

CARGA ESPECÍFICA DO ELÉTRON

1. Objetivo do Experimento

Estudar a deflexão de elétrons em um campo magnético e determinar a carga específica do elétron.

2. Fundamentação Teórica

Denomina-se carga específica à razão carga/massa, o que é denotado por e/m no caso do elétron. J. J. Thomson, foi quem primeiro determinou a razão e/m em um experimento realizado em 1897 ^[1]. Em uma série de experimentos ele utilizou campos magnéticos para defletir raios catódicos produzidos em ampolas preenchidas por diferentes gases e notou que a razão m/e não dependia do gás contido na ampola. Verificou ainda que o seu valor era muito pequeno comparado com o valor obtido para o hidrogênio na eletrolise, que era o menor valor conhecido na época. Vinte anos mais tarde Millikan mediu a carga do elétron permitindo a determinação da sua massa.

A carga específica do elétron pode ser determinada experimentalmente de uma maneira relativamente fácil.

Um elétron movendo-se com velocidade v perpendicularmente a um campo magnético uniforme B fica sujeito a uma força magnética,

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

que é perpendicular ao campo magnético \vec{B} e à velocidade \vec{v} . Esta atua como força centrípeta mantendo o elétron em uma órbita de raio r , isto é

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

Notar que $\vec{v} \perp \vec{B}$

No experimento os elétrons são acelerados por um potencial V , de modo que a sua energia cinética é dada por

$$eV = \frac{1}{2}mv^2 \quad (3)$$

De (2) e (3) obtemos a carga específica do elétron como

$$\frac{e}{m} = \frac{2V}{(rB)^2} \quad (4)$$

assim conhecendo-se a intensidade do campo magnético B , o potencial acelerador V , e o raio da órbita do elétron determinamos a razão e/m .

3. O Experimento

O aparato experimental consiste de um tubo de raios catódicos preenchido com hidrogênio a baixa pressão, o qual através de colisões com o feixe de elétrons emite luz permitindo-nos a visualização das trajetórias.

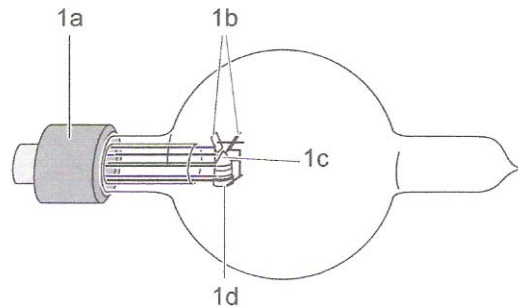


Figura 1: 1a base, 1b placas de deflexão, 1c anodo, 1d catodo

O campo magnético é gerado por um par de bobinas de Helmholtz sendo o módulo de campo no ponto médio entre as bobinas dado por

$$B = \frac{8}{\sqrt{125}} \frac{\mu_0 NI}{R} \quad (5)$$

onde R é o raio das bobinas e I a corrente que nelas circula. Este campo é então proporcional à corrente que circula nas bobinas $B = k \cdot I$, de modo que da equação (4) o potencial de aceleração pode ser escrito em função da corrente I como

$$V = \frac{e}{2m} r^2 k^2 I^2 \quad (6)$$

A constante k pode ser obtida da equação (5) para N e R definidos,

$$k = \mu_0 \left(\frac{4}{5} \right)^{3/2} \frac{N}{R} \quad (7)$$

ou através da inclinação do gráfico de $B \times I$ obtido pela medida de B em função da corrente I . A equação (6) permite então determinar a razão e/m a partir da inclinação da curva $V \times I^2$. Em nosso caso $N=130$ espiras e $R=150$ mm.

Apresentamos nas figuras a seguir o aparato experimental e o painel de ligações.

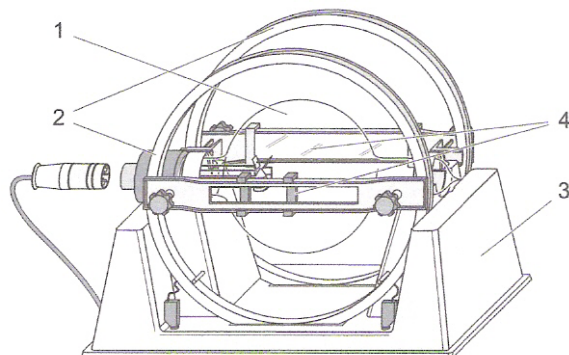


Figura 2: 1 tubo de raios catódicos, 2 bobinas de Helmholtz, 3 suporte, 4 dispositivo de medida

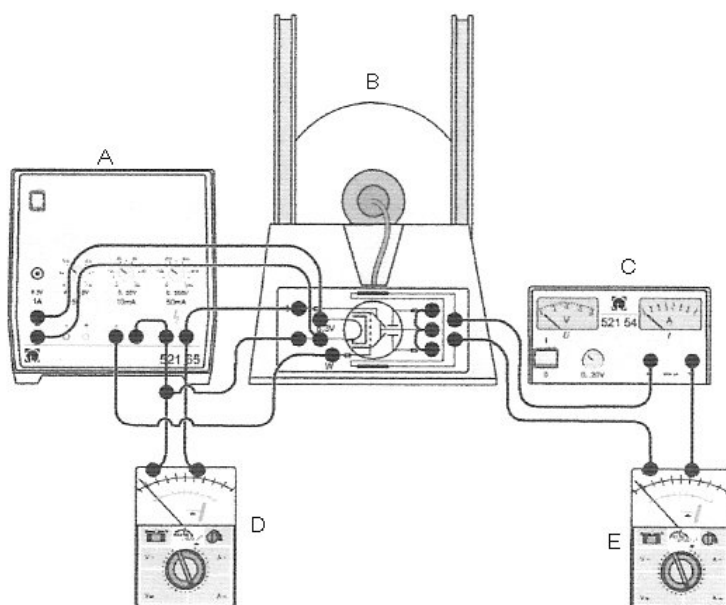


Figura 3: A fonte de alimentação, B aparato de medida, C fonte de alimentação para as bobinas, D mede a tensão de aceleração, E mede a corrente nas bobinas de Helmholtz

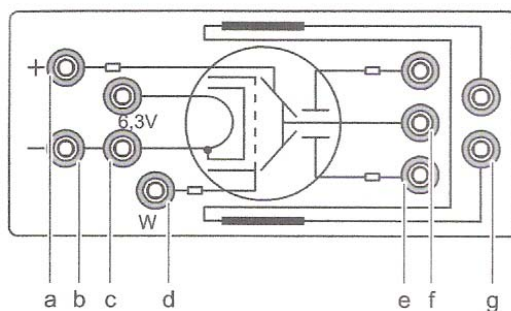


Figura 4: a anodo, b catodo, c aquecimento do catodo, d cilindro de Wehnelt, e placas de deflexão, g bobinas de Helmholtz

CUIDADOS IMPORTANTES:

1. O tubo de raios catódicos utiliza tensões elevadas ($\sim 300\text{V}$) para acelerar os elétrons. Por sua vez os contatos no painel e nas bobinas de Helmholtz estão conectados com esta tensão. Evite manuseá-los quando o tubo estiver em operação.
2. O tubo de raios catódicos é um recipiente de paredes finas sob vácuo e apresenta risco de implosão se submetido a tensões mecânicas. Não submeta o tubo a esforços mecânicos ou a choque.

4. Medida da razão e/m

- ☞ Ajuste o potencial de aceleração para 300 V. Após alguns segundos iniciará a emissão dos elétrons.
- ☞ Otimize o foco ajustando a tensão no cilindro de Wehnelt (0 a 10 V) até obter um feixe fino e bem definido.
- ☞ Variando a corrente nas bobinas de Helmholtz procure obter um feixe de elétrons defletido em uma órbita fechada. Caso os elétrons sejam defletidos na direção errada, desligue as fontes de tensão e inverta a polaridade na saída da fonte que alimenta as bobinas a fim de inverter a polaridade do campo magnético.
- ☞ Posicione o marcador esquerdo do dispositivo de medida de modo a alinhar a sua borda interna com a sua imagem e a saída do feixe de elétrons.
- ☞ Posicione o marcador direito de modo a ficar a uma distância de 8 cm do marcador esquerdo.
- ☞ Ajuste a corrente das bobinas até obter uma trajetória circular tangenciando o marcador direito do dispositivo (fig. 5).

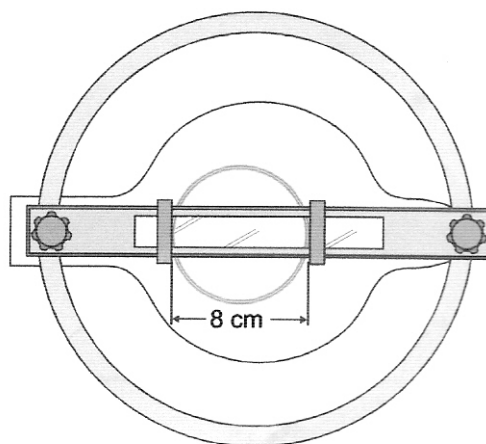


Figura 5: Dispositivo de medida.

- ☞ Reduza o potencial de aceleração V , em passos de 10 V, até 200 V e ajuste a corrente I nas bobinas para obter uma órbita com raio igual a 8 cm. Anote os valores de V e I em cada caso.
- ☞ A partir dessas medidas determine o valor da carga específica do elétron.

4. Bibliografia e sugestões de leitura

- [1] J. J. Thomson, Phil. Mag., **44**, 293 (1897) – (*fac-símile pode ser encontrado em <http://web.lemoyne.edu/~giunta/THOMSON1897.HTML>*)
- [2] CARUSO, Francisco; OGURI, Vitor. **Física moderna: origens clássicas e fundamentos quânticos**. Rio de Janeiro: Campus, 2006.
- [3] LOPES, José Leite. **A estrutura quântica da matéria: do átomo pré-socrático às partículas elementares**. 2. ed. Rio de Janeiro: UFRJ Ed., Academia Brasileira de Ciências, ERCA, 1993.
- [4] EISBERG, Robert Martin. . **Fundamentos da física moderna**. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1979.