
T3- Tubo de Raios Catódicos e Bobines de Helmholtz. Determinação de e/m.

Objectivos

- Determinação da carga específica do electrão, e/m.

Considerações teóricas

Uma carga eléctrica, e , que se mova com uma velocidade \vec{v} , ao ficar sob a influência de um campo magnético \vec{B} , fica sujeita a uma força (força de Lorentz) dada por:

$$\vec{F} = e\vec{v} \times \vec{B} \quad (1)$$

Sob a acção desta força, cuja direcção é sempre perpendicular à do vector velocidade, a partícula carregada sofre apenas uma aceleração centrípeta, mantendo constante o valor da sua velocidade.

Consideremos um feixe de electrões que entra num campo magnético \vec{B} uniforme, com velocidade perpendicular ao campo. Dado que a força magnética é perpendicular ao campo, todo o movimento dos electrões se fará no plano perpendicular a \vec{B} . Por outro lado, a intensidade $F = evB$ da força magnética mantém-se constante e portanto os electrões executarão um movimento circular (uniforme). Se r for o raio da trajetória circular, temos:

$$evB = m \frac{v^2}{r} \quad (2) \quad \Rightarrow \quad v = \frac{e}{m} Br \quad (3)$$

De acordo com o princípio de conservação de energia, a energia cinética dos electrões é igual ao trabalho realizado pelo campo eléctrico aplicado para os acelerar: $\frac{1}{2}mv^2 = eV$. Nestas condições a velocidade dos electrões depende da tensão aceleradora, V :

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

Substituindo a equação (4) na equação (3), obtém-se a seguinte expressão para a carga específica do electrão:

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

Pode-se mostrar que a intensidade do campo magnético, B , produzido na região central das bobines de Helmholtz, desde que se conheça o raio das bobines, R , o número de espiras, n , e a intensidade da corrente que as percorre, I , pode ser determinada pela equação:

$$B = 0.7155\mu_0 \frac{nI}{R} \quad (6)$$

onde $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ T.m.A}^{-1}$ é a permeabilidade magnética do vazio.

No dispositivo usado, a ampola contém hidrogénio (10^{-3} mbar). Os electrões acelerados pelo campo magnético ao chocarem com os átomos do gás, vão provocar a sua ionização. A recombinação dos iões com os electrões corresponde a uma emissão na região visível do espectro electromagnético (luminescência), como se pode ver no esquema da figura 1.

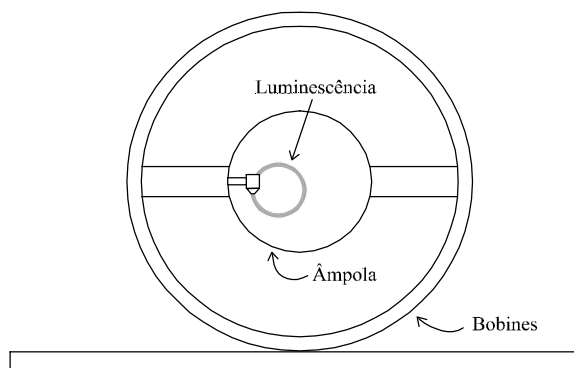


Figura 1

Material

- Tubo de raios catódicos com as seguintes características:

- tensão do filamento 6.3 V (AC)
- tensão da grelha 0 V (DC)
- tensão do cátodo (máxima) -20 V (DC)
- tensão do ânodo (máxima) +300 V (DC)

- Bobines de Helmholtz com as seguintes características:

- número de espiras de cada bobine 130
- diâmetro das bobines 30 cm
- corrente eléctrica máxima 2 A

- 3 Fontes de tensão:

- 1 - Ânodo (0 - 300 V)
- 2 - Cátodo (tensão aceleradora) (0 - 20 V)
- 3 - Filamento (6.3 V)

- Amperímetro (0 - 15 A)

- 2 Voltímetros

Procedimento Experimental

1 - Montar o circuito emissor e acelerador de electrões esquematizado na figura 2.

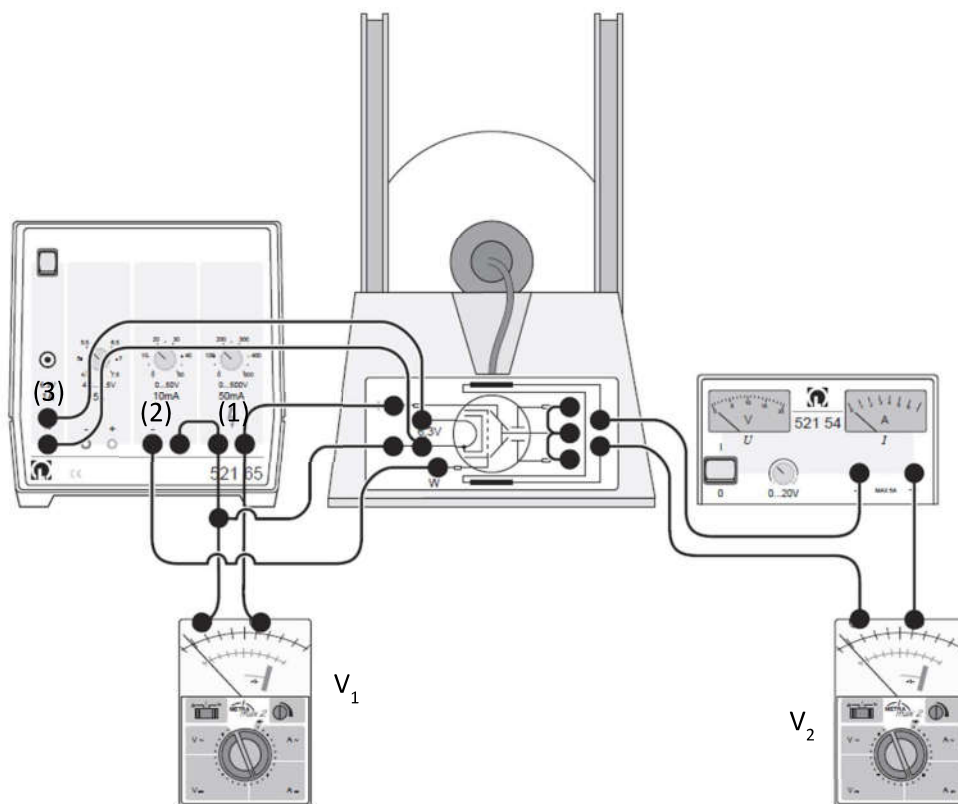


Figura 2

2 - Montar o circuito gerador do campo magnético, ilustrado nas figuras 2 e 3.

3 - Ligar as fontes de tensão (1) e (2), mantendo os potenciômetros na posição zero. Aplicar a tensão no filamento, ligando a fonte (3). Depois de um tempo de aquecimento de cerca de três minutos, aumentar as tensões através dos potenciômetros de forma a que apareça um raio luminoso.

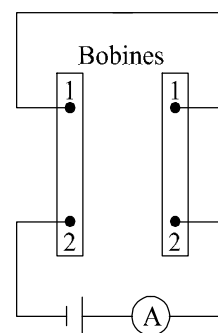


Figura 3

Com o potenciômetro 0 - 300 V elevar a tensão do ânodo e regular a tensão da grelha através do potenciômetro -20 - 0 V para que o raio fique nítido.

4 - Ligar o circuito gerador do campo magnético. Observa-se imediatamente que o trajeto dos electrões descreve uma órbita circular devido à ação do campo magnético.

(nota: caso o raio luminoso não tenha uma trajetória no plano perpendicular à direção do campo magnético, deve rodar ligeiramente o tubo).

5 - Fixe o posicionador do lado direito de modo a ficar a 7 cm do posicionador esquerdo (esse irá ser o diâmetro da trajetória dos electrões). Através do ajuste dos potenciômetros reguladores da tensão aceleradora V e do potenciômetro que regula a corrente I nas bobines, poderá regular a tensão de forma a que o diâmetro da trajetória descrita coincida com o posicionador.

6 – Repita o procedimento anterior para posições entre 7 cm e 11 cm, com intervalos de 1 cm e registe vários pares de valores V e I para cada posição.

r (cm)	N	I (A)	V (V)	r (cm)	N	I (A)	V (V)
	1				1		
	2				2		
	3				3		
	4				4		
	5				5		
	6				6		
	7				7		
	8				8		
	1				1		
	2				2		
	3				3		
	4				4		
	5				5		
	6				6		
	7				7		
	8				8		
	1				1		
	2				2		
	3				3		
	4				4		
	5				5		
	6				6		
	7				7		
	8				8		

Resultados

1. Traçar as rectas correspondentes a cada conjunto de pares de valores obtidos e deduzir o valor e/m .
2. Calcular a diferença percentual entre os valores calculados e o valor padrão (CODATA) de e/m : $1.758820150 \times 10^{11} \pm 4.4 \times 10^{-19} \text{ C/Kg}$.