

COGNOME:

NOME:

MATRICOLA:

Termodinamica (Scienza e Ingegneria dei Materiali)
Prova d'esame del 10.01.2006

Problema I (10 punti)

Una macchina esegue un perfetto ciclo di Carnot fra le temperature di 300°C e 25°C. Sapendo che la potenza che si ricava dal ciclo, espressa in kW, è uguale al vostro numero di matricola (senza prefisso), si calcolino:

1. Le portate termiche delle isoterme a 300°C e a 25°C.

Sapendo inoltre che il fluido è assimilabile ad un gas ideale con le proprietà termiche dell'aria, si calcoli:

2. Il rapporto di compressione (o di espansione) nelle due adiabatiche del ciclo.

Problema II (10 punti)

Alla pressione di 5 atm, due liquidi immiscibili formano un eutettico di composizione 0,7. Si calcolino:

3. Le tensioni di vapore dei due composti alla temperatura dell'eutettico (chiamando A il composto più volatile e B l'altro).

Alla stessa pressione, una sospensione equimolare dei due liquidi viene fatta bollire fino alla completa scomparsa di uno dei due liquidi. Sapendo che il numero di moli iniziali è pari al vostro numero di matricola (senza prefisso), si calcoli:

4. Quante moli (di A o di B?) sono rimaste in fase liquida.

Problema III (10 punti)

Un deposito di materiale sensibile all'umidità deve essere condizionato a 20°C ed umidità relativa 40%. Sapendo che in estate l'aria ambiente può raggiungere i 35°C con una umidità dell'80%, si calcoli:

5. L'acqua da sottrarre (per condensazione) per ogni kg di aria secca entrante.

6. La temperatura (ovviamente inferiore a 20°C) da raggiungere per condensare tale acqua (prima di riscaldare nuovamente a 20°C).

Quesito 1

Per un ciclo di Carnot il rendimento è dato da:

$$\eta = \frac{L}{\dot{Q}_2} = \frac{P}{\dot{Q}_2} = 1 - \frac{T_1}{T_2} = 1 - \frac{298}{573} = 0,480$$

dove L è il lavoro utile prodotto dal ciclo, \dot{Q}_2 il calore fornito alla temperatura alta ($T_2 = 573$ K), P la potenza utile prodotta, \dot{Q}_1 la potenza fornita alla temperatura alta e $T_1 = 298$ K è la temperatura bassa.

Poiché la potenza (uguale al vostro numero di matricola, $P = 100$ kW) ed il rendimento sono noti, possiamo ricavare la potenza fornita alla temperatura alta:

$$\dot{Q}_2 = \frac{P}{\eta} = \frac{100}{0,480} = 208 \text{ kW}$$

Infine, poiché si tratta di un ciclo $\Delta H = 0$ e quindi:

$$\Delta H = \dot{Q} - P = \dot{Q}_1 + \dot{Q}_2 - P = 0$$

da cui si ricava la potenza, \dot{Q}_1 , ceduta alla temperatura $T_1 = 298$ K

$$\dot{Q}_1 = -\dot{Q}_2 + P = -208 + 100 \text{ kW} = -108 \text{ kW}$$

Quesito 2

Il rapporto di compressione, β , nelle due adiabatiche (compressione ed espansione) del ciclo è dato da:

$$\frac{T_2}{T_1} = \beta^{R/C_p}$$

da cui, utilizzando il calore specifico dell'aria ($C_p = 7,073$ cal/mol K, da tab. 19), si ricava $\beta = 10,3$.

Quesito 3

I due liquidi sono completamente immiscibili, quindi alla temperatura eutettica valgono le seguenti relazioni:

$$p_A^0 = py_A^* = 3,5 \text{ atm}$$

$$p_B^0 = py_B^* = 1,5 \text{ atm}$$

Quesito 4

Facendo bollire una sospensione equimolare ($z_A = 0,5$) di A e B fino alla completa scomparsa di uno dei due liquidi, poiché $z_A < y_A^*$ il liquido che scompare è A (**in fase liquida resta soltanto B**).

Le moli totali sono 100 (50 di A e 50 di B). Poiché A è tutto in fase vapore (e la sua frazione molare è y_A^*):

$$n_A = 50 = Vy_A^*$$

$$\text{da cui si ottiene } V = \frac{50}{0,7} = 71,4 \text{ mol .}$$

$$L = n_B^{liq} = 100 - 71,4 = 28,6 \text{ mol}$$

Con l'ausilio della Fig. 5.19b (Perry) si ricava che l'umidità assoluta di un'aria avente umidità relativa 80% alla temperatura di 35°C è $H_1 = 0,029$ kg/kg aria secca; mentre l'umidità assoluta di un'aria avente umidità relativa 40% alla temperatura di 20°C è $H_2 = 0,006$ kg/kg aria secca. La differenza tra questi due valori è la quantità di acqua da condensare per ogni chilogrammo di aria secca entrante:

$$m_{acq} = H_1 - H_2 = 0,023 \text{ kg/kg aria secca .}$$

Quesito 6

La temperatura, T , che è necessario raggiungere per condensare tale acqua (prima di riscaldare nuovamente il sistema a 20°C) la si ottiene tenendo conto che perché avvenga la condensazione il sistema deve essere saturo, quindi:

$$H_2 = \frac{18}{29} \frac{p^0(T)}{p - p^0(T)} = 0,006 \text{ kg/kg aria secca}$$

Dalla eq. precedente ricaviamo:

$$p^0(T) = 7,3 \text{ mmHg}$$

e quindi, dalla Tab 3-5 (Perry), la temperatura

$$T \approx 7 \text{ °C}$$