

LEZIONE (7) - ESERCIZI

E7.1

Es. La portata che attraversa una turbina è pari a
 $Q_m = 5000 \text{ kg/h}$
 L'entalpia del vapore d'acqua all'ingresso 1 e usata 2 è

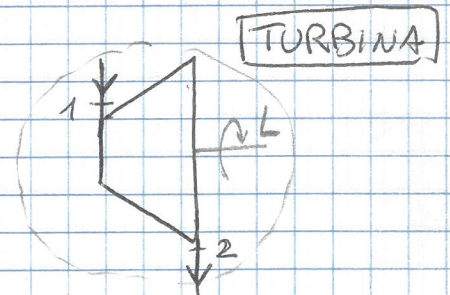
$$h_1 = 1298 \text{ kJ/kg}$$

$$h_2 = 1005 \text{ kJ/kg}$$

La velocità media:

$$W_1 = 100 \text{ m/s}$$

$$W_2 = 225 \text{ m/s}$$



Determinare la potenza fornita all'albero nelle ipotesi che siano trascurabili sia la quantità di calore scambiata con l'esterno sia la differenza di quota fra le due sezioni, e che il regime sia STAZIONARIO

Si tratta di un sistema aperto a due correnti in reg. stazionario

$$\frac{W_2^2 - W_1^2}{2} + g(z_2 - z_1) + h_2 - h_1 = \dot{q} - \dot{e}$$

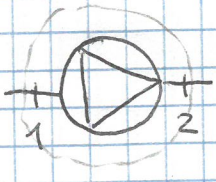
$$\begin{aligned} \dot{e} &= \frac{W_1^2 - W_2^2}{2} + h_1 - h_2 = \frac{100^2 - 225^2}{2} + (1298 - 1005) \cdot 10^3 \\ &= -20312 + 293000 \text{ J/kg} \\ &= 272,7 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

NOTA:

La variazione di energia cinetica è $< 10\%$ rispetto a \dot{e} quindi può essere trascurata (di solito W_1 e W_2 non sono dati)

$$\dot{L} = Q_m \cdot \dot{e} = \frac{5000}{3600} \cdot 272,7 = 378,8 \text{ kW}$$

Es. Una pompa opera in condizioni di E7.2
 regime stazionario e trasferisce una portata
 d'acqua in volume $Q_V = 180 \text{ m}^3/\text{h}$ alla
 temperatura di 15°C da una pressione
 iniziale $p_1 = 101,3 \text{ kPa}$ alla pressione
 finale $p_2 = 334,14 \text{ kPa}$



Il diametro della condotta di aspirazione è $D_1 = 150 \text{ mm}$
 quello di scarico $D_2 = 100 \text{ mm}$

Se l'aspirazione e lo scarico sono alla stessa quota
 e se l'energia interna specifica dell'acqua all'
 uscita è uguale a quella all'ingresso, calcolare
 il lavoro compiuto dal fluido sulla pompa.

Si consideri l'acqua un fluido incomprimibile.
 (è solo un esercizio, di solito $S_1 = S_2$)

→
 Sistema aperto a due correnti in reg. stazionario:

$$\frac{w_2^2 - w_1^2}{2} + g(z_2 - z_1) + h_2 - h_1 = q - l$$

SALVO DIVERSIFICATE SPECIFICHE
 SONO MACCHINE ADIABATICHE
 CON $q = 0$, HANNO SUPERF.
 PICCOLE E SCAMBIANO POCO
 CALORE CON L'ESTERNO

Si come il fluido è incomprimibile
 ($\rho = \text{cost.}$)

$$Q_{V1} = Q_{V2}$$

$$\Rightarrow w_1 S_1 = w_2 S_2 = Q_V$$

$$\Rightarrow w_1 = \frac{Q_V}{S_1} = \frac{4 Q_V}{\pi D_1^2} = \frac{4 \cdot 180/3600}{\pi \cdot 0,15^2} = 2,8 \text{ m/s}$$

$$w_2 = \frac{Q_V}{S_2} = \frac{4 \cdot 180/3600}{\pi \cdot 0,1^2} = 6,4 \text{ m/s}$$

$$h_2 - h_1 = u_2 + p_2 v_2 - u_1 - p_1 v_1$$

$$= (\cancel{u_2 - u_1}) + p_2 v_2 - p_1 v_1$$

$$= (p_2 - p_1) \cdot v \quad \begin{array}{l} \text{||} \\ \text{0} \end{array} \quad v_1 = v_2 = v \text{ perché fluido incomprimibile} \quad \rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$= (334,14 - 101,3) \cdot 10^3 \cdot 10^{-3} \quad \begin{array}{l} v \text{ si legge dalle tabelle, a } 15^\circ\text{C} \\ v = 10^{-3} \text{ m}^3/\text{kg} \end{array}$$

$$= 233,1 \text{ J/kg}$$

$$e = -(h_2 - h_1) - \frac{w_2^2 - w_1^2}{2} = -233,1 - \frac{6,4^2 - 2,8^2}{2}$$

$$= -233,1 - 16,6 = -249,7 \text{ J/kg}$$

TRASCURABILE
< 10%

Es. Valvola di laminazione (ES. RUBINETTO)



Attraverso una valvola di strozzamento passa del vapore d'acqua le cui condizioni all'ingresso sono $p_1 = 1378 \text{ kPa}$, $u_1 = 2596 \text{ kJ/kg}$, $v_1 = 0,187 \text{ m}^3/\text{kg}$ e $w_1 = 30 \text{ m/s}$

A valle della valvola le cui dispersioni di calore si ritengono nulle il vapore d'acqua assume le seguenti condizioni:

$$p_2 = 101,3 \text{ kPa}, \quad u_2 = 2512 \text{ kJ/kg}, \quad v_2 = 2,18 \text{ m}^3/\text{kg}$$

Determinare la velocità w_2 in uscita.

$$\frac{w_2^2 - w_1^2}{2} + g(z_2 - z_1) + h_2 - h_1 = q - e$$

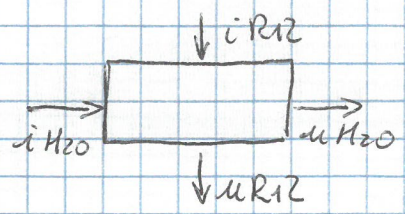
0 0 0 non compie lavoro

$$\begin{aligned}
 W_2 &= \sqrt{W_1^2 + 2(h_1 - h_2)} \\
 &= \sqrt{W_1^2 + 2(u_1 - u_2) + 2(p_1 v_1 - p_2 v_2)} \\
 &= \sqrt{30^2 + 2(2596 - 2512) \cdot 10^3 + 2(1378 \cdot 0,187 - 101,3 \cdot 2,18) \cdot 10^3} \\
 &= \sqrt{\text{TRASCURABILE} + 168'000 + 73704} = 493 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

N.B. $p_1 \neq p_2$ perché i due v sono assegnati, quindi la portata in volume non si conserva



Es Scambiatore di calore [Il più semplice è quello con due tubi concentrici, si usa per sterilizzare i succhi di frutta, detto scambiatore "tubo in tubo"]



Nello scambiatore passano:
 $Q_{mR12} = 1500 \text{ kg/h}$ allo stato di vapore con $h_{iR12} = 573,6 \text{ kJ/kg}$
 L' R12 lascia allo stato liquido lo scambiatore, con $h_{uR12} = 418,7 \text{ kJ/kg}$ e alla stessa temperatura di ingresso.

In controcorrente con il freon circola H_2O che entra a $T_i = 16^\circ\text{C}$ ed esce a $T_u = 25^\circ\text{C}$

Calcolare la portata d'acqua necessaria ad asportare il calore ceduto dall' R12

[R12 era un refrigerante usato negli elettrodomestici e automobili, ora è vietato (buco ozono) - Si usano altri gas sintetici sostitutivi - R12 è derivato dalle molecole di metano con ^{FLUORO} e ^{CLORO}

Devo usare l'equazione piú generale:

$$\sum Q_{mi} (\cancel{e_i} + \cancel{e_i} + h_i) + \frac{d}{dt} \int \rho e dV = \dot{Q} - \dot{L}$$

TRASC. TRASC. STAZIONARIO \emptyset \emptyset pareti
(non ha scambi con estero) rigide e fisse

$$\Rightarrow \sum Q_{mi} h_i = 0$$

$$Q_{m_{R12}} \cdot h_{uR12} - Q_{m_{R12}} \cdot h_{iR12} + Q_{m_{H2O}} \cdot h_{uH2O} - Q_{m_{H2O}} \cdot h_{iH2O} = 0$$

ma in regime stazionario e senza miscelazione dei fluidi.

$$\text{ho } Q_{m_{R12}} = Q_{m_{R12}} \text{ e } Q_{m_{H2O}} = Q_{m_{H2O}}$$

$$\Rightarrow Q_{m_{R12}} (h_{uR12} - h_{iR12}) = Q_{m_{H2O}} (h_{iH2O} - h_{uH2O})$$

$$\text{Devo calcolare: } \frac{Q_{m_{H2O}}}{Q_{m_{R12}}} = \frac{(h_u - h_i)_{R12}}{(h_i - h_u)_{H2O}} \quad (*)$$

Mi manca il Δh di H_2O : i processi nello scambiatore sono considerati a $p = \text{cost}$ (trascuro le perdite di carico)

$$\text{Avevo definito } c_p = \left. \frac{\partial h}{\partial T} \right|_{p=\text{cost}} \quad \text{quindi } dh = c_p \cdot dT$$

Siccome ΔT è piccolo (9°C) posso considerare $c_p = \text{cost}$

$$\text{quindi } \Delta h = c_p \cdot \Delta T \text{ e } (h_i - h_u)_{H2O} = c_p (T_i - T_u)$$

$$\text{Sostituendo in } (*) \quad [c_p = 4,187 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}]$$

$$\frac{Q_{m_{H2O}}}{Q_{m_{R12}}} = \frac{418,7 - 573,6}{4,187 (16 - 25)} = \frac{154,9}{37,7}$$

$$\text{e } Q_{m_{H2O}} = 1500 \cdot \frac{154,9}{37,7} = 6176 \text{ kg/h}$$

[l'esercizio si riferisce al CONDENSATORE DI UN FRIGORIFERO]