

## 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  $R = 8,31 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$ .

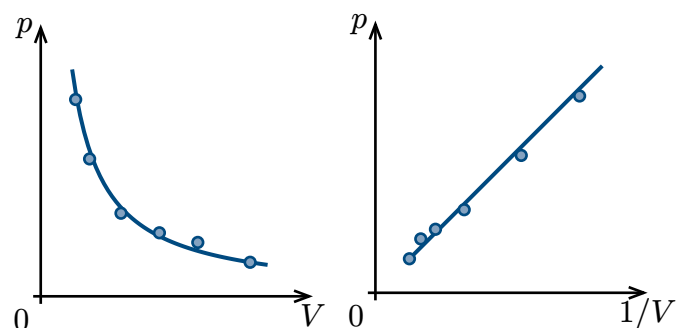
#### 1.1. Lei de Boyle-Mariotte (Transformação isotérmica)

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  $1/V$ .

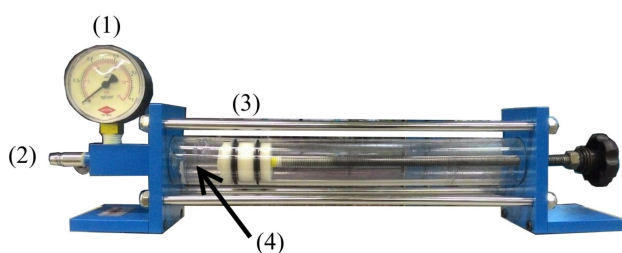
Nesse caso, a constante  $k = nRT$  na Equação 2 caracteriza a Lei de Boyle-Mariotte. Assim, o gráfico  $p \times 1/V$ , mostrado na Figura 1b é uma reta, com coeficiente linear nulo e coeficiente angular  $k$ .

## 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 ( $p_{\text{man}}$ ) é definida como a diferença entre a pressão absoluta ( $p$ ) dentro da câmara e a pressão atmosférica local ( $p_{\text{atm}}$ ), tal que:

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

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

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 ( $\rho_{\text{ar}}$ ) e massa molar do ar ( $M_{\text{ar}}$ ) a  $20^\circ\text{C}$ , podemos determinar o número de mols ( $n$ ) confinados na câmara de gás no momento em que a válvula de descarga é fechada:

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

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)<br>$T = t_c + 273$ |
| $6,7 \times 10^{-3}$ |                      |                            |

- 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** ( $R_{\text{exp}}$ ):

$$k = nRT$$

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

- 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

| $k$ | $R_{\text{exp}}$ | $\Delta$ 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 <sup>3</sup> ) | $1/V$ (m <sup>-3</sup> ) | $p_{\text{man}}$ (kgf/cm <sup>2</sup> ) | $p$ (kgf/cm <sup>2</sup> ) | $p$ (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       |                       |                          |   |                            |                     |