

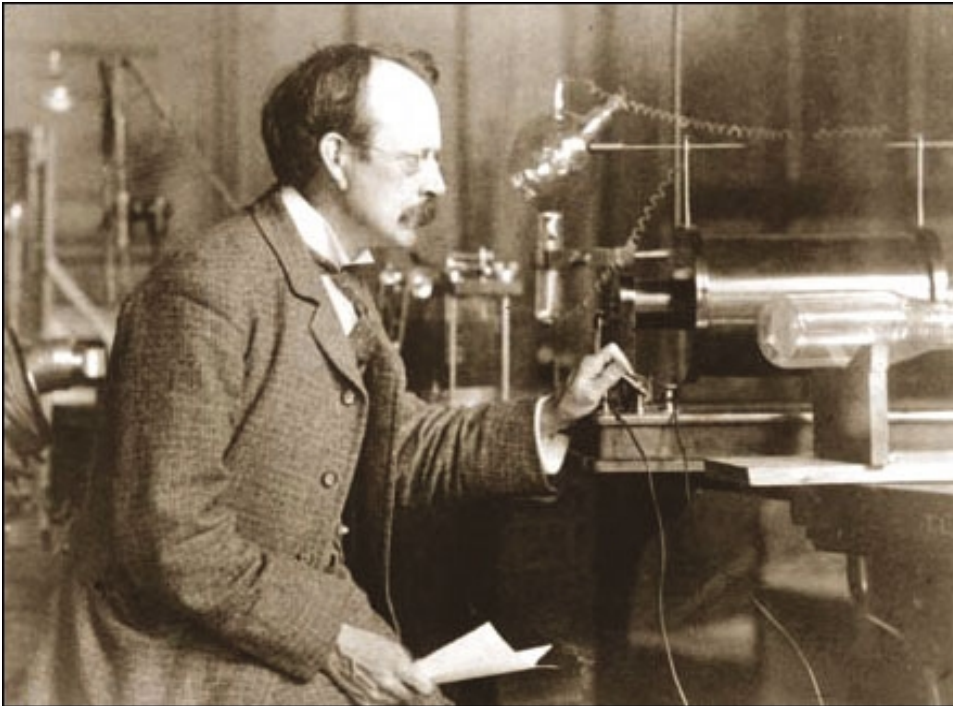


DFNAE

Laboratório de Física IV

Medida da Relação Carga-Massa do elétron

Carga elétrica em átomos

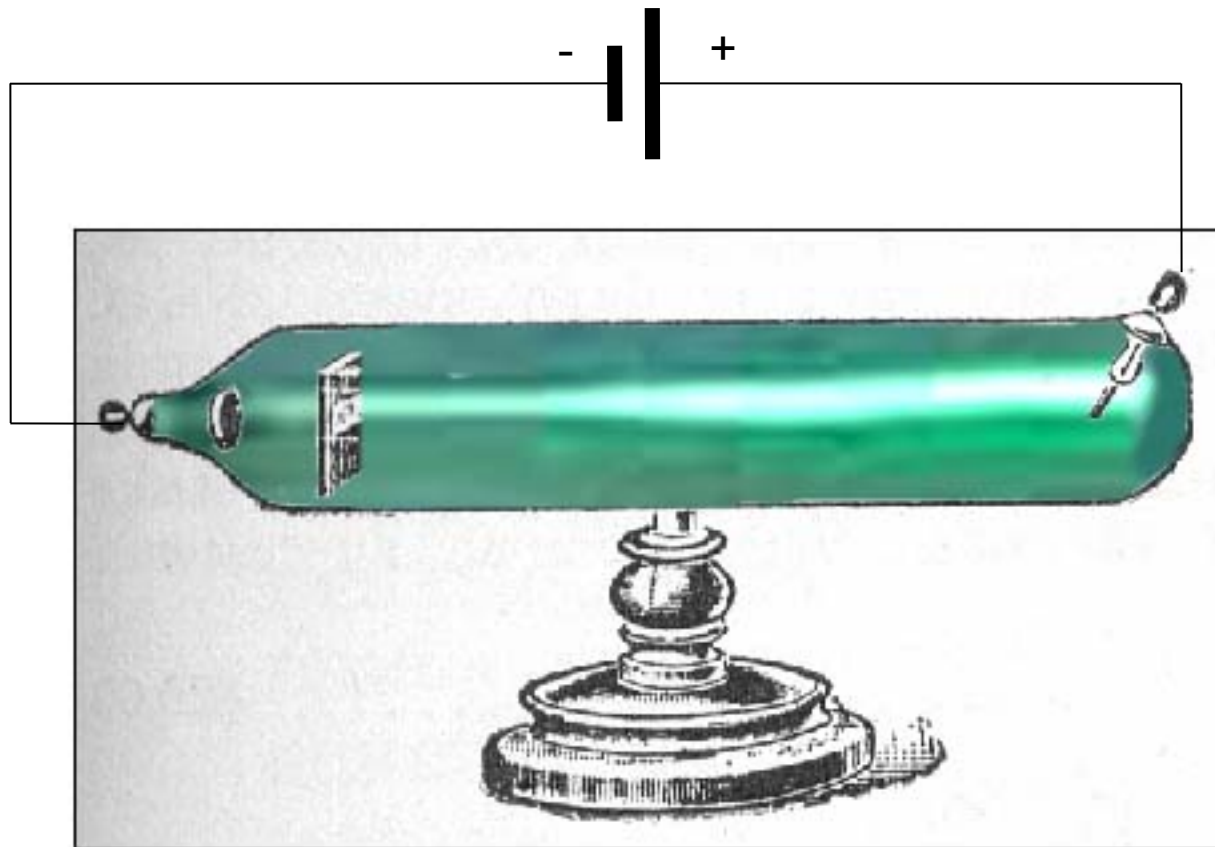


Joseph John Thomson (1856-1940)

- Elaborou experiências para o estudo dos raios catódicos.
- Mostrou que a corrente elétrica era constituída de partículas de massa m e carga elétrica e .

Raios Catódicos

- Em 1838 Michael Faraday mostrou que quando se aplica uma alta diferença de potencial em um tubo com ar rarefeito, um estranho arco de luz é gerado entre o cátodo e o ânodo.
- A origem destes *raios catódicos*, se são ondas ou partículas, permaneceu obscura até o final daquele século.

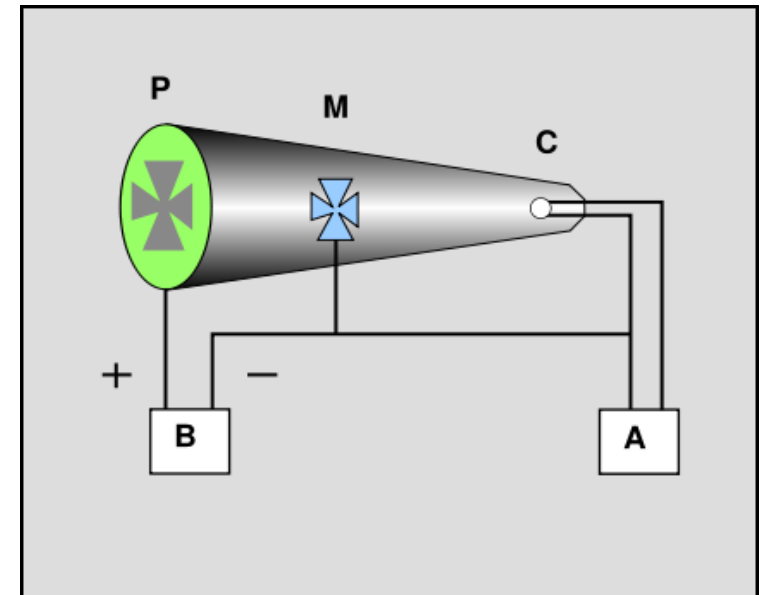


Propriedades dos Raios Catódicos

Uma possibilidade era que estes raios fossem ondas viajando em um hipotético meio chamado éter. Naquela época, muitos físicos acreditavam que o éter era necessário para a propagação das ondas de luz no espaço aparentemente vazio.

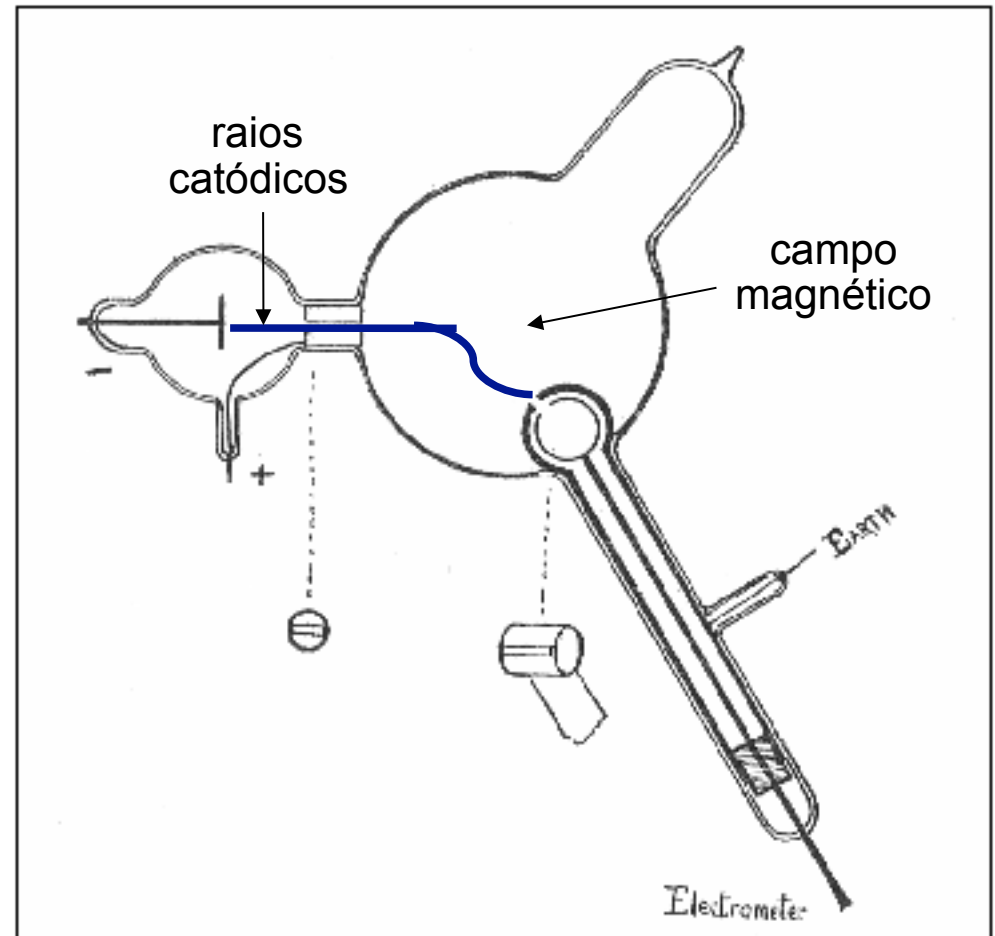
Outra possibilidade era que os raios catódicos fossem constituídos de partículas materiais. Porém, muitos físicos, incluindo J.J. Thomson, pensavam que as partículas da matéria poderiam ser algum tipo de estrutura vindas do éter. Isto fazia estas interpretações não muito diferentes.

- **Como partículas:** percorrem linhas retas – produzem uma sombra quando obstruídas por um objeto – podem passar por folhas finas sem perturbá-las.
- **Como ondas:** Deixam a superfície do cátodo em ângulos de 90 graus – são deflexionados por campos magnéticos - não eram deflexionados por campos elétricos.



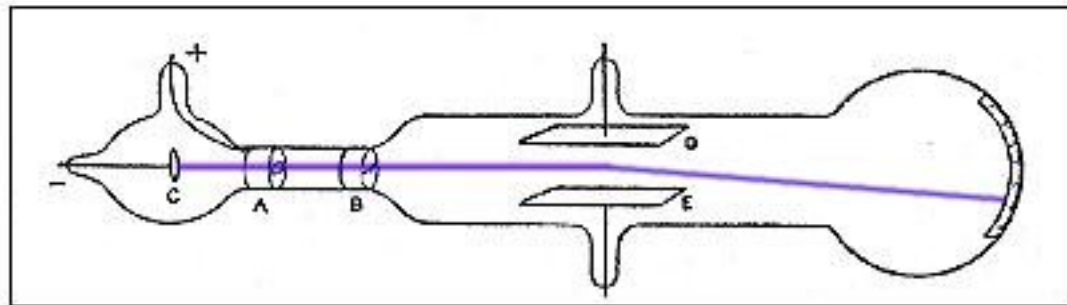
Primeiro Experimento de Thomson

- Neste experimento, Thomson testou a possibilidade de separar a carga elétrica dos raios catódicos.
- Através da aplicação de um campo magnético aos raios catódicos mediu a carga elétrica através de um eletrômetro.
- Ele não encontrou nenhuma forma de dissociar a carga elétrica dos raios catódicos.



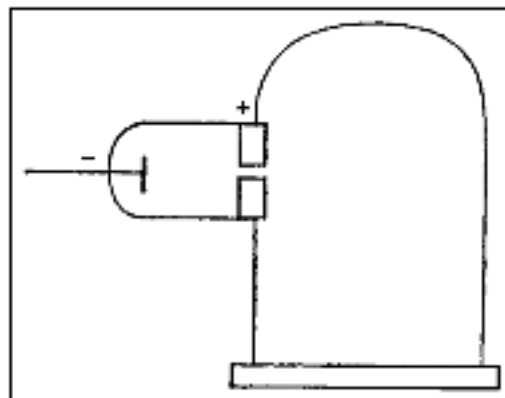
Segundo Experimento de Thomson

- Caso os raios catódicos fossem compostos por cargas negativas eles deveriam sofrer deflexão com a aplicação de um campo elétrico. Esta observação não havia sido verificada por outros experimentadores.
- Thomson imaginou, então, a situação em que os raios estivessem envoltos por um condutor. Neste caso, os raios não seriam deflexionados. Isto poderia estar acontecendo se os próprios raios produzissem esta “blindagem” através da interação com o gás dentro da câmara.
- Construindo um tubo com alto vácuo (que lhe rendeu grandes dores de cabeça), ele finalmente conseguiu observar a deflexão dos raios catódicos e concluiu que estes deveriam mesmo ser compostos por cargas negativas.

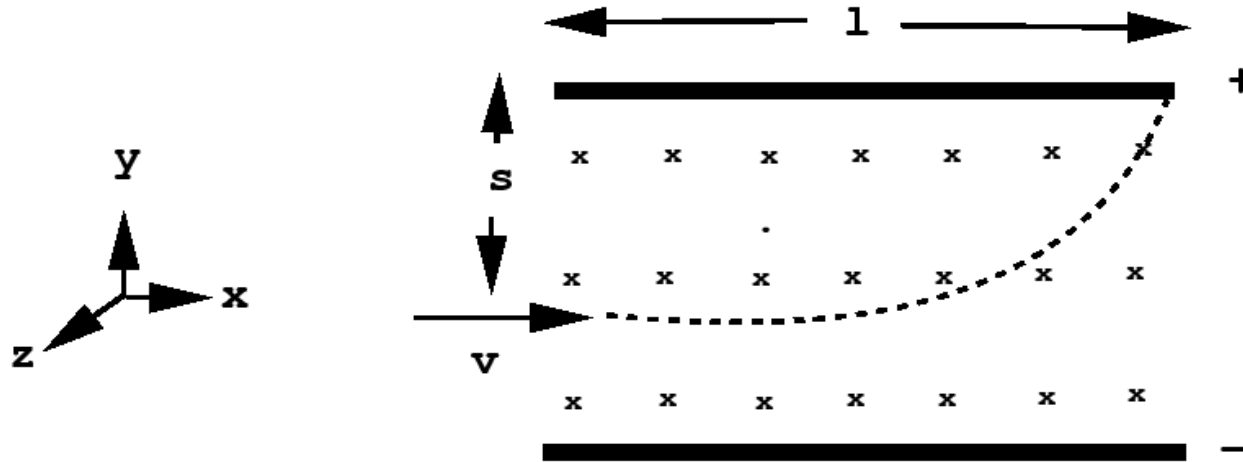


Terceiro Experimento de Thomson

- A conclusão do segundo experimento levou a outra pergunta. Se são cargas negativas, o que seriam afinal? Moléculas, átomos ou algo ainda menor?
- O terceiro experimento foi projetado para verificar as propriedades básicas destas partículas e responder (ao menos parcialmente) a estas perguntas.
- Ele não tinha como medir a massa destas partículas, mas conseguia medir quanto o feixe de partículas se curvava com um campo magnético conhecido, além da energia que elas carregavam.
- Com os dados deste experimento ele pôde calcular a razão da massa das partículas pela sua carga elétrica, utilizando diversos tubos e diversos gases.
- A conclusão era espantosa. A relação carga-massa era milhares de vezes maior que a do hidrogênio carregado. Isto indicava uma carga elétrica extremamente alta ou uma massa muito pequena.



Determinação da razão carga-massa



$$\vec{F}_m = q\vec{v} \times \vec{B}$$

$$F_m = -evB$$

A aceleração ao qual está submetida a partícula é portanto $a = v^2/r$

Logo temos que $evB = mv^2/r$

ou
$$\frac{e}{m} = \frac{v}{Br}$$

Determinação da razão carga-massa

Mas a energia de um elétron acelerado por uma diferença de potencial V é dada por

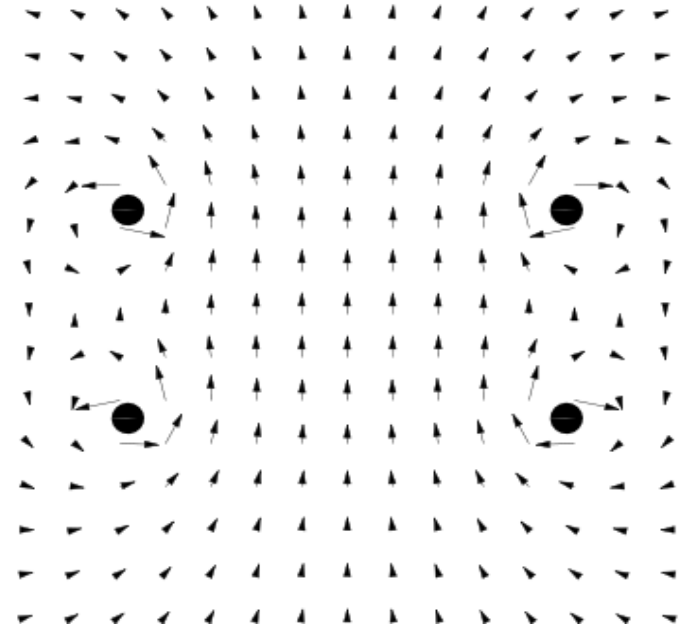
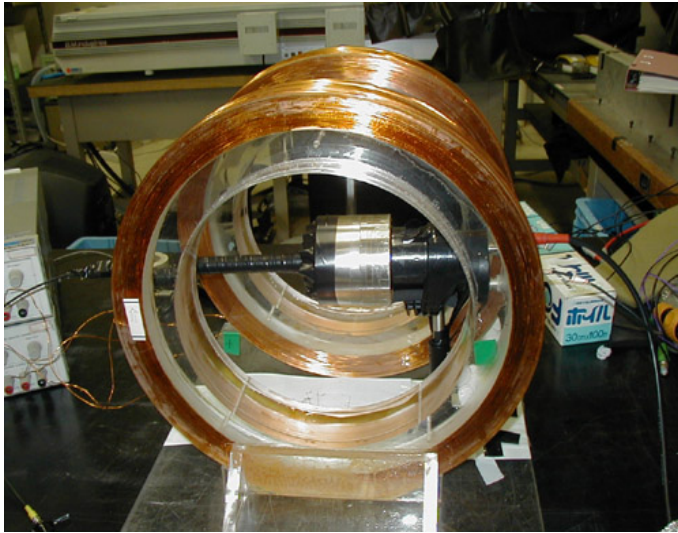
$$U = eV$$

E por conservação de energia, temos então que $eV = \frac{1}{2}mv^2$

Logo $v = \left(\frac{e}{m} 2 V\right)^{1/2}$

O Campo Magnético

Pode ser produzido por uma Bobina de Helmholtz



O campo magnético na região entre as bobinas é praticamente uniforme e dado por

$$B = \frac{[N\mu_0]IR^2}{[R^2 + (A/2)^2]^{3/2}}$$

Determinação da razão carga-massa

Considerando $A = R$ obtemos que

$$B = \frac{[N\mu_0]I}{(5/4)^{3/2}R}$$

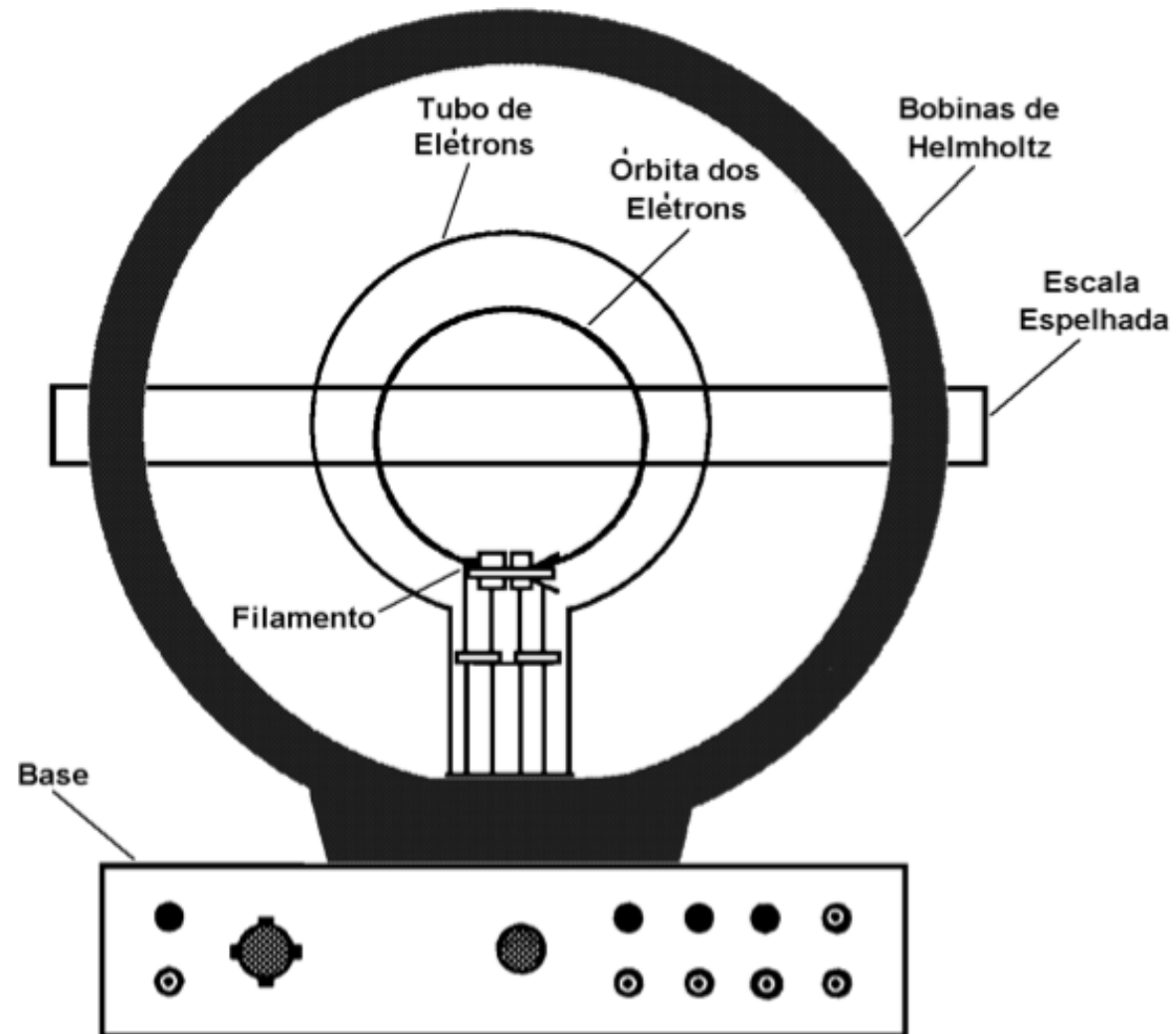
Substituindo v e B na relação

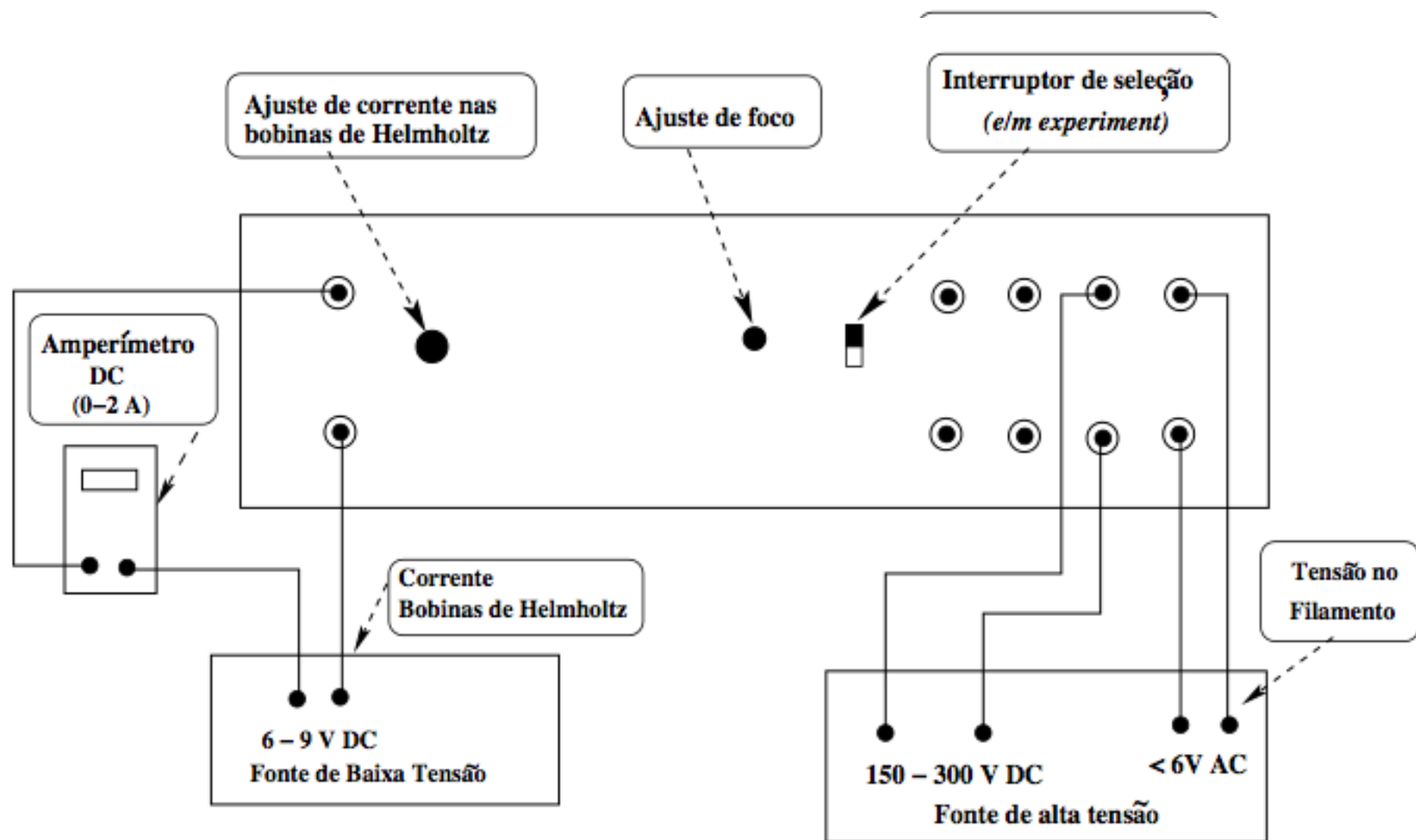
$$\frac{e}{m} = \frac{v}{Br}$$

Obtemos então

$$\frac{e}{m} = \frac{v}{Br} = \frac{125VR^2}{32(N\mu_0Ir)^2}$$

Experimento





Procedimentos

1. Cubra o tubo do equipamento com a capa escura afim de facilitar a visualização e as medidas a serem efetuadas.
2. Certifique-se que o interruptor frontal está na posição adequada para a medida da relação carga-massa do elétron (e/m experiment). Certifique-se também que o seletor de ajuste da corrente nas bobinas de Helmholtz está totalmente girado para a esquerda, bloqueando assim a passagem de corrente.
3. Conecte o terminal de alimentação do filamento na fonte de alta tensão e use a saída de tensão alternada ajuste o valor para aproximadamente 6 Volts. Observe que a tensão no filamento não pode exceder 6 Volts.
4. Conecte a fonte de alta tensão ao eletrodo de aceleração de elétrons. Ajuste a tensão para um valor compreendido entre 150 e 300 Volts, respeitando este limite superior. Neste ponto, você deve ser capaz de observar o feixe de elétrons produzido.

Procedimentos

5. Conecte os terminais da bobina de Helmholtz, à fonte de alimentação de baixa tensão, interpondo o multímetro para medir a corrente fornecida. Ajuste lentamente o valor da corrente, monitorando-a através do multímetro. Para fazer o ajuste, é necessário usar os seletores que liberam a passagem de corrente e tensão. Este procedimento deve ser feito com atenção liberando simultaneamente a passagem de corrente e tensão. Observe que a tensão fornecida não pode exceder 9 V e a corrente não pode exceder 2A.
6. Ajuste a posição de saída do feixe de elétrons a fim de obter o melhor círculo possível. Este procedimento é realizado girando o soquete da base do tubo de elétrons cuidadosamente.
7. Ajustar os valores das tensões e corrente fornecidas, para obter um valor do raio da trajetória do elétron de modo que a régua espelhada esteja posicionada no centro do círculo que representa a trajetória dos elétrons.
8. Efetuar no mínimo 5 medidas das tensões e corrente, observando que o raio deve ser aproximadamente constante.
9. Estimar o valor da relação e/m e o erro associado.

Use o valor de referência $e/m = 1,75881962 \pm 0,00000053) \times 10^8$ Coulomb/g.

Tarefa

Efetuar ao menos 5 medidas de corrente e tensão para obter o valor de e/m .

Comparar com o valor de referência:

$$\frac{e}{m} = (1,75881962 \pm 0,00000053) \times 10^8 \text{ Coulomb/g}$$