

Pré-Prática Franck - Hertz

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

Instituto de Física de São Carlos
Universidade de São Paulo

08/05/2024

INTRODUÇÃO

➤ Espectros Observados Séc. XIX

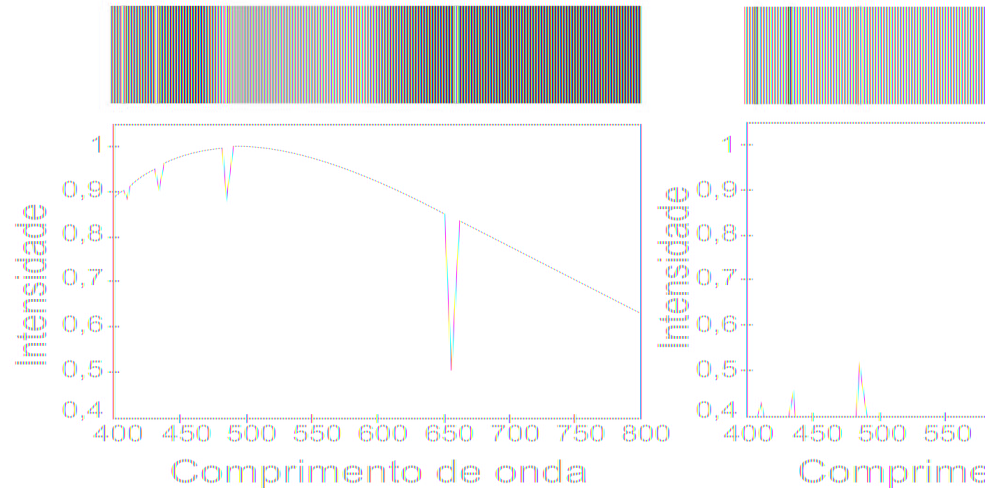


Figura 1: Espectros de absorção e emissão do hidrogênio, na faixa visível.

$$\lambda = B \cdot \left(\frac{m^2}{m^2 - n^2} \right) \quad (a)$$

$$\frac{1}{\lambda} = R_h \cdot \left(\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2} \right) \quad (b)$$

Equações empíricas para descrever o espectro do Hidrogênio: (a) Série de Balmer (1885); (b) Série de Rydberg (1888)

INTRODUÇÃO

➤ Nascimento da Teoria Quântica

- Estudo de Corpo Negro (Planck 1901)

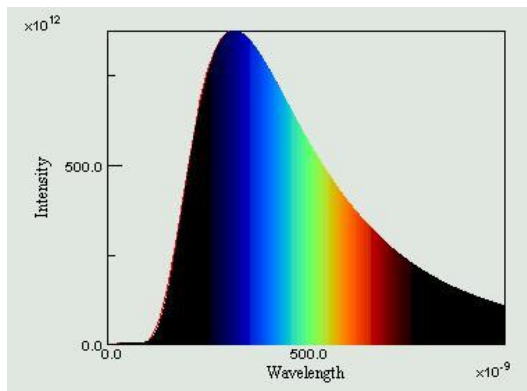
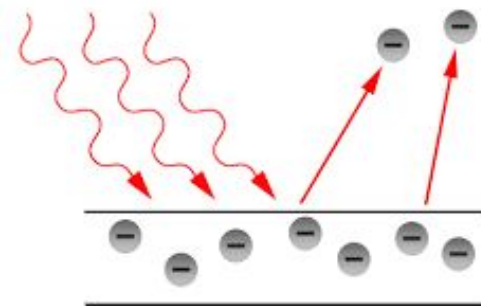


Figura 2: Emissão de corpo negro.

$$\Delta E = nhf$$

- Efeito Fotoelétrico (Einstein 1905)



$$E = h\nu$$

Figura 3: Ilustração do efeito fotoelétrico.

INTRODUÇÃO

➤ Modelo Atômico de Bohr (1913)

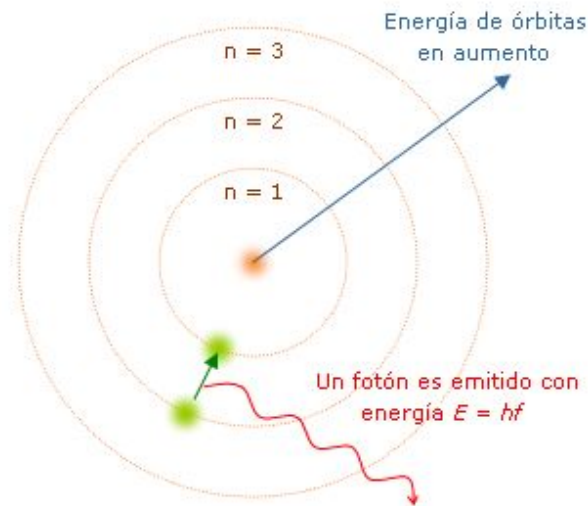


Figura 4: Ilustração do modelo atômico de Bohr.

Hipóteses para o modelo

- O elétron pode se mover em determinadas órbitas (estacionárias) sem irradiar, possuindo energias bem definidas.
- O momento angular do elétron é quantizado,
$$mrv = nh.$$
- Para que o elétron mude de estado estacionário o átomo deve absorver ou emitir radiação. De forma que
$$E_f - E_i = h\nu.$$

INTRODUÇÃO

➤ Experimento de Franck - Hertz:

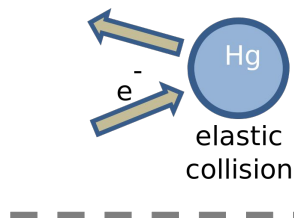
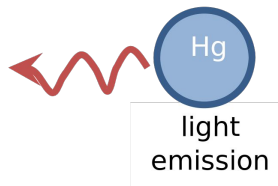
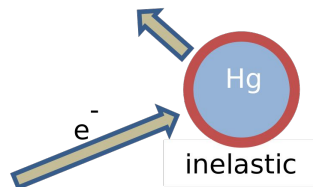


Figura 5: Colisões elásticas e inelásticas de um elétron com um átomo de mercúrio.



(a)



(b)

Figura 6: Criadores do experimento: (a) James Franck; (b) Gustav Hertz.



Prêmio Nobel 1925

- Estudar a colisão de elétrons com átomos;
- Evidenciou a existência das órbitas estacionárias

INTRODUÇÃO

➤ Montagem experimental:

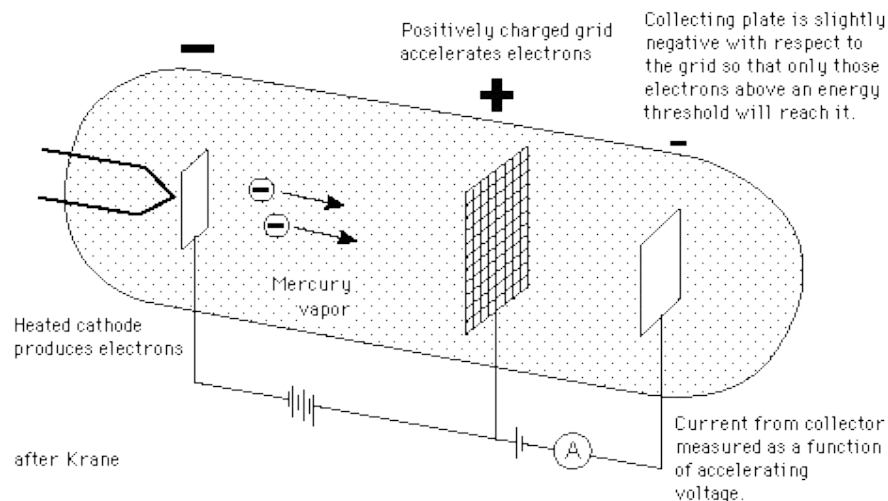


Figura 7: Diagrama de uma válvula tetrodo contendo vapor de mercúrio, ilustrando elétrons sendo acelerados.

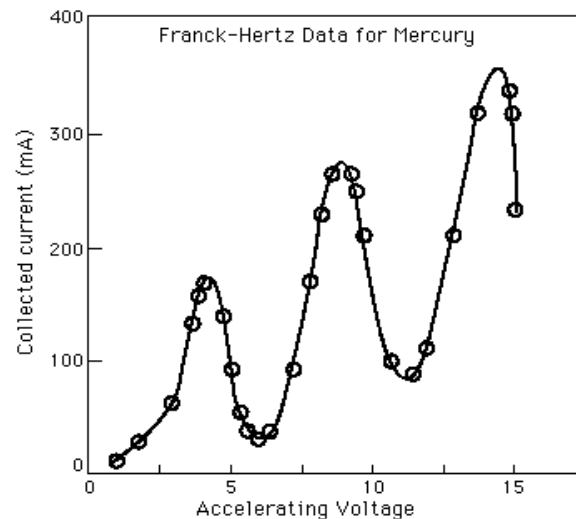


Figura 8: Corrente medida no anodo em função da tensão de aceleração dos elétrons.

INTRODUÇÃO

- Transições dos níveis de energia do mercúrio:

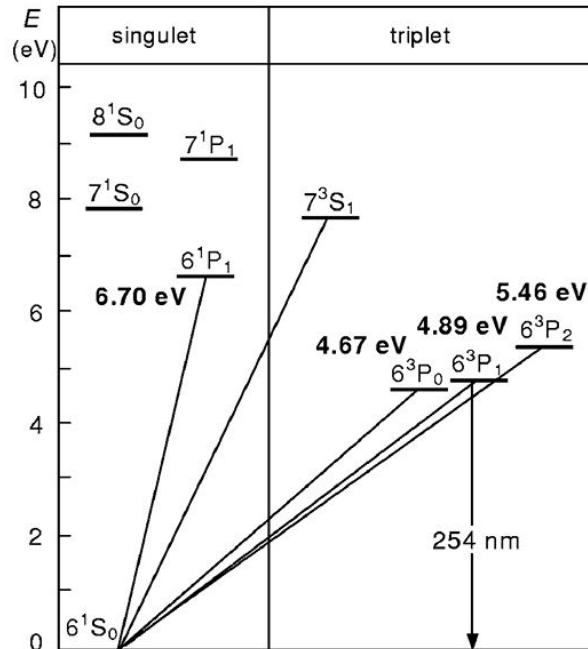


Figura 9:
Esquema simplificado dos níveis de energia dos menores estados do átomo de mercúrio.

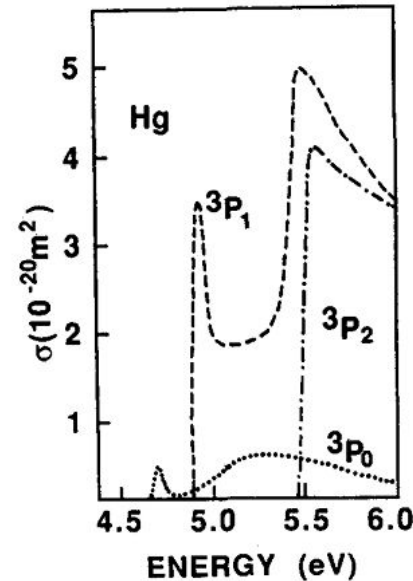


Figura 10:
Seções de choque para o impacto de um elétron para alguns estados do mercúrio em função da energia.

INTRODUÇÃO

➤ Transmissão dos elétrons:

Livre caminho médio: $\lambda = \frac{1}{N\sigma} = \frac{K_B T}{p\sigma} = \frac{K_B T}{p\sqrt{2}\pi d_0^2}$

Pressão do mercúrio para temperaturas entre 300K e 500K:

$$p = 8.7 \times 10^{(9-(3110/T))}$$

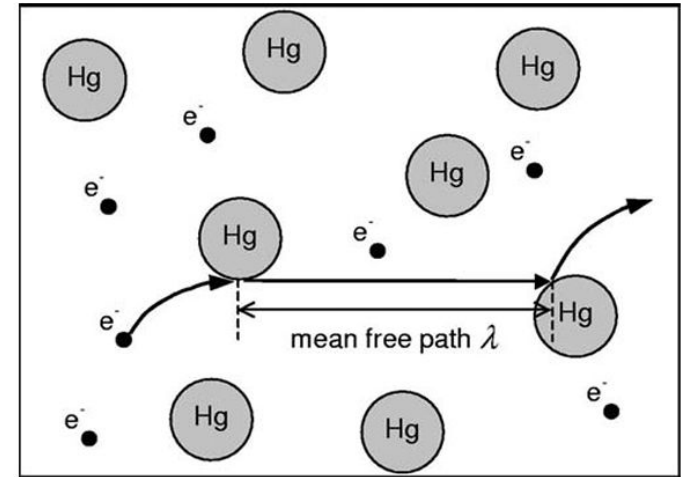


Figura 11:

Esquema ilustrando a transferência de energia dos elétrons para os átomos, com o livre caminho médio entre as colisões.

INTRODUÇÃO

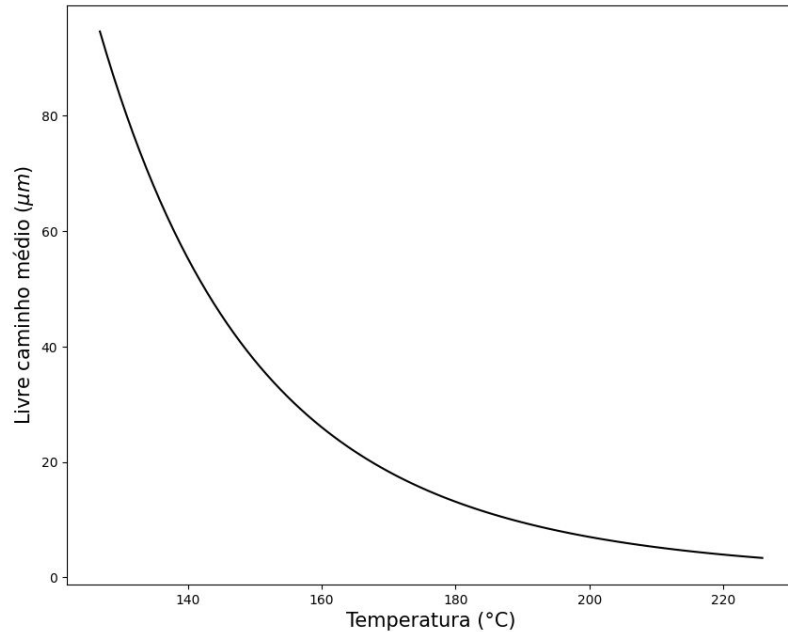
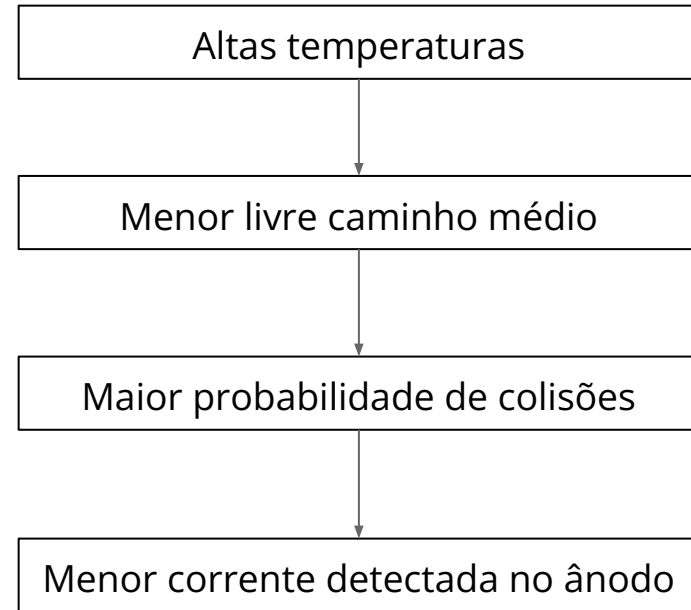


Figura 12:
Dependência do livre caminho médio com a temperatura.



OBJETIVOS

- Estudar a dinâmica de colisões entre elétrons e átomos, utilizando a curva de corrente por tensão;
 - **Uma excitação:** Analisar a dependência da curva de uma colisão com a variação da temperatura do forno.
 - **Múltiplas colisões:** Analisar o comportamento das múltiplas colisões do elétron para diferentes temperaturas e estudar a curva de corrente por tensão para temperatura fixa. Obter o potencial de contato.
 - **Ionização:** Analisar o surgimento de uma corrente positiva, interpretando para diferentes temperaturas. Determinar a energia de ionização do átomo.

EXPERIMENTO

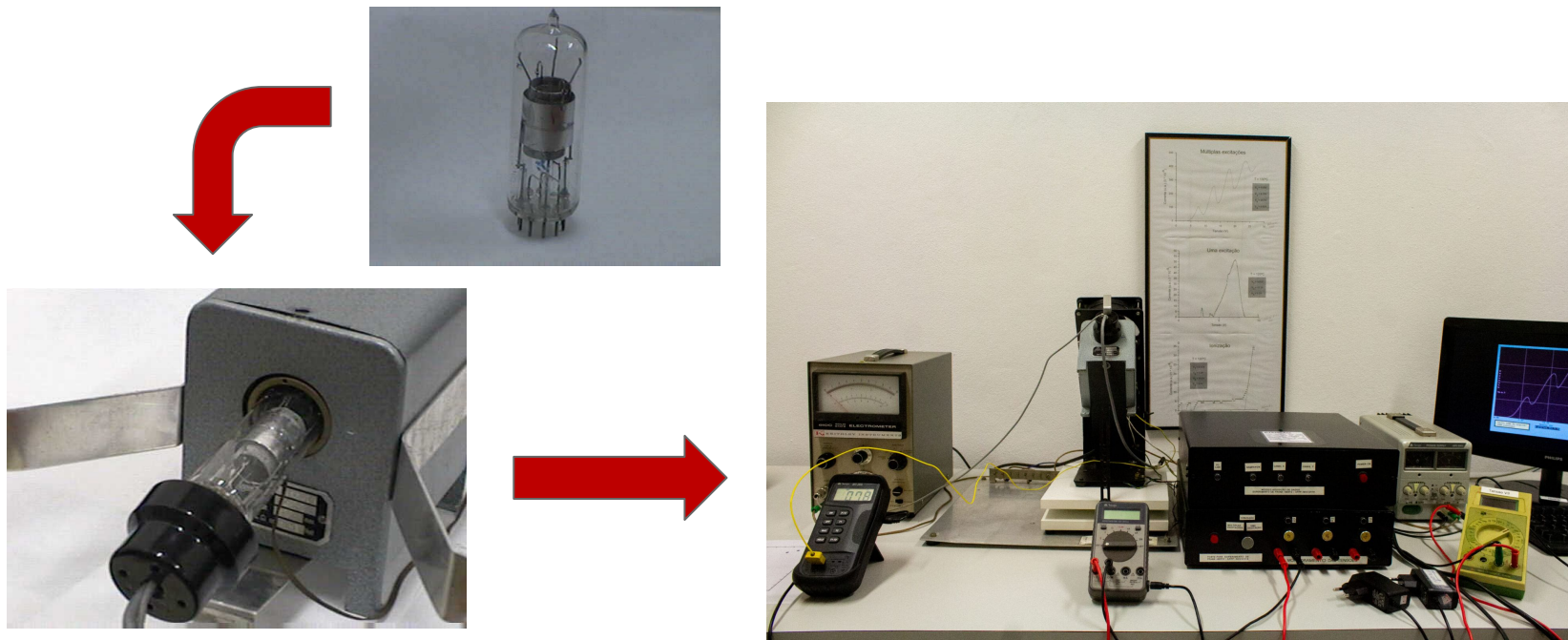
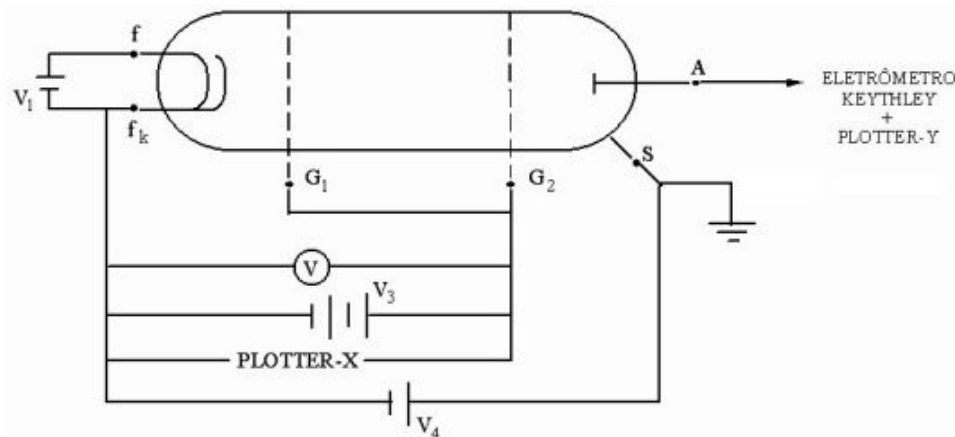


Figura 13:
Imagens do aparato experimental a ser utilizado.

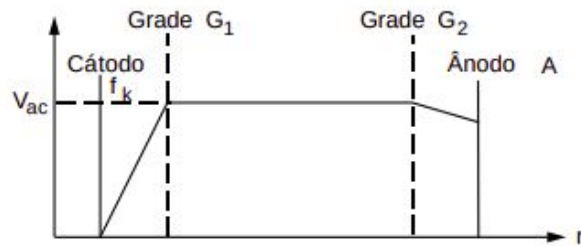
EXPERIMENTO

➤ Uma Excitação:

- As tensões utilizadas serão V_4 por volta de 2V e V_3 em torno de 10 a 15V com V_1 na tensão máxima. Dessa forma, colhemos os dados da curva para diferentes temperaturas (40°C, 60°C, 80°C, 100°C e 130°C);



(a)



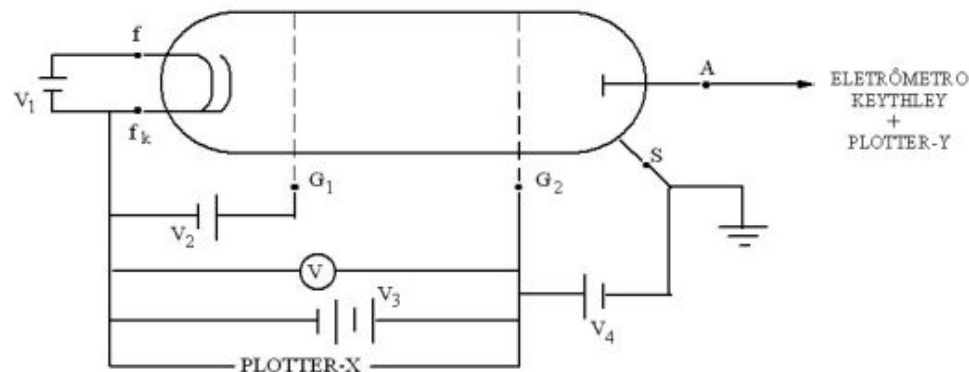
(b)

Figura 14: (a) Esquema do experimento de uma excitação, (b) ilustração da tensão sobre o elétron.

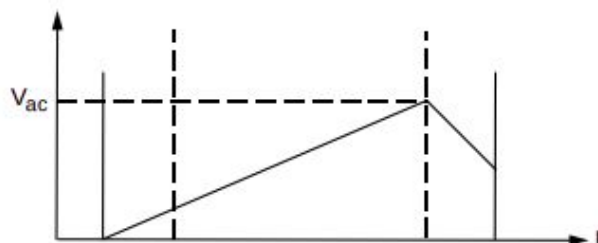
EXPERIMENTO

➤ Múltiplas Excitações:

- Variar a temperatura do forno entre (120°C , 130°C , 140°C , 150°C , 160°C), mantendo V_1 , V_2 e V_4 por volta de 0.5V e V_3 em 50V ;
- Manter o forno a 160°C e variar V_4 , variar logo após a tensão do filamento. Repetir para temperatura fixa de 170°C



(a)



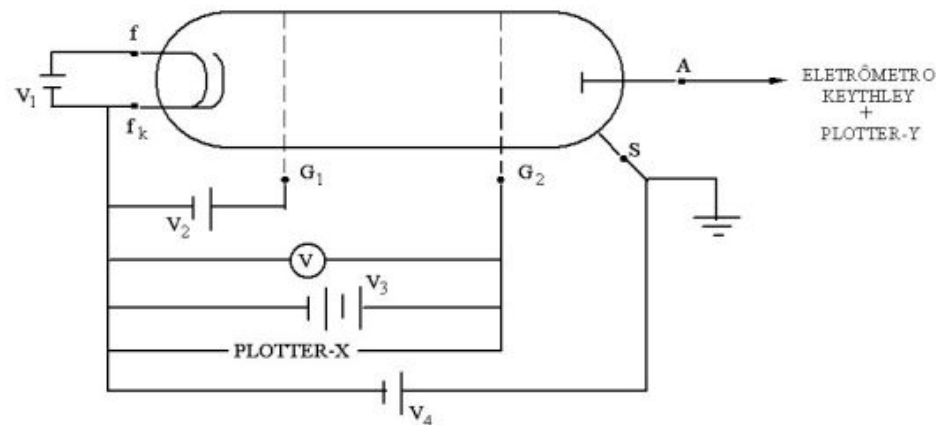
(b)

Figura 15: (a) Esquema do experimento de múltiplas colisões, (b) ilustração da tensão sobre o elétron.

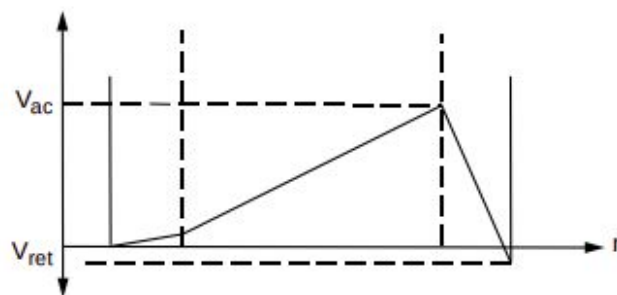
EXPERIMENTO

➤ Ionização:

- As tensões V_1 e V_4 permanecerão máximas com V_2 por volta de 3V e V_3 a 25V. Alterando a temperatura entre 130° C, 115°C e 100°C, assim analisamos a curva em função da temperatura;



(a)



(b)

Figura 16: (a) Esquema do experimento de ionização, (b) ilustração da tensão sobre o elétron.

RESULTADOS ESPERADOS

- Espera-se reproduzir os resultados obtidos por Franck-Hertz em 1914.

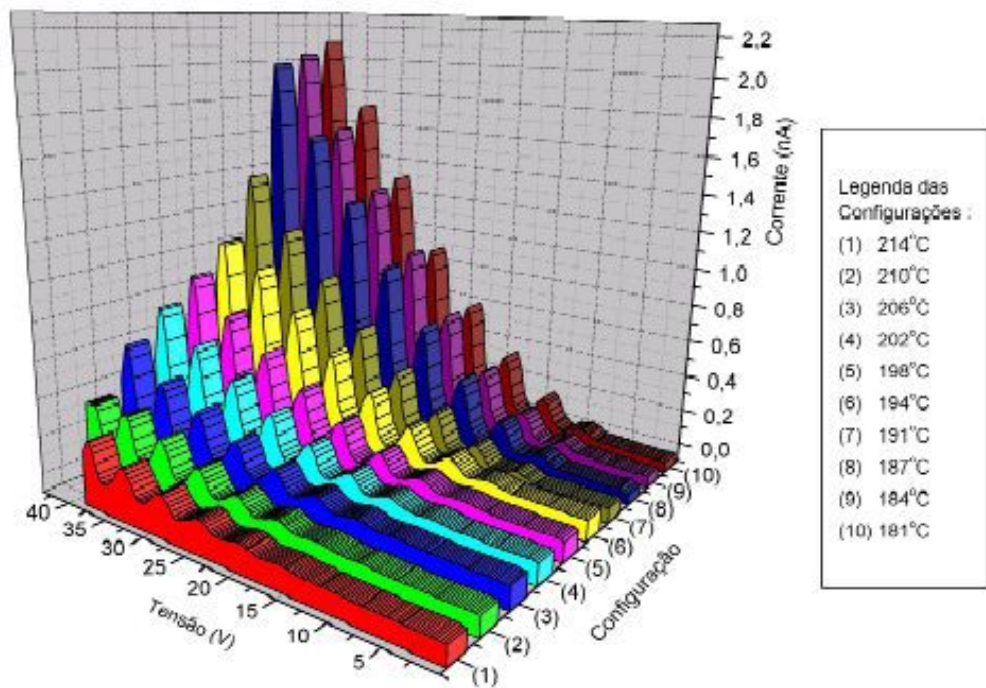


Figura 17: Representação tridimensional das curvas características obtidas no experimento de Franck-Hertz.