

ROTEIRO DO EXPERIMENTO

26 de fevereiro de 2019

0.1 Calibração do sistema

0.1.1 Ligue a fonte de alimentação. Isto fará com que o forno e o filamento da válvula sejam aquecidos.

0.1.2 Verifique a temperatura do forno e espere ela chegar a 180°C antes de começar a calibração.

Obs_1: Cada equipamento ($E1$, $E2$, $E3$, $E4$ e $E5$) tem uma temperatura para qual os resultados obtidos se aproximam mais dos valores esperados. Verifique com o professor a melhor temperatura de trabalho para o seu equipamento. O número do seu equipamento está escrito em cima do forno.

0.1.3 Ligue o voltímetro e deixe-o no modo de medição de tensão.

0.1.4 Ligue o digitalizador de sinais.

0.1.5 Ligue o picoamperímetro e certifique-se que a chave esteja na posição (-).

0.1.6 Medir o potencial de retardo V_R com o voltímetro e certifique-se que ele seja de $2,0\text{V}$.

0.1.7 Medir o potencial de aceleração V_A com a chave de modos no modo **normal** e o potenciômetro que regula o potencial de aceleração no centro da escala.

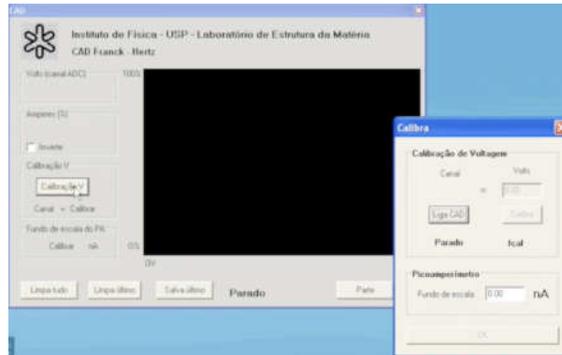
Obs_2: Se o potenciômetro que regula o potencial de aceleração estiver no centro da escala, o potencial de aceleração deve ser de aproximadamente 25V .

0.1.8 Ligue o computador e entre no programa **FH32** (existe um atalho no desktop do computador). Ao clicar em **FH32** aparecerá uma tela como a representada na figura abaixo



0.1.9 No programa **FH32** faça a calibração dos canais de tensão e corrente. Ao acionar o comando **calibração V** aparecerá uma tela pequena de calibração de voltagem como a mostrada na figura abaixo. Aperte a tecla **Liga CAD** e introduza, manualmente o valor do potencial V_A registrado pelo voltímetro. Entre com o valor de corrente igual a $1nA$ e acione a tecla **calibra** e depois a tecla **Ok**.

Obs_3: Para fazer a calibração do potencial de aceleração V_A deixe a chave no modo **normal** e o potenciômetro a sua direita na metade da escala.

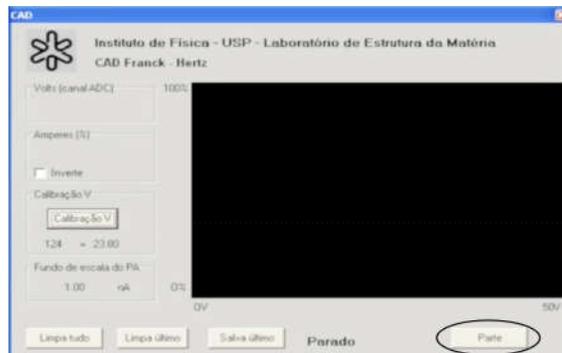


0.1.10 Coloque a chave central seletora de modos no modo **rampa**.



0.1.11 Coloque o potenciômetro que regula o potencial acelerador (a sua direita) no valor máximo.

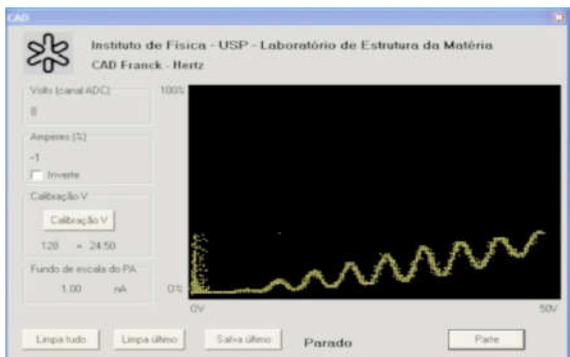
0.1.12 Acione a tecla **parte** no programa **FH32**.



0.1.13 Acione o botão vermelho **parte** na fonte de alimentação.



0.1.14 Uma vez registrado os picos acione a tecla **termina** no programa **FH32**.

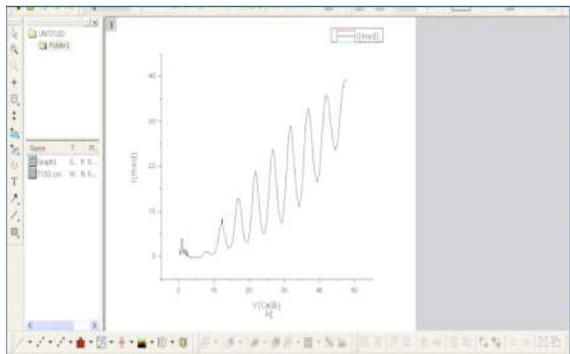


0.1.15 Não esqueça de registrar a temperatura do forno durante o processo de medição.

0.1.16 Salve o arquivo com a extensão **.csv**.

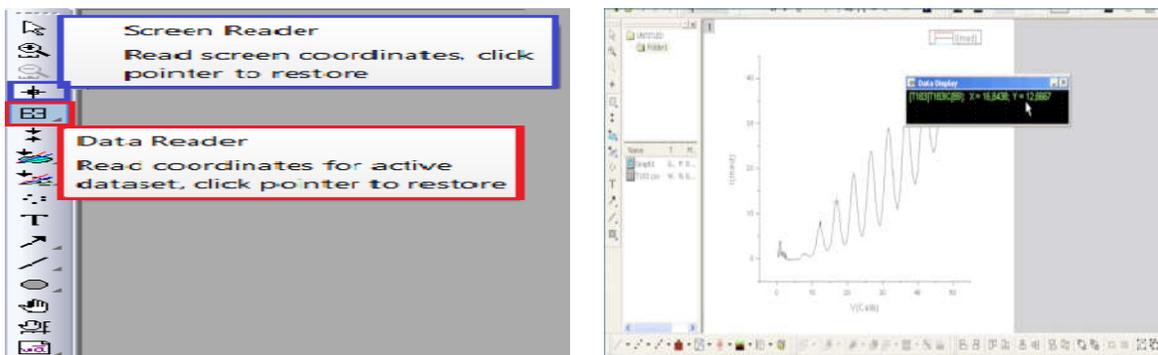
0.1.17 Abra o programa **Origin** e certifique-se que sua aquisição foi feita corretamente. Para verificar se sua aquisição foi feita corretamente, renomeie a coluna **B(Y)** para **B(X)** e faça um gráfico de **B(X) vs C(Y)**, este gráfico deve mostrar a curva de Franck-Hertz.

Long Name	Units	Comments	Sparklines	A(Y)	B(Y)	C(Y)	D(Y)
				0	0	-NAN	0
				1	0,1914		0
				2	0,3828	0,3571	1,7738
				3	0,5742	1,1684	4,9398
				4	0,7656	3,79	4,2012
				5	0,957	3,835	9,94
				6	1,1484	0,7558	4,9781
				7	1,3398	0,5714	5,1053
				8	1,5312	1,7327	6,768
				9	1,7227	0,3846	3,4919



Obs_4: O eixo **X** deve mostrar o potencial de aceleração que deve variar de aproximadamente **0 – 60V**. Caso o eixo **X** não mostre esses valores, então sua calibração 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_5: 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**, caso não seja, sua calibração não está correta.



Obs_6: Uma vez calibrado o sistema, não é mais necessário fazer a calibração a menos que, por algum motivo, você teve que encerrar o programa FH32 durante o processo de medição.

0.2 Tomada de dados

0.2.1 Se a temperatura do seu equipamento estiver estabilizada, faça 10 medidas da curva de corrente I no tubo de Franck-Hertz pelo potencial de aceleração V_A . Salve os arquivos com a seguinte extensão $E_1_T182_1.csv$. Onde E_1 representa o número do seu equipamento, $T182$ representa a temperatura do seu tubo de Franck-Hertz que está indicado no termômetro e 1 representa a primeira medida de uma série de 10.

0.2.2 Ao terminar todas as medidas desligue todos os equipamentos.

0.3 Tratamento dos dados

0.3.1 Importe os arquivos para o programa Origin.

Obs_7: assista o video [Importação dos dados para o programa Origin](#) para obter umas dicas de como importar corretamente os arquivos gerados.

0.3.2 Faça um gráfico $I(V_A)$ e enumere os picos como mostrado na figura 1 abaixo.

Obs_8: 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.

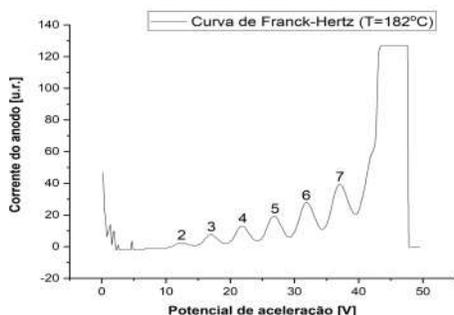


Figura 1 - Ordem de aparecimento dos picos de corrente na curva $I(V_A)$.

0.3.3 Determinar a posição dos picos.

Obs_9: 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 resíduo 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 vídeo [Tratamento dos Dados](#) no item II antes de iniciar o ajuste dos dados.

0.3.4 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.

0.3.5 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.

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

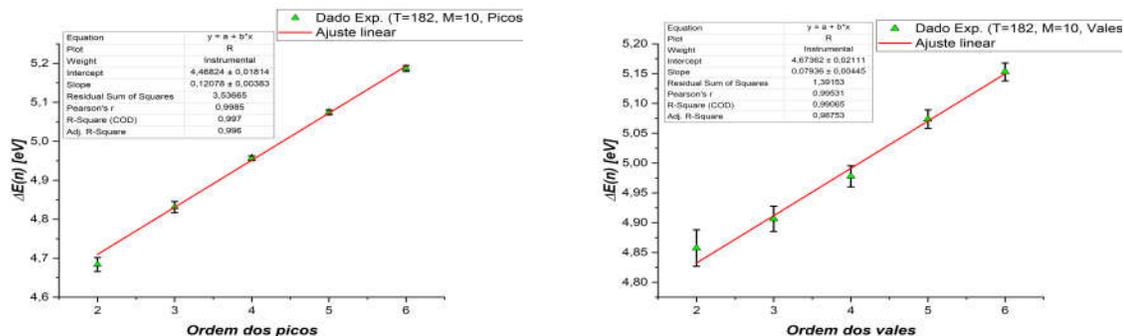


Figura 2 - Ajuste linear da diferença de energia entre dois picos (gráfico da esquerda) consecutivos e entre dois vales consecutivos (gráfico da direita) em função da ordem de aparecimento dos picos e vales.

0.3.7 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 vídeo 1J) 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 1A no site da disciplina.

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

Obs_10: 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 ± 0,02	4,72 ± 0,03	(103 ± 3).10 ⁻⁶	(0,2 ± 0,1).10 ⁻²⁰	(66 ± 5).10 ⁻⁶	(0,24 ± 0,10).10 ⁻²⁰

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

0.3.9 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_11: Os valores teóricos para as grandezas energia de excitação do mercúrio, livre caminho médio e seção de choque são os seguintes:

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

0.3.10 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.