

### Esercizio 1

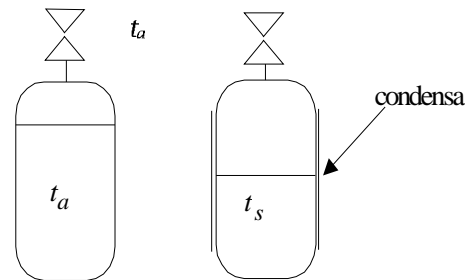
Durante lo svuotamento di una bombola si nota la formazione di condensa sulla superficie esterna. L'aria ambiente è alla temperatura  $t_a=30\text{ }^{\circ}\text{C}$  ed umidità relativa  $\phi=60\%$ . Prima del parziale svuotamento la bombola conteneva una massa  $m_i=3\text{ kg}$  di fluido R134a in un volume pari a  $V=0,0754\text{ m}^3$  alla temperatura ambiente  $t_a$ . In prima approssimazione si consideri isoentropica la trasformazione del fluido all'interno della bombola durante il processo di svuotamento, inoltre si consideri la temperatura del fluido uguale alla temperatura superficiale della bombola. Utilizzando il diagramma e le formule allegate si determini:

1. l'umidità specifica dell'aria ambiente  $x_a$ ;
2. la temperatura superficiale della bombola alla quale comincia a formarsi condensa  $t_s$ ;
3. il tracciamento della trasformazione del fluido R134a sul diagramma p-h;
4. il volume specifico del fluido all'interno della bombola nelle condizioni iniziali  $v_i$ ;
5. l'entropia del fluido R134a nelle condizioni iniziali  $s_i$ ;
6. il volume specifico del fluido  $v_f$  all'interno della bombola nell'istante in cui compare la condensa;
7. la massa di fluido rimasto nella bombola nelle stesse condizioni  $m_f$ .

per il calcolo della pressione e della temperatura di saturazione del vapore d'acqua si utilizzino le seguenti formule

$$p_s(t) = 611.85 e^{\frac{17.502t}{210.9+t}}$$

$$t_s(p) = 12,05 \left( \frac{1}{(\ln(p) - 6,417)^{-1} - 0,05714} \right)$$



### Esercizio 2

Calcolare il flusso termico scambiato per convezione naturale tra la bombola dell'esercizio precedente e l'aria ambiente supponendo una temperatura superficiale pari a  $t_s = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Per il calcolo considerare la bombola come un cilindro verticale di diametro  $D = 0.4\text{ m}$  ed altezza  $H=0.6\text{ m}$ , inoltre considerare effettivo al fine del calcolo solamente la superficie laterale del cilindro. Per il calcolo utilizzare la relazione seguente, dopo averne giustificato l'applicabilità:

$$\text{Nu} = 0,55 \text{ Ra}^{\frac{1}{4}}$$

Proprietà dell'aria:

$$\rho = 1,1774\text{ kg/m}^3 ; \lambda = 2,624 \cdot 10^{-2} ; \nu = 1,5713 \cdot 10^{-5} ; c_p = 1,006\text{ J/(kg K)}$$

## Esercizio 1

$$p_s(t_a) = 611.85 e^{\frac{17.502 t_a}{210.9 + t_a}} = 5410 \text{ Pa}$$

$$x_a = 0.622 \frac{\varphi_a p_{sa}}{p - \varphi_a p_{sa}} = 0.0206 \frac{\text{kg}_v}{\text{kg}_a}$$

$$x_r = x_a \Rightarrow p_{sr} = \frac{p x_r}{0.622 + x_r} = 3246 \text{ Pa}$$

$$t_s(p_{sr}) = 12.05 \left( \frac{1}{(\ln(p_{sr}) - 6.417)^{-1} - 0.05714} \right) = 22.22 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$v_i = \frac{V}{m_i} = 0.0251 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

$$s_i = s_f = 1.66 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$$

$$v_f = 0.0317 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

$$m_f = \frac{V}{v_f} = 2.380 \text{ kg}$$

## Esercizio 2

$$T_m = \frac{t_s + t_a}{2} + 273.15 = 298 \text{ K}$$

$$\beta = \frac{1}{T_m} = 3.356 \cdot 10^{-3} \frac{1}{\text{K}}$$

$$\text{Pr} = \frac{c_p \nu \rho}{\lambda} = 0.7091$$

$$\text{Gr} = \frac{g \beta (t_a - t_s) H^3}{\nu^2} = 2.889 \cdot 10^8$$

$$\text{Ra} = \text{Gr} \cdot \text{Pr} = 2.042 \cdot 10^8$$

$\text{Ra} < 10^9 \Rightarrow$  moto laminare, vale la relazione fornita

$$\text{Nu} = 0.55 \text{Ra}^{1/4} = 76.55$$

$$\alpha = \frac{\text{Nu } H}{\lambda} = 3.348 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}}$$

$$S = \pi D H = 0.7536 \text{ m}^2$$

$$q_c = \alpha S (t_a - t_s) = 21.67 \text{ W}$$