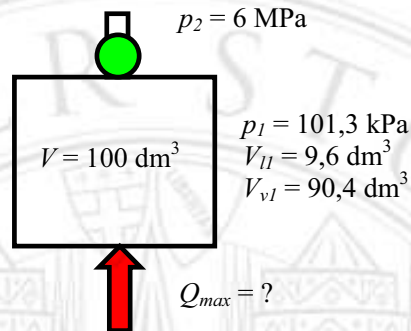


**Esercizio (vapori saturi)**

Un recipiente di volume  $V = 100 \text{ dm}^3$  contiene acqua liquida in equilibrio con il suo vapore alla pressione iniziale  $p_1 = 101,3 \text{ kPa}$ . Il liquido e il vapore occupano un volume iniziale rispettivamente di  $V_{l1} = 9,6 \text{ dm}^3$  e  $V_{v1} = 90,4 \text{ dm}^3$ .

Il recipiente è munito di una valvola di sicurezza tarata alla pressione  $p_2 = 6 \text{ MPa}$ .

Determinare la massima quantità di calore che può essere fornita al recipiente senza causare l'apertura della valvola di sicurezza.

**Soluzione**

Innanzitutto, occorre determinare le masse di liquido e di vapore nelle condizioni iniziali:

$$M_{l1} = \frac{V_{l1}}{v_{l1}} \approx \frac{9,6 \cdot 10^{-3}}{0,00104} \approx 9,23 \text{ kg} \quad (1)$$

$$M_{v1} = \frac{V_{v1}}{v_{v1}} \approx \frac{90,4 \cdot 10^{-3}}{1,694} \approx 0,053 \text{ kg} \quad (2)$$

avendo letto i valori dei volumi specifici del liquido saturo e del vapore saturo dalle tabelle per l'acqua alla pressione  $p_1 = 101,3 \text{ kPa}$ .

Si possono quindi trovare il volume specifico ed il titolo iniziali:

$$v_1 = \frac{V_1}{M_{l1} + M_{v1}} \approx \frac{100 \cdot 10^{-3}}{9,23 + 0,053} \approx 0,0107 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \quad (3)$$

$$x_1 = \frac{M_{v1}}{M_{l1} + M_{v1}} \approx \frac{0,053}{9,23 + 0,053} \approx 5,7 \cdot 10^{-3} \quad (4)$$

Nelle condizioni in cui la pressione raggiunge i 6 MPa, la massa ed il volume totali del sistema sono invariati, per cui anche il volume specifico conserva lo stesso valore.

Il titolo invece assume un nuovo valore calcolabile dalla relazione:

$$v_{2=1} = v_{l2} + x_2 v_{d2} \quad (5)$$

Da cui:

$$x_2 = \frac{v_{2=1} - v_{l2}}{v_{d2}} = \frac{v_{2=1} - v_{l2}}{v_{v2} - v_{l2}} \approx \frac{0,0107 - 0,00132}{0,0325 - 0,00132} \approx 0,30 \quad (6)$$

avendo letto i valori dei volumi specifici del liquido saturo e del vapore saturo dalle tabelle per l'acqua alla pressione  $p_2 = 6$  MPa.

La massima quantità di calore per unità di massa che può essere fornita al sistema senza causare l'apertura della valvola di sicurezza si ricava dal 1° principio, tenendo presente che il sistema è a volume costante:

$$q = u_2 - u_1 = (h_2 - p_2 v_2) - (h_1 - p_1 v_1) \quad (7)$$

L'entalpia specifica negli stati 1 e 2 si ricava leggendo i valori per il liquido ed il vapore, alle pressioni date, dalle tabelle per l'acqua:

$$h_1 = h_{l1} + r_1 x_1 \approx 417,5 + 2258 \cdot 5,7 \cdot 10^{-3} \approx 430,4 \text{ kJ/kg} \quad (8)$$

$$h_2 = h_{l2} + r_2 x_2 \approx 1213,4 + 1571 \cdot 0,3 \approx 1684,7 \text{ kJ/kg} \quad (9)$$

Sostituendo i valori trovati nella (7) si ha:

$$q = (h_2 - p_2 v_2) - (h_1 - p_1 v_1) \approx 1684,7 \cdot 10^3 - 6 \cdot 10^6 \cdot 0,0107 - 430,4 \cdot 10^3 + 101,3 \cdot 10^3 \cdot 0,0107 \approx 1191,18 \text{ kJ/kg} \quad (10)$$

Ed infine per l'intera massa del sistema:

$$Q = q(M_{l1} + M_{v1}) \approx 1191,18(9,23 + 0,053) \approx 11058 \text{ kJ} \quad (11)$$