



POLITECNICO
MILANO 1863

TUTORATO 13

Esercizi da temi d'esame

([link registrazione](#))

Corso di Fisica Tecnica 2019-2020

Francesco Lombardi
Dipartimento di Energia, Politecnico di Milano

Tema 18 Luglio 2014

Esercizio 1

Esercizio 1. (11 punti)

In un contenitore di acciaio, che opera in regime stazionario, entrano due portate di acqua: una portata di 1 kg/s di acqua in condizioni di saturazione a 5 bar con titolo di vapore pari a 0.9, e una portata di acqua di 2 kg/s a 5 bar e 200°C.

Il fluido nel contenitore è scaldato tramite una resistenza elettrica che fornisce 1000 kW di potenza termica. Nel contenitore è inoltre presente una ventola. Nell'ipotesi che dall'unica uscita del contenitore fuoriesca acqua in condizioni di vapore saturo secco a 5 bar, calcolare:

- 1) le entalpie specifiche delle portate in ingresso e in uscita dal contenitore
 $h_1 = \underline{\hspace{2cm}}$ $h_2 = \underline{\hspace{2cm}}$ $h_3 = \underline{\hspace{2cm}}$
- 2) la potenza meccanica resa disponibile attraverso la ventola.
 $\dot{L} = \underline{\hspace{2cm}}$



Esercizio 1

WATI!

5π. 1)

$$w_2 = 1 \text{ kg/s}$$

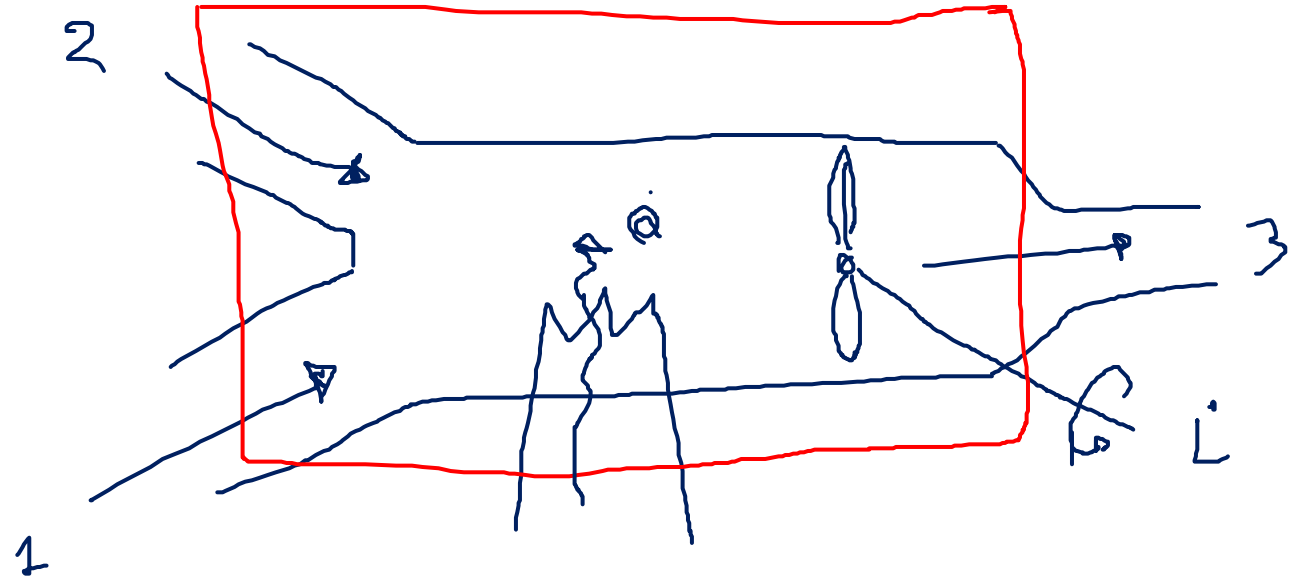
$$p_2 \leftarrow \text{b-z} = \text{Post}$$

$$x_1 = 0,9 \quad T_1 = T_{\text{atm}} = 151,85^\circ\text{C}$$

 $\delta T. 2)$

$$m_2 = 2 \text{ kg/s}$$

$$p_2 = p_1 = 5 \text{ bar}, T_2 = 200^\circ\text{C} \Rightarrow \boxed{\text{V. SURR.}}$$



ST. 3)

$$P_3 = P_2 = P_1$$

$$X_2 = 1$$

$$v_3 = 1$$

Tema 18 Luglio 2014

Esercizio 1

1

ST. 1 →

DIF4 SE

$$X_1 = \frac{h_1 - h_{1s}}{h_{vs} - h_{1s}} \Rightarrow h_1 = \underbrace{h_{1s}}_{2747,5 \text{ kJ/kg}} + X_1 (\underbrace{h_{vs} - h_{1s}}_{640,1}) = 2537,3 \text{ kJ/kg}$$

ST. 2

$$h_2 = h_{vs, sat @ 5 \text{ bar}, 200^\circ\text{C}} = 2855,1 \text{ kJ/kg}$$

ST. 3

$$h_3 = h_{vs, sat} = 640,1 \text{ kJ/kg}$$



Tema 18 Luglio 2014

Esercizio 1

2) $\sum \dot{E}_{in} = \sum \dot{E}_{out} \Rightarrow \boxed{\dot{m}_1 h_1 + \dot{m}_2 h_2 + \dot{Q} = \dot{m}_3 h_3 + \dot{L}}$

BIL. MASSA;

$$\dot{m}_1 + \dot{m}_2 = \dot{m}_3 = 3 \text{ kg/s}$$

$$\rightarrow \dot{L} = (\dot{m}_1 h_1 + \dot{m}_2 h_2 + \dot{Q}) - \dot{m}_3 h_3 = \underline{\underline{1004,6 \text{ kW}}}$$



Tema 18 Luglio 2014

Esercizio 2

Esercizio 2. (10 punti)

In un ciclo Joule reale l'aria viene aspirata a 1 bar e 20°C e compressa fino a 30 bar. Il rendimento isentropico di compressione è pari a 95%. La temperatura massima raggiunta nel ciclo è pari a 900°C , e anche in fase di espansione il rendimento isentropico vale 95%. Ipotizzando che la portata di fluido che circola nel ciclo rimanga costante e che le trasformazioni di compressione ed espansione siano adiabatiche, definire:

- 1) gli stati termodinamici caratterizzanti il ciclo
- 2) il rendimento del ciclo



Tema 18 Luglio 2014

Esercizio 2

$$\gamma_{is,c} = \gamma_{is,T} = 0,95$$

1)

1

$p(\text{bar})$

1

$T(\text{K})$

293

2

30

799,6

3

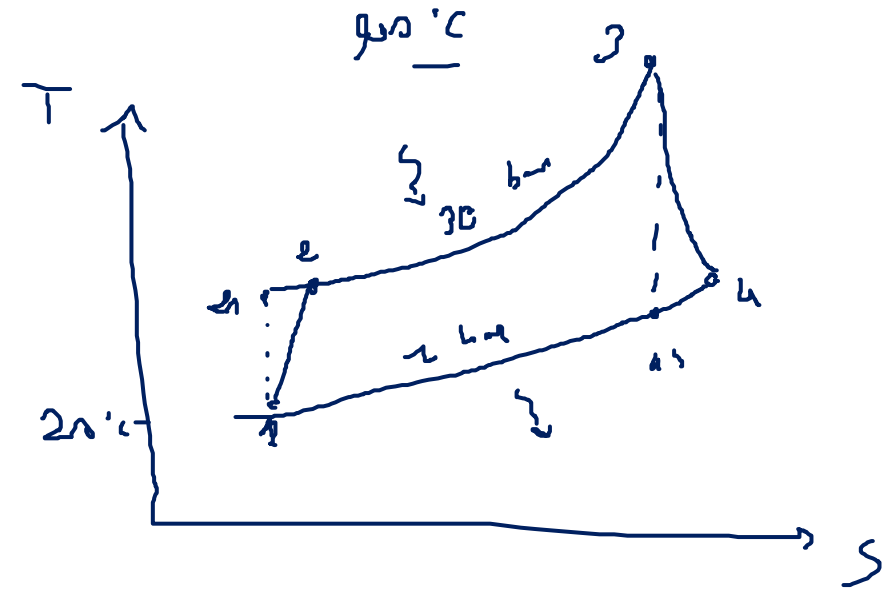
30

1173

4

1

480,3



Tema 18 Luglio 2014

Esercizio 2

• COP PRESSURA;

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

$$\kappa = \frac{C_p}{C_v}$$

G.Z. biatomico

$$= \frac{7/2}{5/2} = 1.4$$

$$T_2 = T_1 \left(P_2 / P_1 \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} = 774.3 \text{ K}$$

$$\eta_{iso,c} = \frac{h_2 - h_1}{h_2 - h_1} \stackrel{G.L.}{=} \frac{C_p (T_2 - T_1)}{C_p (T_2 - T_1)} \Rightarrow T_2 = \frac{(T_2 - T_1)}{\eta_{iso,c}} + T_1 = 799.6 \text{ K} \quad (526^\circ \text{C})$$



Tema 18 Luglio 2014

Esercizio 2

• TURBINA

$$\frac{T_3}{T_{4s}} = \left(\frac{P_3}{P_4} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} \Rightarrow T_{4s} = T_3 \cdot \left(\frac{P_4}{P_3} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} = 443,9 \text{ K}$$

$$\eta_{is,T} = \frac{\cancel{w} (h_3 - h_4)}{\cancel{h} (h_3 - h_{4s})} \stackrel{G.L.}{=} \frac{\cancel{c_p} (T_3 - T_4)}{\cancel{c_p} (T_3 - T_{4s})} \Rightarrow T_4 = T_3 - \eta_{is,T} (T_3 - T_{4s})$$
$$= 480,3 \text{ K}$$

(20°C)



Tema 18 Luglio 2014

Esercizio 2

2)

$$\eta_{\text{ciclo}} = \frac{\dot{E}_{\text{out}}}{\dot{E}_{\text{input}}}$$

$$= 1 -$$

$$\frac{\dot{Q}_F}{\dot{Q}_L}$$

$$= 1 -$$

$$\frac{y_1 (h_u - h_1)}{y_2 (h_3 - h_2)}$$

$$G.L = 1 - \frac{c_p (T_u - T_1)}{q_{ro} (T_3 - T_2)}$$

$$= 0,498$$

~~1~~

$$\eta_{\text{is, id}} = 1 - \frac{1}{\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}} = 0,62$$

$$\eta_{\text{is, id}} = 1 - \frac{T_{u5} - T_1}{T_3 - T_{21}} = 0,62$$

$\eta_{\text{is, id}} \neq \eta_{\text{is, real}}$



Tema 18 Luglio 2014

Esercizio 3

Esercizio 3. (10 punti)

Si considerino due cilindri coassiali (nel seguito, il pedice 1 indica il cilindro interno, mentre il pedice 2 indica il cilindro esterno), di lunghezza $L=2\text{m}$ e di diametro rispettivamente $D_1=30\text{cm}$ e $D_2=50\text{cm}$. Tra i due cilindri è praticato il vuoto. I due cilindri sono a temperatura diversa tra di loro ma uniformi in tutta la loro lunghezza; si conosce solo la temperatura del cilindro esterno, pari a $T_2=90^\circ\text{C}$. Il cilindro esterno, di spessore trascurabile, scambia calore esclusivamente per convezione con un fluido esterno a temperatura $T_3=25^\circ\text{C}$, con un coefficiente di scambio convettivo pari a $h=30\text{W/m}^2\text{K}$. I due cilindri sono da considerare come corpi grigi, le cui emissività hanno i seguenti valori: cilindro interno $\varepsilon_1=0.5$ e cilindro esterno $\varepsilon_2=0.7$.



Tema 18 Luglio 2014

Esercizio 3

• Dati:

ϵ_1, ϵ_2

$$\frac{V \cdot D \cdot T}{\dots} \approx \text{tra } D_1 \text{ e } D_2$$

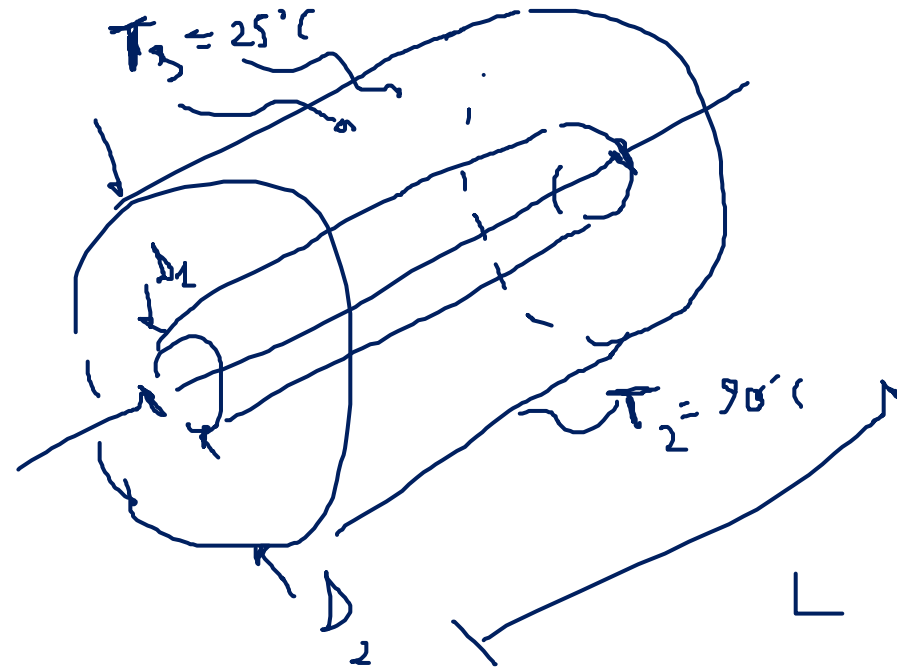
\Rightarrow 50 L 1 PRAGG.

$$T_1 = ?$$

• Bil. EN. tra D_1 e D_2 :

$$\dot{Q}_{12} =$$

$$\frac{\sigma (T_1^4 - T_2^4)}{\frac{1-\epsilon_1}{\epsilon_1 A_1} + \frac{1}{\cancel{\epsilon_2 A_1}} + \frac{1-\epsilon_2}{\epsilon_2 A_2}}$$



Tema 18 Luglio 2014

Esercizio 3

$$A_1 = (\pi D_1) \cdot L \quad ; \quad A_2 = (\pi D_2) \cdot L$$
$$| \quad = 1,884 \text{ m}^2 \quad \quad = 3,14 \text{ m}^2$$

$$\Rightarrow \frac{A_1}{A_2} \ll 1 ?$$

No! X

A_1 interna ad A_2 \rightarrow $F_n = 1$
/ conv

$$\dot{Q}_{1-2} = \dot{Q}_{2-3} = h A_2 (T_2 - T_3) = \underline{6.123 \text{ W}}$$



Tema 18 Luglio 2014

Esercizio 3

$$(T_1^h - T_2^h) = \frac{\dot{Q}_{1,2}^{\rightarrow}}{\sigma} \cdot \left(\underbrace{\frac{1-\varepsilon_1}{\varepsilon_1 A_1} + \frac{1}{A_1}}_{\downarrow} + \frac{1-\varepsilon_2}{\varepsilon_2 A_2} \right)$$

$$\frac{1 - \cancel{\varepsilon_1} + \cancel{\varepsilon_1}}{\varepsilon_1 A_1} = \boxed{\frac{1}{\varepsilon_1 A_1}}$$

$$T_1^h = \frac{\dot{Q}_{1,2}^{\rightarrow}}{\sigma} \left(\underbrace{\frac{1}{\varepsilon_1 A_1} + \frac{1-\varepsilon_2}{\varepsilon_2 A_2}}_{\downarrow} + T_2^h \right)$$

$$T_1 = \left[\dots + T_2^h \right]^{\frac{1}{4}} = 618,9 K = \boxed{345,9^{\circ} C}$$

