UNIVERSIDADE FEDERAL DO **TOCANTINS**
Câmpus Universitário de **Palmas**
Laboratório de Ensino de Física

# 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**:

$$pV = nRT \tag{1}$$

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

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

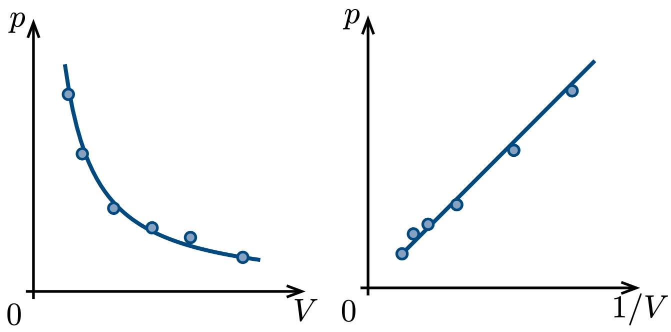
Quando uma quantidade fixa de gás ideal é mantida a **temperatura constante**, sua pressão varia inversamente com o volume. Essa relação, descoberta por Boyle e Mariotte no século XVII, é conhecida como **Lei de Boyle-Mariotte**, caracterizando uma **transformação isotérmica**.

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

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:

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

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

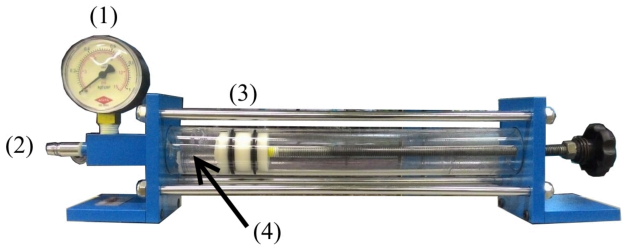
Nesse caso, a constante $k = nRT$ na Equação 2 caracteriza a Lei de Boyle-Mariotte. Assim, o gráfico $p \times 1/V$, mostrado na Figura 1b é uma reta, com coeficiente linear nulo e coeficiente angular $k = nRT$.

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

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

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

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

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

Sabendo que

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

a pressão absoluta deste exemplo será:

$$p = 1,233 \times 9.8066,5 \approx 120.916\ \ \mathrm{Pa}$$
$$p = 1,209 \times 10^5\ \ \mathrm{Pa}.$$

## 4. PROCEDIMENTOS

**4.1.** Abra a válvula de descarga.

**4.2.** Gire a manopla do êmbolo até a posição $L = 20$ cm.

**Câmara de gás**

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

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

Por exemplo, para a posição inicial $L = 20$ cm, temos:

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

Considerando o volume calculado acima e os valores típicos para a densidade do ar ($\rho_{\mathrm{ar}}$) e massa molar do ar ($M_{\mathrm{ar}}$) a 20 °C, podemos determinar o número de mols ($n$) confinados na câmara de gás:

$$\begin{cases} \rho_{\mathrm{ar}} &= 1,204\ \mathrm{kg/m^3} \\ M_{\mathrm{ar}} &= 28,96\ \ \mathrm{g/mol} = 2,896 \times 10^{-2}\ \ \mathrm{kg/mol} \end{cases}$$

$$n = \frac{m_{\mathrm{ar}}}{M_{\mathrm{ar}}} = \frac{\rho_{\mathrm{ar}} \times V}{M_{\mathrm{ar}}} = \frac{1,204 \times (1,61 \times 10^{-4})}{2,896 \times 10^{-2}}$$
$$n = 6,68 \times 10^{-5}\ \ \mathrm{mol}$$

**4.3.** Feche a válvula de descarga.

**4.4.** 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 | |
|---|---|---|
| $n$ (mols) | $t_c$ (°C) | $T$ (K) $T = t_c + 273$ |
| $6,68 \times 10^{-5}$ | | |

**4.5.** Com o êmbolo na posição $L = 20$ cm, leia a pressão manométrica e anote o resultado na Tabela 3.

**4.6.** 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 utilizado 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 $R = 8,31$ J/mol · 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) | $V$ (m³) | $1/V$ (m⁻³) | $p_{\text{man}}$ (kgf/cm²) | $p$ (kgf/cm²) | $p$ (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 | | | | | |