

Emissão termoiónica

- Expulsão por efeito térmico de electrões da banda de condução de metais
- Densidade de corrente de electrões emitidos dada pela equação de Richardson:

$$J_0 = A_0 T^2 e^{-\frac{e\phi}{kT}} \quad J' = J_0 e^{\left(\frac{V_0 e}{kT}\right)}$$

- Efeito “Space charge layer” -Correcção da equação da Richardson → **Lei de Child** (para simetria cilíndrica)

$$J_a = \frac{4\epsilon_0}{9} \sqrt{\frac{2e}{m}} V_0^{3/2} r_a^{-2} b^{-2}$$

Transmissão de electrões na ampola

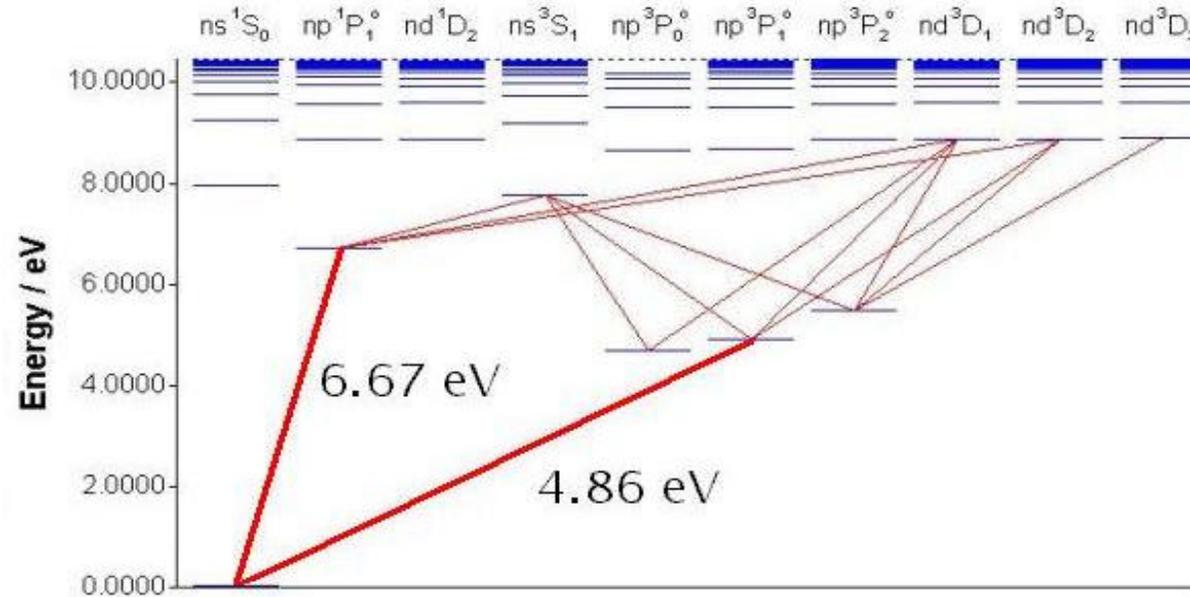
- Livre percurso médio

$$\bar{l} = \frac{kT}{\sqrt{2}r^2 pP}$$

- Parâmetro de controlo – Temperatura
- Valores típicos:
 - (Hg a 373 / 473K) \approx 1,10 / 0,03 mm
- Colisões elásticas: **Choque frontal** – perda máxima de energia

$$\Delta K = \frac{4mM}{(m+M)^2} K_0 \quad \frac{\Delta K}{K_0} \approx 1,094 \cdot 10^{-5}$$

Níveis de energia do Mercúrio



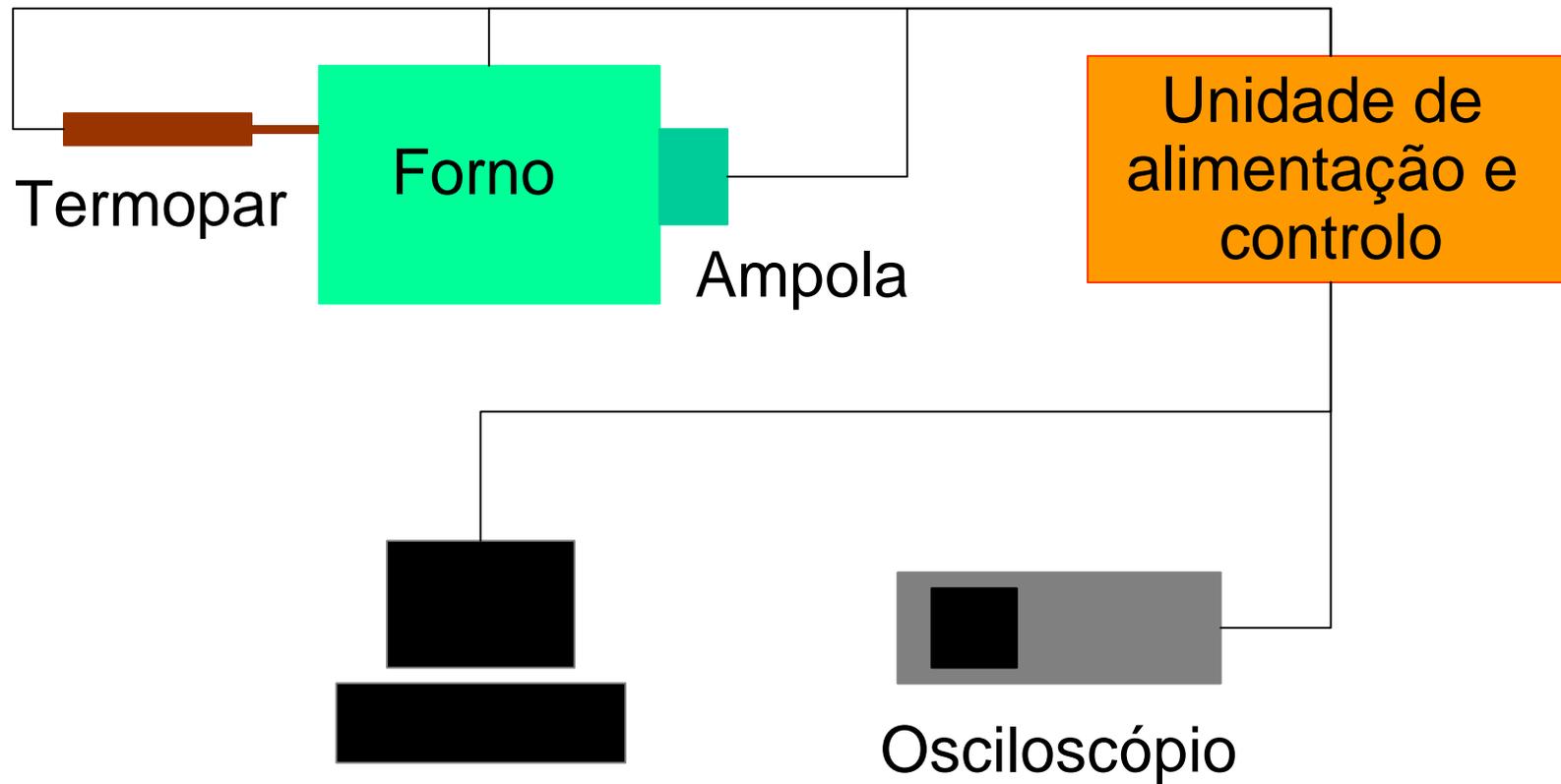
➤ Configuração electrónica

- Camada O: $5s^2, 5p^6, 5d^{10}$
- Camada P: $6s^2$

➤ Estados metaestáveis

- 3P_2 – 5.43 eV
- 3P_0 - 4,64 eV

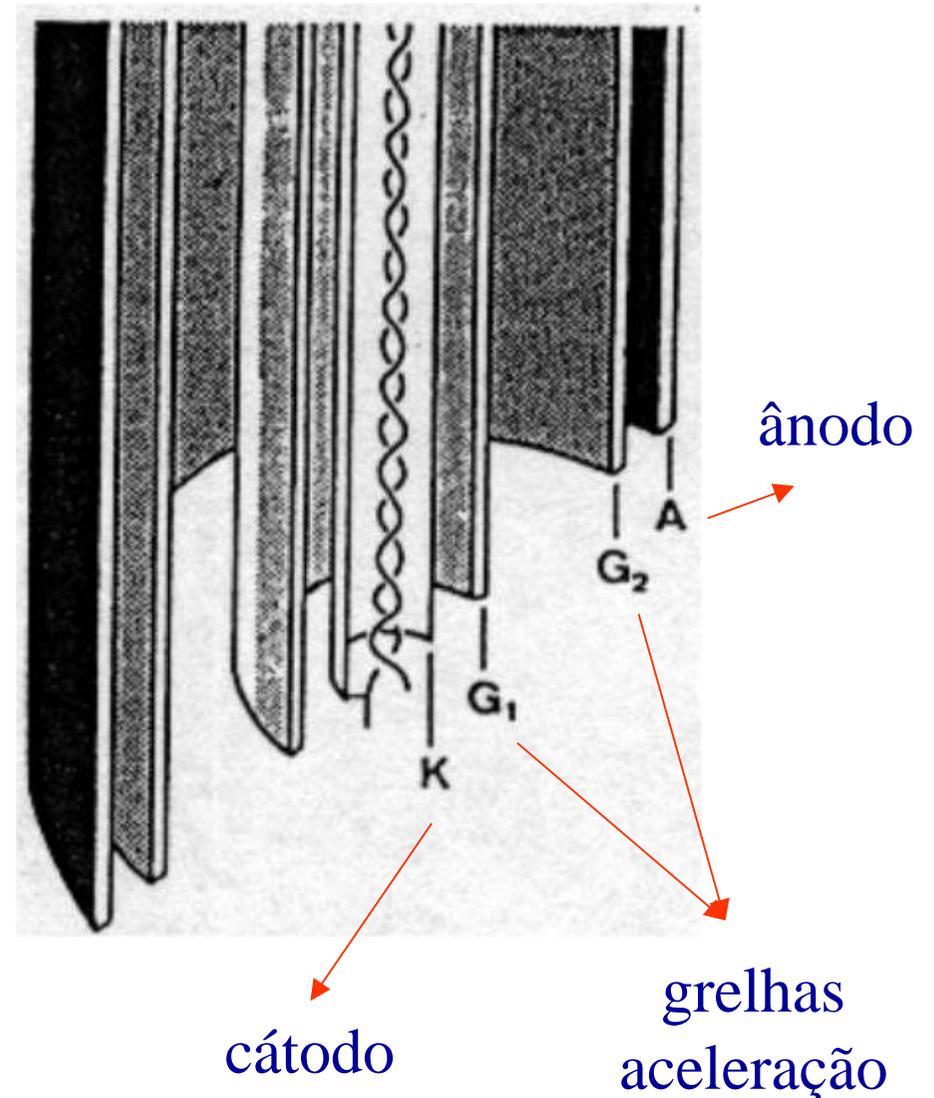
Esquema geral da experiência



Ampola de Franck-Hertz

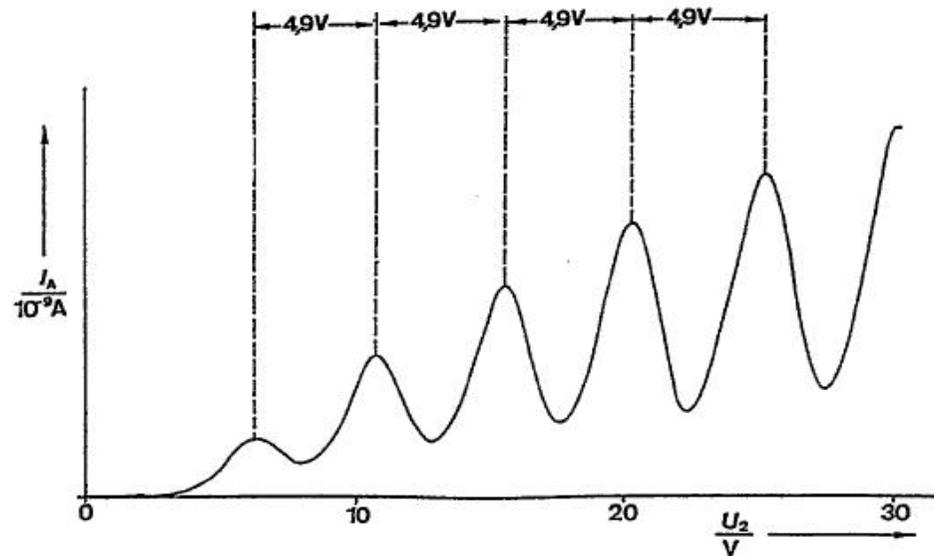
Leybold 555 85

- Dimensões:
 - Comprimento 95 mm
 - Diâmetro 28 mm
- Constituintes:
 - K - Cátodo (aquecido indirectamente)
 - G1 - Grelha *Space Charge*
 - G2 - Grelha de aceleração
 - A - Ânodo
 - $\approx 5g$ de Hg
- Geometria cilíndrica



Modelo teórico

- Curva tensão *versus* corrente
 - Saltos discretos nos valores de energia
 - Curva crescente devido à Lei de Child
 - Picos devidos às distribuições de energia e livre percurso dos electrões

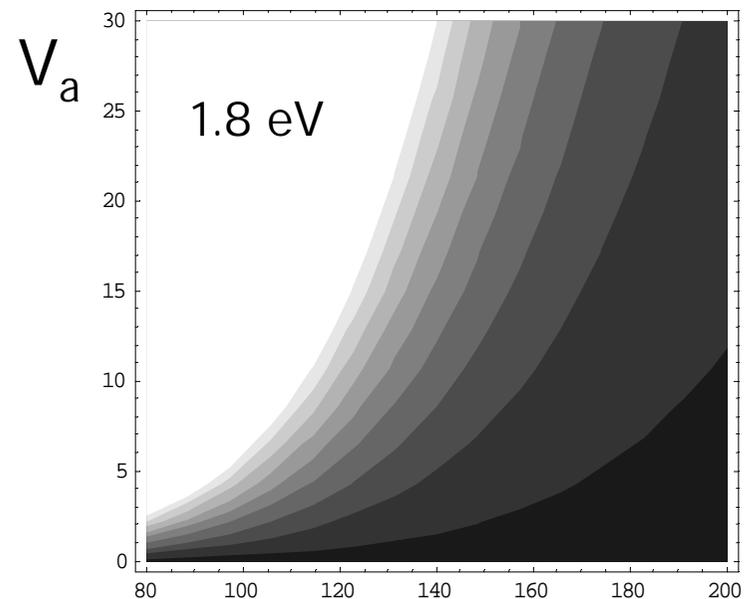


Determinação dos parâmetros experimentais

➤ Temperatura:

- Controla o livre percurso médio dos electrões.
- Para observar a primeira excitação, convém que seja elevada
- Para observar a segunda excitação, desce-se a temperatura

➤ Gráfico da energia adquirida num livre percurso médio em função da temperatura T e da tensão V_a



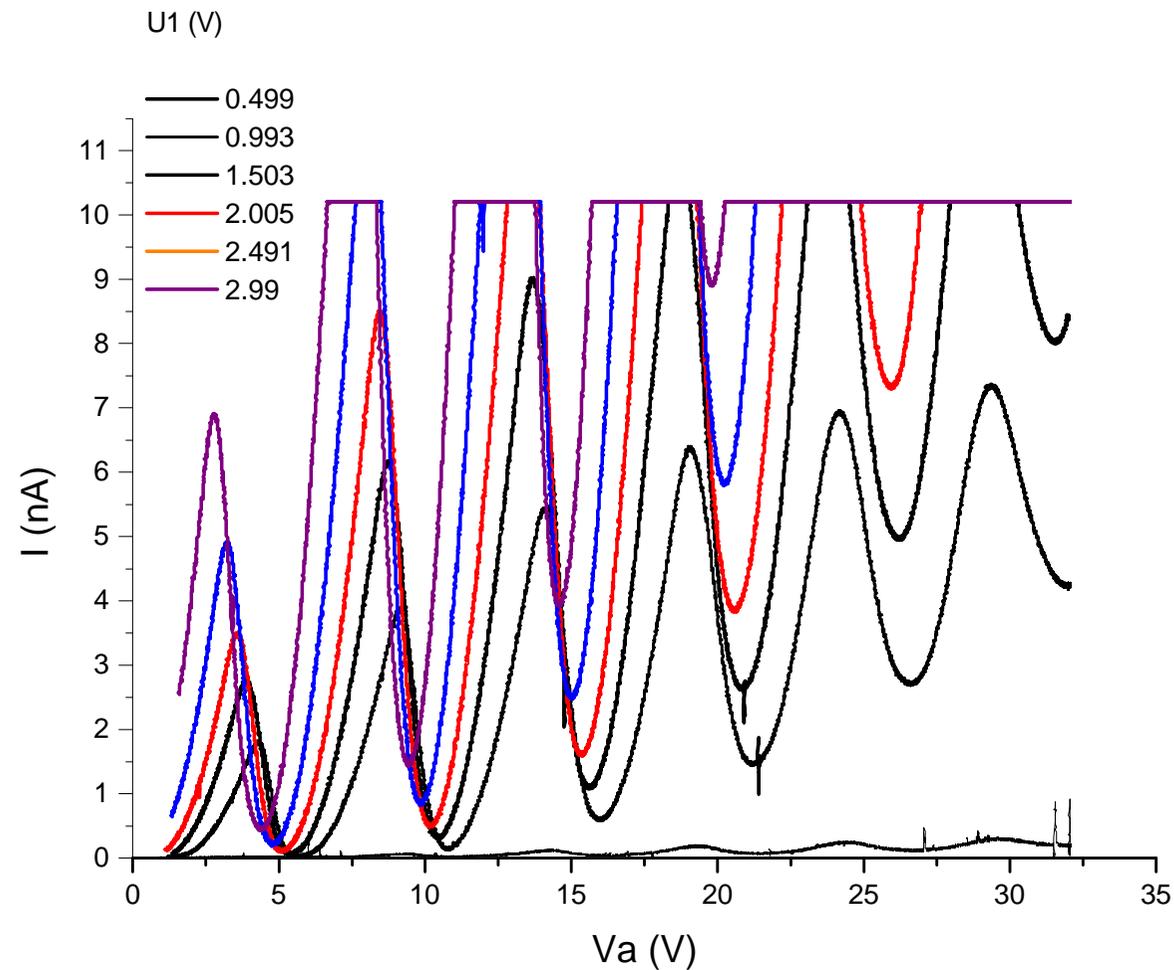
T

Determinação dos parâmetros experimentais

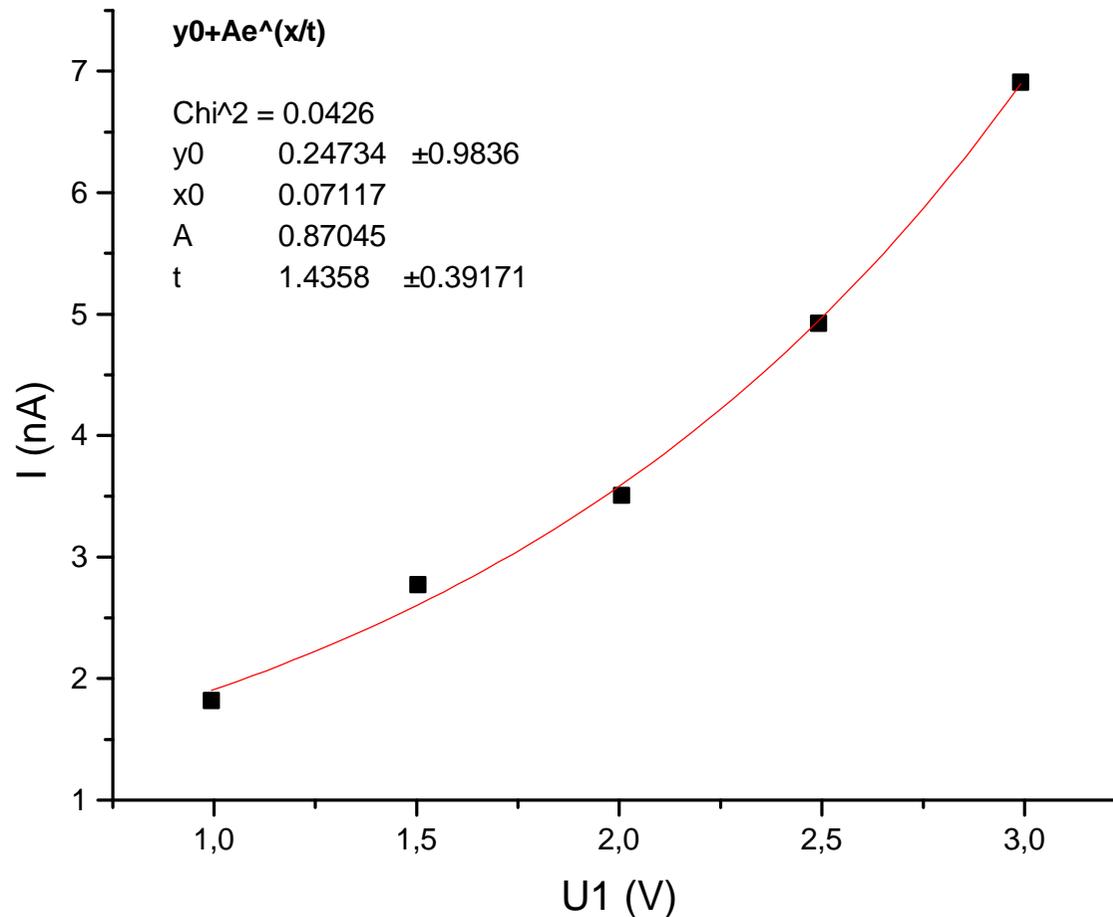
➤ Voltagens:

- Tensão de aceleração: escolhida de modo a visualizar-se o máximo número de excitações antes da corrente de saturação
- Tensões de Space Charge e Desaceleração: ajustadas experimentalmente de modo a visualizar a melhor curva possível

Determinação dos parâmetros experimentais - Variação de V_s

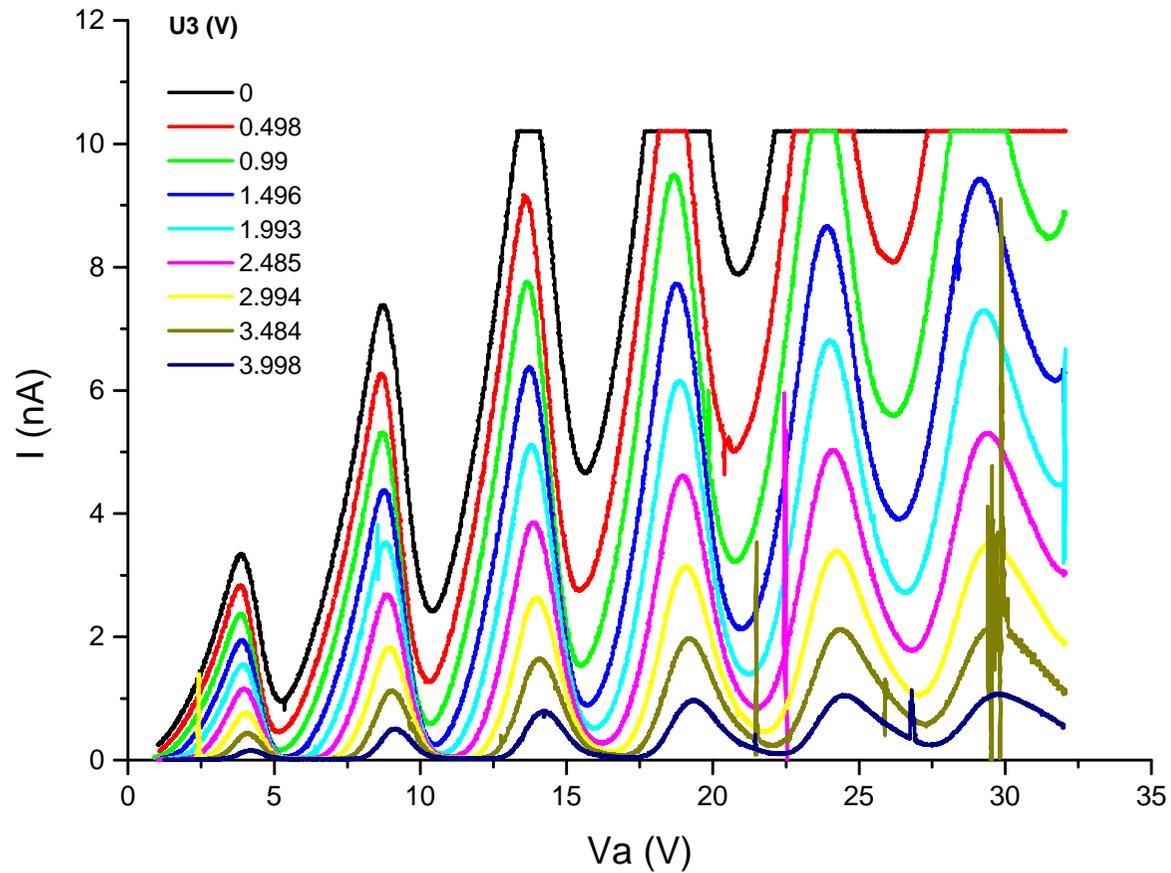


Determinação dos parâmetros experimentais - Variação de V_s

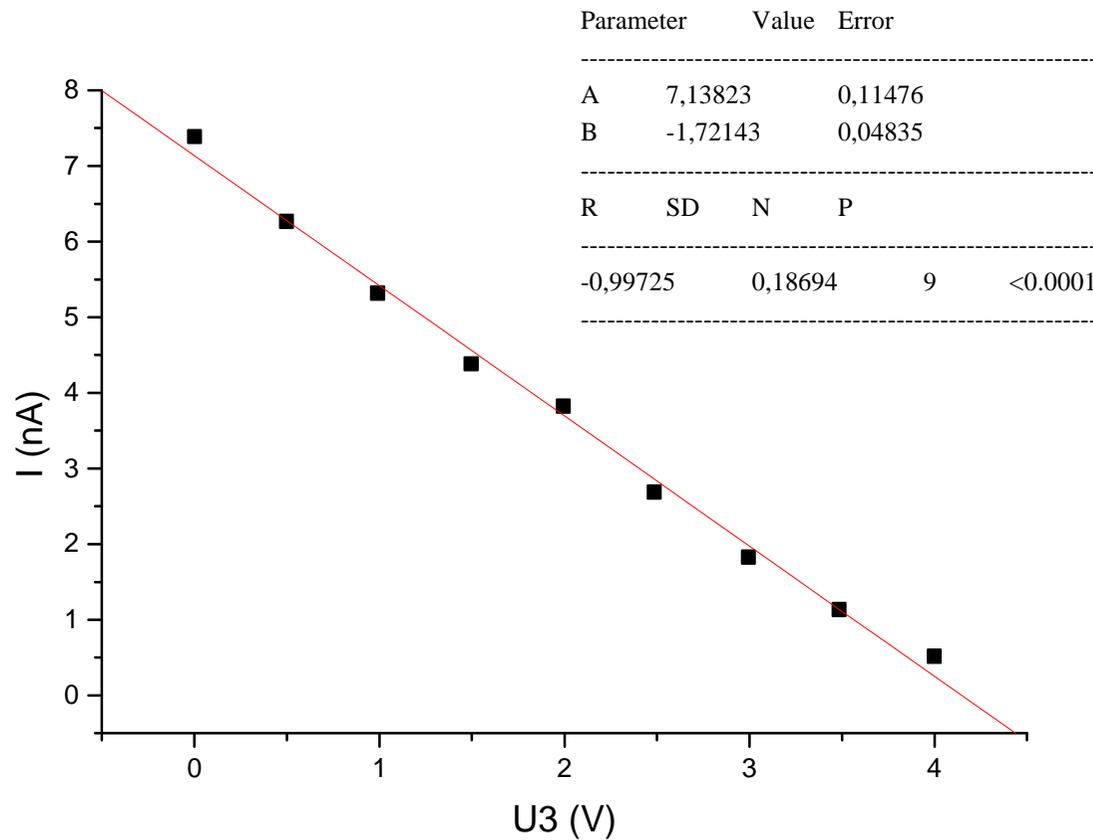


➤ Ajuste com a intensidade no primeiro pico

Determinação dos parâmetros experimentais – Variação de V_d

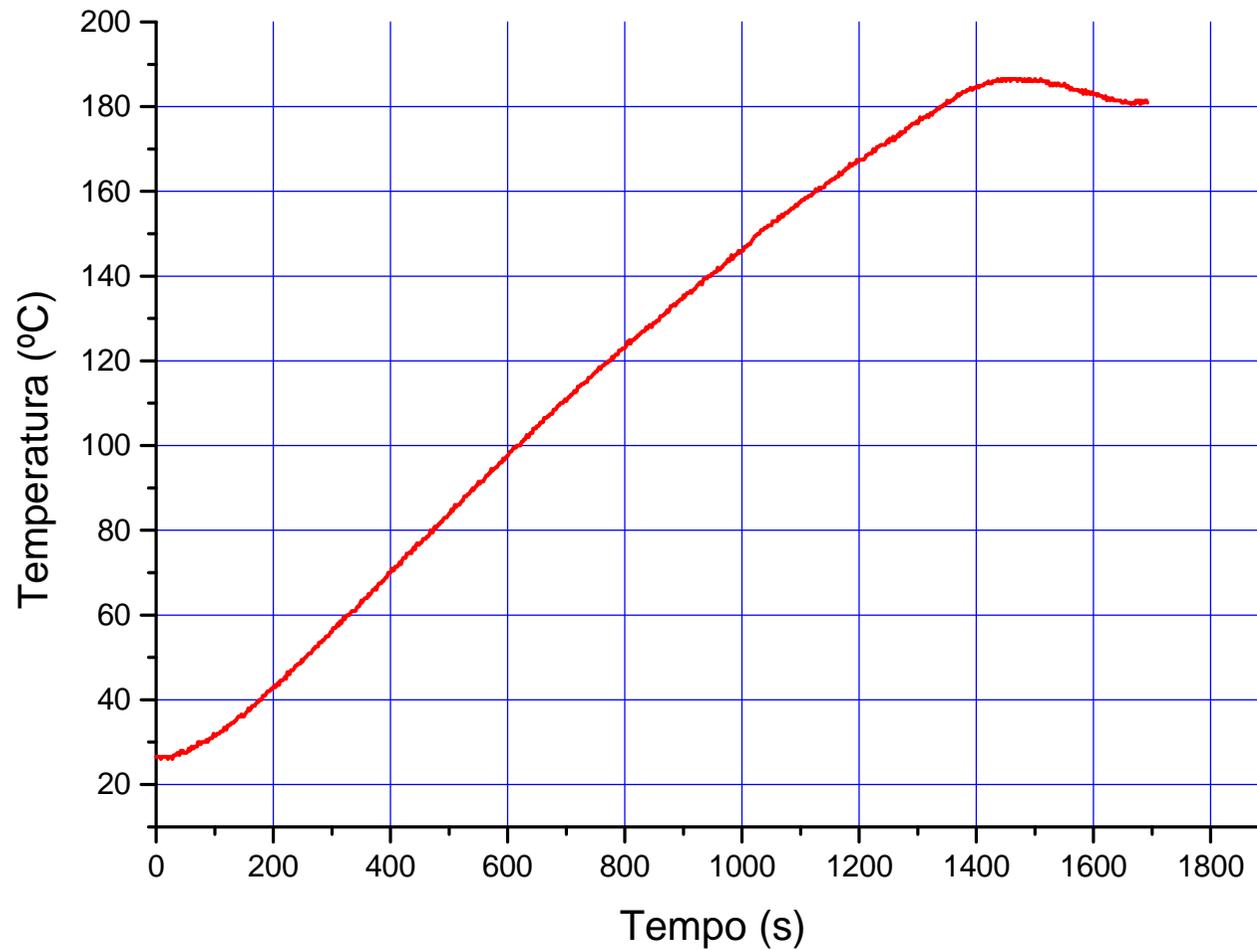


Determinação dos parâmetros experimentais – Variação de V_d



➤ Ajuste com a intensidade no segundo pico

Determinação do tempo de aquecimento da ampola



Até estabilizar:
 ≈ 1700 s

Cuidados na ligação do material

- Ligação à terra:

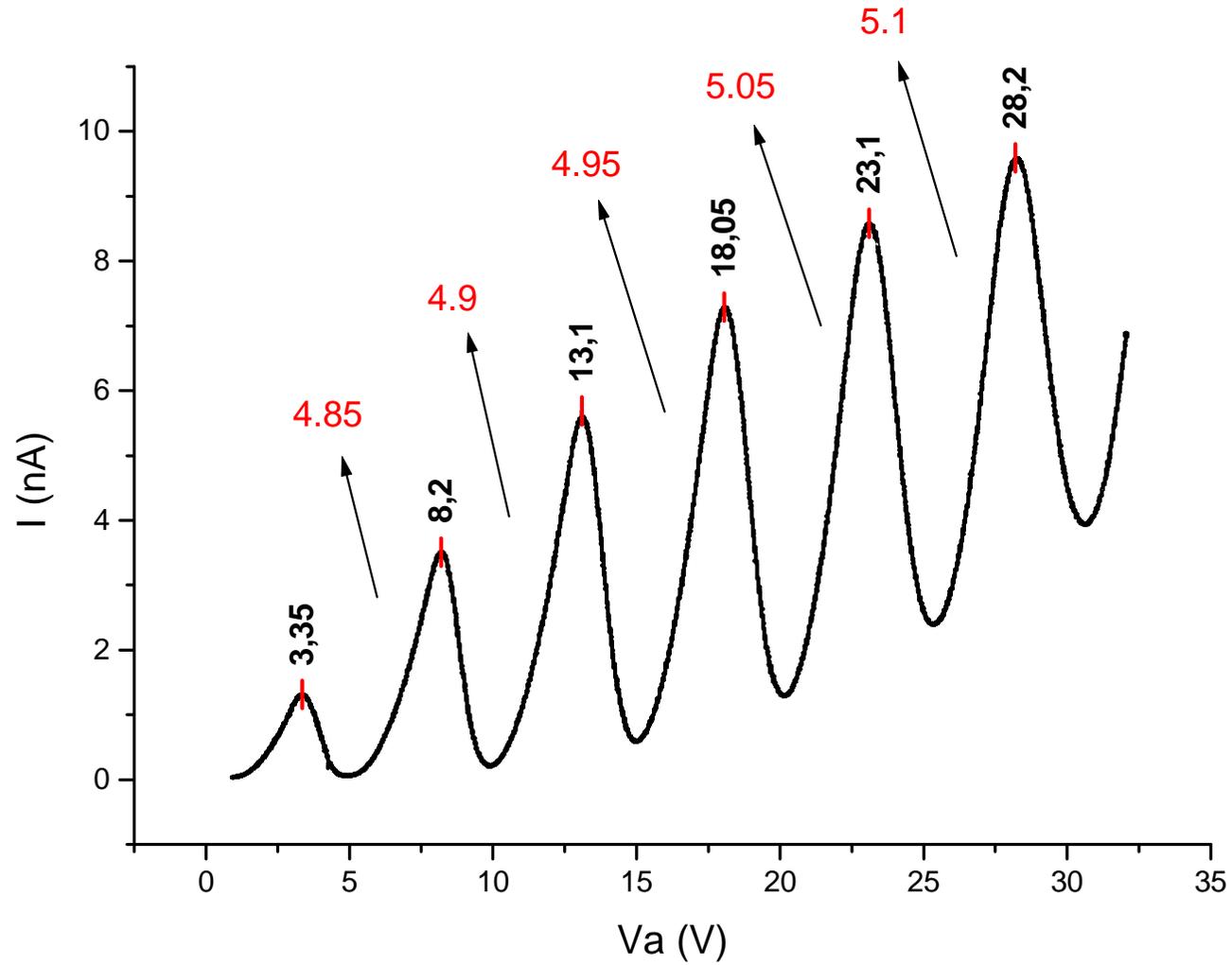
- Mesmo com os potenciais todos a zero, detecta-se uma corrente oscilante 50 Hz (valor médio à volta de 7nA).

- **Solução: fazer a ligação à terra indicada no guia**

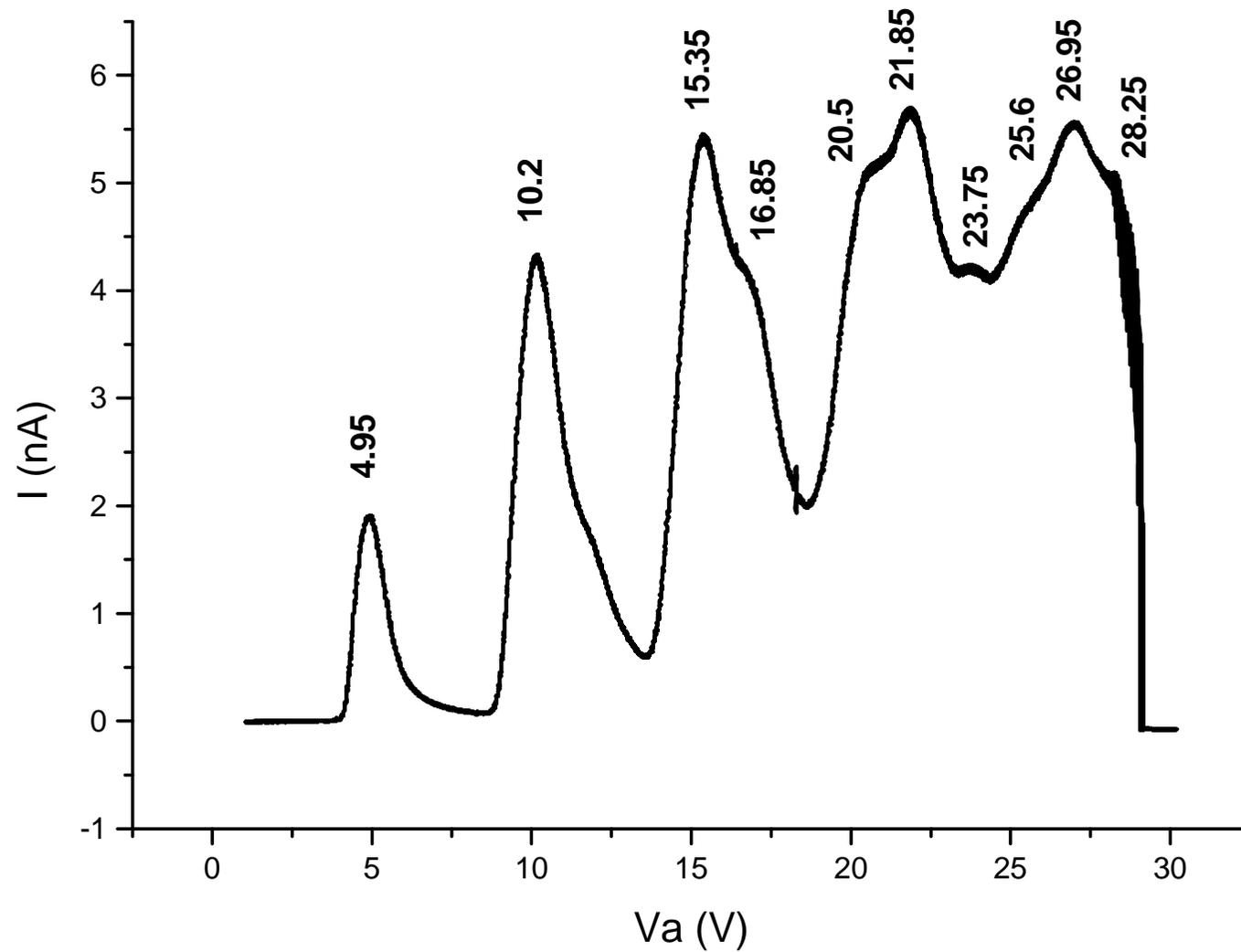
Medida da 2ª excitação

- Tentar ver a 2ª excitação aumentando o livre percurso médio
 - O equipamento não permite temperaturas abaixo de 145°C
 - Utilizar este valor para a 2ª excitação (em vez do valor óptimo 130-140°C)

Resultados - 1ª Excitação



Resultados - 2ª Excitação e Ionização



Valores esperados

Valores Teóricos	
1ª Excitação	2ª Excitação
4.86 eV	6.67 eV