

.....  
NOME e COGNOME

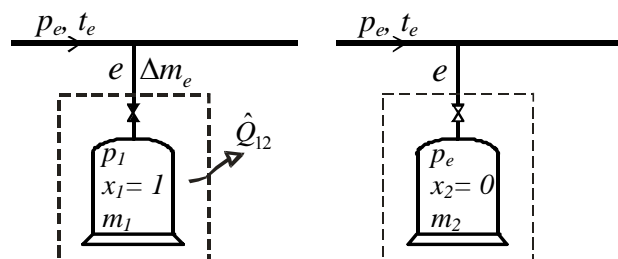
.....  
CORSO di LAUREA

.....  
Voto/i

### Esercizio

Una bombola di volume  $V$  contiene inizialmente del fluido refrigerante R134a alla pressione  $p_1$  in condizioni di vapore saturo secco.

Successivamente la bombola viene collegata ad una linea di distribuzione di R134a, nella quale quest'ultimo si trova, in condizioni di liquido sottoraffreddato, a pressione  $p_e$  e temperatura  $t_e$ . La valvola di intercettazione viene chiusa quando si osserva che la bombola contiene liquido saturo alla pressione  $p_e$ .



Servendosi della tabella allegata, relativa alle proprietà dell'R134a in condizioni di saturazione, e trascurando le variazioni di energia cinetica e potenziale, determinare:

1. La massa del fluido refrigerante  $\Delta m_e$  entrata nella bombola;
2. Il calore scambiato dalla bombola durante il processo di riempimento  $\hat{Q}_{12}$ .

Nota:

Si ricorda che l'entalpia del liquido sottoraffreddato si può valutare, con buona approssimazione, assumendola pari a quella del liquido saturo alla stessa temperatura.

TEMA	$V \text{ [m}^3\text{]}$	$p_1 \text{ [MPa]}$	$p_e \text{ [MPa]}$	$t_e \text{ [}^\circ\text{C]}$
<b>A</b>	0.10	1.0	1.2	30
<b>B</b>	0.25	1.0	1.5	40

## Soluzione

1. La massa di fluido contenuta inizialmente nella bombola è pari a:

$$m_1 = \frac{V}{v_1}$$

con  $v_1$  volume specifico del vapore saturo secco, letto dalla tabella (interpolando) in funzione di  $p_1$ .

Analogamente la massa di fluido contenuta nella bombola alla fine del processo di riempimento è data da:

$$m_2 = \frac{V}{v_2}$$

dove  $v_2$  rappresenta, in questo caso, il volume specifico del liquido saturo alla pressione  $p_e$ , ricavato dalla tabella.

Essendo:

$$m_2 = m_1 + \Delta m_e$$

si ricava:

$$\Delta m_e = m_2 - m_1$$

2. Dal bilancio di primo principio per sistemi aperti:

$$U_2 - U_1 = \hat{Q}_{12} - \hat{L}'_{12} + \sum \Delta m_e \left( h_e + \frac{w_e^2}{2} + g z_e \right) - \sum \Delta m_u \left( h_u + \frac{w_u^2}{2} + g z_u \right)$$

Nel nostro caso (una sola entrata) si ha:

$$\hat{L}'_{12} = \frac{w_e^2}{2} = g z_e = \Delta m_u = 0$$

Si ottiene pertanto:

$$\hat{Q}_{12} = U_2 - U_1 - \Delta m_e \cdot h_e$$

Dove:

$$U_2 = m_2 \cdot u_2$$

$$U_1 = m_1 \cdot u_1$$

ed i valori specifici dell'energia interna si ricavano dalle:

$$u_2 = h_2 - p_2 v_2$$

$$u_1 = h_1 - p_1 v_1$$

con i valori dell'entalpia letti dalla tabella.

L'entalpia del fluido nelle condizioni della linea di distribuzione viene approssimata con quella del liquido saturo alla stessa temperatura:

$$h_e \approx h|_{l.s.}(t_e)$$

TEMA	$\Delta m_e$ [kg]	$\hat{Q}_{12}$ [kJ]
<b>A</b>	106.9	1787
<b>B</b>	256.8	4103