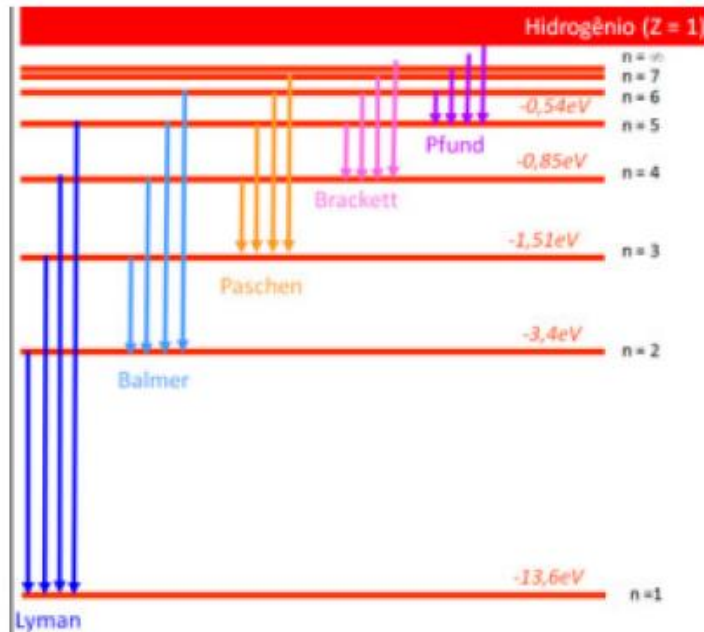


# Experimento de Franck-Hertz

## Experimento de Franck e Hertz (1914) ( Prêmio Nobel de Física em 1925 )

➤ Modelo atômico de Bohr, 1913, para as linhas espectrais do átomo de hidrogênio



➤ Os estados eletrônicos do átomo de H é composto por níveis discretos de energia:

$$E_n = \frac{-13,6eV}{n^2}$$

➤ A emissão de luz com frequência  $f$  ocorre devido a processos de de-excitação entre os estados inicial e final:

$$hf = E_{\text{excitado}} - E_{\text{fundamental}}$$

➤ O trabalho de Franck e Hertz forneceu evidências para verificar o modelo de Bohr

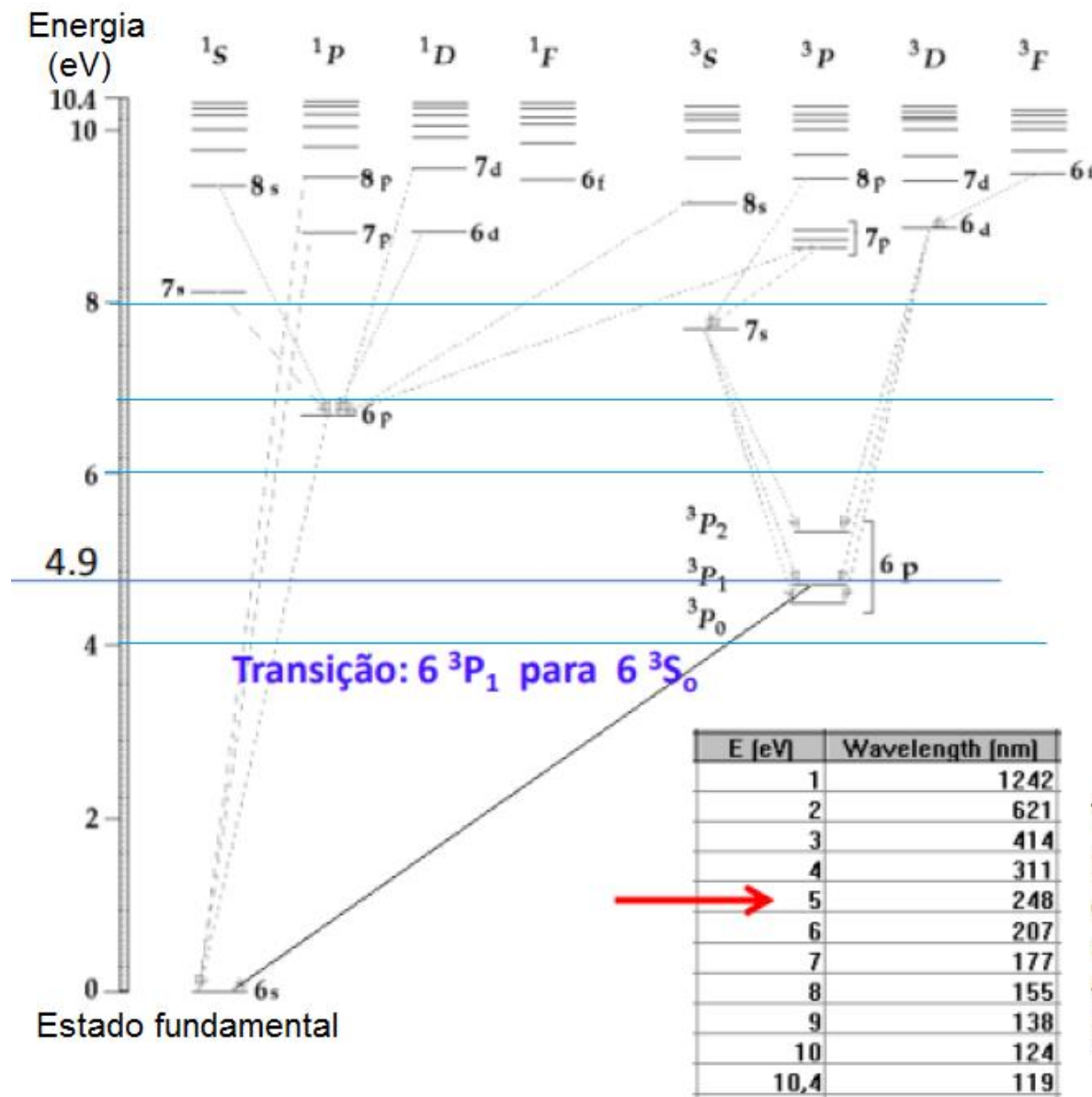
➤ Conceitos relacionados:

- Energia de excitação devido a uma transição quântica (absorção de um quantum)
- Colisão inelástica elétron-átomo (Hg)

➤ O mercúrio tem uma transição de elétron de valência para o estado imediato desocupado com energia de 4.9 eV

➤ O experimento provou que os átomos poderiam apenas absorver quantidades específicas de energia

Figura 1



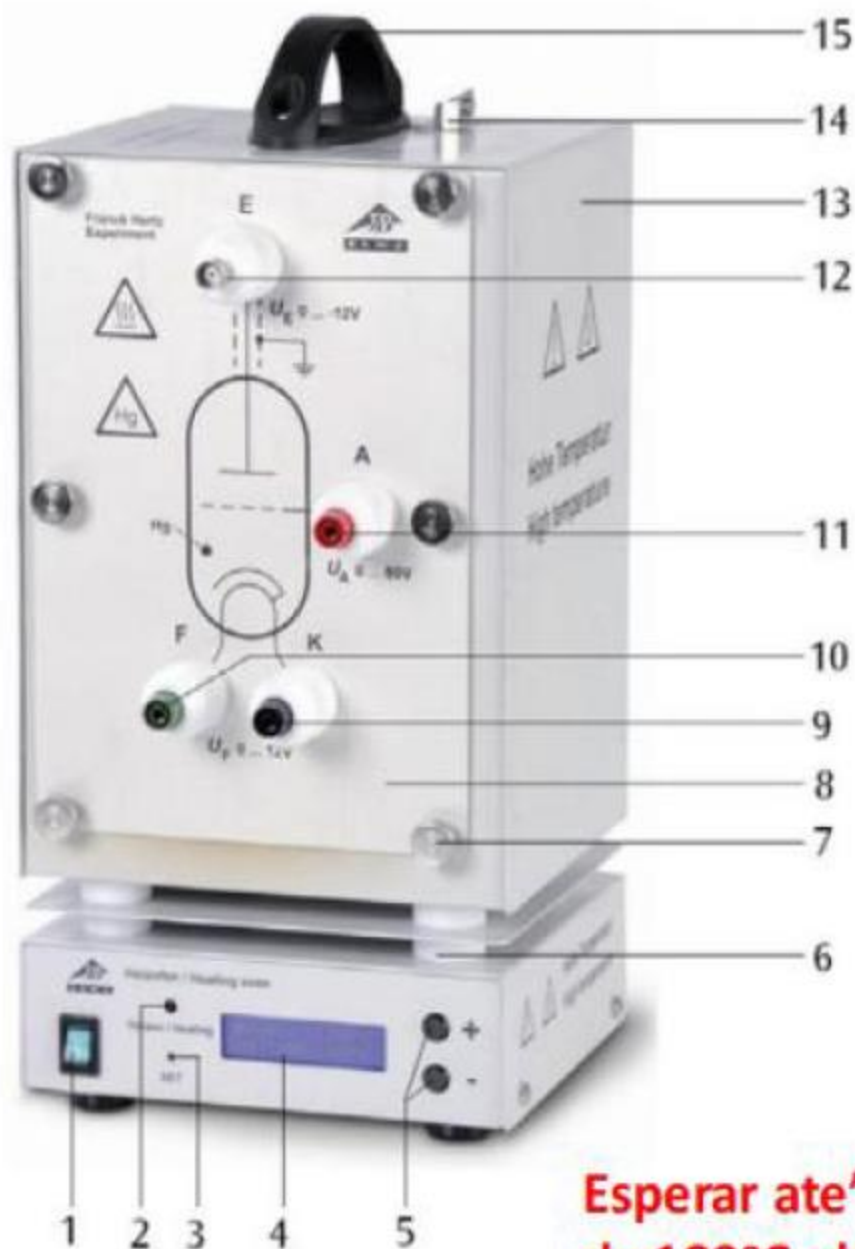
### OBS:

➤ O átomo de Hg antes da colisão inelástica tem 2 elétrons de valência,  
 $[\text{Hg}] = [\text{Xe}] 5d^{10}6s^2$

➤ Se apenas um elétron é excitado, a valência final será:  
 $6s^1$  e  $6p^1$   
 $[\text{Hg}] = [\text{Xe}] 5d^{10}6s^16p^1$

➤  $^3P_1$ , notação espectroscópica:  
 $(2S+1)L_J$  caracteriza o estado atômico com:  $S=1$ ,  $L=1$  e  $J=1$ .

Tabela teórica mostrando os valores de comprimento de onda associados a fótons com energias hipotéticas.

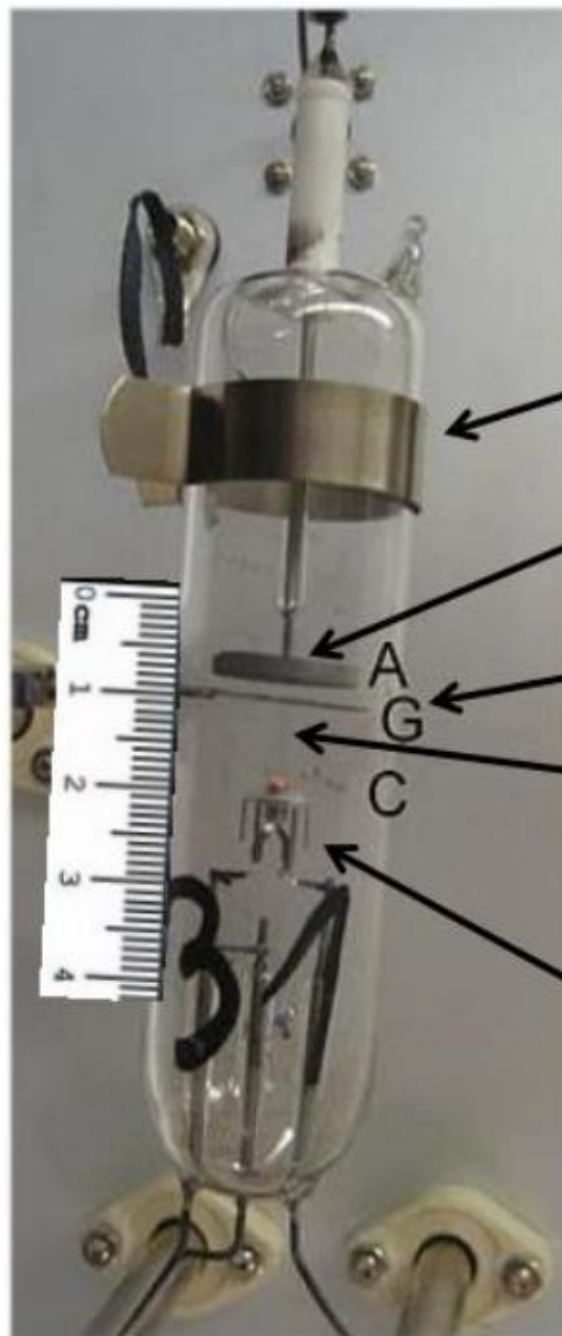


- 1 Botão liga/desliga
- 2 Indicador de operação
- 3 Tecla de comutação "SET"
- 4 Display
- 5 Teclas de comutação "+/-"
- 6 Isolamento térmico
- 7 Parafusos de dedo
- 8 Placa frontal com tubo de Franck-Hertz (não visível)
- 9 Conector para cátodo
- 10 Conector para o aquecedor do tubo
- 11 Conector para ânodo
- 12 Sinal de saída do conector BNC
- 13 Forno aquecedor
- 14 Suporte de pinça de mola para o termômetro

### IMPORTANTE:

**Esperar até' o tubo estar na temperatura de 190°C, depois ligue os outros compo.**





Terra

Anodo

Pot. Negativo: V2

Grade  
aceleradora

Pot. Positivo: V1

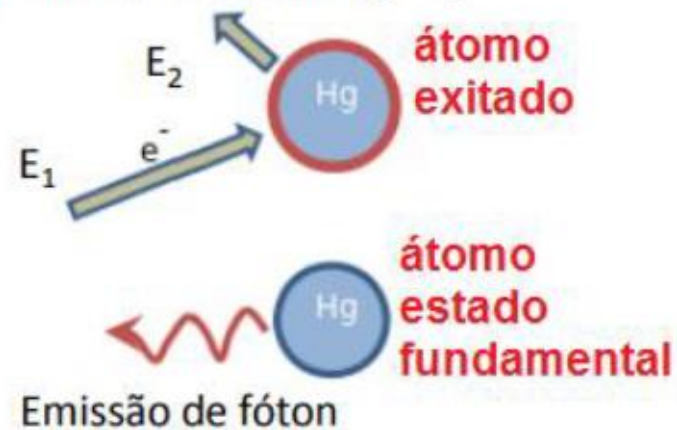
Luz violeta  
devido à  
de-excitação do  
vapor de Hg

Cátodo

1) Colisão elástica  $E_2 = E_1$

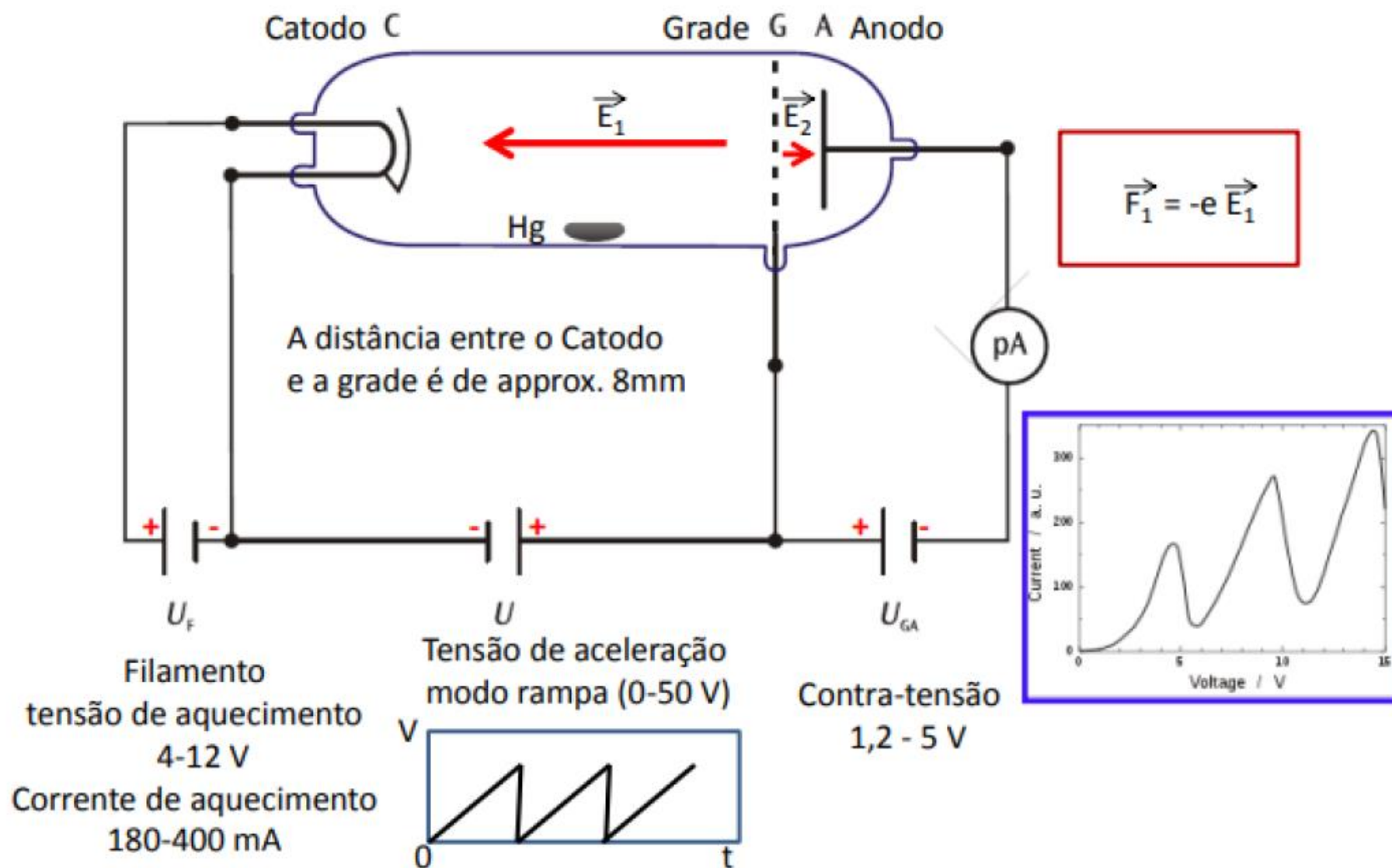


2) Colisão inelástica  $E_2 < E_1$

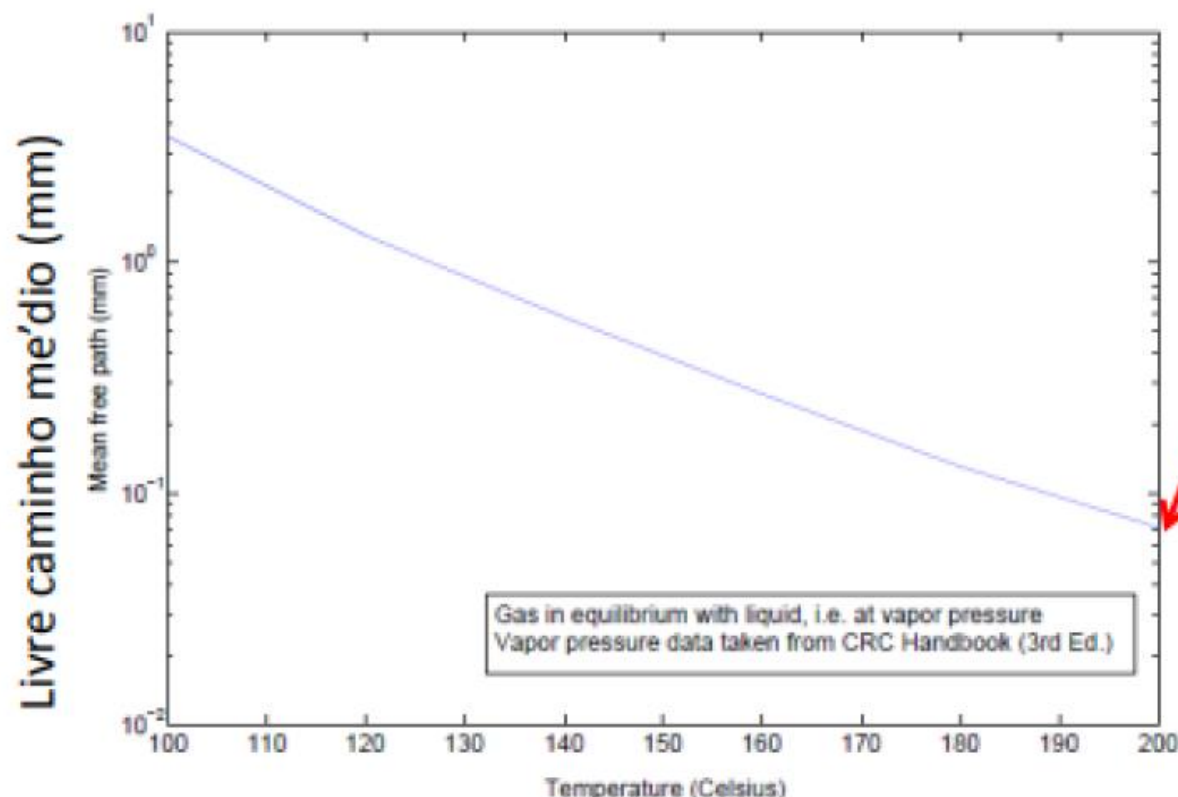


$E_2$  e  $E_1$  são energia cinética  
do elétron antes e depois da  
colisão com o átomo de Hg

## Tubo (Triodo) de Franck e Hertz



➤ Para ocorrer múltiplas colisões o valor de  $L$  deve ser **menor** que a distância entre o cátodo e a grade :



$$L = 8 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

Número de colisões :  
 $\# = 8 \text{ mm} / 8 \times 10^{-2} \text{ mm}$

$\# = 100$  colisões

Cada colisão provoca emissão de luz com uma frequência igual a :

$$f = \frac{E_{\text{Hg}^*} - E_{\text{Hg}}}{h} = \frac{4.9}{4.14 \cdot 10^{-15}} = 1.18 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$$

➤ Depois da primeira colisão inelástica, o elétron tem uma distância igual ao livre caminho médio ( $L$ ) para ganhar energia cinética e colidir inelasticamente com o segundo átomo de Hg, onde:

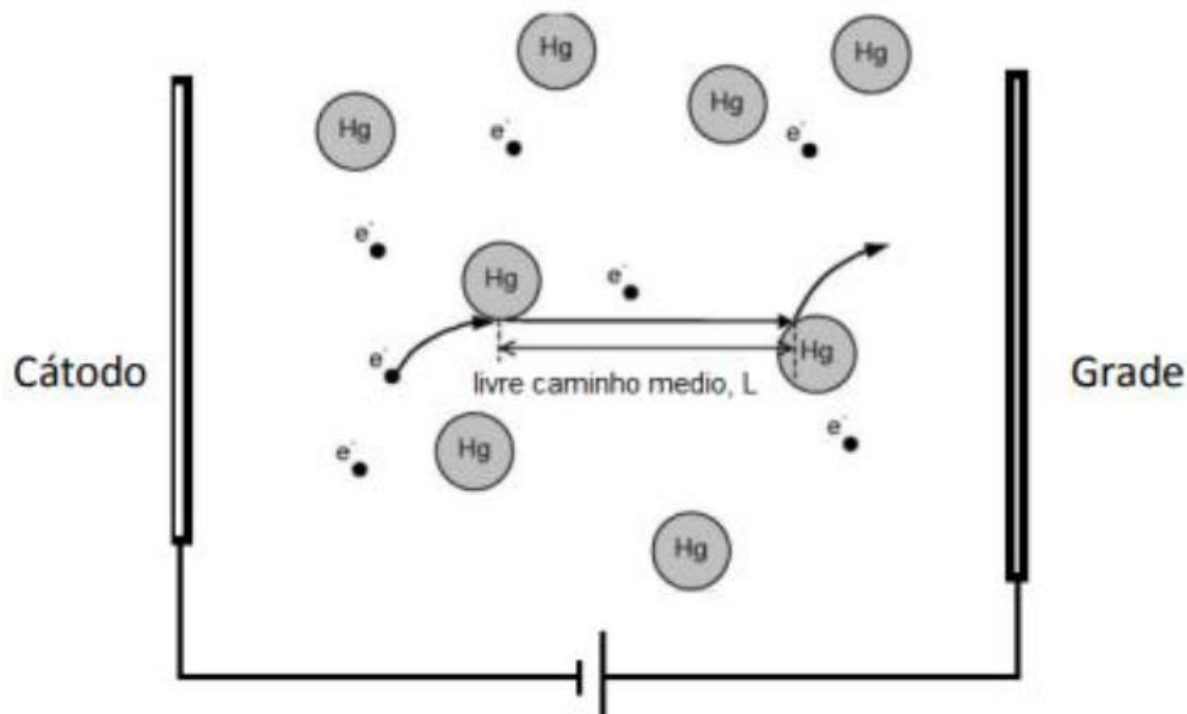
$K$  = const. de Boltzmann

$a$  = diâmetro do átomo Hg

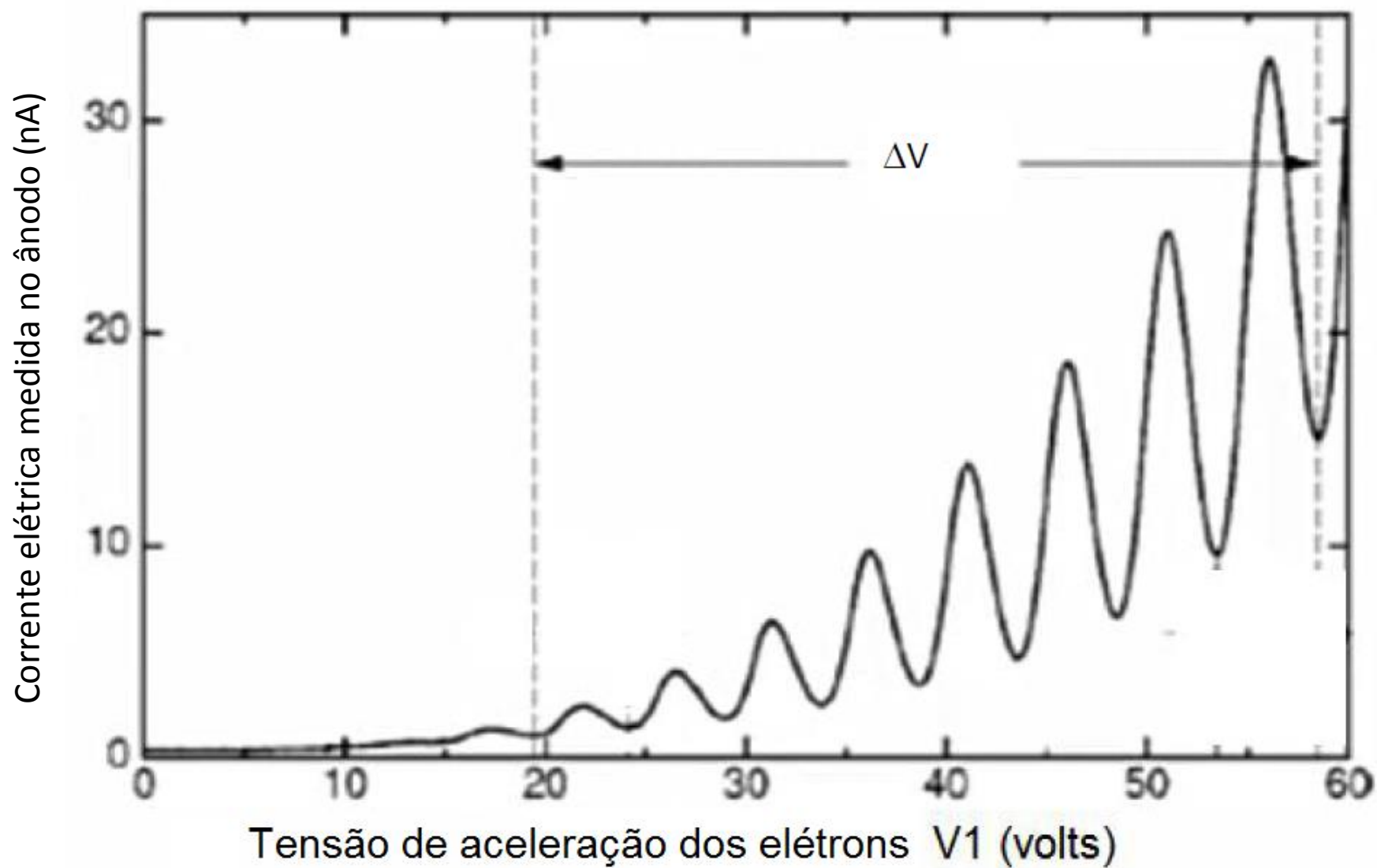
$p$  = pressão do gás de Hg

$T$  = temperatura (200 °C)

$$L = \frac{kT}{4\sqrt{2}\pi a^2 p}$$







### Questões

- 1- Qual o principal objetivo do experimento de Franck-Hertz?
- 2- Porque é necessário um forno nesse experimento?
- 3- Porque observamos vários picos e vales no gráfico?
- 4- Considere o gráfico observado no osciloscópio. Qual é o valor da energia absorvida pelo átomo de Hg durante uma colisão inelástica?
- 5- Avalie a veracidade das seguintes afirmações com relação a energia absorvida pelos átomos de Hg, esta é devido a: A) Absorção de fótons produzidos pela resistência de aquecimento, B) Colisão entre átomos de Hg, C) Colisão dos átomos de Hg com a grade, D) Colisão dos átomos de Hg com elétrons, E) Colisão dos átomos de Hg com as moléculas de ar presentes na ampola.
- 6- As energias absorvidas pelos átomos de Hg possibilitam uma transição para um estado excitado, e depois o átomo retorna ao seu estado fundamental. Considere o valor da energia obtida na questão 4 e calcule a frequência do fóton emitido.
- 7- Aplicam-se tensões ao cátodo, anodo e a grade do aparato experimental. Se não ligarmos o forno como seria o gráfico do experimento.
- 8- As excitações quânticas provocadas nos átomos de Hg podem ser induzidas com luz visível?