4300159 – Física do Calor

Primeira Lei da Termodinâmica – III

$$\boxed{dU = dQ - dW}$$

– Energia Interna do Gás Ideal:

$$U(T) = Nc_V T = nC_V T$$

$$dU = Nc_V dT = nC_V dT$$

– Trabalho em processos (i) isobáricos, (ii) isocóricos e (iii) isotérmicos:

$$\text{(i)} \quad dW = p_i dV \Rightarrow W = \int_{V_i}^{V_f} p_i dV = p_i \left(V_f - V_i\right)$$

$$\text{(ii)} \quad dV = 0 \Rightarrow dW = 0 \Rightarrow W = 0$$

$$\text{(iii)} \quad dW = Nk_B T_i \frac{dV}{V} \Rightarrow W = Nk_B T_i \int_{V_i}^{V_f} \frac{dV}{V} = Nk_B T_i \ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right)$$

– Calor específico a pressão constante será:

$$C_P = C_V + R \qquad \text{(por mol)}$$

$$c_P = c_V + k_B \qquad \text{(por molécula)}$$

Processos Adiabáticos

– Um processo termodinâmico é dito adiabático caso ocorre sem trânsito de calor entre o sistema e a vizinhança, $Q = 0$. Nessa caso:

$$dU = -dW = -pdV$$

– Equação de estado ($p = nRT/V$) e energia interna ($dU = nC_V dT$):

$$C_V \frac{dT}{T} = -R \frac{dV}{V}$$

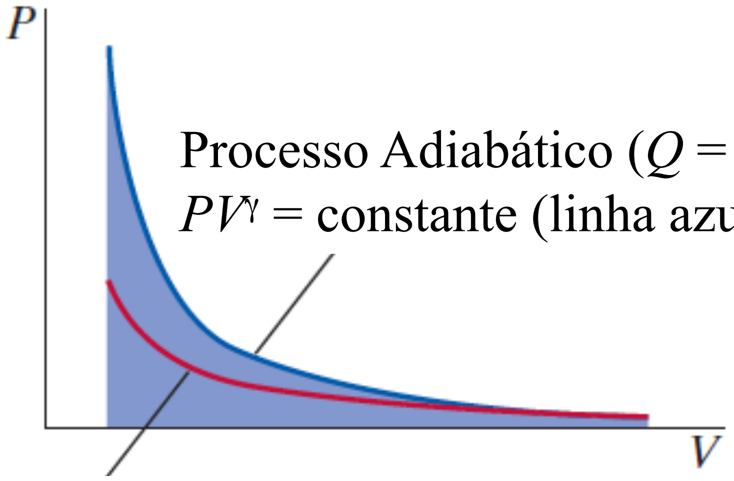
$$C_V \frac{dT}{T} = -R \frac{dV}{V} = -(C_P - C_V) \frac{dV}{V}$$

$$\frac{dT}{T} = (1 - \gamma) \frac{dV}{V} \,, \quad \text{onde} \quad \gamma = \frac{C_P}{C_V}$$

– Integrando e utilizando a equação de estado:

$$\boxed{T_f V_f^{(\gamma-1)} = T_i V_i^{(\gamma-1)}} \qquad \boxed{P_f V_f^{\gamma} = P_i V_i^{\gamma}}$$

Processos Adiabáticos



Processo Adiabático ($Q = 0$)
PV^{γ} = constante (linha azul)

Processo Isotérmico:
PV = constante (linha vermelha)

$$TV^{(\gamma-1)} = \text{const}$$

$$PV^{\gamma} = \text{const}'$$

$$\gamma = \frac{C_P}{C_V} > 1$$

– Lembre-se: uma vez que $C_V = N_A c_V$, e $C_P = N_A c_P$:

$$\gamma = \frac{C_P}{C_V} = \frac{c_P}{c_V}$$

Questão: Você comprime um volume de hélio que contém N átomos até a metade do volume original. O cilindro que contém o gás hélio está muito bem isolado. É verdade que

(a) O trabalho realizado pelo gás é positivo.
(b) O trabalho realizado pelo gás é negativo.
(c) Como o cilindro está isolado, a temperatura do gás não varia.
(d) Como o cilindro está isolado, a temperatura do gás diminui.
(e) Como o cilindro está isolado, a temperatura do gás aumenta.

Em uma compressão, $W < 0$. Sendo o processo adiabático ($Q = 0$),
$\Delta U = -W > 0 \Rightarrow \Delta T = \; > 0$.

(a) O trabalho realizado pelo o gás é positivo.

(b) O trabalho realizado pelo o gás é negativo.

(c) Como o cilindro está isolado, a temperatura do gás não varia.

(d) Como o cilindro está isolado, a temperatura do gás diminui.

(e) Como o cilindro está isolado, a temperatura do gás aumenta.

$$T_f = \left(\frac{V_i}{V_f}\right)^{\gamma-1} T_i = 2^{\gamma-1} T_i = 2^{2/3} T_i$$

$$T_f > T_i$$

$$dW = -dU = -Nc_V dT \Rightarrow W = -\Delta U = -Nc_V \Delta T < 0$$

Questão: Na mesma situação da questão anterior, a razão entre a pressão final e a inicial, p_f/p_i, é igual a:

(a) $2^{8/3}$
(b) $2^{-8/3}$
(c) $2^{5/3}$
(d) $2^{-5/3}$
(e) 2^{-1}

$$p_f V_f^{\gamma} = p_i V_i^{\gamma}$$

$$p_f = \left(\frac{V_i}{V_f}\right)^{\gamma} p_i = 2^{5/3} p_i$$

(a) $2^{8/3}$

(b) $2^{-8/3}$

(c) $2^{5/3}$

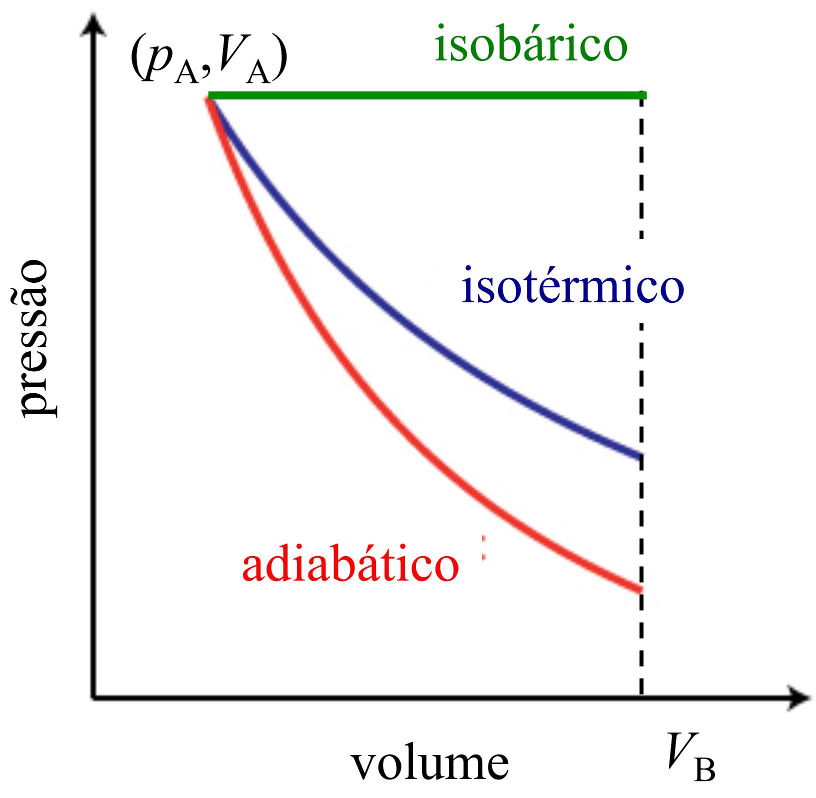
(d) $2^{-5/3}$

(e) 2^{-1}

Questão: Três recipientes contêm a mesma quantidade de gás ideal, no mesmo estado de equilíbrio (p_A, V_A, T_A). Os gases contidos em cada recipiente são submetidos a expansões (i) isobárica, (ii) isotérmica e (iii) adiabática, tal que o volume final (V_B) é igual nos três casos. O trabalho realizado pelo gás:

(a) É maior na expansão isobárica.
(b) É maior na expansão isotérmica.
(c) É maior na expansão adiabática.
(d) É igual nos três processos.

(a) É maior na expansão isobárica.
(b) É maior na expansão isotérmica.
(c) É maior na expansão adiabática.
(d) É igual nos três processos.



Questão: Imagine um cilindro que contém gás neon em temperatura ambiente e pressão atmosférica. Há um pistão que mantém o gás no interior do cilindro. Você puxa o pistão *rapidamente*, aumentando o volume do cilindro, sem deixar escapar o gás. O que ocorre

(a) com a temperatura do gás.
(b) com a energia interna do gás.
(c) com a pressão do gás.

Explicite suas hipóteses!

(i) Sendo a expansão “rápida”, iremos admitir que não há tempo para que ocorra trânsito significativo de calor, $Q \approx 0$.

Nessas condições, percebemos que a temperatura do gás (Ne) irá diminuir, e por isso sua energia interna também é reduzida:

$$T_f = \left(\frac{V_i}{V_f}\right)^{\gamma-1} T_i = \underbrace{\left(\frac{V_i}{V_f}\right)^{2/3}}_{<1} T_i \Rightarrow T_f < T_i$$

$$\Delta U = nC_V \Delta T < 0$$

(ii) A pressão também irá se reduzir:

$$p_f = \left(\frac{V_i}{V_f}\right)^{\gamma} p_i = \underbrace{\left(\frac{V_i}{V_f}\right)^{5/3}}_{<1} p_i \Rightarrow p_f < p_i$$