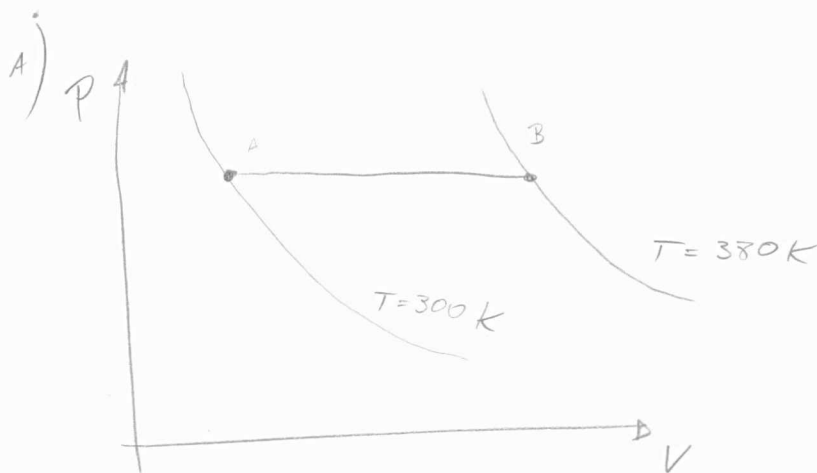


Lista 3

Termodinâmica

17.1



B) $\Delta W = p \Delta V$

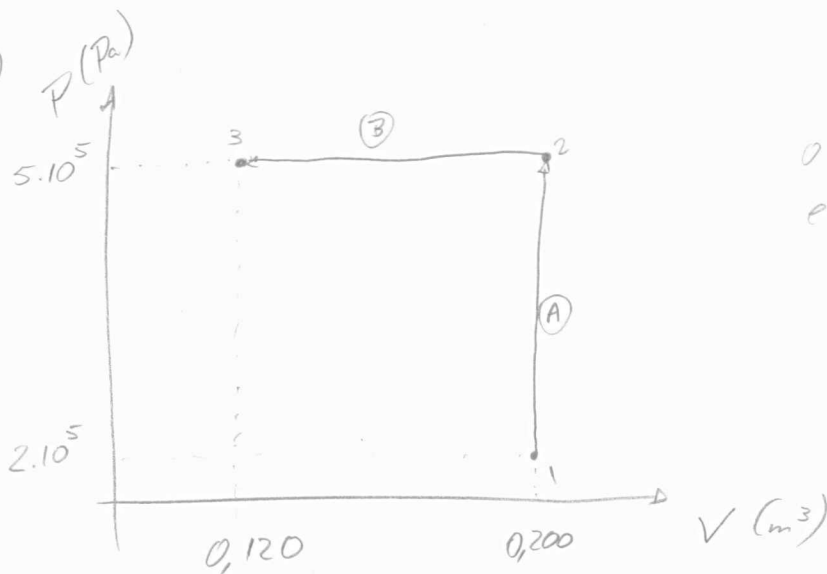
$$pV = nRT$$

$$\Delta V = \frac{nR \Delta T}{p}$$

$$\Delta W = nR \Delta T$$

$$\Delta W = 2 \cdot 8,315 \cdot 80 = \underline{1330 \text{ J}}$$

17.5



No processo (A),
o volume não varia,
então não há trabalho.

No processo (B):

$$W = 5 \cdot 10^5 \cdot (-0,08)$$

$$W = -4 \cdot 10^4 \text{ J}$$

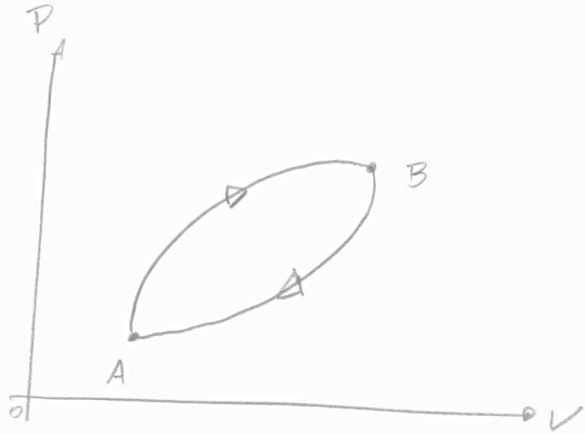
17.7

$$Q = 254 \text{ J} \quad W = -73 \text{ J}$$

$$\Delta U = -W + Q$$

$$\Delta U = 73 + 254 = 327 \text{ J}$$

17.13



$$|Q| = 7200 \text{ J}$$

A) O sistema absorve calor e realiza trabalho, pois de A

para B o sistema realiza trabalho sobre o ambiente, e de B para A o sistema sofre trabalho do ambiente. Sendo o trabalho a área sob as curvas, o trabalho líquido é realizado pelo sistema. Como o sistema sai de A e volta para A, não ocorre variação de energia interna e todo o calor foi transformado em trabalho.

B) $W = 7200 \text{ J}$

C) No caso inverso, o sistema sofre um trabalho maior do que realiza, logo, libera os 7200 J.

(17.17)

(3)

$$Q = 645 \text{ J} \quad n = 0,185 \text{ mol} \quad V = 40,0 \text{ cm}^3$$

$$P_i = 3,0 \cdot 10^6 \text{ Pa} \quad T_i = 780 \text{ K}$$

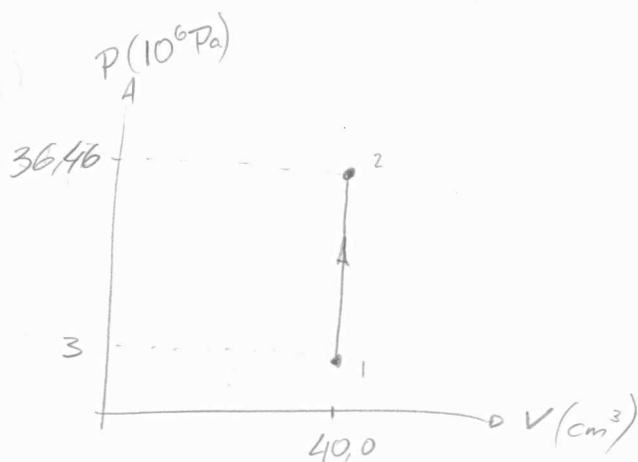
A) V constante

$$C_V^{N_2} = 20,76 \text{ J/mol K}$$

$$Q = n C_V \Delta T$$

$$645 = 0,185 \cdot 20,76 \cdot (T_f - 780)$$

$$T_f = 948 \text{ K}$$



$$P_2 = 40 \cdot 10^{-6} \cdot 0,185 \cdot 8,315 \cdot 948$$

$$P_2 = 36,46 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

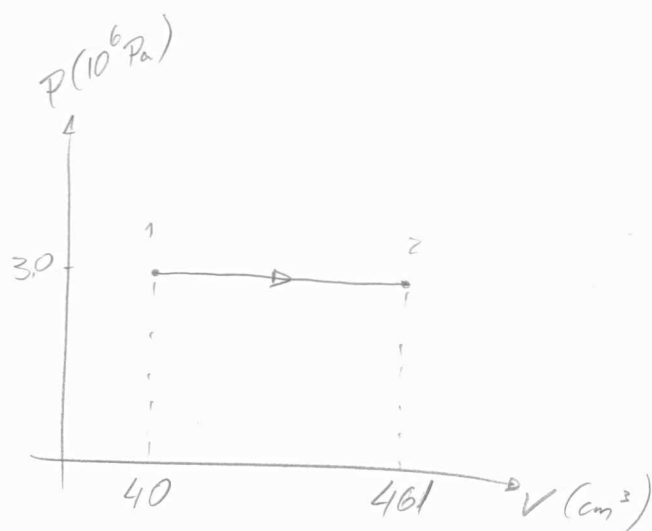
B) P constante

$$C_P^{N_2} = 29,07 \text{ J/mol K}$$

$$Q = n C_P \Delta T$$

$$645 = 0,185 \cdot 29,07 \cdot (T_f - 780)$$

$$T_f = 900 \text{ K}$$



$$3,0 \cdot 10^6 \cdot V_2 = 0,185 \cdot 8,315 \cdot 900$$

$$V_2 = 461 \text{ cm}^3$$

(17.19)

(4)

$$n = 0,150 \text{ mol}$$

$$\Delta T = 0$$

$$V_i = V_0$$

$$V_f = 0,25 V_0$$

$$P_i = 1,25 \text{ atm}$$

$$A) \quad W = \int_{V_i}^{V_f} p dV$$

$$p = \frac{nRT}{V}$$

$$W = \int_{V_i}^{V_f} \frac{nRT}{V} dV = nRT \ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right) = 0,150 \cdot 8,315 \cdot 350 \cdot \ln\left(\frac{0,25 V_0}{V_0}\right)$$

$$W = -605 \text{ J} \quad \downarrow \quad \text{ou seja, trabalho realizado sobre o gás.}$$

B) E zero, pois num gás ideal a energia interna só depende da temperatura, que é constante.

C) Sim, $|Q| = 605 \text{ J}$, e o gás

libera calor, pois

$$\Delta U = Q - W \quad Q = -605 \text{ J}, \text{ e de acordo com}$$

a convenção de sinais, $Q < 0$ é calor liberado.

17.24

5

$$P_i = 1,5 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$V_i = 0,0800 \text{ m}^3$$

$$V_f = 0,0400 \text{ m}^3$$

A) $P_f = ?$

Processo adiabático: $P_i V_i^\gamma = P_f V_f^\gamma$

gás monoatômico: $\gamma = 1,67$

$$1,5 \cdot 10^5 \cdot (0,0800)^{1,67} = P_f \cdot (0,0400)^{1,67}$$

$$P_f = 4,8 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

B) $W = n C_V (T_i - T_f) = \frac{C_V}{R} (P_i V_i - P_f V_f) = \frac{1}{\gamma - 1} (P_i V_i - P_f V_f)$

$$W = \frac{1}{0,67} \cdot (1,5 \cdot 0,08 - 4,8 \cdot 0,04) \cdot 10^5 = -1,1 \cdot 10^4 \text{ J}$$

C) $\frac{T_i}{T_f} = \frac{P_i V_i}{P_f V_f} = \frac{1,5 \cdot 10^5 \cdot 0,08}{4,8 \cdot 10^5 \cdot 0,04} = 0,625$

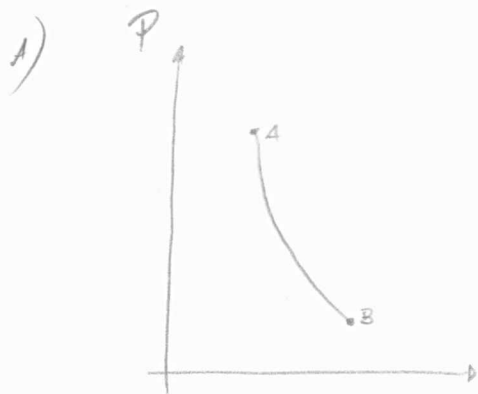
O gás é aquecido

17.27

$$n = 0,450 \text{ mol}$$

$$T_i = 50^\circ\text{C}$$

$$T_f = 10^\circ\text{C}$$



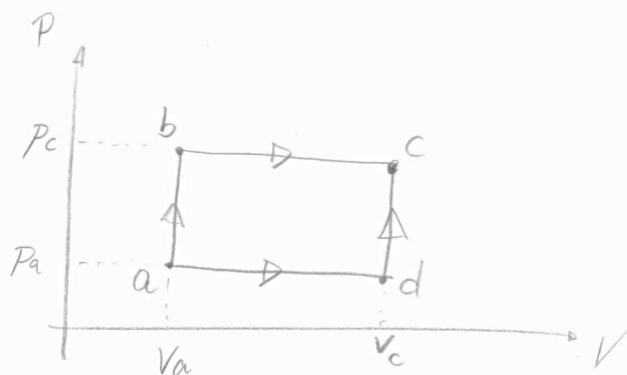
B) $W = n C_V (T_i - T_f)$

$$W = 0,450 \cdot 12,47 \cdot 40 = 224,5 \text{ J}$$

C) $Q = 0$ (processo adiabático)

D) $\Delta U = Q - W$ $\Delta U = -224,5 \text{ J}$

17.33



A) $W_{ab} = 0$

$$W_{bc} = p_c (V_c - V_a)$$

$$W_{ad} = p_a (V_c - V_a)$$

$$W_{dc} = 0$$

B) $Q_{ab} = U_b - U_a$ $Q_{bc} = (U_c - U_b) + p_c (V_c - V_a)$

$$Q_{ad} = U_d - U_a + p_a (V_c - V_a)$$

$$Q_{dc} = U_c - U_d$$

C) $W_{abc} = p_c (V_c - V_a)$ $Q_{abc} = (U_c - U_a) + p_c (V_c - V_a)$

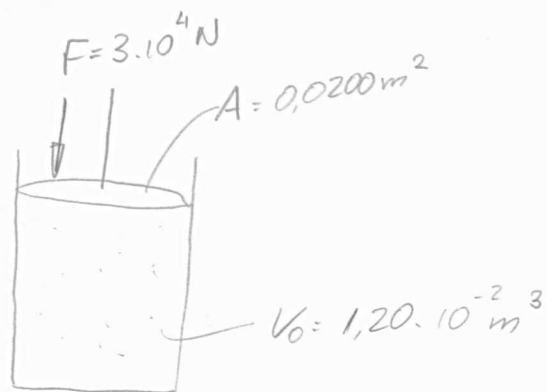
$$W_{adc} = p_a (V_c - V_a)$$

$$Q_{adc} = (U_c - U_a) + p_a (V_c - V_a)$$

No caminho abc o trabalho realizado e o calor são maiores, pois $p_c > p_a$.

D) Responderia que ele é burro, pois apenas ΔU é igual.

17.37



$$\Delta T = 30 \text{ K}$$

$$\beta = 1,20 \cdot 10^{-3} / \text{K}$$

$$\rho = 791 \text{ kg/m}^3$$

$$C_p = 2,51 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$$A) \Delta V = \beta V_0 \Delta T = 1,20 \cdot 10^{-3} \cdot 1,20 \cdot 10^{-2} \cdot 30 = 43,2 \cdot 10^{-5}$$

$$B) p = \frac{F}{A} = \frac{3 \cdot 10^4}{0,0200} = 1,5 \cdot 10^6 \text{ Pa} \quad W = p \Delta V = 1,5 \cdot 10^6 \cdot 43,2 \cdot 10^{-5}$$

$$W = 648 \text{ J}$$

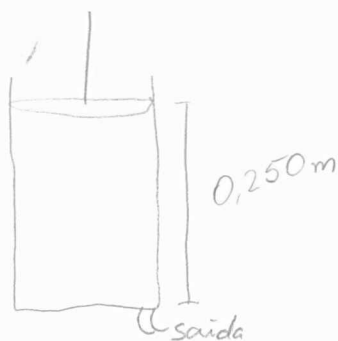
$$C) Q = m C_p \Delta T = 1,20 \cdot 10^{-2} \cdot 791 \cdot 2,51 \cdot 10^3 \cdot 30 = 7,15 \cdot 10^5 \text{ J}$$

$$D) \Delta U = Q - W = 7,15 \cdot 10^5 - 648 = 7,14 \cdot 10^5 \text{ J}$$

$$E) \Delta U = m C_v \Delta T \Rightarrow 7,14 \cdot 10^5 = 1,20 \cdot 10^{-2} \cdot 791 \cdot C_v \cdot 30 \quad C_v = 2,51 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

ou seja, nestas condições não há diferença entre C_p e C_v

17.43



$$P_i = 1,01 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$P_f = 4,20 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$C_v = 20,8 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \rightarrow \gamma = \frac{C_v + R}{C_v} = 1,40$$

Sendo a compressão adiabática:

$$P_i V_i^\gamma = P_f V_f^\gamma$$

$$1,01 \cdot 10^5 \cdot A \cdot (0,250)^{1,40} = 4,20 \cdot 10^5 \cdot A \cdot (h)^{1,40}$$

$$h^{1,40} = 0,0345$$

$$h = 0,09 \text{ m}$$

$$B) T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1} \quad T_1 = 300 \text{ K}$$

$$300 \cdot A^{\gamma-1} \cdot (0,250)^{0,40} = T_2 \cdot A^{\gamma-1} \cdot (0,09)^{0,40} \quad T_2 = 451 \text{ K} = 178^\circ \text{C}$$

$$172,3 = T_2 (0,09)^{0,4}$$

$$C) W = n C_V (T_1 - T_2) = 20 \cdot 20,8 \cdot (-151) = -62816 \text{ J}$$

(17.46)

$$n = 0,250 \text{ mol}$$

$$P_1 = 2,40 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

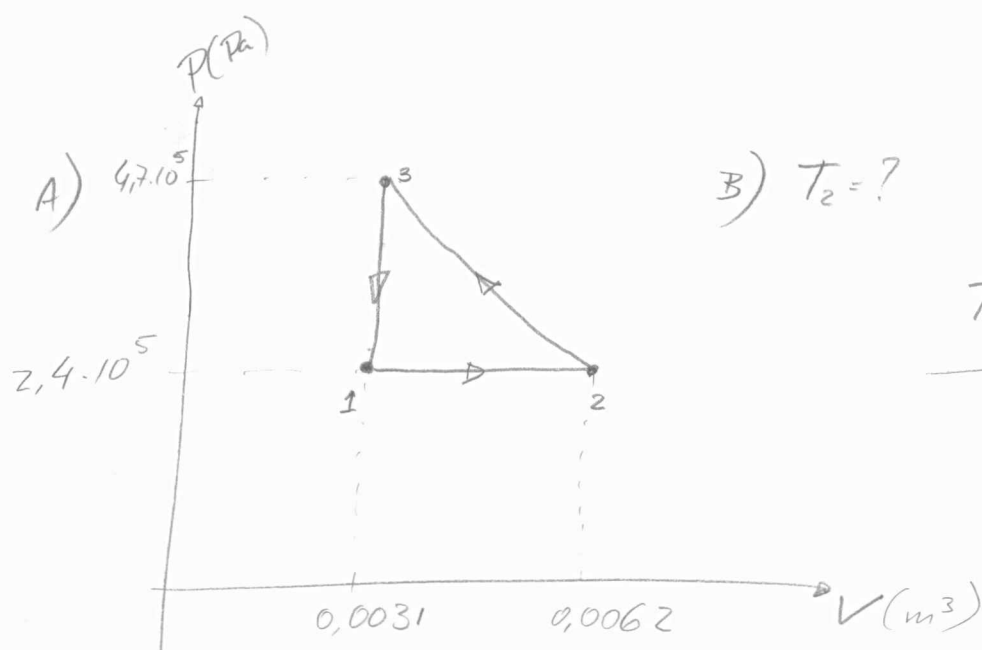
$$T_1 = 355 \text{ K}$$

$$V_1 = 0,0031 \text{ m}^3$$

$$P_2 = 2,40 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$T_2$$

$$V_2 = 0,0062 \text{ m}^3$$



$$B) T_2 = ? \quad P_2 V_2 = n R T_2$$

$$T_2 = 715,8 \text{ K}$$

$$C) P_3 \cdot V_3 = n R \cdot T_3 \quad P_3 \cdot 0,0031 = 0,25 \cdot 8,315 \cdot 715,8$$

$$P_3 = 4,7 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$D) W_{12} = 2,4 \cdot 10^5 \cdot 0,0031 = 744 \text{ J}$$

gás sobre o pistão

$$W_{23} = \int_{V_2}^{V_3} p dV = \int_{V_2}^{V_3} \frac{nRT_2}{V} dV = nRT_2 \ln\left(\frac{V_3}{V_2}\right) = -1031,4 \text{ J}$$

pressão
sobre o
gás

$$W_{31} = 0 \quad (\Delta U = 0)$$

17.47

A) No processo completo:

$$\Delta U = 0$$

$$W = -287,4$$

$$Q = -287,4$$

$$W_{12} = 744 \text{ J}$$

$$\Delta U_{12} = nC_V \Delta T = 0,25 \cdot 20,85 \cdot 360,8 = 1880,7 \text{ J}$$

$$\Delta U = Q - W$$

$$Q_{12} = 2624,7 \text{ J}$$

$$B) W = 0$$

$$\Delta U_{31} = nC_V \Delta T = -1880,7 \text{ J} = Q_{31}$$

$$C) \Delta U = 0$$