

UFSC – DEPARTAMENTO DE FÍSICA
FSC5151: 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 $e/m = 1,76 \times 10^{11} \text{ C/Kg}$

FUNDAMENTOS:

A experiência de J.J. Thomson realizada em 1.897, 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 na presente experiência 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 nº 50, cap. 34, 4ª edição:

$$B = \mu_0 [4/5]^{3/2} \left[\frac{N \cdot I}{R} \right] \quad [1]$$

onde $\mu_0 = 1,26 \cdot 10^{-6} \text{ Wb/Am}$
 $N = 130$ (número de espiras em cada bobina)
 $R = 0,150 \text{ m}$ (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:

$$\frac{1}{2} m v^2 = eV \quad [2]$$

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:

$$\frac{m \cdot v^2}{R} = e \cdot v \cdot B \quad e \quad v = \frac{e}{m} \cdot B \cdot R \quad [3]$$

Combinando a [2] e a [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 instrutor 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 imã 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 da experiência?

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 CORRENTE DAS BOBINAS NÃO DEVE ULTRAPASSAR 1,5 AMPERES – use valores entre 1,0 e 1,5 Amperes.
A MÁXIMA TENSÃO DE ANÓDO É 300 VOLTS – use valores entre 150 e 250 Volts

- 4- Fixe o primeiro valor de corrente em 1,50 A. Varie a tensão de ânodo até obter uma trajetória circular. A colimação do feixe pode ser feita com o auxílio do reostato.
- 5- 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 de cobre.
- 6- 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 paquímetro; tente evitar erros de paralaxe.
- 7- 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); (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.
- 8- Repita os passos 6, 7 e 8 para um valor de corrente de 1,0 A.

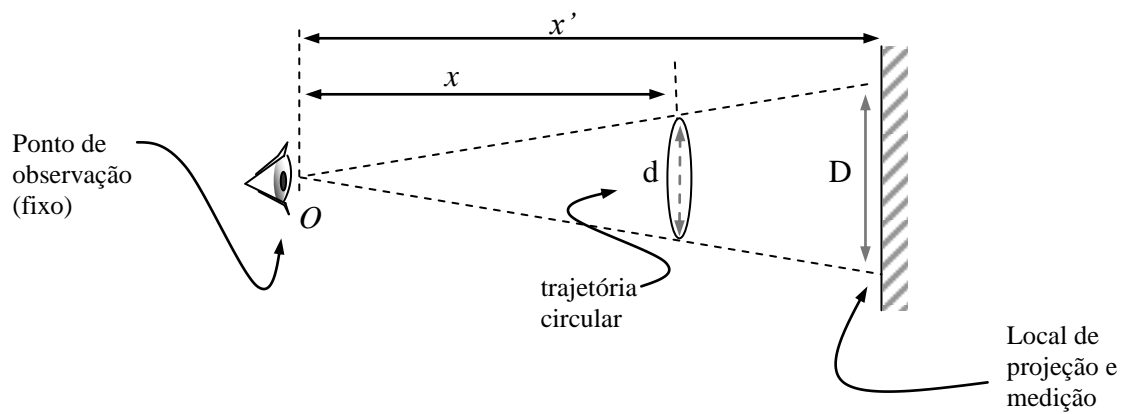
Tabela I e/m método de Thomson.

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

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.

APÊNDICE: Método alternativo para avaliar o raio:



Assim, pode-se atribuir a seguinte relação:

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

ESQUEMA