



# Laboratório Física IV

## Experimento $e/m_e$

Profa. Clemencia Mora Herrera

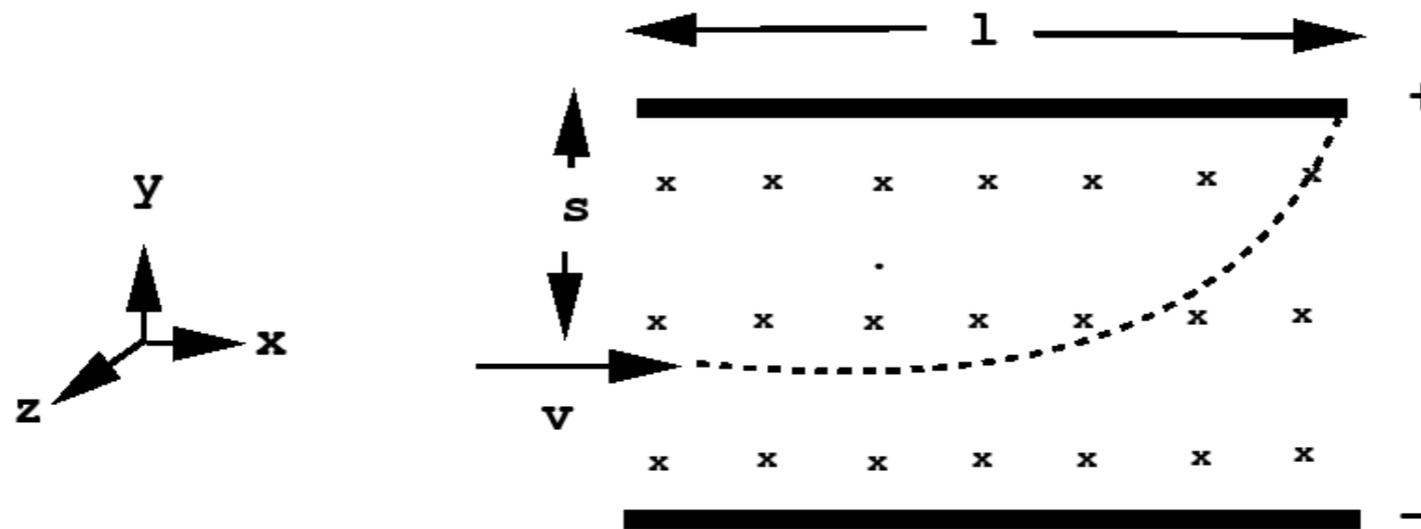
baseado nos slides do Prof. Dilson Damião para Est. da Matéria I



# Introdução

- Os raios catódicos são feixes de elétrons gerados ao aplicar uma alta tensão entre um cátodo (eletrodo negativo) e um ânodo (eletrodo positivo) em tubos de vácuo ou gas rarefeito.
- Eram utilizados nos aparelhos de televisão antigos.
- O estudo desses raios levou à compreensão do elétron como uma partícula de massa muito pequena.

# Determinação da razão carga-massa do elétron



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

$$F_m = -evB$$

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

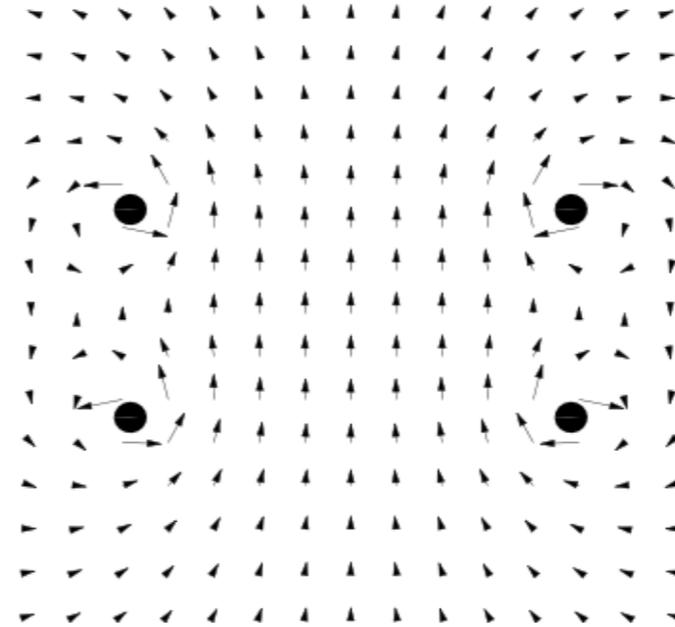
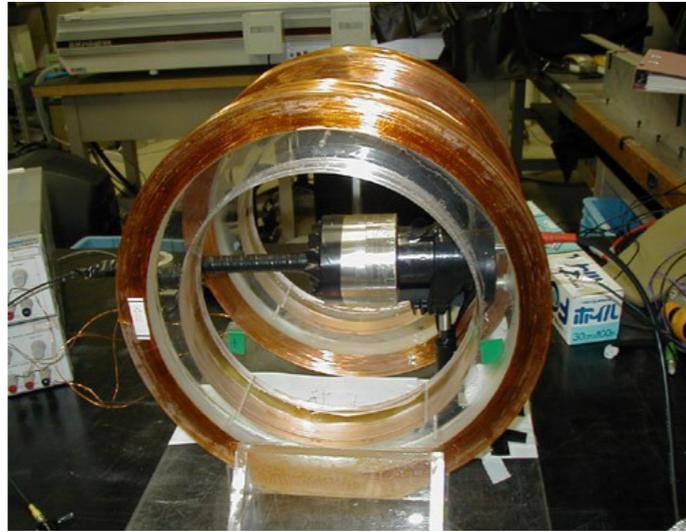
Logo temos que  $evB = mv^2/r$

ou

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

# 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

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

Considerando  $A = R$  obtemos que

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



# Energia do elétron e resultado da relação

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

Ao substituir  $v$  e  $B$  na equação:

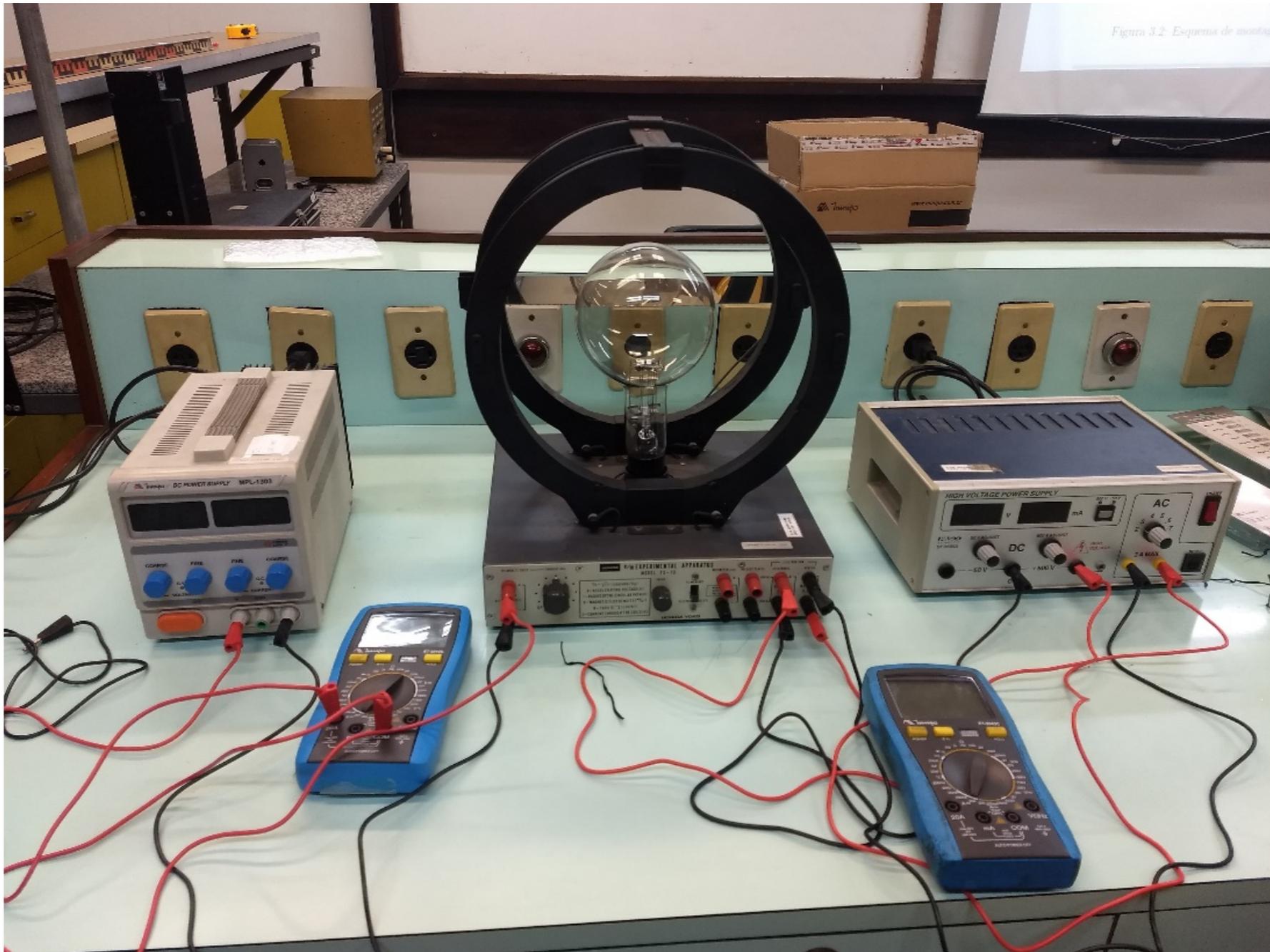
$$\frac{e}{m} = \frac{v}{Br} = \frac{125VR^2}{32(N\mu_0Ir)^2} = \mathcal{K} \frac{V}{I^2r^2}$$



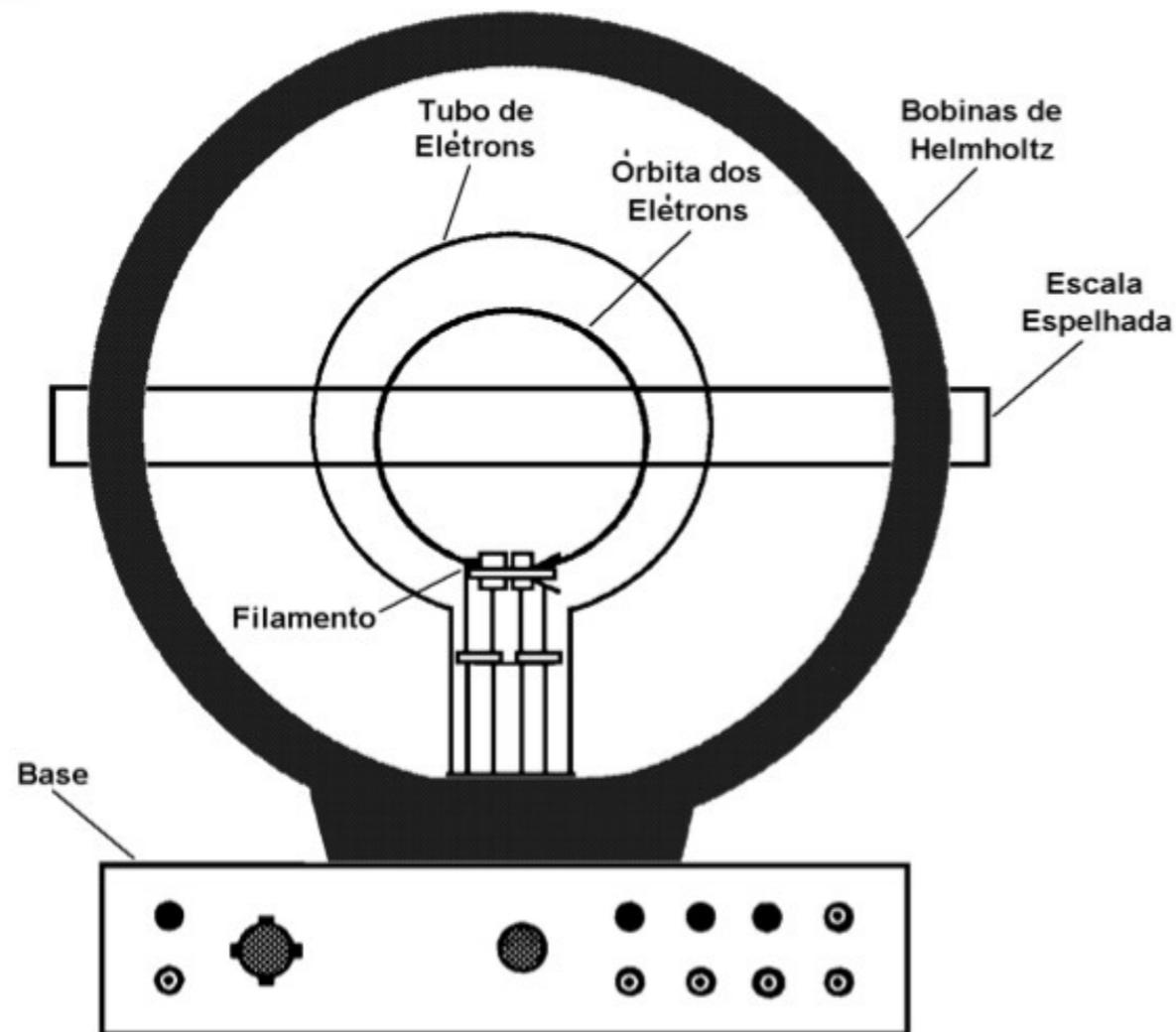
# Objetivo

- Obter a razão  $e/m_e$  a partir da medida de tensão dos eletrodos, corrente elétrica nas bobinas e raio da trajetória do feixe.

# Montagem



# Aparelho: Pasco Model SE-9638

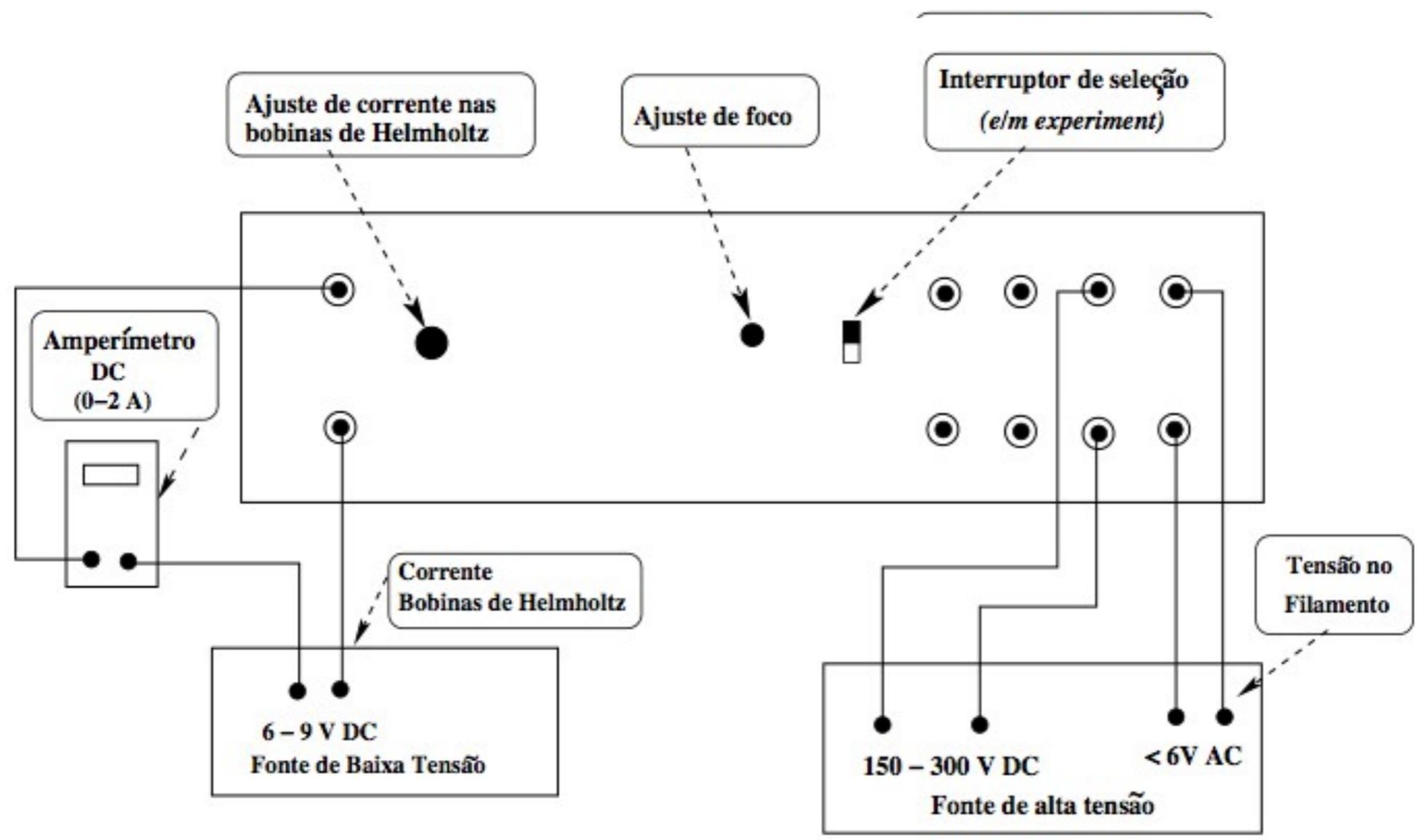


- Tubo com gás Hélio a baixa pressão  $P = 10^{-2}$  mm Hg
- Bobinas de Helmholtz com  $R = A = 15$  cm e  $N = 130$  espiras:  
 $\Rightarrow B$  (Tesla) =  $7.80 \times 10^{-4} I$  (Ampère)
- Escala espelhada para medir o raio da trajetória circular

$$\mathcal{K} = \frac{125R^2}{32N^2\mu_0^2}$$

$$\mu_0 = 1,26 \times 10^{-6} \text{ H/m}$$

# Conexões



# Medição

- Tabela com corrente  $I$ , tensão  $V$  e raio medido a esquerda e direita  $r_e$  e  $r_d$ .

- | Medida | Corrente (A) | Tensão (V) | raio à esquerda (cm) | raio à direita (cm) |
|--------|--------------|------------|----------------------|---------------------|
| 1      | 1,28         | 193        | 4,5                  | 4,4                 |
| 2      | 1,40         | 252        | 4,3                  | 4,2                 |
| 3      | 1,63         | 285        | 4,4                  | 4,2                 |

# Gráficos e Análise

- Se deixaram o raio  $r$  constante:

$$\mathcal{K} = \frac{125R^2}{32N^2\mu_0^2}$$

- Graficar  $\mathcal{K}/r^2$   $V \times I^2$
- Fazer MMQ e identificar  $e/m$  como o coeficiente angular
- Se não conseguiram deixar  $r$  fixo, pode ser feito o gráfico  $\mathcal{K}V \times I^2r^2$ .

- Fazer a média das medidas e erro da média

$$\sigma_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^N (x_i - \bar{x})^2}{N(N-1)}}$$

valor de referência

$$e/m_e = 1,75881962 \pm 0,000000053 \times 10^{11} \text{ C/kg}$$