

# Relatório de Lab de Física VI : Gases Ideais

Artur Boyago (145599699), Paulo Azevedo (13839010),  
João Cruz (13833296)

29 de junho de 2024

## Resumo

Resumo dos dados experimentais coletados e analisados no laboratório de Física VI, lecionado pelo professor Leonardo. O objetivo do experimento é validar a teoria básica dos gases ideais.

## Sumário

### 1 Caráter teórico do experimento

#### 1.1 Parte 1 - Método de Clément-Desormes

Por meio da relação termodinâmica fundamental é dada uma equação de estado, se obtém a equação dos gases ideais:

$$PV = nRT \quad (1.1)$$

Sabendo que a constante de gás  $\gamma$  é proporcional a potências de  $PV$ , é experimentalmente possível encontrar seu valor ao observar uma alteração isotérmica (adiabática):

$$P_1 V_1^\gamma = P_2 V_2^\gamma \quad (1.2)$$

$$\ln\left(\frac{P_1}{P_2}\right) + \ln(V_1^\gamma) = \ln(V_2^\gamma) \quad (1.3)$$

Com isso podemos ter:

$$\ln\left(\frac{P_1}{P_2}\right) = \gamma \ln(V_2) - \gamma \ln(V_1) \quad (1.4)$$

$$\rightarrow \ln\left(\frac{P_1}{P_2}\right) = \gamma \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right) \quad (1.5)$$

$$\rightarrow \frac{\ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right)}{\ln\left(\frac{V_1}{V_2}\right)} = \gamma \quad (1.6)$$

Como o processo que ocorre após a o fechamento da válvula é isocórico, temos que  $V_2 = V_3$ , e como os processos 1 e 3 possuem a mesma temperatura ( $T_1 = T_3$ ), associando à equação dos gases perfeitos, temos:

$$\gamma = \frac{\ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right)}{\ln\left(\frac{V_1}{V_2}\right)} = \frac{\ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right)}{\ln\left(\frac{V_1}{V_3}\right)} = \frac{\ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right)}{\ln\left(\frac{\frac{nRT_1}{P_1}}{\frac{nRT_3}{P_3}}\right)} = \frac{\ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right)}{\ln\left(\frac{T_1 \frac{P_1}{P_3}}{T_1}\right)} \Rightarrow \quad (1.7)$$

$$\rightarrow \gamma = \frac{\ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right)}{\ln\left(\frac{P_3}{P_1}\right)} \quad (1.8)$$

Mas sabemos que as respectivas pressões são:

$$P_1 = P_{atm} \left(1 + \frac{\rho g h_1}{P_{atm}}\right) \quad (1.9)$$

$$P_2 = P_{atm} \quad (1.10)$$

$$P_3 = P_{atm} \left(1 + \frac{\rho g h_3}{P_{atm}}\right) \quad (1.11)$$

Portanto temos que:

$$\gamma = \frac{\ln\left(\frac{P_{atm}}{P_{atm}\left(1 + \frac{\rho g h_1}{P_{atm}}\right)}\right)}{\ln(A)} \quad (1.12)$$

$$= \frac{\ln(1) - \ln\left(1 + \frac{\rho g h_1}{P_{atm}}\right)}{\ln\left(1 + \frac{\rho g h_3}{P_{atm}}\right) - \ln\left(1 + \frac{\rho g h_1}{P_{atm}}\right)} \quad (1.13)$$

$$\approx \frac{h_1}{h_1 - h_3} \quad (1.14)$$

Como o processo inicial é desencadeado após a liberação de parte do gás, que por estar a uma pressão maior que a atmosférica, associada a ao tempo curto dessa liberação, ocasionou uma expansão adiabática do gás restante no recipiente, podemos concluir que, esse restante do gás, por ter efetivamente tendo sofrido as transformações, tendo da expansão adiabática quanto o aquecimento isocórico, foi o que efetivamente participou do processo completo.

### 1.1.1 Equipamento usado

#### Garraão de vidro



### 1.2 Parte 2 - Método de Rüchardt

Através das características da oscilação do ar provocadas pela esfera, que foram captadas pelo computador, é possível obter as variações de volume e pressão a cada instante, através do cálculo do seu período  $T = 2\pi\sqrt{\frac{V_m}{\gamma P A^2}}$ , conseguimos obter o valor de  $\gamma$ .

### 1.3 Parte 3 - Obtenção Zero absoluto

Para o experimento do zero absoluto é preciso entender como aumentando a temperatura de um gás contido em um recipiente, ele poderá se expandir de diversas maneiras, já que a pressão e o volume podem variar simultaneamente. Evidentemente poderá haver apenas mudança de volume se mantivermos a pressão constante, ou ele exercerá pressões diferentes se o volume for mantido constante. Poderíamos realizar essa expansão colocando o gás em um cilindro fechado por um êmbolo que pode ser deslocado sem atrito, no qual atua uma pressão constante. Experimentalmente pode-se observar que a variação de volume a pressão constante é praticamente proporcional ao volume inicial e a variação de temperatura. Se a temperatura inicial do gás é  $0^\circ\text{C}$  e o seu volume inicial é  $V_0$ , o volume  $V(T)$  a temperatura  $T^\circ\text{(C)}$  será dado por:

$$V(T) = V_0(\beta T + 1) \quad (1.15)$$

Onde  $\beta$  é o coeficiente de dilatação do gás a pressão constante. O valor de  $\beta$  é  $0,003660\text{C}^{-1} \approx 1273\text{C}^{-1}$  e pode ser considerado como o coeficiente de dilatação dos gases ideais a pressão constante. Se agora aumentarmos a temperatura do gás mantido a volume constante, sua pressão deverá variar linearmente com a

temperatura. Se a temperatura inicial do gás é  $0^{\circ}\text{C}$  e a sua pressão inicial é  $P_0$ , a pressão  $P(T)$  a temperatura  $T(^{\circ}\text{C})$  será dada por:

$$P(T) = P_0(T + 1) = P_0T + P_0 \quad (1.16)$$

Onde neste caso é o coeficiente de dilatação a volume constante. Isso pode ser feito pois os coeficientes de dilatação são idênticos para o gás ideal, enquanto que para os gases reais ambos coeficientes são muito próximos a  $1/273 (^{\circ}\text{C})^{-1}$ .

Substituindo os valores temos:

$$P(T) = P_0\left(1 + \frac{T}{273}\right) \quad (1.17)$$

Neste caso podemos observar que, para  $T = -273^{\circ}\text{C}$ , teremos a pressão,  $P$ , nula.

Para esse experimento do zero absoluto será utilizado um termômetro a gás com volume constante que consiste em um bulbo de vidro com Hélio ligados um barômetro do tipo torricelli. Ou seja, o termômetro é formado por um tubo em “U” contendo mercúrio no seu interior e com um dos braços lacrados para que a pressão no interior do tubo seja zero, no outro braço será colocado um balão de vidro com gás Hélio com uma pressão próxima da pressão atmosférica.

Para uma leitura de pressão nesse barômetro, basta observar que a pressão exercida pelo gás He, em um ponto X é exatamente igual à pressão exercida pela coluna de Hg sobre o ponto Y, a qual pode ser obtida diretamente pela altura H (em cm Hg)

Durante o experimento será medido a pressão do gás para 4 diferentes temperaturas utilizando os seguintes meios:

- O bulbo foi mergulhado em água à temperatura ambiente
- O bulbo foi mergulhado em gelo em fusão
- O bulbo foi mergulhado em nitrogênio líquido ( $T = -196^{\circ}\text{C}$ )
- O bulbo foi mergulhado na água em ebulição

## 2 Parte experimental

### 2.1 Parte 1 - Método de Clément-Desormes

Ao realizar as medidas das alturas das colunas de água nos três estados em questão, obtivemos os seguintes dados:

Medida 1	$h_i$	$h'_i$	$\Delta h$	$\gamma$	$\Delta\gamma$
Etapa 1	9,50	-9,00	18,50	-	-
Etapa 2	5,50	-5,80	11,30	-	-
Etapa 3	2,00	-2,10	4,10	-	-
Final	-	-	-	1,28	-
Medida 2					
Etapa 1	10,00	-10,00	20,00	-	-
Etapa 2	5,50	-6,00	11,50	-	-
Etapa 3	3,00	-3,00	6,00	-	-
Final	-	-	-	1,43	-
Medida 3					
Etapa 1	9,00	-9,80	18,80	-	-
Etapa 2	4,80	-5,20	10,00	-	-
Etapa 3	2,00	-2,50	4,50	-	-
Final	-	-	-	1,31	-
Média					
Etapa 1	9,50	-9,60	19,10	-	-
Etapa 2	5,27	-5,67	10,93	-	-
Etapa 3	2,33	-2,53	4,87	-	-
Final	-	-	-	1,34	0,06

Como pudemos observar com os dados obtidos, podemos associar a variação do  $\Delta h$  das colunas de água, entre as etapas 1 e 3, ao número de mols de gás que efetivamente participou do processo.

$$\Delta h_1 - \Delta h_3 = P_1 - P_3 = \frac{n_1 RT_1}{V} - \frac{n_3 RT_3}{V} \xrightarrow{T_1=T_3=T} \quad (2.1)$$

$$\rightarrow \Delta h_1 - \Delta h_3 = (n_1 - n_3) \cdot \frac{RT}{V} \rightarrow n = n_1 - n_3 = (\Delta h_1 - \Delta h_3) \cdot \frac{V}{RT} = \quad (2.2)$$

$$= (19,10 - 4,87) \cdot 10^{-2} m \cdot \frac{V \cdot 10^{-3} m^3}{8,31 J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1} \cdot 303 K} \rightarrow n = mol \quad (2.3)$$

## 2.2 Parte 2 - Método de Ruchardt

Após realizar o experimento, foi coletado os seguintes dados pelo computador:

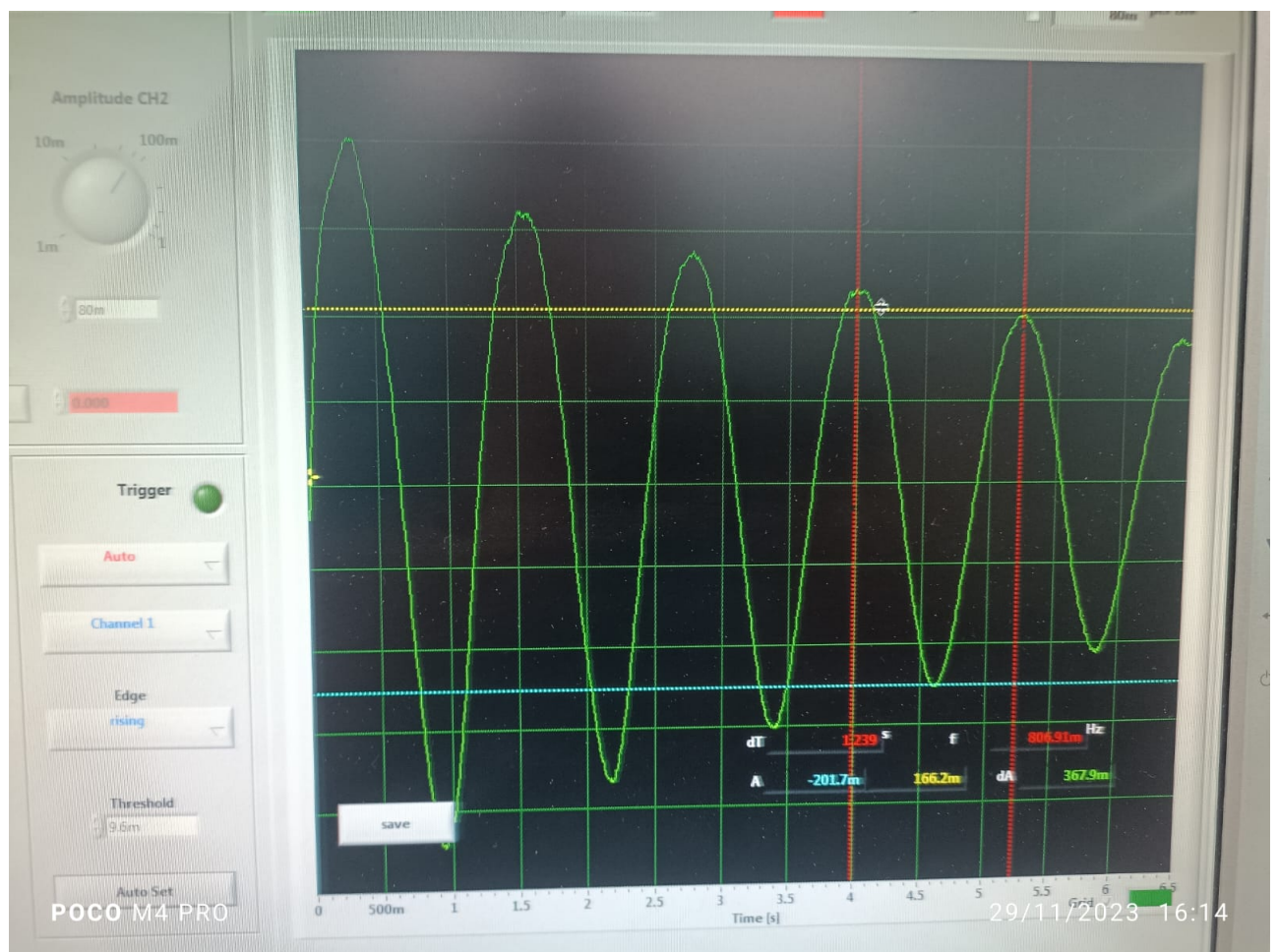


Figura 1: Trajeto de oscilação amortecida do elemento metálico.

### Tempo de oscilação

O período de oscilação do pequeno objeto será dado por:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{Vm}{\gamma PA^2}} \quad (2.4)$$

Usando os componentes gráficos, podemos colocar

### 2.2.1 Índice $\gamma$

#### Computando o índice $\gamma$

Isso tudo implica que o coeficiente que define as possíveis condições estacionárias são dadas quando:

$$\gamma \approx \frac{h_1}{h_2 - h_3} = \frac{(9, 50)}{(9, 50) - (2, 33)} \approx 1,32 \quad (2.5)$$

O que corresponde ao valor monoatômico observado de Hélio.

## 2.3 Parte 3 - Obtenção Zero absoluto

Após a realização dos experimentos, foi obtido os seguintes dados:

	T (°C)	$h_{cmHg}(cm)$
Água quase fervendo	95,0	88,8
Água com temperatura ambiente	24,4	81,3
Água com gelo em fusão	7,3	79,3
Nitrogênio líquido	-196,0	56,0

A partir dessa tabela, podemos construir o seguinte gráfico:

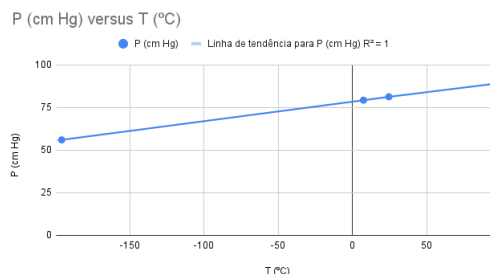


Figura 2: Linha de relação entre temperaturas (eixo horizontal) e a altura da coluna de mercúrio (eixo vertical). O valor previsto do zero absoluto é a interseção dessa linha com o eixo horizontal.

## Referências

- 1 Jose F. Schneider, *Laboratório de Física II : Livro de práticas*, USP (São Carlos, IFSC, 2017).
- 2 Schroeder D.V, *Introduction to Thermal Physics*