

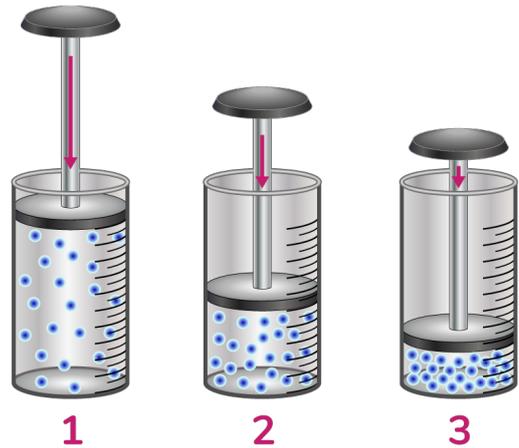


# TRANSFORMAÇÕES GASOSAS

## Transformação Isotérmica: Lei de Boyle

Em uma situação em que variamos a pressão e o volume de um gás, mas não sua temperatura, dizemos que ocorre uma transformação à **temperatura constante: isotérmica** (iso = igual e térmica = temperatura). É possível estudar a relação entre a **pressão x volume**. Para melhor entender, observe a figura ao lado:

Nesta representação, as bolinhas representam as moléculas de um gás qualquer. Observe que, à medida que o êmbolo da seringa comprime o gás, as moléculas se aproximam; ou seja, o **volume diminui**. Com um espaço reduzido para se movimentar, as colisões nas paredes da seringa aumentam em grandes proporções, e a **pressão é maior**. Resumindo, podemos dizer que:



- ▶ Com o **aumento da pressão** ↑ o **volume diminui** ↓.
- ▶ Com a **diminuição da pressão** ↓ o **volume aumenta** ↑.

Em termos de linguagem científica, dizemos que essas duas grandezas para essa transformação de estado dos gases são **inversamente proporcionais**.

$$V \propto \frac{1}{P}$$



Em 1662, essas propriedades dos gases foram determinadas por **Robert Boyle**. Ele estudou as transformações que ocorriam em um gás à temperatura constante, e descobriu que para uma quantidade fixa de gás, **a multiplicação de seu volume por sua pressão era sempre constante**, independente de quais fossem!

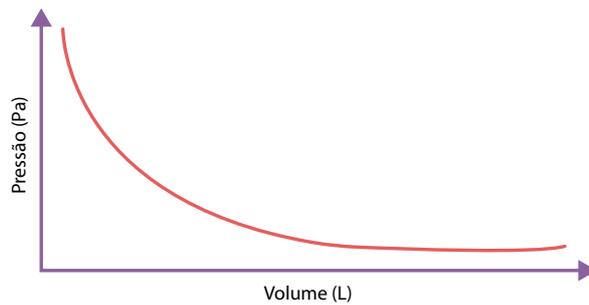
Ou seja, a multiplicação de  $p \times V$  era sempre igual a uma constante ( $k$ ). Se o gás ocupava um volume muito grande, significava que sua pressão era baixa. Se o volume era pequeno, a pressão era muito alta; assim, uma variável “compensa” a outra.

$$PV=k$$



É possível interpretar esse comportamento através de um **gráfico de pressão x volume**. Observe que a linha vermelha é uma tem formato de hipérbole, que corresponde exatamente à expressão anterior,  $V = 1/P$ . No caso das transformações **isotérmicas**, essa hipérbole é chamada de **isoterma**.

Observe que quando aumentamos o volume, a pressão diminui. Quando aumentamos a pressão, o volume diminui.



Representação gráfica das transformações isotérmicas

Sendo assim, se a multiplicação entre pressão e volume é igual a uma constante ( **$P \cdot V = k$** ), podemos relacionar dois estados de um sistema, um inicial e um final:

$$P_i \cdot V_i = k \quad \text{e} \quad P_f \cdot V_f = k$$

$$P_i \cdot V_i = P_f \cdot V_f$$



### EXERCÍCIO RESOLVIDO

Certa massa fixa de um gás ideal, sob pressão de 1 atm e que ocupa um volume de 100 mL, foi submetida a uma transformação isotérmica. Sua pressão foi incrementada em 3 unidades. Dessa forma, é correto afirmar que o valor final do volume do gás, em mL, é de:

- a. 10 mL
- b. 25 mL
- c. 35 mL
- d. 40 mL
- e. 50 mL

#### Resolução

Transformação isotérmica significa a temperatura constante.

$$P_i \cdot V_i = P_f \cdot V_f$$

$$1 \text{ atm} \cdot 100 \text{ mL} = 4 \text{ atm} \cdot V_f$$

$$V_f = 25 \text{ mL}$$

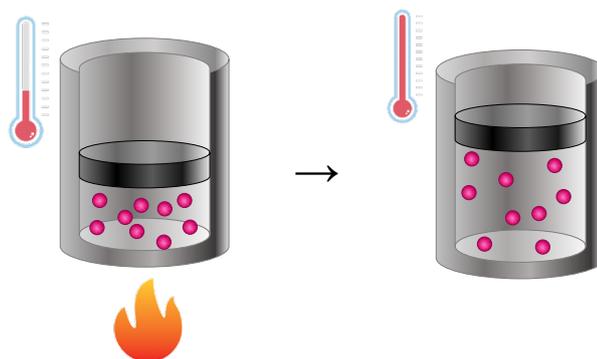
Resposta **letra b**.



## Transformação Isobárica: Lei de Charles

Essa transformação é a que ocorre à **pressão constante**. As variáveis não constantes são volume e temperatura.

Observe a figura abaixo. Aqui, representamos uma expansão isobárica. Vemos que a medida que a temperatura aumenta, representado pela chama, a velocidade média das partículas do gás aumentam (“esferas rosas”), as quais colidem com as paredes do recipiente e com o êmbolo móvel.



Assim, essas colisões movem o êmbolo, aumentando o volume ocupado pelo gás e, conseqüentemente, mantendo a pressão do recipiente constante.

Podemos pensar na transformação isobárica como:

- ▶ Com o **aumento da temperatura** ↑ o **volume aumenta** ↑.
- ▶ Com a **diminuição da temperatura** ↓ o **volume diminui** ↓.

Nota-se que a medida que uma variável aumenta a outra em resposta também o faz. Por isso, é dito volume e temperatura são **diretamente proporcionais**.

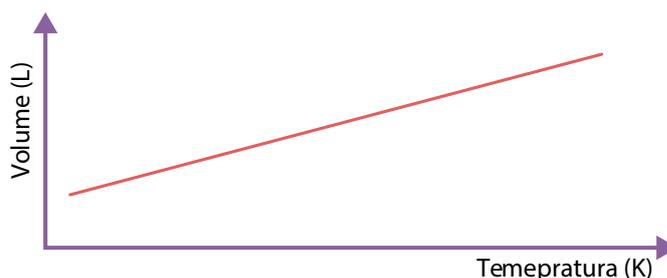
$$V \propto T$$

A relação entre essas duas variáveis também é igual a uma constante. Matematicamente podemos representar essa relação como :

$$\frac{V}{T} = k$$

Podemos expressar  $V/T = k$  em um **gráfico de volume x temperatura**. Esta **reta** é chamada de **isóbara**. Analogamente às transformações isotérmicas, podemos relacionar os estados final e inicial de um gás:

$$\frac{V_i}{T_i} = \frac{V_f}{T_f}$$





## Transformação Isocórica: Lei de Gay-Lussac

Essa transformação ocorre a **volume constante**. As variáveis não constantes que se relacionam são pressão e temperatura.

Se há o **aumento** na **temperatura** de um gás contido em um recipiente de volume constante, conseqüentemente, a **pressão** do sistema **umenta**.

Isso se deve ao aumento da energia cinética das partículas ao serem aquecidas, o que ocasiona em mais choques contra as paredes do recipiente, aumentando a pressão exercida pelo gás. Assim, podemos concluir que:

- ▶ Com o **aumento da temperatura** ↑ a **pressão aumenta** ↑.
- ▶ Com a **diminuição da temperatura** ↓ a **pressão diminui** ↓.

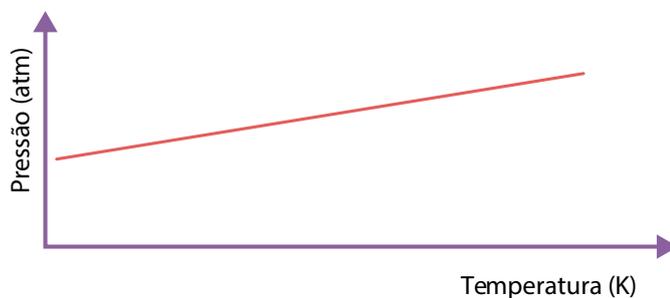
Nas transformações isocóricas, temos que a relação entre **pressão** e **temperatura** é **diretamente proporcional**.

$$P \propto T$$

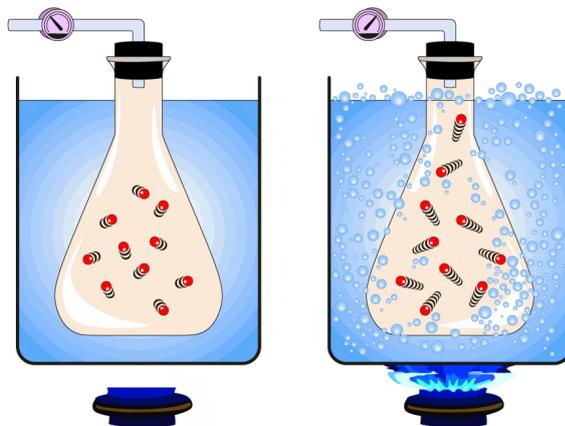
A relação matemática entre elas pode ser descrita por:

$$\frac{P}{T} = k$$

Essa relação pode ser representada por um gráfico. A reta recebe o nome de isócora. Também podemos relacionar os estados finais e iniciais de um gás com relação a sua pressão e temperatura.



$$\frac{P_i}{T_i} = \frac{P_f}{T_f}$$



**EXERCÍCIO RESOLVIDO**

(Mackenzie 2018) Certa massa fixa de um gás ideal, sob temperatura de 30 °C e pressão de 2 atm foi submetida a uma transformação isocórica, em que sua temperatura foi aumentada em 150 unidades. Dessa forma, é correto afirmar que, durante a transformação,

- a. além do volume, a pressão manteve-se constante.
- b. apenas o volume permaneceu constante, e no final, a pressão exercida por essa massa gasosa, foi aumentada para aproximadamente 12 atm
- c. apenas o volume permaneceu constante, e no final, a pressão exercida por essa massa gasosa, foi aumentada para aproximadamente 3 atm
- d. apenas o volume permaneceu constante, e no final, a pressão exercida por essa massa gasosa, foi diminuída para aproximadamente 1 atm
- e. apenas o volume permaneceu constante, e no final, a pressão exercida por essa massa gasosa, foi diminuída para aproximadamente 0,33 atm

**Resolução**

Transformação isocórica significa a volume constante.

$$\frac{P_{\text{inicial}} \times V}{T_{\text{inicial}}} = \frac{P_{\text{final}} \times V}{T_{\text{final}}}$$

$$\frac{P_{\text{inicial}}}{T_{\text{inicial}}} = \frac{P_{\text{final}}}{T_{\text{final}}}$$

$$T_{\text{inicial}} = 30 \text{ °C} + 273 = 303 \text{ K}$$

$$P_{\text{inicial}} = 2 \text{ atm}$$

$$T_{\text{final}} = 303 \text{ K} + 150 \text{ K} = 453 \text{ K}$$

$$\frac{P_{\text{inicial}}}{T_{\text{inicial}}} = \frac{P_{\text{final}}}{T_{\text{final}}}$$

$$\frac{2 \text{ atm}}{303 \text{ K}} = \frac{P_{\text{final}}}{453 \text{ K}}$$

$$P_{\text{final}} = \frac{2 \text{ atm}}{303 \text{ K}} \times 453 \text{ K}$$

$$P_{\text{final}} = 2,99 \text{ atm (aproximadamente 3 atm)}$$

Resposta **letra c.**