ESERCIZIO n.4

In un sistema chiuso si miscelano adiabaticamente e a pressione costante **P = 2,7 bar** una massa **m_A = 4 kg** di acqua allo stato di vapore umido con titolo **x_A= 0,2** ed una massa **m_B = 2 kg** di acqua allo stato liquido con temperatura **T_B = 80 °C**. Determinare la temperatura finale del sistema **T_f**. **[130 °C]**

DEFINIZIONI

$$H_i = m_A h_A + m_B h_B$$
$$h = (1-x) h_l + x\, h_v = h_l + x(h_v - h_l) = x_l + x\, h_{lv}$$

Conversioni

$1\ \text{bar} = 10^5\ Pa$

$0\,°C = 273{,}15\ K$

Unità di misura

$P[Pa] = \frac{F}{l^2}[\frac{N}{m^2}] = [\frac{kg}{m \cdot s^2}]$

DATI

(A) Vap. umido	(B) Acqua sottoraffr.
$m_A = 4\ kg$	$m_B = 2\ kg$
$x_A = 0{,}2$	$T_B = 80\,°C$

$$\Delta H = \underbrace{Q}_{\substack{\text{sist. adiab.}\\ =0}} + \underbrace{L}_{\substack{\text{sist. isobaro}\\ =0}} = 0$$

$$P = 2{,}7\ \text{bar} = 0{,}27\ MPa$$

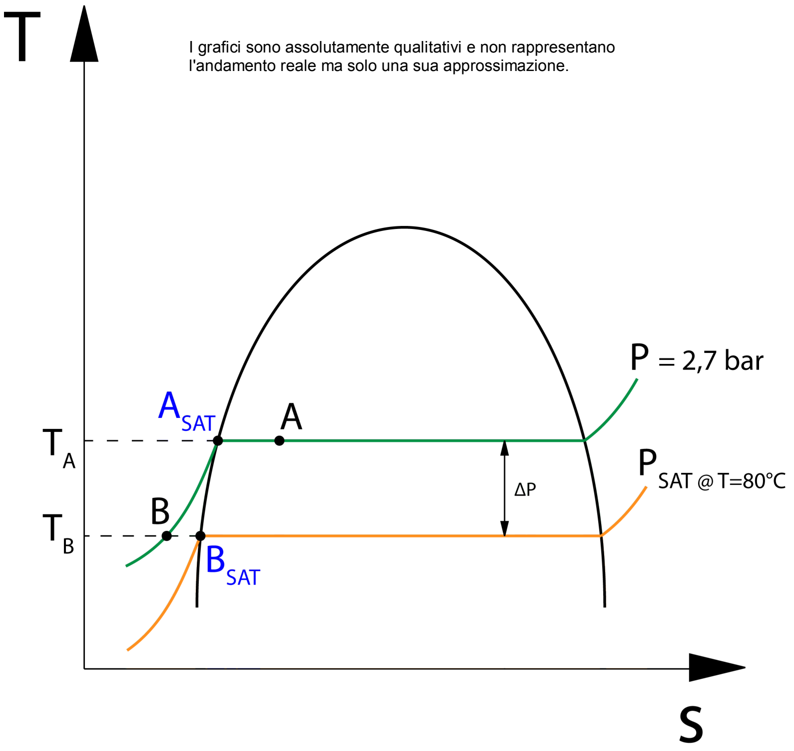
$$v_{acqua} = 0{,}001\ \frac{m^3}{kg}$$

DALLE TABELLE:

$$\begin{cases} h_l = 546{,}31 \\ h_{lv} = 2174{,}2 \end{cases} @ \begin{cases} 130\,°C \\ 0{,}27\ MPa \end{cases}$$

$$h_l = 334{,}91 \quad @ \quad 80\,°C$$

$$\boldsymbol{T_f = ?\,[°C]}$$



SOLUZIONE

Per prima cosa calcoliamo l'entalpia totale iniziale H_i

$$h_A = h_{l@0,27\,MPa} + x_A h_{lv@0,27\,MPa} = 546{,}31\frac{kJ}{kg} + 0{,}2 \cdot 2173{,}2\frac{kJ}{kg} = 980{,}95\frac{kJ}{kg}$$

$$h_B = h_{B\,SAT} + \overbrace{v\,\Delta P}^{=0\ \text{trasc.}} \simeq h_{l@T_B} = 334{,}91\frac{kJ}{kg}$$

$$H_i = m_A h_A + m_B h_B = 4\,kg \cdot 980{,}95\frac{kJ}{kg} + 2\,kg \cdot 334{,}91\frac{kJ}{kg} \simeq 4594\,kJ$$

Poi ricaviamo l'entalpia specifica finale h_f

$$H_f = H_i = 4594\,kJ \quad (\Delta H = 0)$$

$$h_f = \frac{H_f}{m_A + m_B} = \frac{4594}{4+2}\frac{kJ}{kg} \simeq 766\frac{kJ}{kg}$$

Ora che abbiamo l'entalpia finale del sistema, possiamo facilmente dedurre T_f:
Dato che $h_f > h_{l@0,27\,MPa}$ lo stato finale del sistema si troverà fra A_{SAT} e A, sulla stessa isoterma.

Il risultato della miscelazione è quindi:

$$P_f = 0{,}27\ MPa$$

$$\boldsymbol{T_f = T_{SAT@0,27\,MPa} = 130\,°C}$$

ESERCIZIO n.8

Una massa **m = 5 kg** di vapore d'acqua alla temperatura $\mathbf{T_1 = 100\ °C}$ e con titolo **x = 0.9** viene posta a contatto con una sorgente isoterma a $\mathbf{T_s = 60\ °C}$. Determinare il calore Q_S che deve essere asportato dall'acqua per raffreddarla sino alla temperatura $\mathbf{T_f = 80\ °C}$ a pressione costante. Determinare la variazione di entropia complessiva del sistema sorgente + massa di acqua. **[-10577,15 kJ, 3,4 kJ/K]**

DEFINIZIONI

$$\Delta S_{tot} = \Delta S_{Bifase} + \Delta S_{Sorgente}$$

$$h = (1-x) h_l + x h_v = h_l + x(h_v - h_l) = x_l + x h_{lv}$$

In condizioni isobare:

$$Q = m \Delta h$$

Conversioni

$1\ \text{bar} = 10^5\ Pa$

$0\ °C = 273{,}15\ K$

Unità di misura

$$P[Pa] = \frac{F}{l^2}\left[\frac{N}{m^2}\right] = \left[\frac{kg}{m \cdot s^2}\right]$$

DATI

$m = 5\ kg$

$x = 0{,}9$

$T_1 = 100\ °C \quad \rightarrow \quad T_3 = 80\ °C$

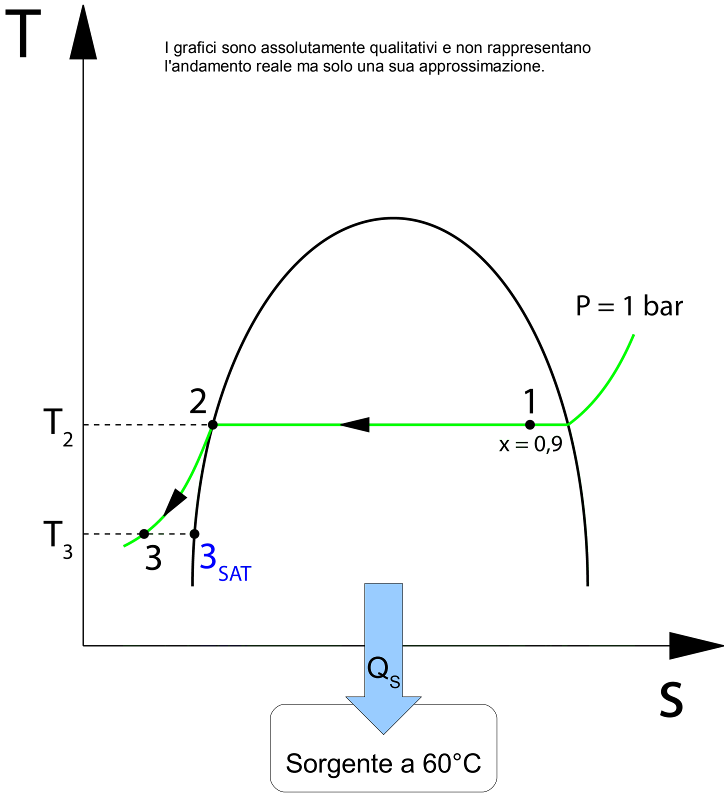
$T_S = 60\ °C = 323\ K$

DALLE TABELLE:

$$\left.\begin{array}{l} h_l = 419{,}04 \\ h_{lv} = 2031{,}3 \\ s_l = 1{,}08 \end{array}\right\} @\ 100\ °C$$

$$\left.\begin{array}{l} h_l = 334{,}91 \\ s_l = 1{,}31 \\ s_v = 7{,}35 \end{array}\right\} @\ 80\ °C$$

$$\boldsymbol{Q_S = ?[J] \qquad \Delta S_{tot} = ?[J]}$$



SOLUZIONE

Calcoliamo l'entalpia e l'entropia dello stato iniziale e di quello finale

$$h_1 = h_{l@T_1=100°C} + x\, h_{lv@T_1=100°C} = (419{,}04 + 0{,}9\, 2031{,}3)\frac{kJ}{kg} = 2450{,}34\frac{kJ}{kg}$$

$$h_3 \simeq h_{3\,SAT} = h_{l@T_3=80°C} = 334{,}91\frac{kJ}{kg}$$

$$s_1 = (1-x)s_{l@T_3=80°C} + x\, s_{v@T_3=80°C} = 0{,}1 \cdot 1{,}31\frac{kJ}{kg \cdot K} + 0{,}9 \cdot 7{,}35\frac{kJ}{kg \cdot K} \simeq 6{,}75\frac{kJ}{kg \cdot K}$$

$$s_3 \simeq s_{3\,SAT} = s_{l@T_3=80°C} = 1{,}08\frac{kJ}{kg \cdot K}$$

Ora abbiamo tutto il necessario per calcolare Q_S , ΔS_{bifase} e $\Delta S_{Sorgente}$

$$\boldsymbol{Q_S} = m\Delta h = m(h_3 - h_1) = 5\,kg\,(334{,}91 - 2450{,}34)\frac{kJ}{kg} = \mathbf{-10577{,}15\ kJ}$$

$$\Delta S_{bifase} = m(s_3 - s_1) = 5\,kg\,(1{,}08 - 6{,}75)\frac{kJ}{kg \cdot K} = -28{,}35\frac{kJ}{K}$$

$$\Delta S_{Sorgente} = \frac{Q_S}{T_S} = \frac{-10577{,}15\,kJ}{323\,K} = 31{,}76\frac{kJ}{K}$$

Infine $\boldsymbol{\Delta S_{tot}} = (31{,}76 - 28{,}35)\frac{kJ}{K} \simeq \mathbf{3{,}4\frac{kJ}{K}}$