

Pré-Prática

Emissão Termoiônica

Edmur C. Neto - 12558492
Rafael F. Gigante - 12610500

Instituto de Física de São Carlos
Universidade de São Paulo

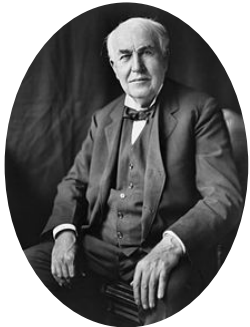
29/05/2024

INTRODUÇÃO



Frederick Guthrie
(1873)

- Observou que uma bola de ferro aquecida a alta temperatura acumulava carga negativa ao seu redor.



Thomas Edison
(1875)

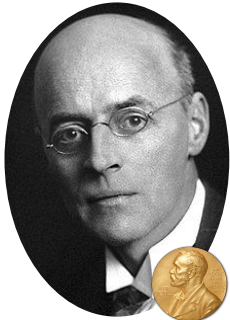
- Descobriu que um filamento metálico, sob vácuo, emitia elétrons quando aquecido.
- Percebeu que havia um fluxo de elétrons preferencial em apenas uma direção: do filamento aquecido para uma placa a menor temperatura;

INTRODUÇÃO



John A. Fleming
(1904)

- Aplicou o efeito para converter um sinal fraco AC em outro DC.



Owen Richardson
(1901)

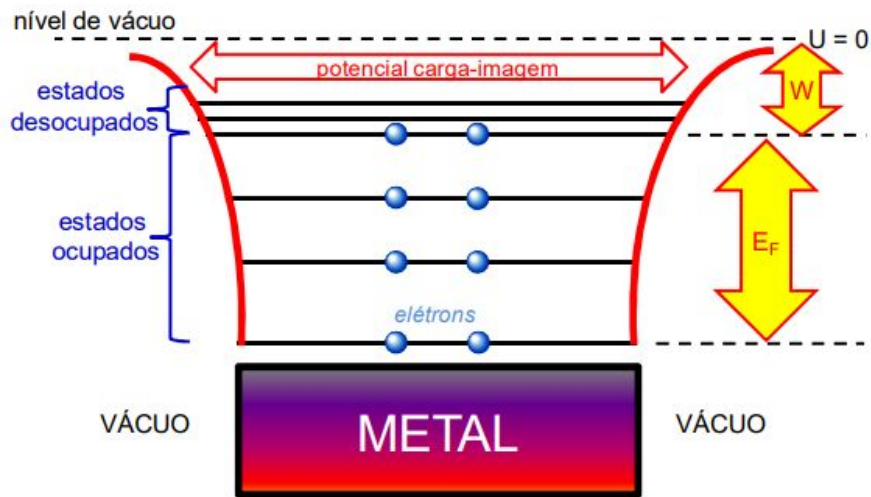
- Demonstrou que o número de elétrons emitidos por um filamento aquecido depende da temperatura conforme uma equação do tipo Arrhenius:

$$k = Ae^{-\frac{E_a}{RT}}$$

- A exponencial denota a fração de moléculas com energia maior ou igual a E_a .

INTRODUÇÃO

➤ Função Trabalho:

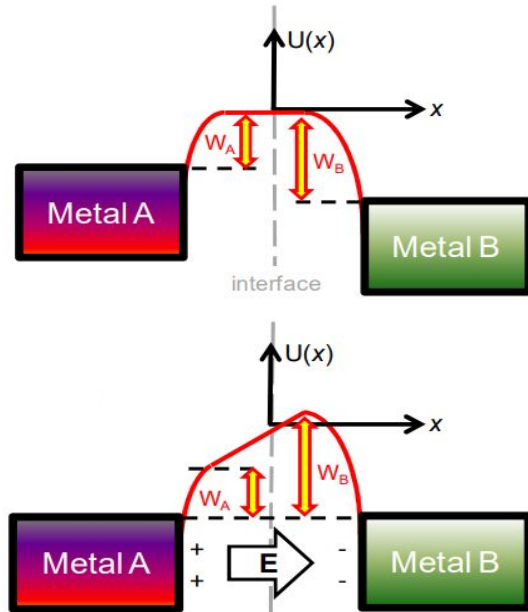


Representação esquemática dos níveis de energia associados a elétrons em um metal.

- Energia de Fermi (E_F): define o maior nível energético que os elétrons podem ocupar;
- Função Trabalho (W): energia mínima necessária para extrair um elétron de um sólido;
- Depende da constituição química, do agrupamento dos elétrons e da condição da superfície.

INTRODUÇÃO

➤ Contato entre dois metais:



- Movimentação de cargas devido à diferença entre as funções trabalho;
- A movimentação ocorre até que haja um campo elétrico que iguale o potencial químico dos metais;

$$V_A - V_B = -e(W_A - W_B)$$

Representação esquemática dos níveis de energia associados a elétrons em um metal.

INTRODUÇÃO

➤ Equação de Richardson-Dushman:

- Densidade de corrente máxima emitida por um metal à temperatura T:

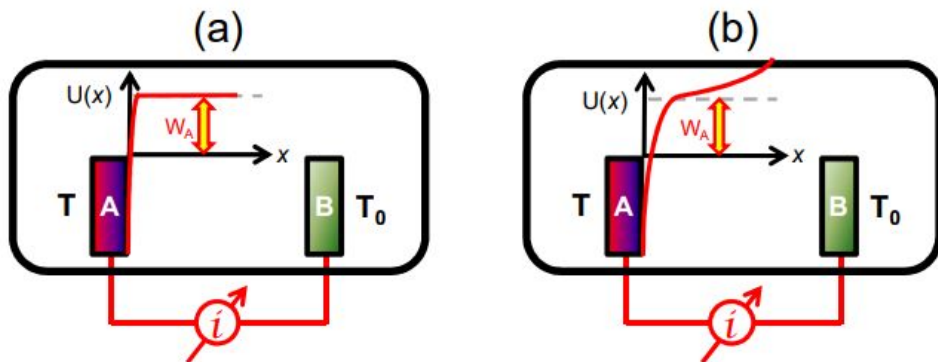
$$j = A_0 T^2 \exp\left(-\frac{W}{k_B T}\right), \quad A_0 = 4\pi \frac{k_B^2 e m}{h^3} \sim 1.2 \times 10^6 \text{ A m}^{-2} \text{ K}^{-2}$$

- Considerando a dependência da função trabalho com a temperatura:

$$W = W_0 + \alpha T \quad \Rightarrow \quad j = A_0 \exp\left(-\frac{\alpha}{k_B}\right) T^2 \exp\left(-\frac{W}{k_B T}\right)$$

INTRODUÇÃO

➤ Lei de Child-Langmuir:



Representação de duas placas metálicas sob vácuo conectadas por um amperímetro. Tem-se o potencial experienciado pelo elétron ilustrado nas situações: (a) na ausência de cargas espaciais, e (b) na presença de uma nuvem de elétrons

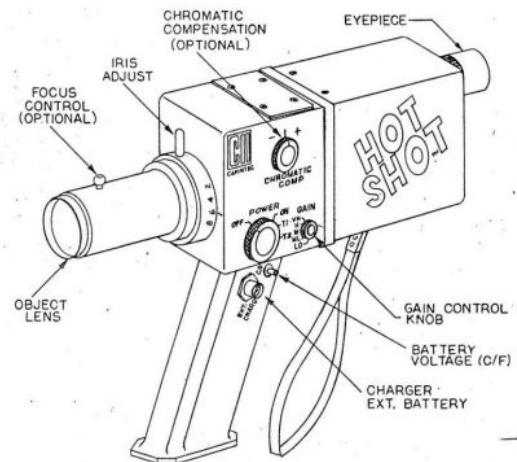
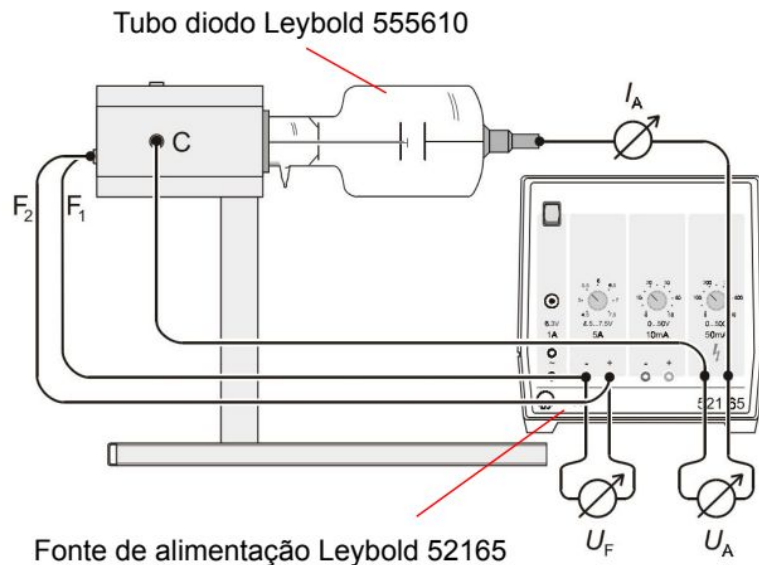
- **Cargas espaciais:** região com excesso de carga;
- **Corrente de saturação:** corrente constante entre as placas, depende apenas de T .

$$j = \frac{4}{9} \epsilon_0 \sqrt{\frac{2e}{m}} \frac{V_{AB}^{3/2}}{d^2}$$

OBJETIVOS

- Verificar o efeito termiônico;
- Obter as curvas $I \times V$ para diferentes temperaturas de filamento;
- Verificar a lei de Child-Langmuir;
- Determinar a função de trabalho do cátodo;
- Calcular a razão e/m ;
- Observar a retificação para correntes alternadas.

EXPERIMENTO



Pirômetro óptico

Diagrama do aparato experimental a ser utilizado, onde temos um tubo diodo, uma fonte de alimentação e um pirômetro óptico.

EXPERIMENTO

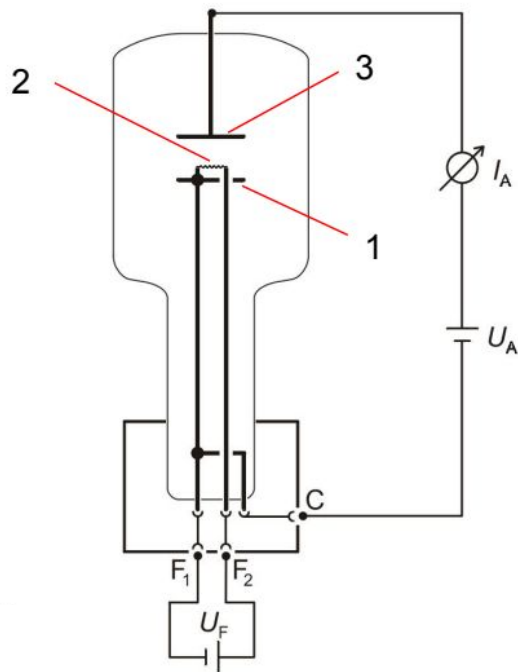


Diagrama do tubo diodo Leybold.

1 - Cátodo;

2 - Filamento de tungstênio;

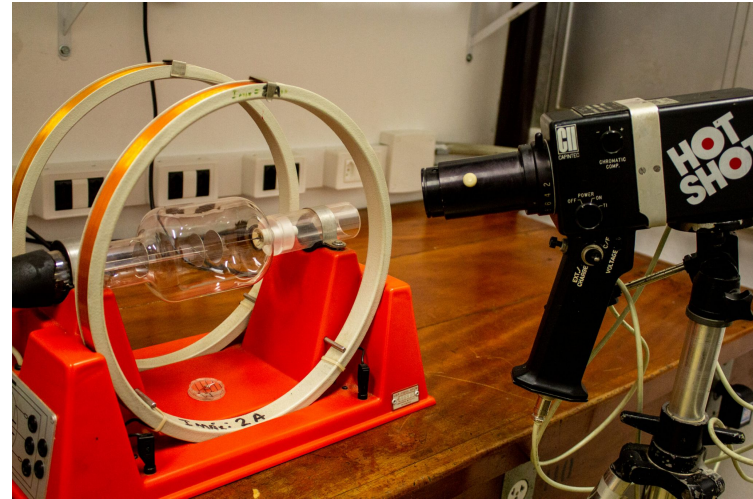
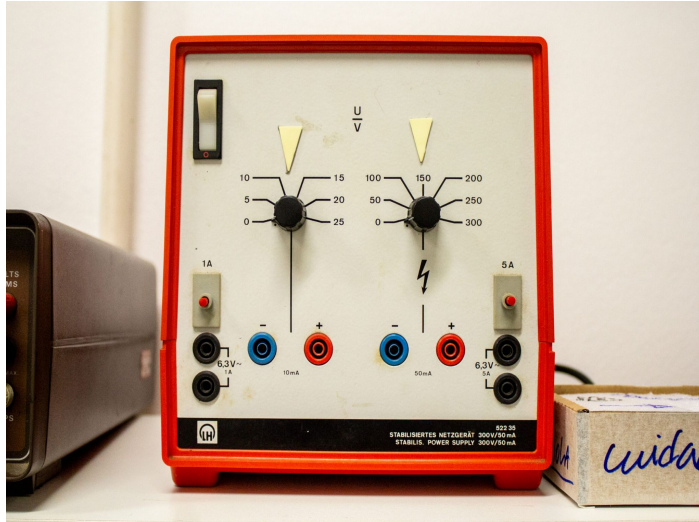
3 - Anodo;

U_F - Tensão de aquecimento do filamento;

U_A - Tensão de anodo;

I_A - Corrente de anodo.

EXPERIMENTO

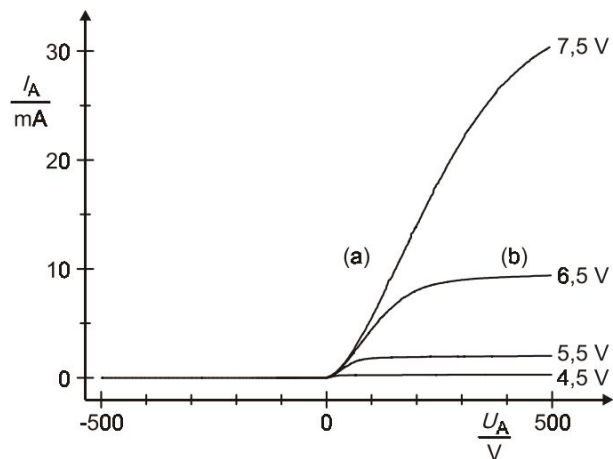


Fotografias do equipamento a ser utilizado.

EXPERIMENTO

➤ Efeito termiônico:

- Determinar a corrente I_A em função da tensão U_A para diferentes temperaturas do filamento (diferentes tensões U_F);
- Espera-se obter o seguinte resultado:



Corrente em função da tensão para diferentes temperaturas do filamento.

- (a) Região com carga espacial: vale a lei de Child-Langmuir;
- (b) Região de saturação de corrente: o valor de saturação aumenta com a temperatura.

EXPERIMENTO

➤ Função trabalho do cátodo:

- Manter a tensão $U_A = 0$ V, medir a corrente I_A para diferentes temperaturas do filamento.

$$j = A_0 T^2 \exp\left(-\frac{W}{k_B T}\right)$$

$$\ln\left(\frac{j}{T^2}\right) = -\frac{W}{k_B T} + \ln(A_0)$$

Tungstênio: $W = 4.5\text{eV}$

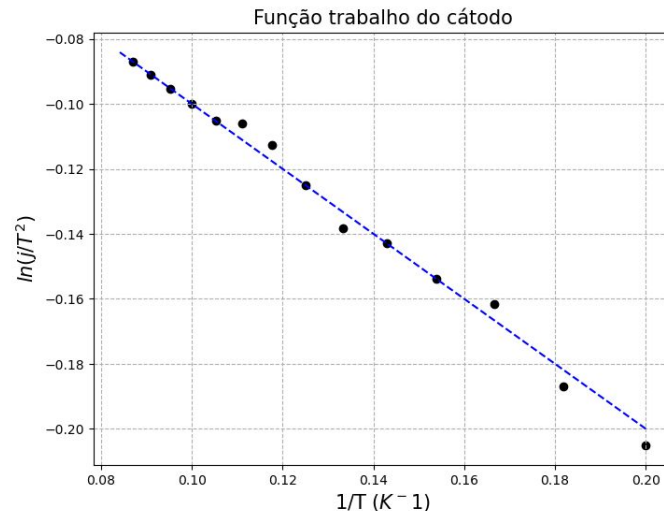


Gráfico esperado para o experimento.

EXPERIMENTO

➤ Determinação da razão e/m :

- Calcular a razão e/m para diferentes temperaturas.

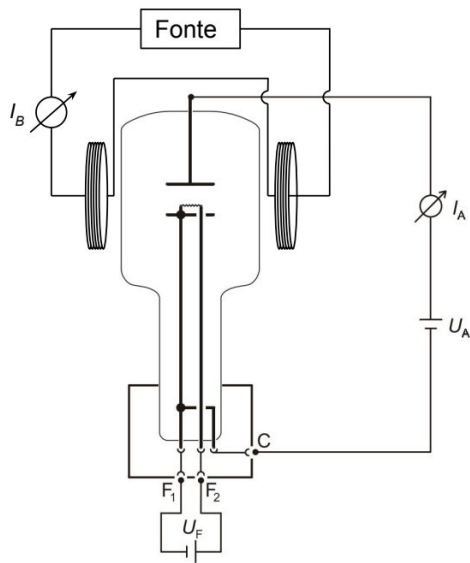


Diagrama do tubo diodo com as bobinas de Helmholtz.

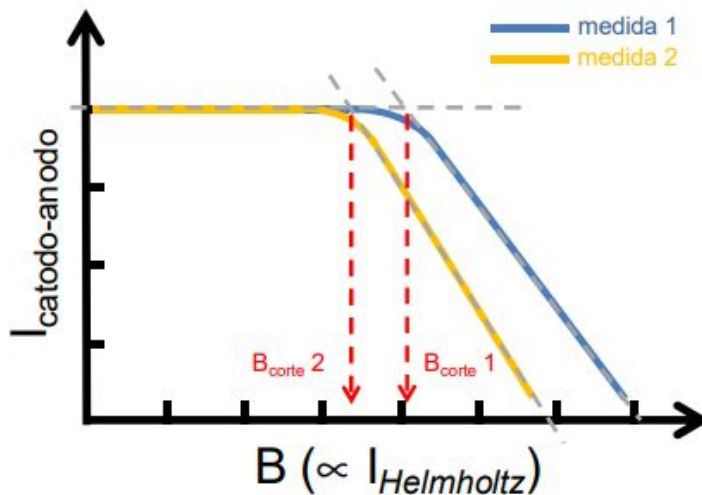


Gráfico esperado para o experimento.

$$evB = m \frac{v^2}{d}$$
$$\frac{1}{2}mv^2 = eV$$

$$\frac{e}{m} = \frac{2V}{(Bd)^2}$$

EXPERIMENTO

➤ Retificação:

- Observar o fenômeno de retificação aplicando um potencial alternado entre o cátodo e ânodo.

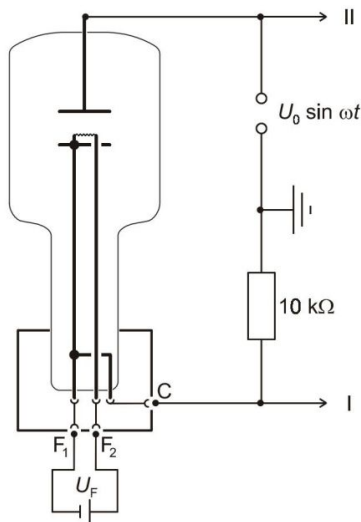


Diagrama do tubo diodo com as uma tensão alternada.

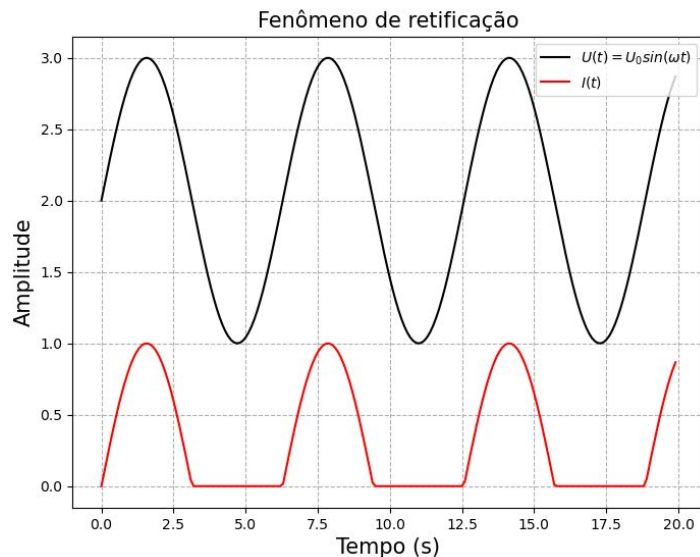


Gráfico esperado para o experimento.

EXPERIMENTO