

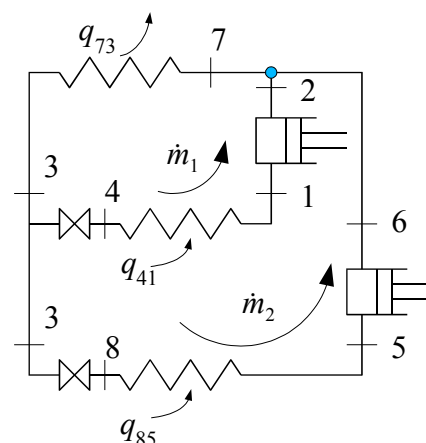
**Prova scritta di Fisica Tecnica, Fisica Tecnica Ambientale – 28.06.2004**  
 ( Ing. Civile, Edile, Ambientale, Meccanica, Navale, Elettrica, dei Materiali)

.....  
NOME COGNOME.....  
CORSO di LAUREA.....  
Voto**Esercizio 1**

Un frigorifero domestico con congelatore deve asportare un flusso termico  $q_{41}$  alla temperatura  $t_1$  ed un flusso  $q_{85}$  alla temperatura  $t_5$ . Si utilizza un ciclo a compressione di vapori con due compressioni, due laminazioni ed un condensatore come rappresentato in figura. All'entrata nei due compressori (punti 5 e 1) il fluido sia in condizioni di vapore saturo secco. Dopo la compressione le due portate di fluido frigorifero, alla stessa pressione, vengono miscelate. La portata risultante, nello stato 7, entra nel condensatore dal quale viene asportato un flusso termico  $q_{73}$  ed esce nelle condizioni 3 di liquido saturo. La portata  $\dot{m}_1$  viene laminata fino alla condizione 4 ed infine riportata isobaricamente nella condizione 1 all'uscita dall'evaporatore. La portata  $\dot{m}_2$  viene invece laminata sino allo stato 8 e fatta evaporare isobaricamente sino alla condizione 5. Sapendo che il rendimento isoentropico dei due compressori è pari a  $\eta_{ic}$  e con l'ausilio del diagramma allegato si chiede di determinare:

1. Le portate di fluido frigorifero  $\dot{m}_1$  ed  $\dot{m}_2$ ;
2. Le potenze meccaniche assorbite dai due compressori  $P_{12}$   $P_{56}$
3. L'entalpia del fluido dopo la miscelazione  $h_7$ ;
4. Il flusso asportato al condensatore  $q_{73}$ ;
5. Il coefficiente di effetto utile del ciclo  $\varepsilon$  (questo può essere ancora definito come rapporto tra effetto utile e potenza spesa) .

Gruppo	$q_{41}$ (W)	$t_1$ (°C)	$q_{85}$ (W)	$t_5$ (°C)	$\eta_{ic}$ (-)	$t_3$ (°C)
A	1000	4	500	-5	0.9	40

**Esercizio 2**

E' noto che il vento produce una sensazione di abbassamento della temperatura. Per comprendere questo fenomeno si schematizzi una persona investita dal vento alla velocità  $v_a$  e temperatura  $t_a$  come un cilindro con asse verticale di diametro  $D=33$  cm ed altezza  $H=1,75$  m, si consideri inoltre una resistenza termica specifica dovuta al vestiario pari a  $R_{clo}$  ed una temperatura superficiale della pelle  $t_{sk}=35$  °C. In queste condizioni e trascurando lo scambio termico alle basi del cilindro si calcoli:

1. il coefficiente di scambio termico specifico  $\alpha_{for}$  ed il flusso termico scambiato  $q_{for}$  in presenza di vento (convezione forzata);
2. la temperatura tra vestiario ed aria esterna  $t_{clo}$ ;
3. il coefficiente di scambio termico in aria ferma (convezione naturale)  $\alpha_{nat}$  e la temperatura esterna  $t_{anat}$  che dovrebbe avere l'aria ferma (convezione naturale) per ricavare lo stesso flusso termico ottenuto in presenza di vento  $q_{for}$  in prima approssimazione si consideri  $t_p$  come temperatura esterna.

Convezione forzata trasversale per cilindri

$$Nu = 0,3 + \frac{0,62 Re^{1/2} Pr^{1/3}}{\left[1 + \left(\frac{0,4}{Pr}\right)^{2/3}\right]^{1/4}} \left[1 + \left(\frac{Re}{282000}\right)^{5/8}\right]^{4/5}$$

Gruppo	$v_a$ (km/h)	$t_a$ (°C)	$R_{clo}$ (m² K)/W
A	20	0	0.42

Convezione naturale su cilindri verticali

$$Nu = \left\{ 0,825 + \frac{0,387 Ra^{1/6}}{\left[1 + (0,492/Pr)^{9/16}\right]^{8/27}} \right\}^2$$

dati:  $\rho = 1,26$  kg/m³ ,  $\beta = 0,003573$  1/K ,  $\mu = 1,75 \cdot 10^{-5}$  kg/(m s) ,  $c_p = 1004$  J/kg K ,  $\lambda = 0,0245$  W/(m K)

### Esercizio 1

Letture (kJ/kg) :  $h_1 = 395,6$  ;  $h_5 = 400,9$  ;  $h'_2 = 423,8$  ;  $h'_6 = 425,4$  ;  $h_3 = 256,4$

$$\dot{m}_1 = \frac{q_{41}}{h_1 - h_3} = 6,92 \cdot 10^{-3} \text{ kg/s} ; \quad \dot{m}_2 = \frac{q_{85}}{h_5 - h_3} = 3,592 \cdot 10^{-3} \text{ kg/s}$$

$$h_2 = h_1 + \frac{(h'_2 - h_1)}{\eta_{is}} = 426,3 \text{ kJ/kg} ; \quad h_6 = h_5 + \frac{(h'_6 - h_5)}{\eta_{is}} = 428,7 \text{ kJ/kg}$$

$$P_{12} = \dot{m}_1 \cdot (h_1 - h_2) = -0,176 \text{ kW} ; \quad P_{56} = \dot{m}_2 \cdot (h_5 - h_6) = -0,1189 \text{ kW}$$

$$h_7 = \frac{\dot{m}_1 h_2 + \dot{m}_2 h_6}{\dot{m}_1 + \dot{m}_2} = 427,2 \text{ kJ/kg}$$

$$q_{73} = (\dot{m}_1 + \dot{m}_2) \cdot (h_3 - h_7) = -1,79 \text{ kW}$$

$$\eta = \frac{q_{41} + q_{85}}{|P_{12}| + |P_{56}|} = 5,08$$

### Esercizio 2

$$\text{Re} = \frac{\rho v_a D}{\mu} = 132000 ; \quad \text{Pr} = \frac{c_p \mu}{\lambda} = 0,717$$

Convezione forzata

$$\text{Nu} = 261,2 \Rightarrow \alpha = \frac{\text{Nu} \cdot \lambda}{D} = 19,39 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$$

$$R''_{tot} = R_{cl} + \frac{1}{\alpha} = 0,4716 \text{ (m}^2 \text{ K)/W} ; \quad A = \pi D H = 1,794 \text{ m}^2$$

$$q_{for} = \frac{A \cdot (t_{sk} - t_a)}{R''_{tot}} = 133,12 \text{ W}$$

$$t_{clo} = t_{sk} - \frac{q_{for}}{A} \cdot R_{cl} = 3,83 \text{ }^\circ\text{C}$$

Convezione naturale

$$\text{Gr} = \frac{g \beta \rho^2 H^3 (t_{clo} - t_a)}{\mu^2} = 3,600 \cdot 10^9 ; \quad \text{Ra} = 2,582 \cdot 10^9$$

$$\text{Nu} = 165,1 \Rightarrow \alpha = \frac{\text{Nu} \cdot \lambda}{H} = 2,338 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$$

$$R''_{tot} = R_{cl} + \frac{1}{\alpha} = 0,8477 \text{ (m}^2 \text{ K)/W}$$

$$t_{nat} = t_{sk} - \frac{q_{for}}{A} \cdot R''_{tot} = -27,9 \text{ }^\circ\text{C}$$