

**Esame di Fisica Tecnica – Ingegneria Gestionale 3 – A.A. 2014/2015**  
**prova del 28/01/2015**

Cognome e Nome:

Matricola:

|  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|

x

y

**Esercizio 1**

In un dispositivo cilindro pistone senza attrito è contenuta inizialmente una massa di  $x+y$  g di CO<sub>2</sub> alla pressione di  $0.5 + y/10$  Mpa e alla temperatura di  $1000 + 50 \cdot x$  K. Successivamente il gas viene fatto espandere adiabaticamente fino alla pressione di 100 kPa. Calcolare il lavoro prodotto durante la trasformazione: \_\_\_\_\_ J [3 punti]

$$m = (x + y) / 1000 \text{ 'kg di CO}_2$$

$$\text{If } m = 0 \text{ Then } m = 1 / 1000$$

$$p_1 = (0.5 + y / 10) * 1000 \text{ 'kPa}$$

$$T_1 = 1000 + 50 * x \text{ 'K}$$

$$p_2 = 100 \text{ 'kPa}$$

' Dalla Tabella A.2 ricaviamo R e k per la CO<sub>2</sub>

$$R = 0.1889 \text{ 'kJ/kgK}$$

$$k = 1.289$$

'Calcolare il lavoro prodotto

' essendo la trasformazione adiabatica avremo

$$p_1 * V_1^k = p_2 * V_2^k$$

' ovvero

$$p_1^{(1-k)} * T_1^k = p_2^{(1-k)} * T_2^k$$

' considerato che il lavoro è pari a: '  $L = \int p \, dV = \int C * V^{(-k)} \, dV$

' integrando si avrà  $L = (p_2 V_2 - p_1 V_1) / (1-k) = m * R * (T_2 - T_1) / (1-k)$

' calcoliamo quindi T<sub>2</sub>

$$T_2 = T_1 * (p_1 / p_2)^{((1 - k) / k)}$$

' da cui consegue che

$$L = m * R * (T_2 - T_1) / (1 - k)$$

$$\text{Risultato} = L * 1000 \text{ 'J}$$

**Esercizio 2**

In uno scambiatore di calore aria-acqua, entra una portata massica di aria di  $10+x$  kg/s di aria alla temperatura di  $230+10y$  °C uscendone alla temperatura di 25°C. Nel secondo circuito entra acqua alla temperatura di 10°C uscendone a  $20-x$  °C. Calcolare la portata massica di acqua che circola nel secondo circuito assumendo per quest'ultima un calore specifico di 4.18 kJ/kgK: \_\_\_\_\_ kg/s [3 punti]

$$m_1 = 10 + x \text{ 'kg/s}$$

$$T_{11} = 230 + 10 * y \text{ '°C}$$

$$T_{12} = 25 \text{ '°C}$$

$$T_{21} = 10 \text{ '°C}$$

$$T_{22} = 20 - x \text{ '°C}$$

$$c_{p2} = 4.18 \text{ 'kJ/kg}$$

' determinare m<sub>2</sub>

'per il 1° ptd per i sistemi aperti dovrà essere  $m_1 * c_{p1} * (T_{12} - T_{11}) = -m_2 * c_{p2} * (T_{22} - T_{21})$

'pertanto  $\Rightarrow m_2 = m_1 * c_{p1} * (T_{12} - T_{11}) / (c_{p2} * (T_{21} - T_{22}))$

'trovo il cp dell'aria alla temperatura media di trasf

' Dalla Tab. A.3 ho che (in funz. della temperatura in K)

$$c_{p400} = 1.013 \text{ 'kJ/kgK}$$

$$c_{p450} = 1.02 \text{ 'kJ/kgK}$$

$$t_m = (T_{11} + T_{12}) / 2 + 273 \text{ 'K}$$

$$c_{p1} = c_{p400} + (c_{p450} - c_{p400}) * (t_m - 400) / 50$$

' da cui consegue che

$$m_2 = m_1 * c_{p1} * (T_{12} - T_{11}) / (c_{p2} * (T_{21} - T_{22}))$$

$$\text{Risultato} = m_2 \text{ 'kg/s}$$

### Esercizio 3

Calcolare la variazione di entropia totale relativa alla trasformazione descritta nell'esercizio 1: \_\_\_\_\_ kJ/K [3 punti]

Poiché la trasformazione è adiabatica e reversibile la variazione deve essere 0!

### Esercizio 4

Un impianto frigorifero a compressione di vapore impiega il refrigerante R134a come fluido evolvente. La potenza che l'impianto deve sottrarre dalla cella è di  $10+x$  kW al fine di mantenerne costante la temperatura a  $y$  °C. Ipotizzando che l'evaporatore operi ad una temperatura di 5° C più bassa e che nel condensatore la pressione sia pari a 0.8 MPa, determinare:

- la temperatura massima alla quale il fluido entra nel condensatore: \_\_\_\_\_ °C [3 punti]

- il COP: \_\_\_\_\_ [3 punti]

- la potenza elettrica assorbita dalla rete per far funzionare il compressore (assumere il rendimento elettrico pari al 95%):

\_\_\_\_\_ kW [3 punti]

$Q_f = 10 + x$  'kW  
 $T_{cella} = y$  '°C  
 $t_i = T_{cella} - 5$  '°C  
 $p_s = 0.8$  'MPa

'Per trovare la T di ingresso nel condensatore dobbiamo trovare le condizioni di uscita dall'evaporatore

' Alla temperatura  $t_i$  troviamo l'entropia del vapore saturo e l'entalpia

' Ci serve la tabella A.13 da cui trovare  $s_2$  e  $h_2$

'Ora andiamo sulla TabA.15 e, alla  $p=0.8$  Mpa troviamo l'entropia  $s_3=s_2$

' e la temperatura corrispondente  $t_3$

'ora dobbiamo trovare il  $COP=Q_f/L=(h_2-h_1)/(h_3-h_2)$

' quindi ci serve trovare anche l'entalpia  $h_3$  sempre dalla stessa tabella

'mentre  $h_1=h_4$  la troviamo come entalpia del liquido saturo alla  $T_{sat}=31.31$ °C (Tabella A.14)

$h_1 = 95.47$  'kJ/kg

$COP = (h_2 - h_1) / (h_3 - h_2)$

'per finire ci viene chiesta la potenza elettrica assorbita, sapendo che  $L_m=L_{el}*\eta_{el}$

' e che  $L=Q_f/COP ==>$

$L_{el} = (Q_f / COP) / 0.95$

**Risultato 1 =  $t_3$  '°C**

**Risultato 2 = COP '**

**Risultato 3 =  $L_{el}$  'kW**

### Esercizio 5

La parete di una cella frigorifera nella quale la temperatura interna è mantenuta a  $-5-y$  °C è costituita da  $5+x$  cm di calcestruzzo ( $\lambda = 1.5$  W/mK) rivestita da uno strato esterno di polistirene espanso ( $\lambda = 0.03+y/1000$  W/mK). Sapendo che il coefficiente di scambio termico superficiale interno alla cella è di  $4+y/10$  W/m<sup>2</sup>K, mentre all'esterno la temperatura è di  $20+x$ °C e il coefficiente di scambio termico superficiale è pari a 20 W/m<sup>2</sup> K, determinare:

- lo spessore che il polistirene deve avere affinché la temperatura sulla superficie interna della cella non differisca di più di 2°C da quella dell'aria interna: \_\_\_\_\_ cm [3 punti]

- la potenza termica unitaria scambiata attraverso la parete: \_\_\_\_\_ W/m<sup>2</sup> [3 punti]

$t_i = -5 - y$  '°C  
 $s_1 = (5 + x) / 100$  'm  
 $l_1 = 1.5$  'W/mK  
 $l_2 = 0.03 + y / 1000$  'W/mK  
 $h_i = 4 + y / 10$  'W/m<sup>2</sup>K  
 $h_e = 20$  'W/m<sup>2</sup>K  
 $t_e = 20 + x$  '°C

'calcolo le resistenze note

$R_{si} = 1 / h_i$

$R_{se} = 1 / h_e$

$R_l = s_1 / l_1$

' per trovare lo spessore di PES richiesto devo porre la condizione che  $t_{si}=t_i+2$  °C ==> $t_{si}-t_i=2$   
 $t_{si} = t_i + 2$

' sapendo che  $(t_{si}-t_i)/R_{si} = (t_e-t_i)/R_{tot}$  ==>  
 $R_{tot} = R_{si} * (t_e - t_i) / (t_{si} - t_i)$

'sapendo che  $R_{tot} = R_{si} + R_1 + R_2 + R_{se}$  ==>  
 $R_2 = R_{tot} - R_{si} - R_{se}$   
' e quindi  
 $s_2 = R_2 * l_2$

' la potenza unitaria scambiata sarà invece

$Q = (t_e - t_i) / R_{tot}$

**Risposta 1 =  $s_2 * 100$  'cm**

**Risposta 2 =  $Q$  'W/m<sup>2</sup>**

### Esercizio 6

Una portata volumetrica di  $10+x$  m<sup>3</sup>/h entra in una unità di trattamento aria a  $T = 25+y$  °C e UR =  $55+2x$  %. L'aria passa prima attraverso una batteria fredda in cui la temperatura viene abbassata fino a  $8+x$  °C e successivamente in una batteria calda che somministra una potenza di  $10+y$  W. Determinare:

- la portata massica di acqua che condensa nella batteria fredda: \_\_\_\_\_ g/h [3 punti]

- la temperatura all'uscita della UTA: \_\_\_\_\_ °C [3 punti]

$V = 10 + x$  'm<sup>3</sup>/h

$T_1 = 25 + y$  '°C

$ur_1 = 55 + 2 * x$  '%

$T_2 = 8 + x$  '°C

$Q_c = 10 + y$  'W

$c_a = 1.005$  ' cp aria

$c_v = 1.82$  ' cp vapore

$h_{v0} = 2501.3$  ' entalpia di vaporizzazione

$\rho = 1.2$  'kg/m<sup>3</sup> aria

' trovo le condizioni iniziali dalle tabelle, grafico, o con le formule

$x_1 = \text{titolo}(T_1, ur_1)$

' alla temp  $T_2$  il titolo sarà

$x_2 = \text{titolo}(T_2, 100)$

' quindi l'acqua che condensa è pari a

$m_{h_2o} = V * \rho * (x_1 - x_2)$  'g/h

'trovo l'entalpia del punto 2

$h_2 = c_a * T_2 + (x_2 / 1000) * (h_{v0} + c_p * T_2)$

' e poichè so che  $Q_c = m_a * (h_3 - h_2)$  ==>

$h_3 = h_2 + (Q_c / 1000) / (V * \rho / 3600)$  'kJ/kg

'dal grafico trovo quindi  $T_3$ , oppure se voglio usare le formule, ricordo che

$h = (c_a + x * c_v / 1000) * t_a + x * h_{v0} / 1000$

' e poichè  $x$  è nota ==>

$t_3 = (h_3 - x_2 * h_{v0} / 1000) / (c_a + x_2 * c_v / 1000)$

**Risposta 1 =  $m_{h_2o}$  'g/h**

**Risposta 2 =  $t_3$  '°C**