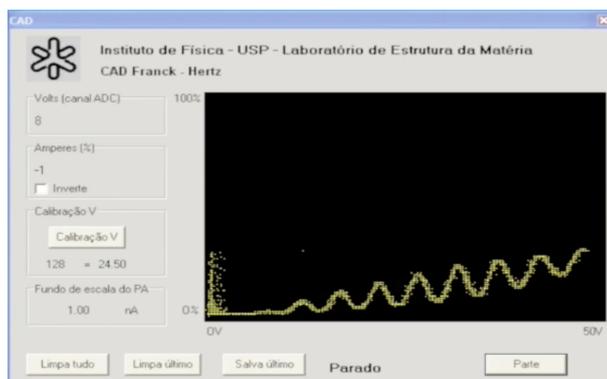


ROTEIRO DO EXPERIMENTO

14 de janeiro de 2022

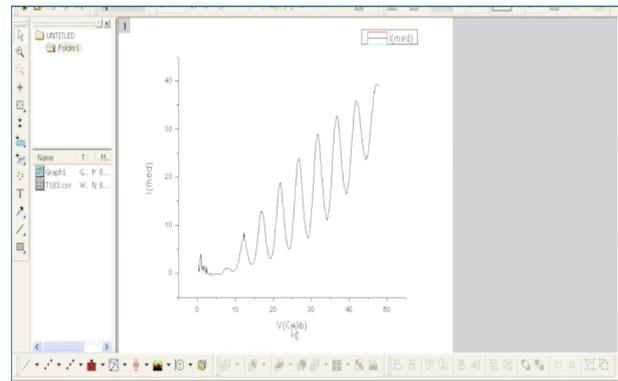
1. Roteiro

1. Assista o vídeo *Apresentação da Experiência I e II* que encontra-se no site da disciplina: (http://fap.if.usp.br/~jhsevero/Fisica_Experimental_C_Quadrimestral_2022/ead.html).
 2. Assista o vídeo Importação dos dados para o Origin: (http://fap.if.usp.br/~jhsevero/Fisica_Experimental_C_Quadrimestral_2022/ead.html).
 3. Faça o download dos arquivos CSV com os dados que estão dispostos no site da disciplina: (http://fap.if.usp.br/~jhsevero/Fisica_Experimental_C_Quadrimestral_2022/ead.html).
- **Obs1:** Ao entrar no site clique na sua turma e em seguida no grupo. Cada grupo receberá um conjunto com 5 aquisições que deverão ser tratado. Grupos diferentes terão dados diferentes.
 - **Obs2:** O arquivo gerado no experimento de Franck-Hertz é mostrado na figura abaixo. Nesta curva é mostrado a corrente no ânodo pelo potencial de aceleração na grade do tubo de Franck-Hertz. Neste experimento a corrente no ânodo não foi calibrada portanto, os valores mostrado no eixo Y não são verdadeiro. Por outro lado os valores mostrados no eixo X são verdadeiros e devem variar de $0 - 50V$ aproximadamente. Esta figura é mostrada para que vocês tenham ideia do formato da curva que é esperado ao plotar, no Origin, os dados que lhe foram fornecidos.

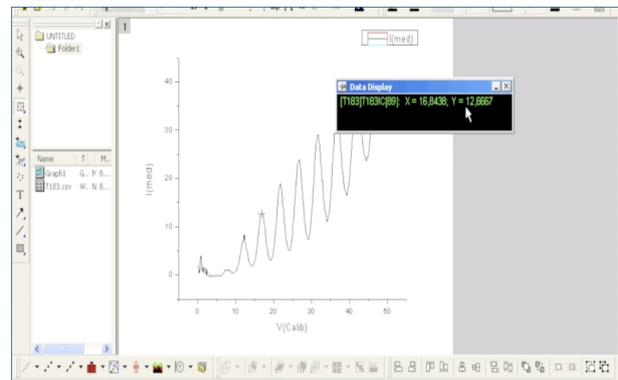
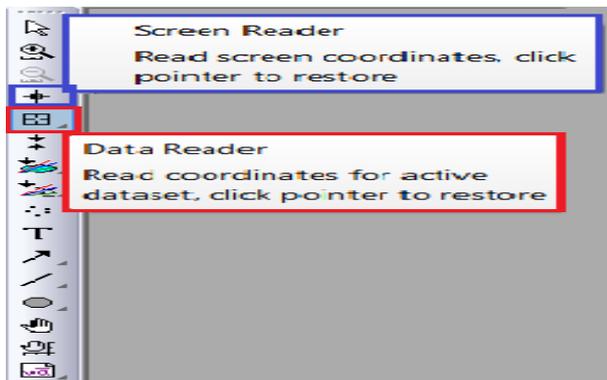


4. Carregue o programa *Origin* e faça a importação dos dados para o programa (veja o vídeo *Importação dos Dados para o Programa Origin* para ver a forma correta de importar os dados).
5. Renomeie a coluna $B(Y)$ para $B(X)$ e faça um gráfico de $B(X)$ vs $C(Y)$, este gráfico deve mostrar a curva de Franck-Hertz.

	A(V)	B(V)	C(V)	D(V)
Long Name	V(canal5)	V(Calib)	I(med)	E(V)
Units				
Comments				
Sparklines				
1	0	0	-NAN	0
2	1	0,1914		2
3	2	0,3828	0,3571	1,7738
4	3	0,5742	1,1684	4,9396
5	4	0,7656	3,79	4,2012
6	5	0,957	3,835	9,94
7	6	1,1484	0,7558	4,9781
8	7	1,3398	0,5714	5,1053
9	8	1,5312	1,7327	6,768
10	9	1,7227	0,3846	3,4919



- **Obs_3:** O eixo X deve mostrar o potencial de aceleração que deve variar de aproximadamente 0–50V. Caso o eixo X não mostre esses valores, então sua importação não foi feita corretamente. O eixo Y deve mostrar a corrente no anodo que está em unidades relativas [u.r.]. Essa corrente não está cabibrada e seu valor pode variar bastante. Não se preocupe com isto porque só precisaremos da calibração do potencial de aceleração que é indicado no eixo X.
- **Obs_4:** Com o cursor do origin *data reader* , indicado na figura abaixo, do lado esquerdo, verifique se o espaçamento entre os picos é de aproximadamente 5,0V.



2. Dados

- Assista o vídeo Tratamento dos Dados: (http://fap.if.usp.br/~jhsevero/Fisica_Experimental_C_Quadrimes)
- Os arquivos que lhe foram fornecidos possuem a seguinte extensão: E_1_T_(182)_1.csv. Onde E_1 representa o número do seu equipamento, T_(182) representa a temperatura do tubo de Franck-Hertz, que você deve utilizar no cálculo da seção de choque.

2.1 Tratamento dos dados

Faça um gráfico $I(V_A)$ e enumere os picos como mostrado na figura 1 abaixo. Esse gráfico deve ir para o relatório.

1. **Obs_5:** a enumeração dos picos é importante e você deve enumera-los corretamente. O resultado da menor energia de excitação do Hg E_A dependerá dessa numeração. Ao atribuir o índice $n = 1, 2, \dots$ a cada um dos picos, você pode não ter sido capaz de ver os primeiros picos, mas usando a expressão $n \leq V_A/4,86$ você pode deduzir o valor correto para n . Lembre-se ainda que o primeiro pico deve aparecer para o potencial de aceleração da ordem de $5 + 2 = 7V$ onde esse 2V é devido a função trabalho.

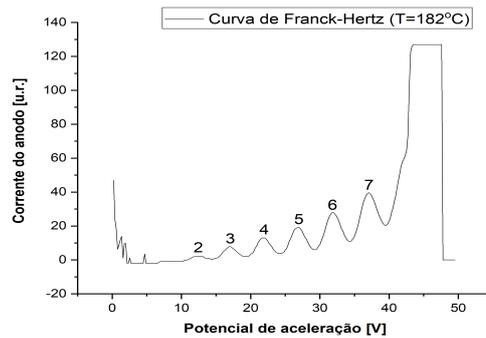


Figura 1 - Ordem de aparecimento dos picos de corrente na curva $I(V_A)$.

Determinar a posição dos picos.

- **Obs_6:** Para determinar a posição dos picos e vales com precisão, primeiramente faça um ajuste parabólico na curva da figura 1 para subtrair a tendência de crescimento da curva. Com o residuo do ajuste, faça um ajuste não linear gaussiano do tipo, $y(x) = y_0 + A/(w \cdot \sqrt{\pi/2}) \exp \left[-2 \left(\frac{x-x_C}{w} \right)^2 \right]$ em torno do pico ou vale. Neste caso, a posição do máximo será determinado pelo valor de x_C do ajuste. Aconselha-se que você assista o video Tratamento dos Dados (http://fap.if.usp.br/~jhsevero/Fisica_E) antes de iniciar o ajuste dos dados.

Faça uma tabela, como a representada abaixo (Tabela 1), indicando a ordem dos picos, a posição dos máximos, a diferença de potencial entre máximos consecutivos e a incerteza. Repita essa mesma operação para os vales.

Temperatura 182 C				Temperatura 182 C			
Ordem dos picos	Potencial associado ao pico [V]	Diferença de potencial $d_{i,j}$ entre os picos [V]	Incerteza em $d_{i,j}$ [V]	Ordem dos vales	Potencial associado ao vale [V]	Diferença de potencial $d_{i,j}$ entre os vales [V]	Incerteza em $d_{i,j}$ [V]
1	—	—	—	1	—	—	—
2	11,92	4,81	0,10	2	14,56	4,87	0,04
3	16,73	5,02	0,07	3	19,43	4,92	0,02
4	21,75	4,81	0,08	4	24,35	4,97	0,02
5	26,56	5,02	0,05	5	29,32	5,07	0,02
6	31,58	5,02	0,10	6	34,38	5,16	0,01
7	36,60			7	39,54		

Tabela 1- Potencial, diferença de potencial entre picos e vales consecutivos e incertezas associadas aos picos e vales.

Construa um gráfico da ordem dos picos pela diferença de energia entre dois picos consecutivos ($\Delta E_n(n)$). Repita o gráfico para os vales.

Faça um ajuste linear dos pontos para cada caso (pico e vale), como mostrado na figura 2 abaixo.

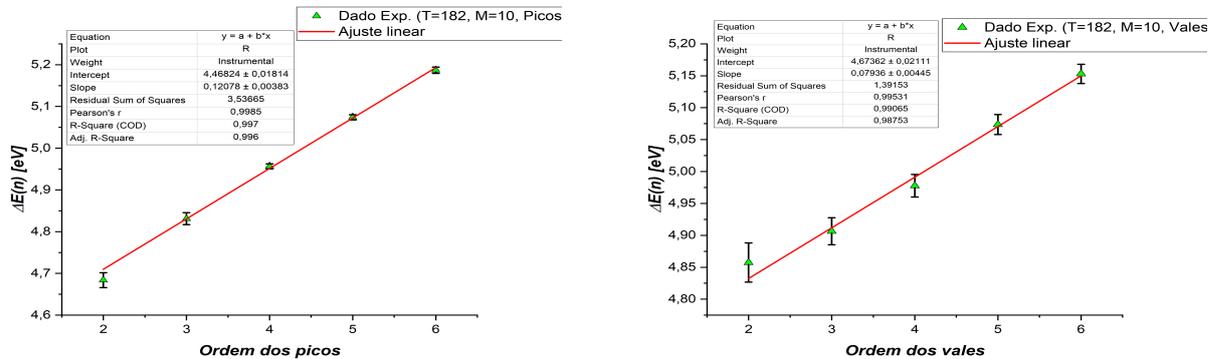


Figura 2 - Ajuste linear da diferença de energia entre dois picos (gráfico da esquerda) consecutivos e entre dois vales consecutivos (gráfico da direita) em função da ordem de aparecimento dos picos e vales.

A partir dos coeficientes das retas ajustadas para os picos e vales, determine a menor energia de excitação E_A , (caso tenha dúvidas de como calcular essa energia assista ao video L) o livre caminho médio λ e a seção de choque σ . Para calcular o livre caminho médio e a seção de choque com as devidas incertezas, utilize o formulário que está na penúltima página do documento Apresentação da Experiência no item E) no site da disciplina (http://fap.if.usp.br/~jhsevero/Fisica_Experimental_C_Quadrimestral_2022/ead.html).

Coloque seus dados em uma tabela como a representada abaixo (Tabela 2).

- **Obs_7:** não esqueça de colocar as incertezas nos seus resultados.

Temperatura [°C]	Energia de excitação (picos) [eV]	Energia de excitação (vales) [eV]	Livre caminho médio (picos) [m]	Seção de choque (picos) [m ²]	Livre caminho médio (vales) [m]	Seção de choque (vales) [m ²]
182 ± 5	$4,55 \pm 0,02$	$4,72 \pm 0,03$	$(103 \pm 3) \cdot 10^{-6}$	$(0,2 \pm 0,1) \cdot 10^{-20}$	$(66 \pm 5) \cdot 10^{-6}$	$(0,24 \pm 0,10) \cdot 10^{-20}$

Tabela 2- Energia mínima de excitação, livre caminho médio e seção de choque para picos e vales.

Calcule o valor médio das grandezas encontradas (energia, livre caminho médio e seção de choque) entre os picos e vales. Insira os dados obtidos em uma tabela como a representada abaixo. Coloque também o valor teórico esperado de cada grandeza.

- **Obs_8:** Os valores teóricos para as grandezas energia de excitação do mercúrio, livre caminho médio e seção de choque são os seguintes:

$$\begin{aligned}
 E_a &= 4,67 \text{ eV} \\
 \sigma_T &= 0,5 \cdot 10^{-20} \text{ m}^2 \\
 \lambda &= \frac{k_B T}{p \cdot \sigma_T} = \frac{1,38 \cdot 10^{-23} T}{8,7 \cdot 10^{(10,5 - 3110/T)} \cdot 0,5 \cdot 10^{-20}}
 \end{aligned}$$

onde T é a temperatura média entre todas as aquisições.

Calcule as incertezas nos valores médios utilizando a seguinte relação

$$\sigma_{E_a} = \sqrt{(\sigma_{E_{a,P}})^2 + (\sigma_{E_{a,V}})^2}.$$

Temperatura [°C]	Energia de excitação (valor médio) [eV]	Energia de excitação (valor esperado) [eV]	Livre caminho médio (valor médio) [m]	Livre caminho médio (valor esperado) [m]	Seção de choque (valor médio) [m ²]	Seção de choque (valor esperado) [m ²]
182 ± 5	4,64 ± 0,04	4,67	(85 ± 6).10 ⁻⁶	31,078.10 ⁻⁶	(0,22 ± 0,10).10 ⁻²⁰	0,5.10 ⁻²⁰

Tabela 3- Valores médios e esperados para a energia mínima de excitação do mercúrio, livre caminho médio e seção de choque.