

EXERCÍCIOS - Cap. 2: Termodinâmica de sistemas gasosos

2.1.

Gás ideal

$n = 1 \text{ mol}$

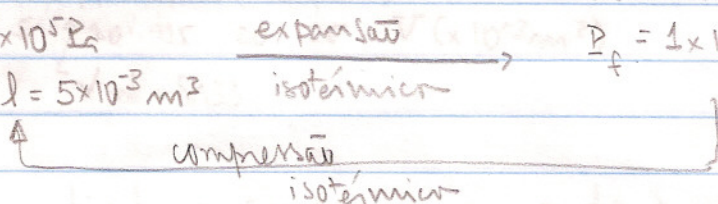
Estado (i)

$P_i = 5 \times 10^5 \text{ Pa}$

$V_i = 5 \text{ l} = 5 \times 10^{-3} \text{ m}^3$

Estado (f)

$P_f = 1 \times 10^5 \text{ Pa} = P_{\text{ex}}$



a) Temp. durante processo = ?

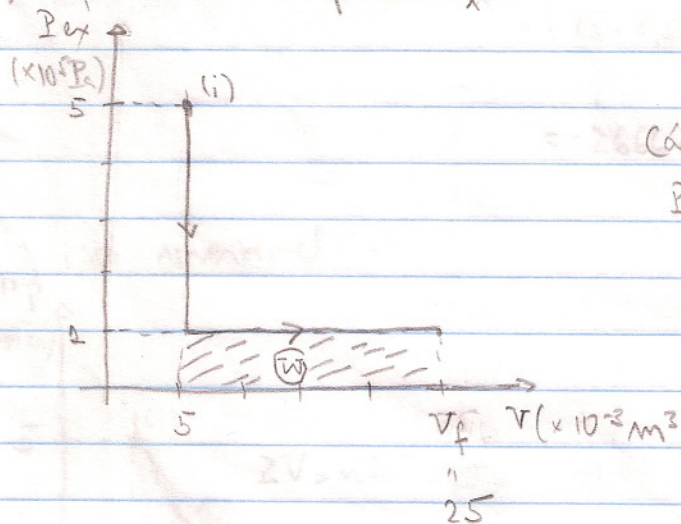
Resolução:

Aplicando a eq. de estado dos gases ideais ao estado (i):

$$P_i V_i = nRT \rightarrow T = \frac{P_i V_i}{nR} = \frac{5 \times 10^5 \text{ Pa} \times 5 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{1 \text{ mol} \times 8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol K}}} = 300,7 \text{ K}$$

b) diagrama PV quando:

b.i) expansão abrupta de $P_i = 5 \times 10^5 \text{ Pa}$ a $P_f = 1 \times 10^5 \text{ Pa}$



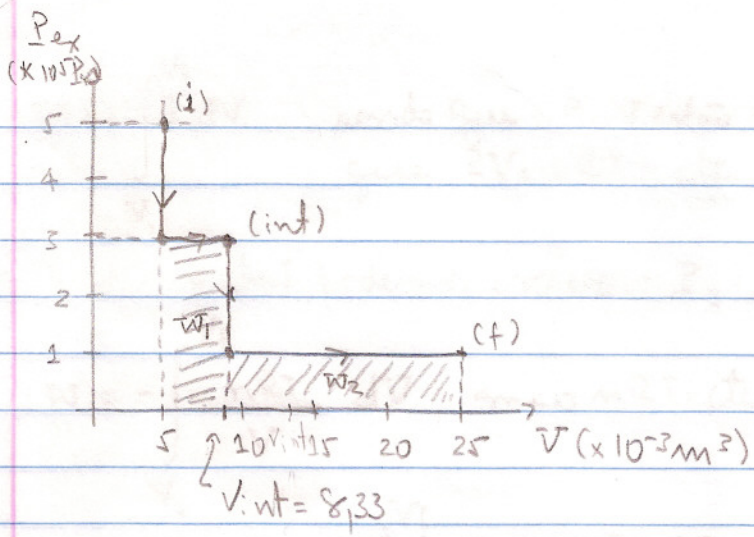
Cálculo de V_f :

$$P_f V_f = nRT \rightarrow V_f = \frac{nRT}{P_f} \rightarrow$$

$$V_f = \frac{1 \text{ mol} \times 8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol K}} \times 300,7 \text{ K}}{1 \times 10^5 \text{ Pa}} \text{ m}^3$$

$$V_f = 25 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

b.ii) expansão em duas etapas: $P_i = 5 \times 10^5 \text{ Pa} \rightarrow P_{\text{int}} = 3 \times 10^5 \text{ Pa} \rightarrow P_f = 1 \times 10^5 \text{ Pa}$



Cálculo de V_{int} :

$$P_{int} \times V_{int} = nRT \rightarrow$$

$$\rightarrow V_{int} = \frac{nRT}{P_{int}} =$$

$$= \frac{1 \text{ mol} \times 8,314 \text{ J/mol} \times 300,7 \text{ K}}{3 \times 10^5 \text{ Pa}} = 8,33 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

c) \bar{w} em b_i e b_{ii} e comparar como do processo isotérmico reversível entre i e f
Resolução:

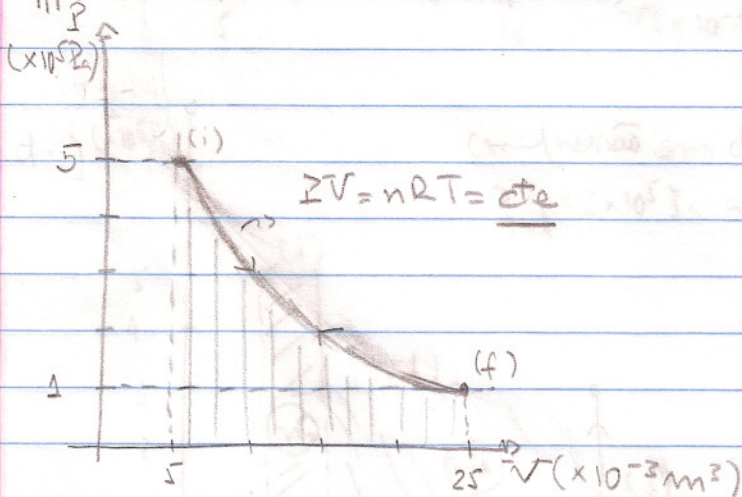
c.i) \bar{w} em b_i :

$$\bar{w} = -P \Delta V = -2 \times 10^5 \text{ Pa} \times (25 - 5) \times 10^{-3} \text{ m}^3 = -20 \times 10^2 \text{ J} = -2000 \text{ J}$$

c.ii) \bar{w} em b_{ii} :

$$\begin{aligned} \bar{w} = \bar{w}_{i \rightarrow int} + \bar{w}_{int \rightarrow f} &= -3 \times 10^5 \text{ Pa} \times (8,33 - 5) \times 10^{-3} \text{ m}^3 + [-1 \times 10^5 \text{ Pa} \times \\ &\times (25 - 8,33) \times 10^{-3} \text{ m}^3] = -999 \text{ J} + [-1667] \text{ J} = \\ &= -2666 \text{ J} \end{aligned}$$

c.iii) isot. reversível:



$$W = - \int_{V_i}^{V_f} P dV, \text{ sendo que } P \text{ e } V \text{ est\~{a}o variando inversamente por}$$

$$\text{que } PV = nRT = \underline{\text{cte}}$$

ent\~{a}s podemos escrever: $P = \frac{nRT}{V}$

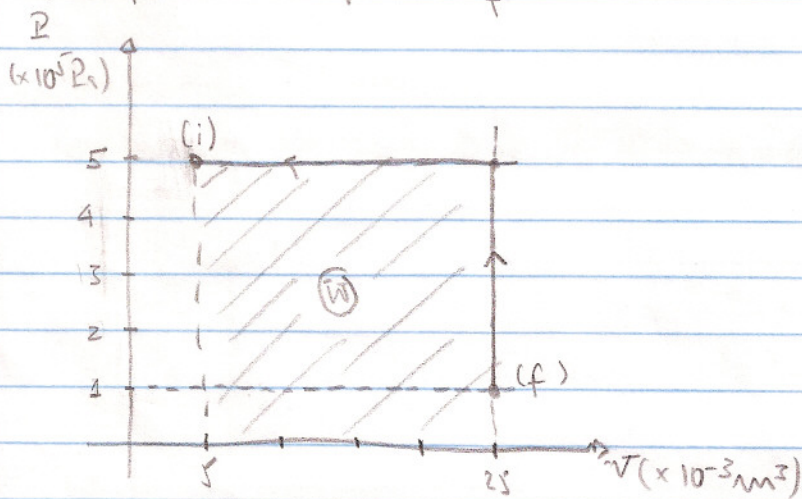
$$W = - \int_{V_i}^{V_f} \frac{nRT}{V} dV, \text{ como } nRT = \text{cte, temos: } W = nRT \int_{V_i}^{V_f} \frac{dV}{V} =$$

$$= - nRT \left[\ln V \right]_{V_i}^{V_f} = - nRT \left[\ln V_f - \ln V_i \right] = - nRT \ln \left(\frac{V_f}{V_i} \right)$$

$$= - 1 \text{ mol} \times 8,314 \frac{\text{J}}{\text{K mol}} \times 300,7 \text{ K} \times \ln \left(\frac{25}{5} \right) = - 4023,6 \text{ J}$$

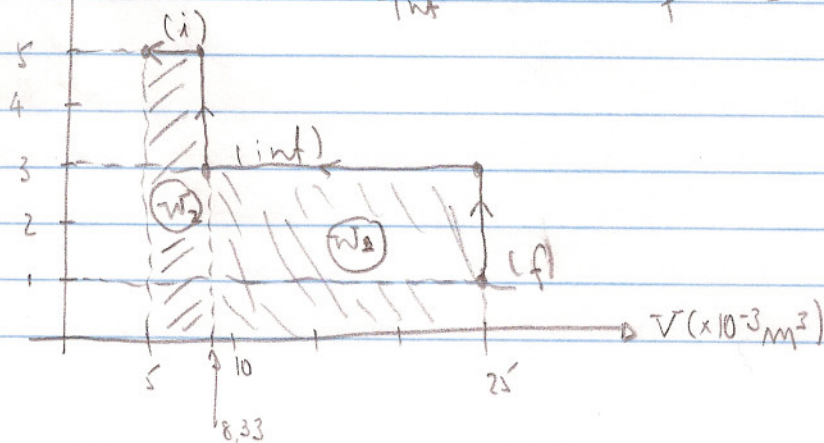
d) diagrama PV quando:

di) compress\~{a}o abrupta de $P_f = 1 \times 10^5 \text{ Pa}$ e $P_i = 5 \times 10^5 \text{ Pa}$



dii) P ($\times 10^5 \text{ Pa}$)

compress\~{a}o em duas etapas: de $P_i = 1 \times 10^5 \text{ Pa}$ e $P_{\text{int}} = 3 \times 10^5 \text{ Pa}$ e $P_f = 5 \times 10^5 \text{ Pa}$



e) \bar{w} em di e dii e comparar com o processo isotérmico reversível entre fei

e_i) \bar{w} em di :

$$\bar{w}_i = -P\Delta V = -5 \times 10^5 \text{ Pa} \times (5 - 25) \times 10^{-3} \text{ m}^3 = +10000 \text{ J}$$

e_{ii}) \bar{w} em dii :

$$\bar{w}_i = \int_{f \rightarrow \text{int}} \bar{w} + \int_{\text{int} \rightarrow i} \bar{w}$$

$$\bar{w}_i = -3 \times 10^5 \text{ Pa} \times (8,33 - 25) \times 10^{-3} \text{ m}^3 + [-5 \times 10^5 \text{ Pa} \times (5 - 8,33) \times 10^{-3} \text{ m}^3]$$

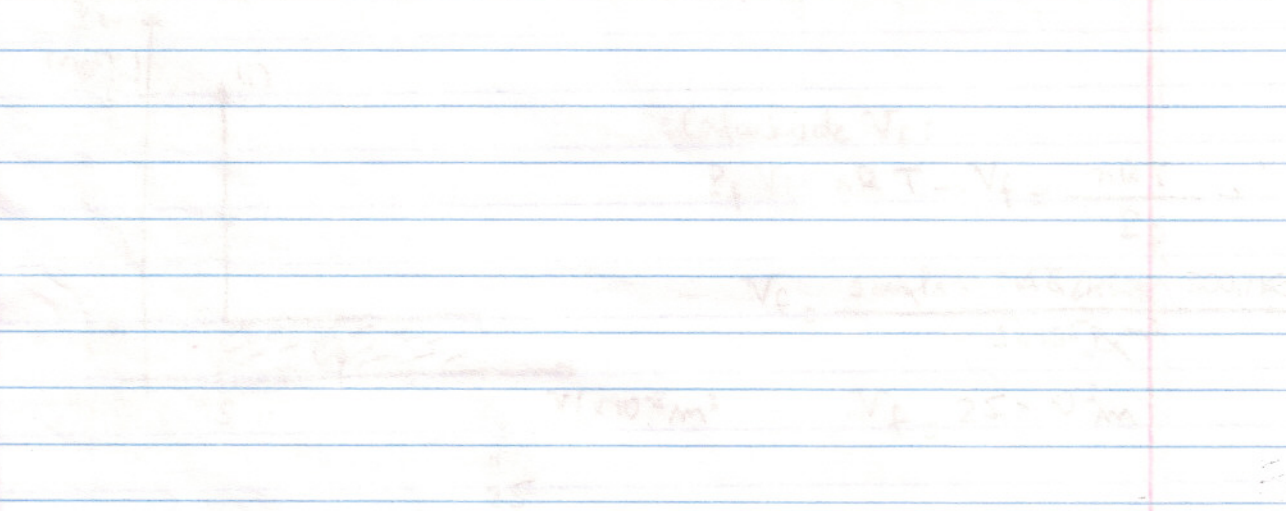
$$\bar{w}_i = 5001 \text{ J} + 1665 \text{ J} = 6666 \text{ J}$$

Resposta:

Aplicando a equação dos gases ideais no estado f: $P_f V_f = nRT_f$
 $5 \times 10^5 \times 5 \times 10^{-3} = n \times 8,314 \times 300$
 $n = \frac{5000}{2494,2} = 2 \text{ mol}$

e) determinar PV para di

Processo isotérmico reversível de $P_f = 5 \times 10^5 \text{ Pa}$ a $P_i = 3 \times 10^5 \text{ Pa}$



Seja $V_c = 8,33 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ o volume de V_c :
 $P_c V_c = nRT = V_f = nRT = P_f V_f$
 $P_c = \frac{P_f V_f}{V_c} = \frac{5 \times 10^5 \times 5 \times 10^{-3}}{8,33 \times 10^{-3}} = 3 \times 10^5 \text{ Pa}$

2.2. Ar atmosférico : gás diatômico ideal

gamma = 1.40 = Cp / Cv e Cp = 7/2 R (fornecido)

- a) Cp = ?
- base molar
- " massa
- " volume

Lembrar que: Capacidade calórica (ou capacidade calorífica) e calor específico

Definimos uma grandeza extensiva chamada capacidade de calorífica (C, JK^-1) pelo quociente entre o calor fornecido para (ou por) um sistema e a variação de temperatura sofrida.

C = Q / delta T
- extensiva
- intensiva: / pelo volume, ou pela massa, ou pelo n de moles do sistema

Calor específico a base de volume (c, JK^-1 m^-3) a base de massa (c, JK^-1 kg^-1) ou a base molar (c, JK^-1 mol^-1)

c = C / V ou c = C / m ou c = C / n

Então:

Cp = 7/2 R = 7/2 * 8.314 J / kmol = 29.1 JK^-1 mol^-1 base molar

base de massa:

Ar atmosférico: 1 mol = 28.8 x 10^-3 kg (fornecido)

$$\therefore \bar{c}_p = \frac{29,1 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}}{28,8 \times 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{mol}}} = 1,01 \times 10^3 \text{ J K}^{-1} \text{ kg}^{-1} \quad \underline{\text{base massa}}$$

base volume:

$$PV = nRT \rightarrow V = \frac{nRT}{P} = \frac{1 \text{ mol} \times 8,314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \times 300 \text{ K}}{10^5 \text{ Pa}} = 0,025 \text{ m}^3$$

$$\therefore \bar{c}_p = \frac{29,1 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}}{0,025 \frac{\text{m}^3}{\text{mol}}} = 1166,7 \text{ J K}^{-1} \text{ m}^{-3} \quad \underline{\text{base volume}}$$

b) do item a:

$$\bar{c}_p = 1166,7 \text{ J K}^{-1} \text{ m}^{-3}$$

supondo $V_{\text{scf}} = 600 \text{ m}^3$, tem-se:

$$C_p = V \times \bar{c}_p = 600 \text{ m}^3 \times 1166,7 \text{ J K}^{-1} \text{ m}^{-3} = 700 \text{ kJ K}^{-1}$$

c) $t = ?$, $P = 1000 \text{ W}$, $\Delta t = 10^\circ \text{C}$

Condições isotérmicas: $Q = C_p \Delta T = 700 \text{ kJ K}^{-1} \times 10 \text{ K} = 7000 \text{ kJ}$

$$P = \frac{E}{t} \rightarrow t = \frac{E}{P} = \frac{7000 \text{ kJ}}{1000 \frac{\text{J}}{\text{s}}} = 7000 \text{ s} \approx 2 \text{ horas}$$

d) ebulição: $P = 1000 \text{ W}$

$$V = 4 \text{ m}^3 \rightarrow m = 1000 \text{ kg}$$

$$Q = m \bar{c}_{p, \text{água}} \Delta T = 1000 \text{ kg} \times 4180 \frac{\text{J}}{\text{kg}} \times 10 \text{ K} = 4,18 \times 10^7 \text{ J}$$

$$\therefore t = \frac{E}{P} = \frac{4,18 \times 10^7 \text{ J}}{1000 \frac{\text{J}}{\text{s}}} = 4,18 \times 10^4 \text{ s} = 12 \text{ horas}$$