

Primeira Lei da Termodinâmica I

Professor: Tiago Luiz

Resumo

Lei de Conservação de Energia

A energia interna do sistema ΔU é a diferença entre a energia que entra no sistema na forma de calor e sai na forma de trabalho, ou vice-versa.

$$\Delta U = Q - \xi$$

$$\boxed{A} \left\{ \begin{matrix} P_A \\ V_A \\ T_A \end{matrix} \right\} \xrightarrow{\text{CALOR E TRABALHO}} \boxed{B} \left\{ \begin{matrix} P_B \\ V_B \\ T_B \end{matrix} \right\}$$

Se o sistema realiza trabalho e absorve calor, o trabalho e o calor são considerados positivos. Se ocorre o contrário, o trabalho e o calor são negativos.

A área entre o gráfico e o eixo das abscissas em um plano $P \times V$ é numericamente igual ao trabalho realizado pelo sistema.

Observação: não importa o caminho realizado para ir de um ponto A , de calor e trabalho Q_A, ξ_A para um ponto B , de calor e trabalho Q_B, ξ_B , a energia interna será sempre a mesma.

Aplicações

Serão explorados agora casos particulares nos quais uma das funções de estado tem volume constante.

Transformação Isobárica

A pressão do gás se mantém constante

$$\boxed{A} \left\{ \begin{matrix} P_A \\ V_A \\ T_A \end{matrix} \right\} \xrightarrow{\text{CALOR E TRABALHO}} \boxed{B} \left\{ \begin{matrix} P_B \\ V_B \\ T_B \end{matrix} \right\} \rightarrow P_A = P_B$$

Logo,

$$\frac{V_A}{T_A} = \frac{V_B}{T_B}$$

Então, concluímos que:

$$\frac{V}{T} = \text{constante}$$

Chamada de Lei de Charles e Gay-Lussac.

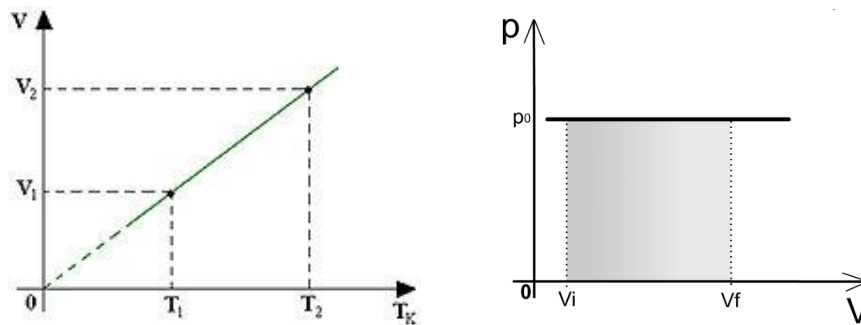


Figura 1. Gráficos da transformação Isobárica.

Analisando graficamente podemos calcular o trabalho da seguinte maneira:

$$\xi = \int_{V_0}^{V_f} P \cdot dV = P \int_{V_0}^{V_f} dV = P \cdot \Delta V$$

O calor pode ser calculado por:

$$Q_p = n \cdot C_p \cdot \Delta T$$

Sendo C_p o calor molar a pressão constante e n o número de mols.

Então,

$$\Delta U = Q_p - \xi$$

Transformação Isovolumétrica

O volume do gás se mantém constante. Também chamada de isocórica. A transformação ocorre em um recipiente rígido.

$$\boxed{A} \left\{ \begin{matrix} P_A \\ V_A \\ T_A \end{matrix} \right\} \xrightarrow{\text{CALOR E TRABALHO}} \boxed{B} \left\{ \begin{matrix} P_B \\ V_B \\ T_B \end{matrix} \right\} \rightarrow V_A = V_B$$

Logo,

$$\frac{P_A}{T_A} = \frac{P_B}{T_B}$$

Então, concluímos que:

$$\frac{P}{T} = \text{constante}$$

Chamada de Lei de Charles e Gay-Lussac.

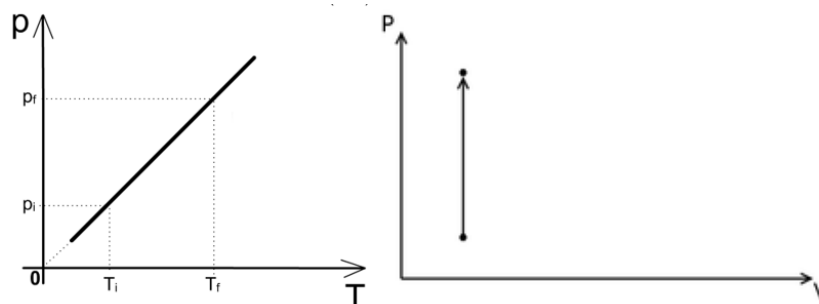


Figura 2. Gráficos da transformação Isocórica.

O trabalho realizado nesse caso é igual a zero ($\xi = 0$).

O calor pode ser calculado por:

$$Q_V = n \cdot C_V \cdot \Delta T$$

Sendo C_V o calor molar a volume constante e n o número de mols.

Então,

$$\Delta U = Q_V$$

Transformação Isotérmica

A temperatura do gás se mantém constante

$$\boxed{A} \left\{ \begin{matrix} P_A \\ V_A \\ T_A \end{matrix} \right\} \xrightarrow{\text{CALOR E TRABALHO}} \boxed{B} \left\{ \begin{matrix} P_B \\ V_B \\ T_B \end{matrix} \right\} \rightarrow T_A = T_B$$

Logo,

$$P_A V_A = P_B V_B$$

Então, concluímos que:

$$PV = \text{constante}$$

Chamada de Lei de Boyle-Mariotte.

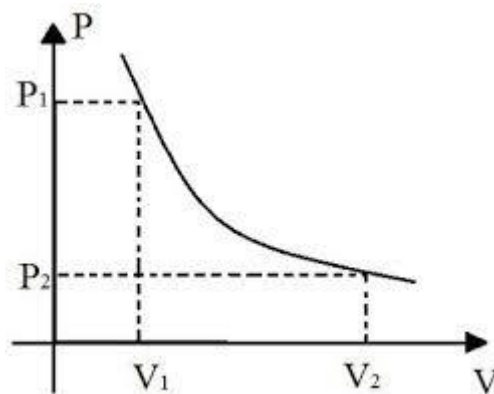


Figura 3. Gráficos da transformação Isotérmica.

Como a diferença de temperatura é constante a diferença de energia interna também é nula ($\Delta U = 0$).

E por consequência o calor vai ser igual ao trabalho,

$$Q = \xi$$

Podemos calcular o trabalho por:

$$\xi = \int_{V_0}^{V_f} P \cdot dV = \int_{V_0}^{V_f} \frac{nRT}{V} \cdot dV = nRT \int_{V_0}^{V_f} \frac{dV}{V} = nRT \cdot \ln(V) \Big|_{V_0}^{V_f} = nRT \cdot \ln\left(\frac{V_f}{V_0}\right)$$

Logo,

$$Q = \xi = nRT \cdot \ln\left(\frac{V_f}{V_0}\right)$$

Relação de Mayer

Descreve a relação entre C_p e C_v .

$$T_0 \rightarrow T_f: \begin{cases} Q_p = n \cdot C_p \cdot \Delta T \\ Q_v = n \cdot C_v \cdot \Delta T \end{cases}$$

Sendo que, $C_p = C_v + R$, chamada de relação de Mayer.

Energia Interna

A energia interna entre dois pontos A e B sempre será calculada por:

$$\Delta U_{AB} = n \cdot C_v \cdot \Delta T$$