

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
FSC 5151 - LABORATÓRIO DE FÍSICA MODERNA

MEDIDA DA CARGA ESPECÍFICA DO ELÉTRON (Thomson)

OBJETIVO

Medir a carga específica do elétron e comparar com o método de Busch e com o valor tabelado $e/m = 1,76 \times 10^{11}$ C/Kg

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A experiência de J.J. Thomson realizada em 1897 veio mostrar que “os átomos não são indivisíveis, pois partículas elétricas negativas podem ser arrancadas pela ação de forças elétricas”.

O método que vamos utilizar no presente experimento é uma variante do original de Thomson, onde o campo elétrico é importante apenas na aceleração dos raios catódicos, sendo o campo magnético responsável pela modificação das suas trajetórias. O equipamento consiste de uma ampola de vidro onde um filamento metálico é montado no eixo de um eletrodo cônico de aceleração, o qual possui um orifício superior por onde irá passar um abundante fluxo de elétrons (feixe de raios catódicos). A atmosfera interna da ampola é de gás hidrogênio, sob pressão de 10^{-2} mmHg, o que permite visualizar o feixe eletrônico como um traço de luz azul produzido pela excitação eletrônica dos átomos de hidrogênio. A ampola é montada no centro de duas bobinas de Helmholtz, que irão criar um campo magnético defletor dado pela equação (ver Halliday problema n° 50, cap. 34, 4ª edição):

$$B = \mu_0 \sqrt{\left(\frac{4}{5}\right)^3} \left(\frac{NI}{R}\right) \quad (1)$$

onde $\mu_0 = 1,26 \cdot 10^{-6}$ Wb/Am

$N = 130$ (número de espiras em cada bobina)

$R = 0,150$ m (raio de cada bobina)

$I =$ intensidade da corrente nas espiras.

Quando um elétron de carga “e” e de massa “m”, se move num campo elétrico uniforme, como o formado quando duas placas paralelas são carregadas sob uma tensão “V”, ele adquire uma velocidade que pode ser calculada a partir da expressão:

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

Se na região onde se move o elétron existir um campo magnético de indução magnética \mathbf{B} , ele ficará sujeito à força de Lorentz, $\mathbf{F} = q\mathbf{v} \times \mathbf{B}$. Caso a trajetória do elétron seja perpendicular ao campo magnético \mathbf{B} , a força \mathbf{F} será perpendicular à sua velocidade \mathbf{v} e o movimento resultante será uma trajetória circular de raio “r”. Neste caso a força centrípeta será igual à força de Lorentz:

$$\frac{m \cdot v^2}{R} = e \cdot v \cdot B \quad \text{e} \quad v = \frac{e}{m} \cdot B \cdot R \quad (3)$$

Combinando a eq. (2) e a eq. (3) resulta:

$$\frac{e}{m} = \frac{2V}{(R \cdot B)^2} \quad (4)$$

onde: e/m = carga específica da partícula

R = raio da trajetória

V = tensão do campo elétrico acelerador

B = campo magnético de deflexão (dado pela eq. (1)).

Nota: Quando o vetor velocidade do feixe eletrônico não for perpendicular ao vetor indução magnética, a trajetória será helicoidal. Peça auxílio ao professor para dar uma pequena rotação ao longo do eixo da ampola de vidro (à esquerda e à direita); observe e interprete o movimento do feixe eletrônico. Você pode também observar a influencia sobre o feixe de um ímã externo.

O diâmetro da ampola deste equipamento Leybold é de 175 mm.

PRÉ-RELATÓRIO:

1. Discuta como é possível determinar o sinal da carga elétrica de um feixe de partículas em movimento numa região de campo magnético.
2. Compare de forma resumida (através de diagramas) a determinação de e/m pelos métodos de Busch e Thomson.
3. Usando a lei de Biot-Savart deduza a equação (1) (ver Halliday, capítulo 34, problema 50 4ª edição).
4. Por que é necessário introduzir um gás na ampola, e por que a pressão deste gás deve ser baixa?
5. Considerando que o campo magnético da Terra na latitude de Florianópolis é de 0,30 Oersted, ele pode ser considerado apenas como uma perturbação? Como minimizar o seu efeito na montagem do experimento?

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL (Thomson):

1. Confira as conexões elétricas de acordo com o esquema abaixo.
2. Ligue as fontes de tensão e aguarde um minuto até aquecer o filamento do bulbo.
3. Coloque uma tira de papel milimetrado sobre o espelho.

ATENÇÃO: a) A CORRENTE DAS BOBINAS NÃO DEVE ULTRAPASSAR 1,5 AMPÈRES – use valores entre 1,0 e 1,5 A. b) A MÁXIMA TENSÃO DE ÂNODO É 300 VOLTS – use valores entre 150 e 250 V.

1- Fixe o primeiro valor de corrente em 1,50 A. Varie a tensão de ânodo até obter uma trajetória circular.

2- Você irá obter o raio da trajetória circular do feixe eletrônico, através da medida do diâmetro da órbita feita num papel milimetrado (colocado sobre o espelho) com o auxílio dos cursores dispostos sobre o mesmo.

3- Com a corrente no valor fixo de 1,50 A, varie a tensão aplicada até obter um feixe de diâmetro mínimo. Anote na Tabela I os valores de “V”, “I” e “R”. O raio da órbita deve ser medido sobre o papel milimetrado com o auxílio dos braços do cursor. Cuidado com os erros de paralaxe.

4- Mantendo em 1,50 A varie a tensão até obter pelo menos dois feixes circulares com diâmetros crescentes. Anote os raios na Tabela I. NOTA: órbitas com diâmetros muito grandes (isto é, chegando próximo às paredes da ampola) devem ser evitadas por dois motivos: **(a)**: a equação (1) que fornece o valor do campo magnético só vale ao longo do eixo das bobinas (de fato, pode-se demonstrar que também vale no entorno do eixo) e **(b)**: a ampola de vidro apresenta espessura de parede mais grossa próximo ao seu eixo e mais fina no seu diâmetro, o que introduz uma considerável refração (ou “efeito lente”) ao medir o diâmetro do feixe para órbitas próximas à parede da ampola.

5- Repita os passos 6, 7 e 8 para um valor de corrente de 1,0 A.

Relatório: Faça um gráfico de V (tensão) em função de $\frac{1}{2}(RB)^2$; obtenha a melhor reta e o valor de e/m. Dê o desvio percentual em relação ao tabelado.

FSC 5151 LABORATÓRIO DE FÍSICA MODERNA I

Data: _____ Grupo: _____

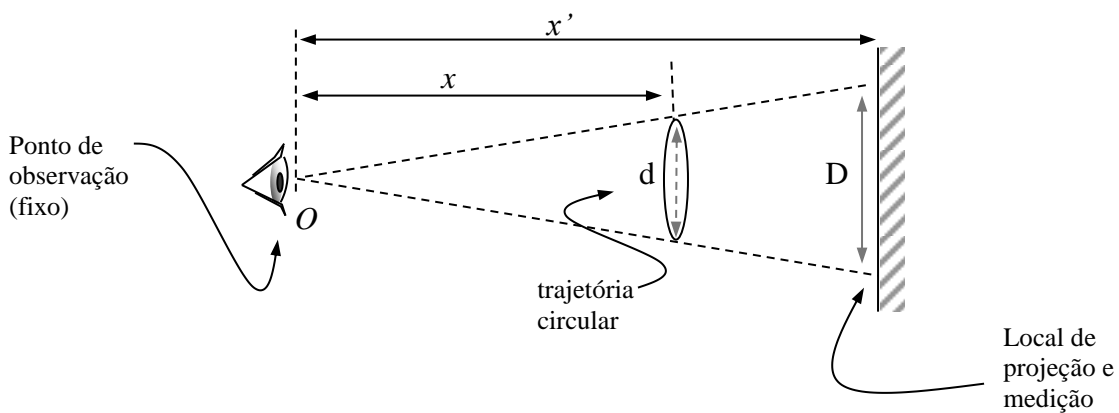
Componentes: _____

_____**MEDIDA DA CARGA ESPECÍFICA DO ELÉTRON****Método de Thomson****Tabela I e/m**

| | V (V) | I (A) | R $\times 10^{-2}$ (m) | B $\times 10^{-3}$ (Wb/m ²) | $\frac{1}{2} (R \times B)^2$ | Velocidade $\times 10^6$ (m/s) |
|---|-------|-------|---------------------------|--|------------------------------|-----------------------------------|
| 1 | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| 3 | | | | | | |
| 4 | | | | | | |
| 5 | | | | | | |
| 6 | | | | | | |

APÊNDICE

Método alternativo para avaliar o raio:



Assim, pode-se atribuir a seguinte relação:

$$\frac{D}{d} = \frac{x'}{x}$$

ESQUEMA DE MONTAGEM

