



POLITECNICO
MILANO 1863

Esercitazione 02 - Trasformazioni

Esercizio 03 ([link registrazione](#))

Corso di Fisica Tecnica
a.a. 2019-2020

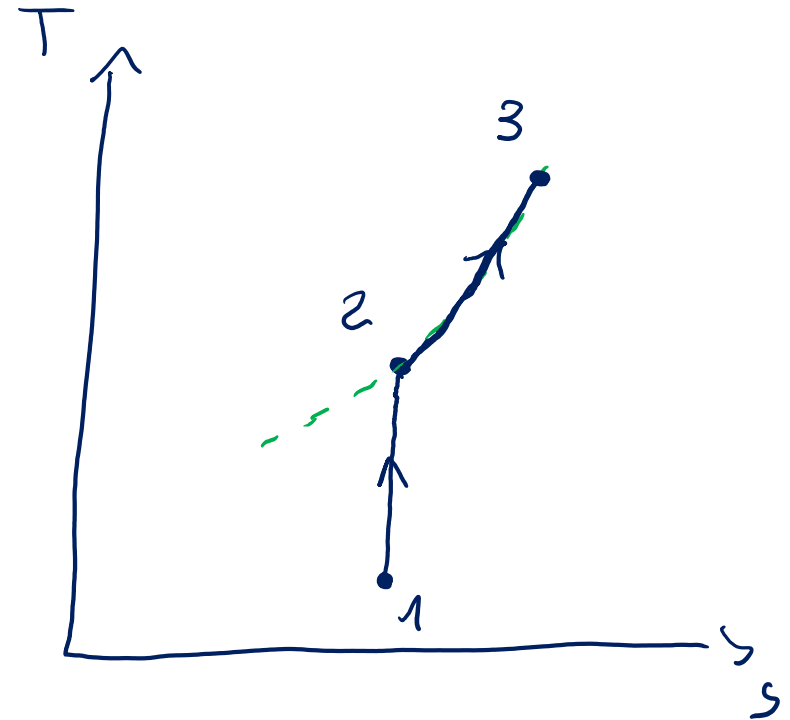
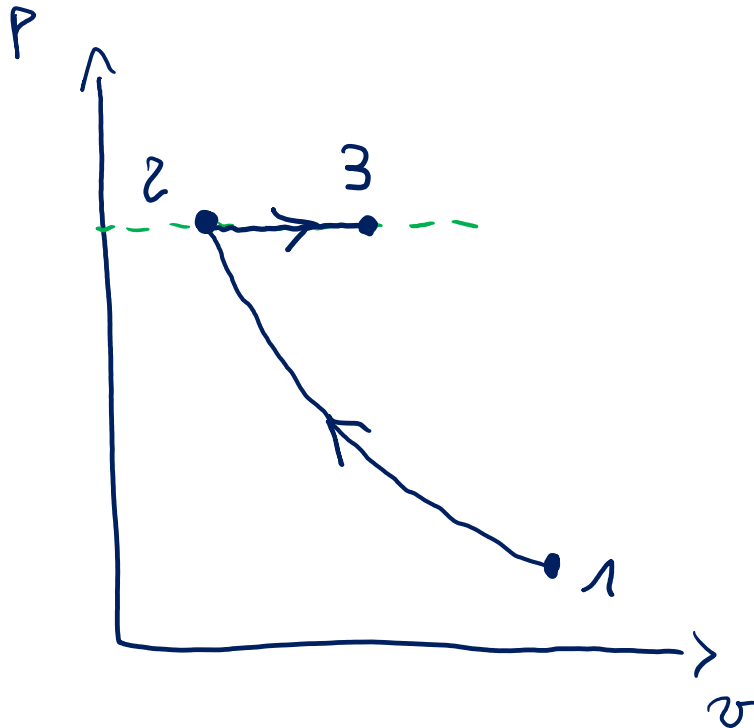
Prof. Gaël R. Guédon
Dipartimento di Energia, Politecnico di Milano

Esercizio 03

2.3. *[intermedio]* Si consideri di avere 2 kg di azoto (N_2) nello stato iniziale: $P_1 = 1$ bar e $T_1 = 20$ °C. Dopo una trasformazione adiabatica reversibile, si raggiunge uno stato di equilibrio per cui $P_2 = 30$ bar. A seguito di una ulteriore trasformazione quasi-statica, questa volta isobara, si raggiunge il nuovo stato di equilibrio a $T_3 = 1000$ °C. Si chiede di:

- Tracciare le due trasformazioni sui diagrammi P-v e T-s.
- Determinare il volume nelle tre condizioni di equilibrio.
- Calcolare la variazione di energia interna, entalpia ed entropia tra stato iniziale e finale.
- Calcolare il calore scambiato ed il lavoro prodotto tra lo stato iniziale e finale.

$$[V_1 = 1.74 \text{ m}^3; V_2 = 0.153 \text{ m}^3; V_3 = 0.251 \text{ m}^3; \Delta U_{13} = 1455 \text{ kJ}; \\ \Delta H_{13} = 2037 \text{ kJ}; \Delta S_{13} = 1.03 \text{ kJ/K}; Q_{13}^{\leftarrow} = 1036 \text{ kJ}; L_{13}^{\rightarrow} = -419 \text{ kJ}]$$



$$\Delta S = \underbrace{\int_1^2 \frac{\delta Q}{T}}_{=0 \text{ adiab}} + \underbrace{\int_2^3 \frac{\delta Q}{T}}_{=0 \text{ Rev.}}$$

Esercizio 03

$$T_1 = 20^\circ\text{C} = 293,15\text{ K}$$

$$P_1 = 1\text{ bar} = 10^5\text{ Pa}$$

$$P_2 = 30\text{ bar} = 30 \times 10^5\text{ Pa}$$

$$T_2 = ?$$

$$P_3 = P_2 = 30\text{ bar}$$

$$T_3 = 1000^\circ\text{C} = 1273,15\text{ K}$$

N_2 gas perfetto biatomico

$$P v^n = \text{cost} \Rightarrow P v^k = \text{cost}$$


$$P T^{\frac{k}{1-k}} = \text{cost}$$

$$k = \frac{c_p}{c_v} = \frac{7}{5} = 1,4$$

$$P_1 T_1^{\frac{k}{1-k}} = P_2 T_2^{\frac{k}{1-k}} \Rightarrow T_2 = T_1 \left(\frac{P_1}{P_2} \right)^{\frac{1-k}{k}}$$

Esercizio 03

$$T_2 = 293,15 \left(\frac{1}{30} \right)^{(1-1,4)/1,4} = 774,7 \text{ K} = 501,6 \text{ } ^\circ\text{C}$$


 K

$$V_1 = \frac{M R^* T_1}{P_1} = \frac{2 \times \frac{8314}{28} \times 293,15}{10^5} = 1,74 \text{ m}^3$$

$$v_1 = \frac{V_1}{M} = 0,87 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$V_2 = \frac{M R^* T_2}{P_2} = \frac{2 \times \frac{8314}{28} \times 774,7}{30 \times 10^5} = 0,153 \text{ m}^3$$

$$v_2 = 0,077 \text{ m}^3/\text{kg}$$

Esercizio 03

$$V_3 = \frac{MR^*T_3}{P_3} = 0,252 \text{ m}^3$$

$$v_3 = 0,126 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$\Delta U_{13} = M c_v (T_3 - T_1) = 1455 \text{ kJ/kg}$$

$$c_v = \frac{5}{2} R^*$$

$$\Delta H_{13} = M c_p (T_3 - T_1) = 2037 \text{ kJ/kg}$$

$$c_p = \frac{7}{2} R^*$$

$$\Delta S_{13} = M \left[c_p \ln\left(\frac{T_3}{T_1}\right) - R^* \ln\left(\frac{P_3}{P_1}\right) \right] = 1,03 \text{ kJ/kgK}$$

Esercizio 03

$$\bullet \quad Q_{13}^{\leftarrow} = \cancel{Q_{12}^{\leftarrow}} + Q_{23}^{\leftarrow}$$

0

$$Q_{23}^{\leftarrow} = M c_p (T_3 - T_2) \quad \text{ISOBARA}$$

$$Q_{23}^{\leftarrow} = 1036 \text{ kJ}$$

$$\bullet \quad L_{13}^{\rightarrow} = L_{12}^{\rightarrow} + L_{23}^{\rightarrow}$$

$$L_{12}^{\rightarrow} = M \int_1^2 P dv$$

$$L_{23}^{\rightarrow} = M \int_2^3 P dv = P_2 (V_3 - V_2)$$

ISOBARA

$$L_{23}^{\rightarrow} = 297 \text{ kJ}$$

$$\Delta U_{12} = \underset{U_0}{Q_{12}^{\leftarrow}} - L_{12}^{\rightarrow}$$

$$L_{12}^{\rightarrow} = -\Delta U_{12} = M c_v (T_1 - T_2) = -715 \text{ kJ}$$

$$L_{12}^{\leftarrow} = 715 \text{ kJ}$$

$$L_{13}^{\rightarrow} = -715 + 297 = -418 \text{ kJ}$$

$$Q_{13}^{\leftarrow} = 1036 \text{ kJ}$$

$$\Delta U_{13} = Q_{13}^{\leftarrow} - L_{13}^{\rightarrow}$$