

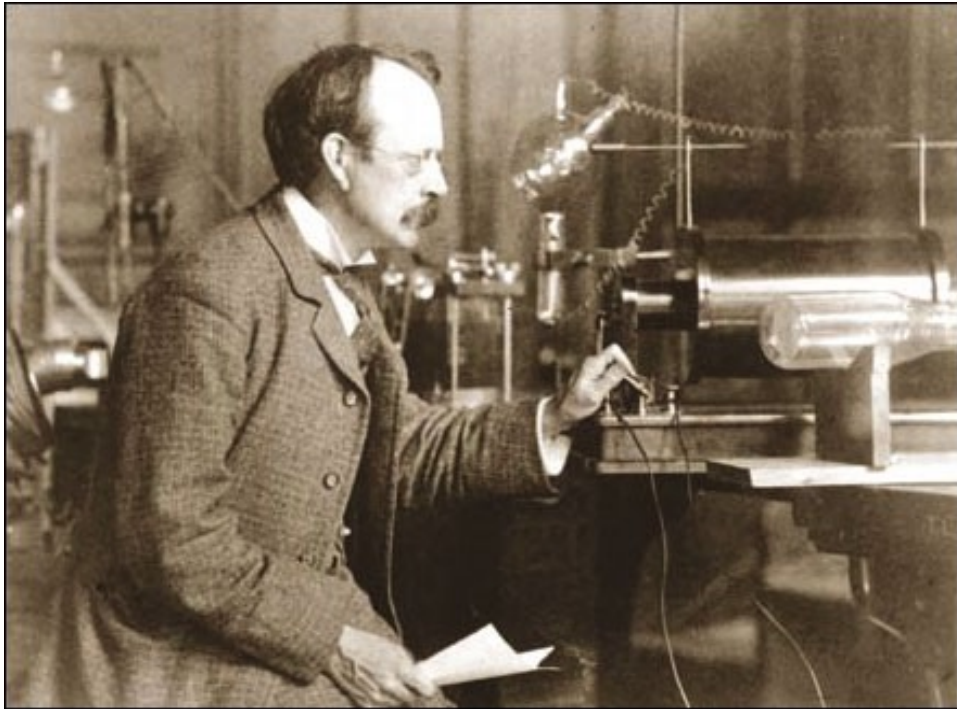


DFNAE

# Laboratório de Estrutura da Matéria I

Medida da Relação Carga-Massa do elétron

# Carga elétrica em átomos

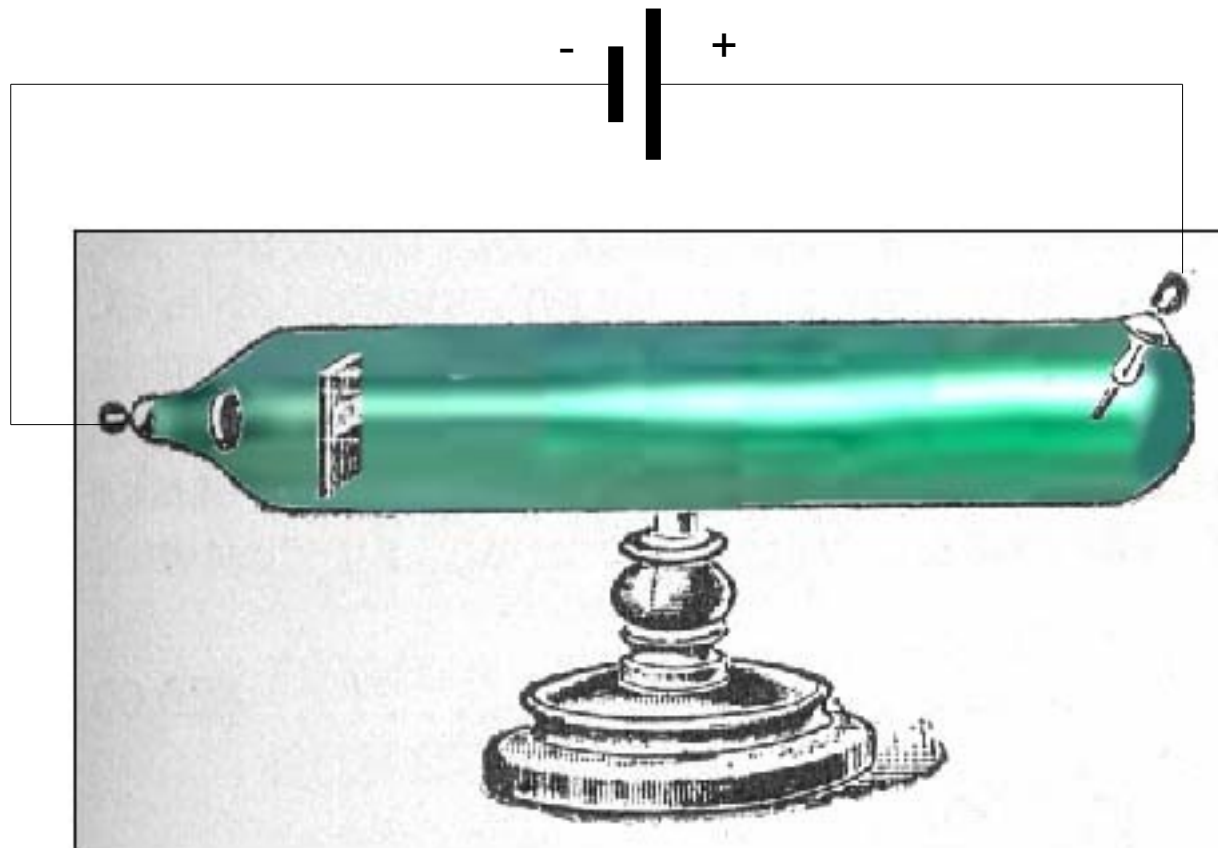


Joseph John Thomson (1856-1940)

- 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 aplica-se 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.

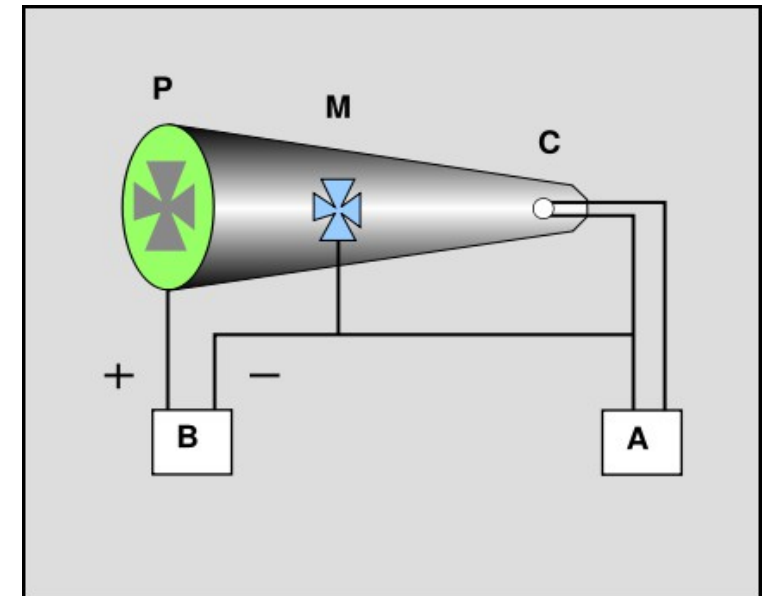


# Propriedades dos Raios Catódicos

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.

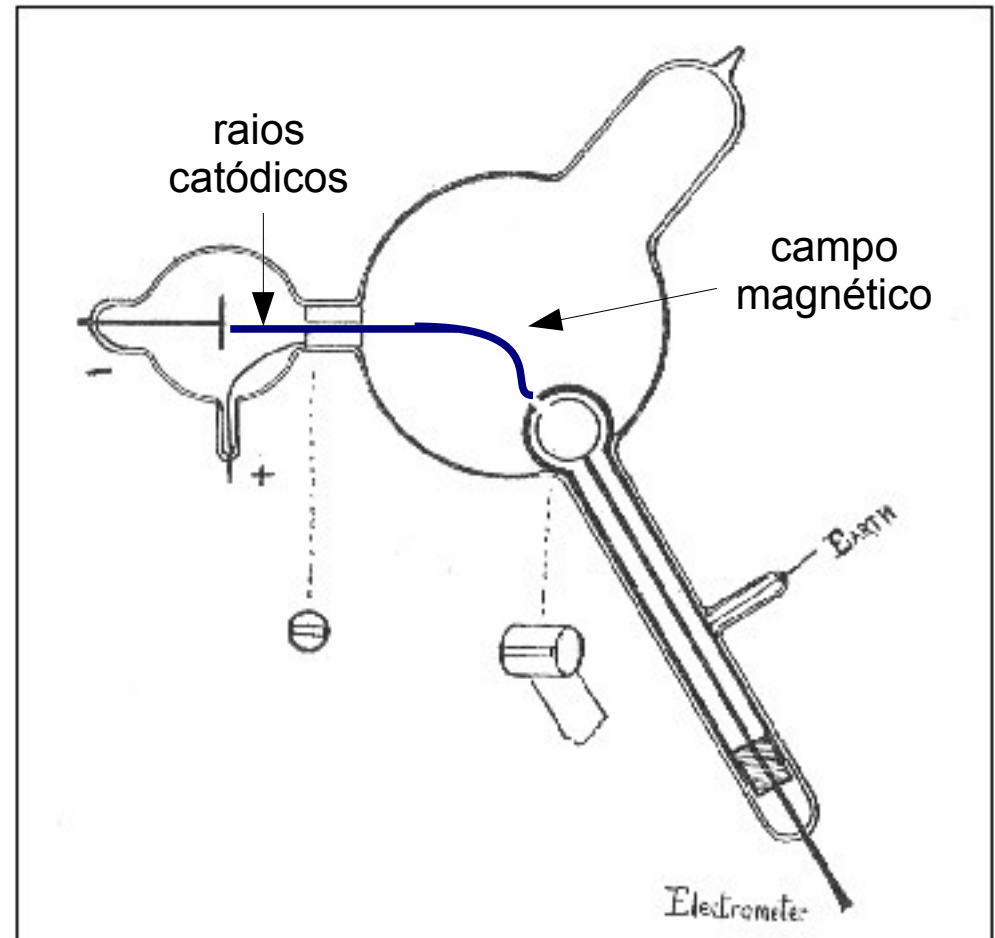
Outra possibilidade era que os raios catódicos fossem constituídos de partículas materiais. Porém, muitos físicos, incluindo J.J. Thomson, pensavam que as partículas da matéria poderiam ser algum tipo de estrutura vindas do *éter*. Isto fazia estas interpretações não muito diferentes.

- **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.



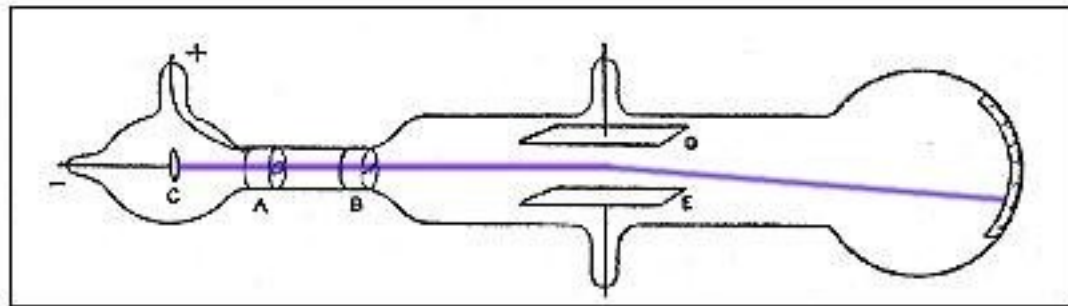
# Primeiro Experimento de Thomson

- 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.



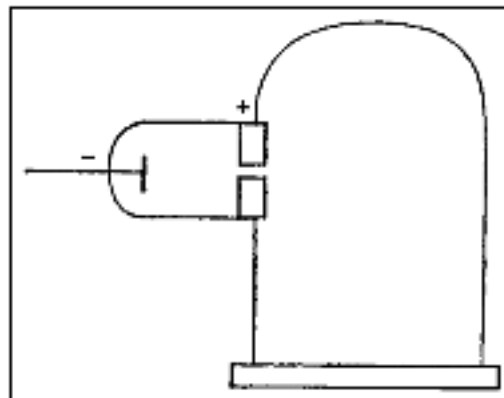
# Segundo Experimento de Thomson

- 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.

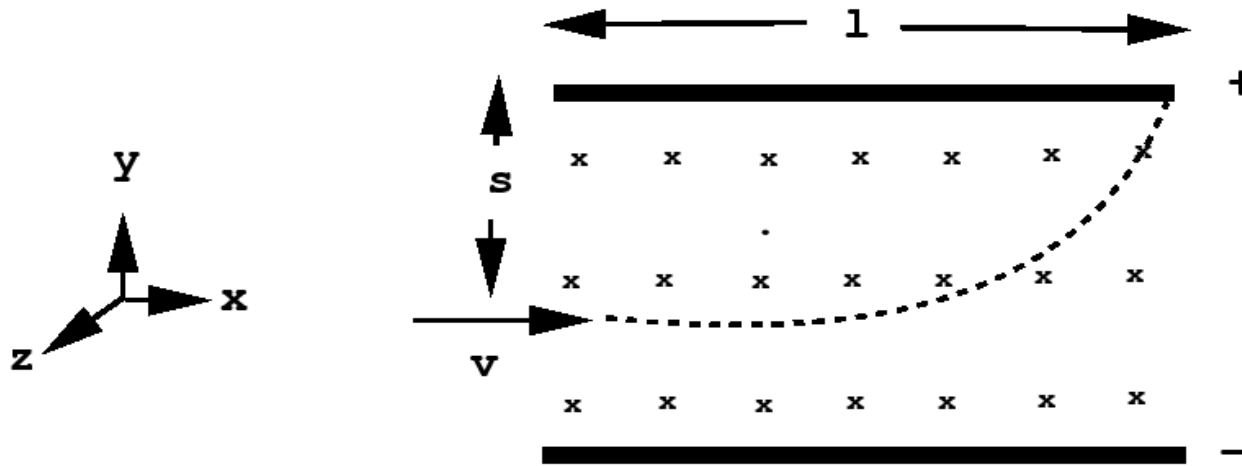


# Terceiro Experimento de Thomson

- 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

$$U = eV$$

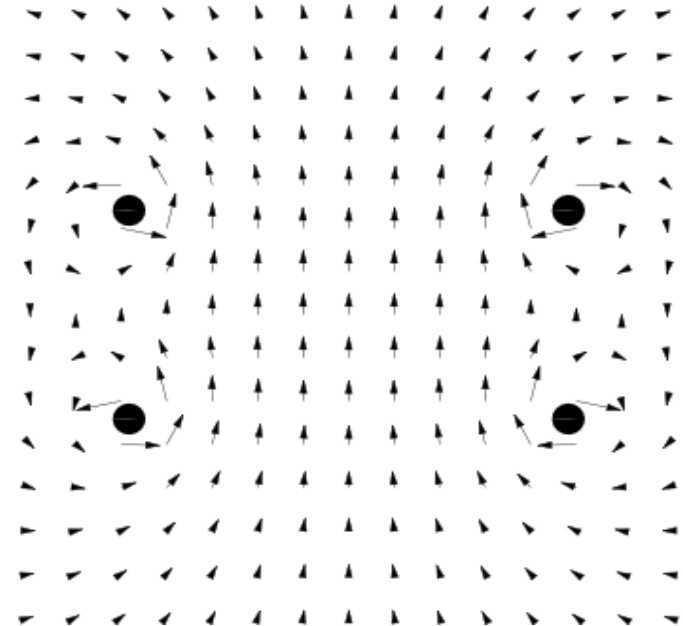
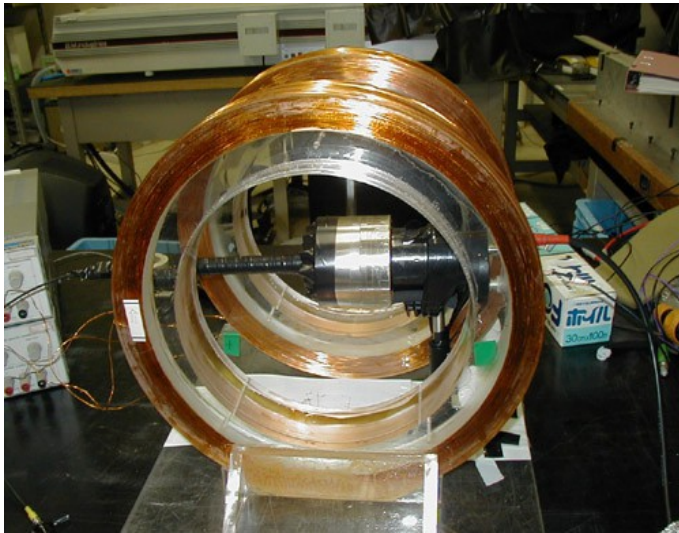
E por conservação de energia, temos então que  $eV = \frac{1}{2}mv^2$

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

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

A : distancia entre as bobinas  
A = R  
por construção do aparelho

# Determinação da razão carga-massa

Considerando  $A = R$  obtemos que

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

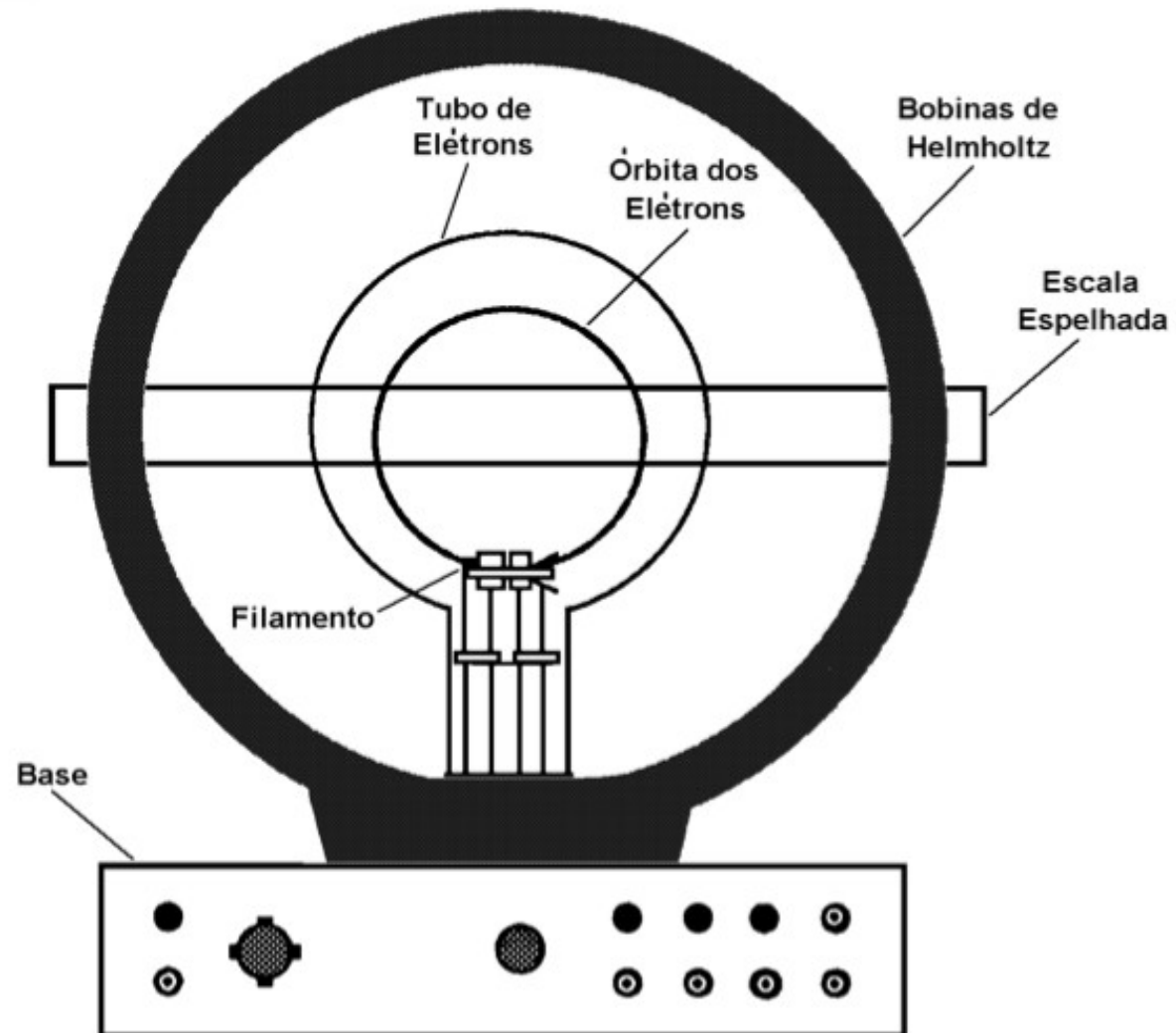
Substituindo  $v$  e  $B$  na relação

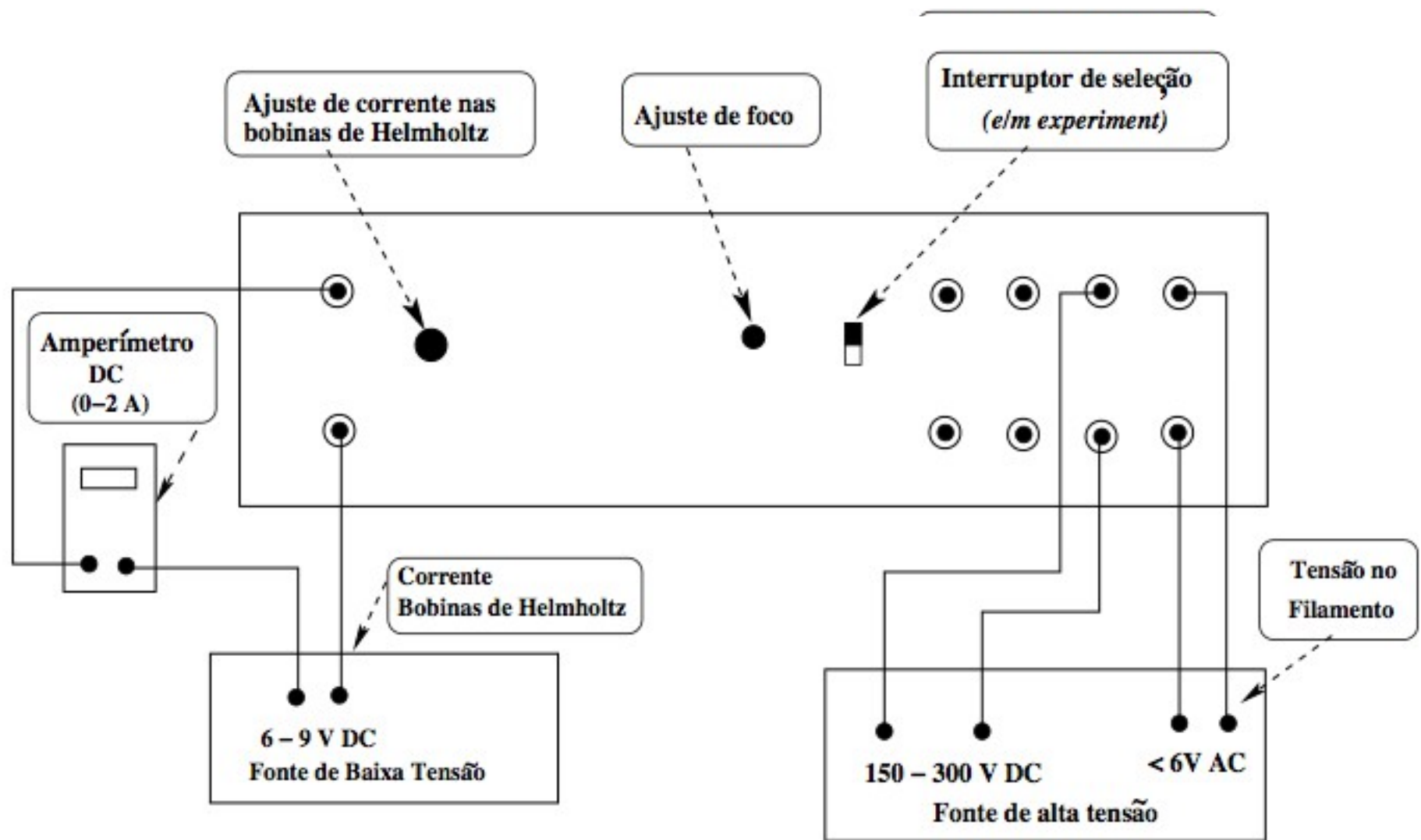
$$\frac{e}{m} = \frac{v}{Br}$$

Obtemos então

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

# Experimento





# Tarefa

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

Comparar com o valor de referência:

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