magnético é uniforme, como ocorre num arranjo de Helmholtz, o elétron então segue uma trajetória espiral ao longo das linhas de força magnética, o que se torna um círculo de raio r se \vec{v} é perpendicular a \vec{B}

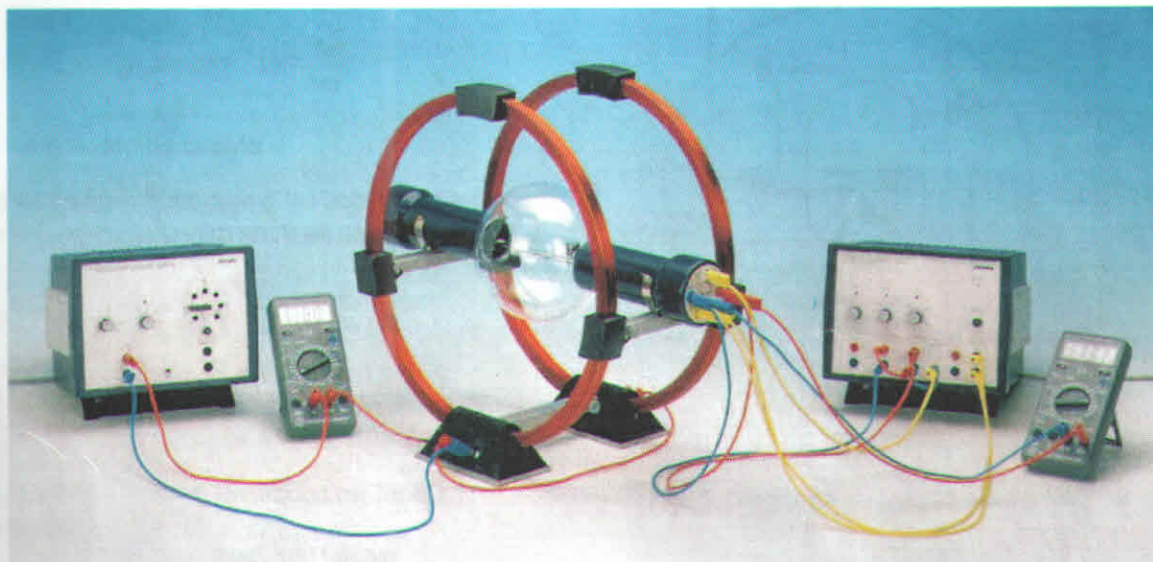


Fig. 1: Montagem experimental para determinação da carga específica do elétron.

$\frac{U}{V}$	$r = 0.02 \text{ m}$		$r = 0.03 \text{ m}$		$r = 0.04 \text{ m}$		$r = 0.05 \text{ m}$	
	I	$\frac{e/m_0}{10^{11} \frac{\text{As}}{\text{kg}}}$	I	$\frac{e/m_0}{10^{11} \frac{\text{As}}{\text{kg}}}$	I	$\frac{e/m_0}{10^{11} \frac{\text{As}}{\text{kg}}}$	I	$\frac{e/m_0}{10^{11} \frac{\text{As}}{\text{kg}}}$
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
180	-	-	2.2	1.7	1.6	1.8	1.3	1.8
200	-	-	2.3	1.8	1.7	1.8	1.4	1.7
220	-	-	2.4	1.8	1.8	1.8	1.4	1.9
240	-	-	2.5	1.8	1.9	1.7	1.5	1.8
260	-	-	2.6	1.8	1.9	1.9	1.6	1.7
280	-	-	2.7	1.8	2.0	1.8	1.6	1.8
300	-	-	2.8	1.8	2.1	1.8	1.7	1.7

Tabela 1: Corrente I e carga específica do elétron de acordo com as equações (2) e (3) para várias tensões U e vários raios r das trajetórias dos elétrons.

Como a força centrípeta $m_0 \cdot v^2/r$ produzida é igual à força de Lorentz, nós obtemos

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

onde B representa a magnitude absoluta do vetor de campo \vec{B} . Da equação (1), segue que

$$\frac{e}{m_0} = \frac{2U}{(B \cdot r)^2}$$

Para calcular o campo magnético B, a primeira e a quarta equações de Maxwell são utilizadas no caso onde não existem campos elétricos dependentes do tempo.

Nós obtemos a intensidade do campo magnético B_z no eixo z de uma corrente circular I para arranjos simétricos de duas bobinas a uma dada distância entre si por:

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

com

$$\mu_0 = 1.257 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}}$$

e R = raio da bobina

Para o arranjo de Helmholtz com duas bobinas ($a = R$) com número de espiras n, no centro entre as bobinas obtém-se

$$B = 6,3256 \cdot 10^{-4} \cdot I$$

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

Para as bobinas utilizadas, $R = 0,2 \text{ m}$ e $n = 154$. A média,

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

foi obtida a partir dos valores fornecidos na Tabela 1. Valor de literatura:

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

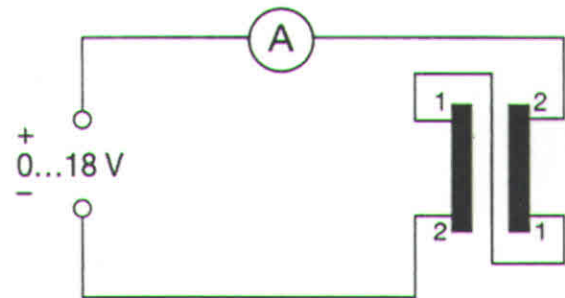


Fig. 2: Diagrama de ligação para as bobinas de Helmholtz.

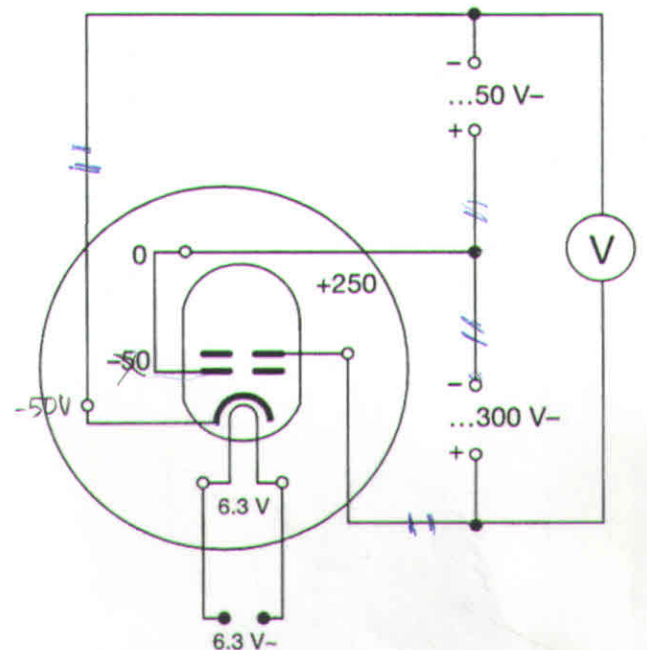


Fig. 3: Diagrama de ligação para o tubo de feixe estreito.