

LEI DE BOYLE-MARIOTTE - ANÁLISE GRÁFICA

1. INTRODUÇÃO

Conforme Halliday; Resnick; Walker (2016), um gás é um fluido cujas moléculas se distribuem de modo a ocupar totalmente o volume disponível. Embora existam muitos gases reais, grande parte das aplicações científicas e industriais pode ser descrita pelo modelo de **Gás Ideal**, que assume partículas pontuais, sem forças de interação e com colisões perfeitamente elásticas. Nessas condições, o comportamento do gás depende apenas de pressão, volume e temperatura, relacionados pela **Lei dos Gases Ideais**:

$$pV = nRT \quad (1)$$

em que p é a pressão absoluta, V é o volume ocupado pelo gás, n é o número de mols e T é a temperatura em kelvin. O fator R é denominado **constante universal dos gases ideais** e vale $R = 8,31 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$.

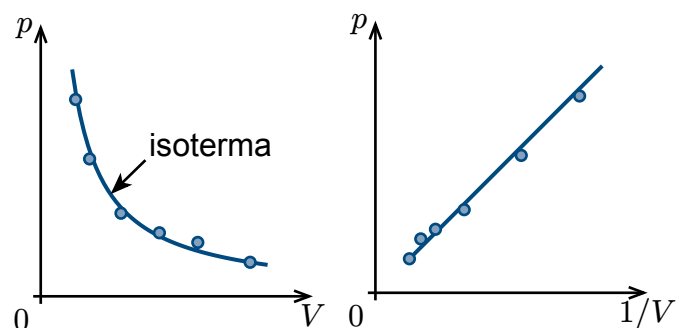
1.1. Lei de Boyle-Mariotte (Transformação isotérmica)

Quando uma quantidade fixa de gás ideal é mantida a **temperatura constante**, sua pressão varia inversamente com o volume. Essa relação, descoberta por Boyle e Mariotte no século XVII, é conhecida como **Lei de Boyle-Mariotte**, caracterizando uma **transformação isotérmica** (Halliday; Resnick; Walker, 2016).

$$pV = k \text{ (constante)}$$

Observe que a Lei de Boyle-Mariotte é um caso especial da Lei dos Gases Ideais (Equação 1) quando o número de mols n e a temperatura T são mantidas constantes. A curva $p \times V$ é uma hipérbole, denominada **isoterma**, conforme mostrado na Figura 1a.

Figura 1: Lei de Boyle-Mariotte
(a) $p \times V$ (b) $p \times \frac{1}{V}$



Fonte: Labfis (2025)

Reorganizando a Equação 1, obtém-se:

$$p = (nRT) \times \frac{1}{V} \quad (2)$$

mostrando que p é **linearmente proporcional** a $1/V$.

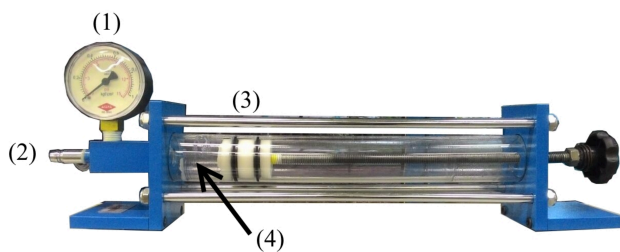
Nesse caso, a constante $k = nRT$ na Equação 2 caracteriza a Lei de Boyle-Mariotte. Assim, o gráfico $p \times 1/V$, mostrado na Figura 1b é uma reta, com coeficiente linear nulo e coeficiente angular k .

2. OBJETIVOS

- 2.1. Compreender a Lei de Boyle-Mariotte;
- 2.2. Determinar a constante universal dos gases ideais R .

3. MATERIAL NECESSÁRIO

Figura 2: Equipamento para Boyle-Mariotte



Fonte: Labfis (2025)

- Equipamento de Boyle-Mariotte;
- Termômetro.

Conforme ilustrado na Figura 2, o equipamento é dotado de um **manômetro** (1), uma válvula de descarga (2), um êmbolo (3), uma câmara de gás (4).

Manômetro

O manômetro é um instrumento que mede a pressão relativa dentro da câmara de gás e a pressão externa (pressão atmosférica). A pressão manométrica (p_{man}) é definida como a diferença entre a pressão absoluta (p) dentro da câmara e a pressão atmosférica local (p_{atm}), tal que:

$$p = p_{\text{atm}} + p_{\text{man}}$$

Note que o manômetro graduado em psi (escala em vermelho) e em kgf/cm^2 (escala em preto). Neste experimento, utilizaremos apenas a graduação kgf/cm^2 .

Como exemplo, consideremos que o manômetro do equipamento marque a pressão $p_{\text{man}} = 0,2 \text{ kgf/cm}^2$. Lembrando que a pressão atmosférica é $1,033 \text{ kgf/cm}^2$, a pressão absoluta do gás será:

$$p = p_{\text{atm}} + p_{\text{man}} = 1,033 + 0,2 = 1,233 \text{ kgf/cm}^2.$$

Sabendo que

$$1 \text{ kgf/cm}^2 = 9.8066,5 \text{ Pa},$$

a pressão absoluta deste exemplo será:

$$p = 1,233 \times 9.8066,5 \approx 120.916 \text{ Pa}$$

$$p = 1,209 \times 10^5 \text{ Pa}.$$

4. PROCEDIMENTOS

- 4.1. Abra a válvula de descarga e gire a manopla do êmbolo até a posição $L = 20 \text{ cm}$.

Câmara de gás

A Câmara de gás está graduada em centímetros e possui raio interno $R = 1,6 \text{ cm}$. Assim, para encontrar o volume ocupado pelo gás, deve-se multiplicar a posição L do êmbolo pela área de seção transversal $S = \pi R^2$:

$$V = L \times \pi R^2.$$

Por exemplo, para a posição inicial $L = 20 \text{ cm}$, temos que o volume de gás inicialmente presente na câmara de gás é:

$$V = 20 \times (\pi 1,6^2) \approx 161 \text{ cm}^3 = 1,61 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

Considerando o volume calculado acima e os valores típicos para a densidade do ar (ρ_{ar}) e massa molar do ar (M_{ar}) a 20°C , podemos determinar o número de mols (n) confinados na câmara de gás no momento em que a válvula de descarga é fechada:

$$\begin{aligned} \begin{cases} \rho_{\text{ar}} = 1,204 \text{ kg/m}^3 \\ M_{\text{ar}} = 28,96 \text{ g/mol} = 2,896 \times 10^{-2} \text{ kg/mol} \end{cases} \\ n = \frac{m_{\text{ar}}}{M_{\text{ar}}} = \frac{\rho_{\text{ar}} \times V}{M_{\text{ar}}} = \frac{1,204 \times (1,61 \times 10^{-4})}{2,896 \times 10^{-2}} \\ n \approx 6,7 \times 10^{-3} \text{ mol} \end{aligned}$$

A quantidade de mols calculada acima será utilizada como um dos parâmetros do experimento (ver Tabela 1).

- 4.2. Feche a válvula de descarga.
- 4.3. Com o termômetro (ou multímetro digital na escala de temperatura), anote o valor da temperatura ambiente em kelvin (K).

Tabela 1: Parâmetros do Experimento

Número de mols	Temperatura ambiente	
n (mol)	t_c (°C)	T (K) $T = t_c + 273$
$6,7 \times 10^{-3}$		

- 4.4.** Com o êmbolo na posição $L = 20$ cm, leia a pressão manométrica e anote o resultado na Tabela 3.
- 4.5.** Repita o passo anterior para as demais posições do êmbolo.

5. ANÁLISE DE DADOS

- 5.1.** De posse dos dados, construa o gráfico da pressão absoluta p em Pascal (no eixo y) em função do inverso do volume $1/V$ (no eixo x).
- 5.2.** Utilizando o método sugerido pelo professor, determine a equação da reta que melhor se ajuste aos pontos do gráfico construído no item anterior. Comparando a equação geral da reta $y = kx + b$ com a Equação 2, note que o coeficiente linear deve ser nulo ($b = 0$). Por outro lado, o coeficiente angular k da reta pode ser uti-

lizado para estimar experimentalmente a **constante universal dos gases** (R_{exp}):

$$k = nRT$$

$$R_{\text{exp}} = \frac{k}{nT} \quad (3)$$

- 5.3.** Utilize a Equação 3 e os dados da Tabela 1 para calcular o valor experimental da constante universal dos gases.

Tabela 2: Análise de Resultados

k	R_{exp}	Δ Erro (%)

- 5.4.** Calcule o erro percentual:

$$\Delta \text{ Erro (\%)} = \left| \frac{R_{\text{exp}} - R}{R} \right| \times 100\% \quad (4)$$

em que o valor teórico da constante universal dos gases é $R = 8,31 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$. Discuta os resultados.

REFERÊNCIAS

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física**. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016. v. 2

Tabela 3: Coleta de dados

L (cm)	V (m ³)	$1/V$ (m ⁻³)	p_{man} (kgf/cm ²)	p (kgf/cm ²)	p (Pa)
20	$1,61 \times 10^{-4}$	$6,21 \times 10^3$	0	1,033	$1,013 \times 10^5$
19					
18					
17					
16					
15					
14					
13					
12					
11					