

COGNOME

NOME

MATRICOLA

FIRMA

Esercizio 1

Si consideri un sistema cilindro + pistone in cui è contenuto del gas approssimabile a gas perfetto. Tale gas subisce una trasformazione isoterma a $T_G = 20\text{ °C}$, durante la quale:

- riceve un lavoro L ;
- cede un calore Q tale da far passare in condizioni di vapore saturo una massa $M = 2\text{ kg}$ di acqua liquida satura a $T_{H_2O} = 0\text{ °C}$.

Determinare il lavoro ricevuto dal gas e l'irreversibilità del processo.

Esercizio 2

Una turbina ideale è alimentata con una portata di aria (gas ideale) pari a 5 kg/s con temperatura $T_1=600\text{ K}$ e pressione $P_1=5\text{ bar}$; essa si espande nella turbina, con rendimento isoentropico $0,8$, fino alla pressione di scarico $P_2=1\text{ bar}$. Calcolare il lavoro per unità di massa fluida e la potenza meccanica prodotti dalla turbina, nonché la temperatura del fluido allo scarico.

Esercizio 3

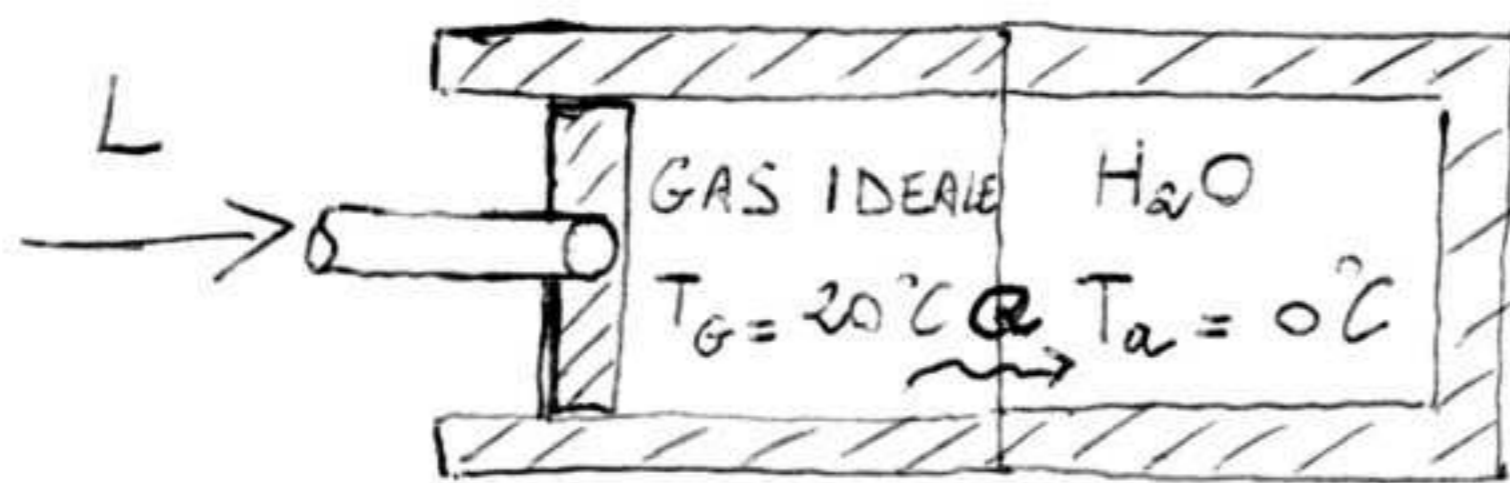
Vapore condensante alla temperatura $T_v = 320\text{ °C}$ fluisce all'interno di una tubazione di ghisa [$\lambda = 80\text{ W/(m} \cdot \text{°C)}$] i cui diametri interno ed esterno sono rispettivamente $D_i = 5\text{ cm}$ e $D_e = 5,5\text{ cm}$. La tubazione è rivestita da un isolante di lana di vetro [$\lambda=0,05\text{ W/(m} \cdot \text{°C)}$] con spessore $s = 3\text{ cm}$.

Si ha trasmissione di calore verso l'ambiente circostante alla temperatura $T_e = 5\text{ °C}$, con un coefficiente di scambio termico $h_e = 18\text{ W/(m}^2 \cdot \text{°C)}$. Il coefficiente di scambio termico all'interno della tubazione è $h_i = 12000\text{ W/(m}^2 \cdot \text{°C)}$

Si determinino:

- 1) qualitativamente il profilo di temperatura nella sezione dell'insieme tubo-isolante;
- 2) la potenza termica dissipata dal vapore per unità di lunghezza della tubazione.
- 3) le differenze di temperatura tra le superfici che delimitano la tubazione e quelle che delimitano l'isolante.

Esercizio 1



GAS PERFETTO $T_G = 20^\circ\text{C}$

H_2O DA LS a VS

a $T_a = 0^\circ\text{C}$ $n = 2 \text{ kg}$

x IL GAS $\Delta U = Q - L = 0$ perché transf. isoterma

$$Q - L = 0 \Rightarrow L = Q < 0$$

$$Q = -M \cdot \Delta h_{\text{LS} \rightarrow \text{VS}} \quad \Delta h = 2501,6 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

x L'ACQUA $Q = 2 \cdot 2501,6 = 5003,2 \text{ kJ}$

x IL GAS $Q = -5003,2 \text{ kJ}$ $L = -5003,2 \text{ kJ}$ xché entrante

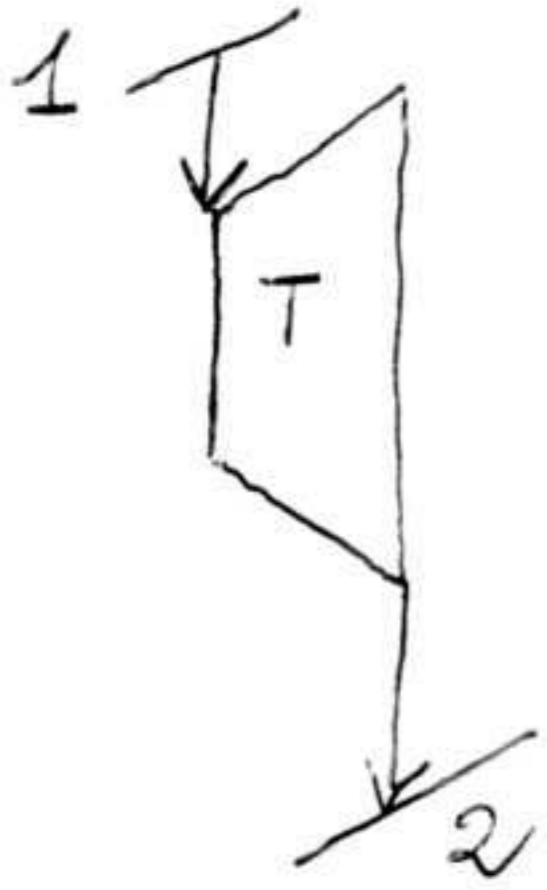
SORGENTE DI LAVORO IDEALE

$$\Delta S_{\text{TOT}} = \cancel{\Delta S_{\text{S.L.}}} + \Delta S_G + \Delta S_a$$

$$\Delta S_G = -\frac{Q}{T_G} \quad \Delta S_a = \frac{Q}{T_a}$$

$$\Delta S_{\text{TOT}} = \frac{-5003,2}{293,15} + \frac{5003,2}{273,15} = 1,249645 \frac{\text{kJ}}{\text{K}}$$

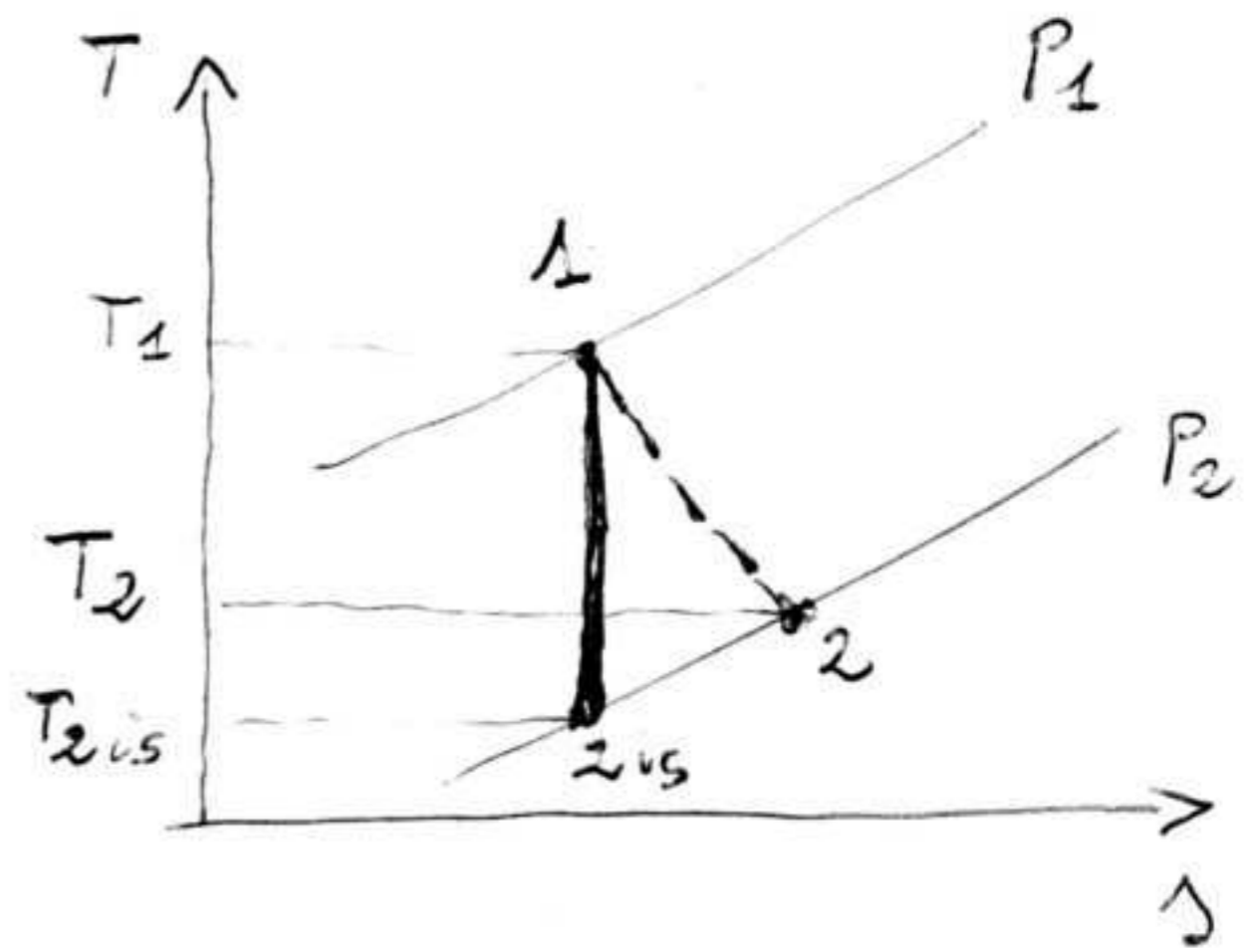
ESERCIZIO 2



$$\dot{m} = 5 \text{ kg/s} \text{ aria}$$

$$T_1 = 600 \text{ K} \quad P_1 = 5 \text{ bar}$$

$$P_2 = 1 \text{ bar}$$



ARIA → GAS IDEALE BIATOMICO con $M_m = 28,96 \frac{\text{kg}}{\text{kmol}}$

$$c_p^* = \frac{7}{2} \frac{R}{M_m} \quad c_p^* = \frac{7}{2} \frac{8314,5}{28,96} = 1004,860 \frac{\text{J}}{\text{kg K}}$$

Eq. HE ADIABATICHE QUASI STATICHE (ISOENTROPICHE) $P T^{\frac{1-\kappa}{\kappa}} = \text{cost.}$ $\kappa = \frac{c_p}{c_v}$

$$P_1 T_1^{\frac{1-\kappa}{\kappa}} = P_2 T_{2is}^{\frac{1-\kappa}{\kappa}} \rightarrow T_{2is} = T_1 \left(\frac{P_1}{P_2} \right)^{\frac{1-\kappa}{\kappa}} \quad \kappa = 1,4$$

$$T_{2is} = 600 \left(\frac{5}{1} \right)^{\frac{1-\kappa}{\kappa}} = 378,83 \text{ K}$$

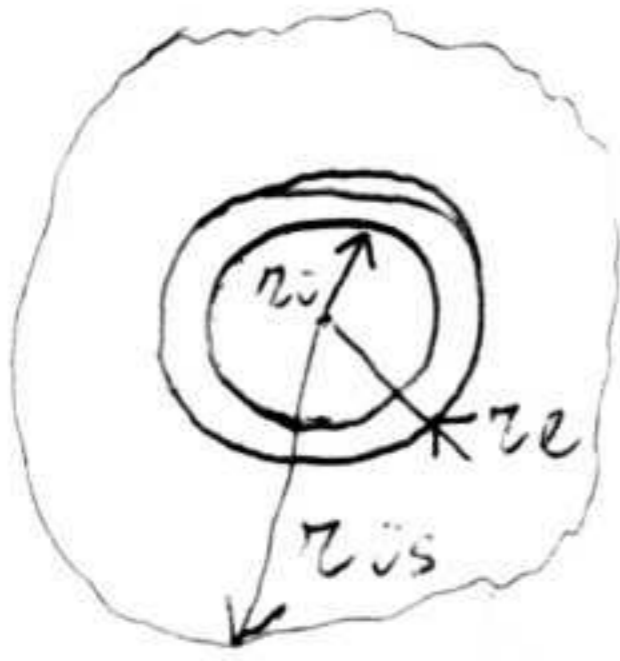
$$\eta_{vis} = \frac{\Delta h}{\Delta h_{is}} = \frac{c_p(T_1 - T_2)}{c_p(T_1 - T_{2is})} \rightarrow T_2 = T_1 - \eta_{vis} (T_1 - T_{2is})$$

$$T_2 = 600 - 0,8(600 - 378,83) = 423,06 \text{ K}$$

$$\dot{W} = \dot{m} c_p (T_2 - T_1) \quad \dot{W} = 5 \cdot 1004,860 (423,06 - 600) = -889 \text{ kW}$$

$$W = \frac{\dot{W}}{\dot{m}} \quad W = -177,8 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

ESERCIZIO 3

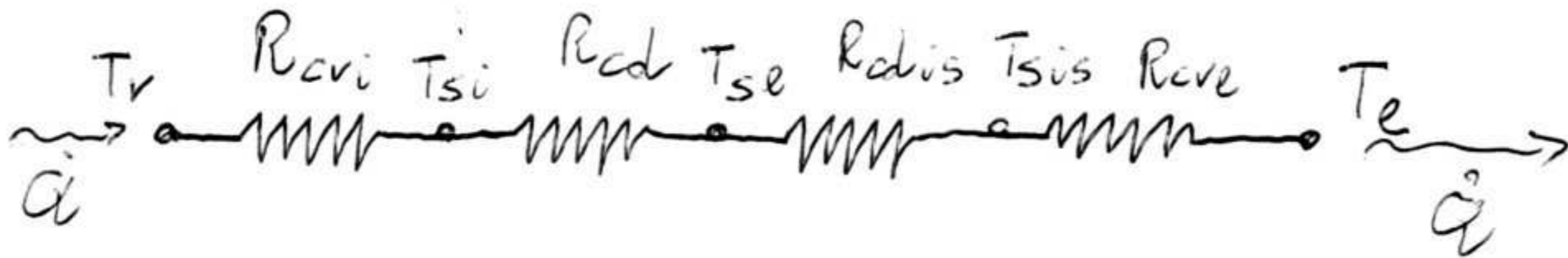


$$T_v = 320^\circ\text{C} \quad h_i = 12000 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}}$$

$$r_i = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ m} \quad r_e = 2,75 \cdot 10^{-2} \text{ m} \quad \lambda = 80 \frac{\text{W}}{\text{m K}}$$

$$r_{is} = 5,75 \cdot 10^{-2} \text{ m} \quad \lambda_{is} = 0,05 \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{C}}$$

$$T_e = 5^\circ\text{C} \quad h_e = 18 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{C}}$$



$$\frac{\dot{Q}}{L} = \frac{T_v - T_e}{R_{conv_i} + R_{cond} + R_{cond_{is}} + R_{conv_e}}$$

$$R_{conv_i} = \frac{1}{2\pi r_i h_i}$$

$$R_{conv_i} = \frac{1}{2\pi \cdot 2,5 \cdot 10^{-2} \cdot 12000} = 5,3051648 \cdot 10^{-4} \frac{\text{m K}}{\text{W}}$$

$$R_{cond} = \frac{\ln \frac{r_e}{r_i}}{2\pi \lambda}$$

$$R_{cond} = \frac{\ln \frac{2,75 \cdot 10^{-2}}{2,5 \cdot 10^{-2}}}{2\pi \cdot 80} = 1,89613578 \cdot 10^{-4} \frac{\text{m K}}{\text{W}}$$

$$R_{cond_{is}} = \frac{\ln \frac{r_{is}}{r_e}}{2\pi \lambda_{is}}$$

$$R_{cond_{is}} = \frac{\ln \frac{5,75 \cdot 10^{-2}}{2,75 \cdot 10^{-2}}}{2\pi \cdot 0,05} = 2,347850356 \frac{\text{m K}}{\text{W}}$$

$$R_{conv_e} = \frac{1}{2\pi r_{is} h_e}$$

$$R_{conv_e} = \frac{1}{2\pi \cdot 5,75 \cdot 10^{-2} \cdot 18} = 1,5377289 \cdot 10^{-1} \frac{\text{m K}}{\text{W}}$$

$$\frac{\dot{Q}}{L} = \frac{320 - 5}{2,502343376} = 125,882 \frac{\text{W}}{\text{m}}$$

$$T_{si} = T_v - \frac{\dot{Q}}{L} \cdot R_{conv_i} \quad T_{si} = 320 - 125,882 \cdot 5,3051648 \cdot 10^{-4} = 319,93^\circ\text{C}$$

$$T_{se} = T_v - \frac{\dot{Q}}{L} (R_{ci} + R_{cd})$$

$$T_{se} = 320 - 125,882 \cdot (5,3051648 \cdot 10^{-4} + 1,89613578 \cdot 10^{-4}) =$$

$$\downarrow \\ = 319,909 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_{sis} = T_e + R_{cre} \cdot \frac{\dot{Q}}{L}$$

$$T_{sis} = 5 + 1,5377289 \cdot 10^{-1} \cdot 125,882 = 24,36 \text{ } ^\circ\text{C}$$

