

**Esame di Fisica Tecnica – Ingegneria Gestionale 3 – A.A. 2013/2014**  
**prova del 24/06/2014**

Cognome e Nome:

Matricola:

--	--	--	--	--	--

x

y

**Esercizio 1**

Un dispositivo cilindro-pistone contiene  $1+x/10$  kg di acqua alla temperatura di  $300+5x$  K. Sapendo che il volume delimitato dal pistone è di  $4+y/2$  l, determinare il titolo del vapore: \_\_\_\_\_ [3 punti]

$$m = 1 + x / 10 \text{ 'kg}$$

$$t = 300 + 5 * x - 273 \text{ '°C}$$

$$V = 4 + y / 2 \text{ 'l}$$

$$V = V / 1000 \text{ 'm}^3$$

' trovo i volumi totali alla temperatura assegnata

$$v_l = m * v_{\text{lsatH2O}}(t)$$

$$v_v = m * v_{\text{vsatH2O}}(t)$$

' trovo il titolo

$$' V = (1-x)*v_l + x*v_v = v_l + x*(v_v - v_l) \implies x = (V - v_l) / (v_v - v_l)$$

$$\text{tit} = (V - v_l) / (v_v - v_l)$$

$$\text{Risultato} = \text{tit} * 1000 \text{ '}$$

**Esercizio 2**

Una corrente d'aria entra in un ugello in regime stazionario a  $250+5x$  kPa e a  $77$  °C, a un a velocità di  $50$  m/s, e ne esce a  $85$  kPa e a  $280+10y$  m/s. Assumendo  $c_p = 1.005$  kJ/kgK, e sapendo che la potenza termica scambiata dall'ugello al mezzo circostante (che si trova a  $20+x$  °C) ammonta a  $3+y/10$  kJ/kg, determinare la temperatura di uscita dall'ugello: \_\_\_\_\_ K [3 punti]

$$p_1 = 250 + 5 * x \text{ 'kPa}$$

$$t_1 = 77 + 273 \text{ 'K}$$

$$w_1 = 50 \text{ 'm/s}$$

$$p_2 = 85 \text{ 'kPa}$$

$$w_2 = 280 + 10 * y \text{ 'm/s}$$

$$q_{12} = 3 + y / 10 \text{ 'kJ/kg uscente!!}$$

$$c_p = 1.005 \text{ 'kJ/kg/K}$$

$$t_{\text{air}} = 20 + x + 273 \text{ 'K}$$

' Si deve applicare il 1° PTD per i sistemi aperti in base al quale

$$' q_{12} - h_{12} = (h_2 - h_1) + (w_2^2 - w_1^2) / 2 + g(z_2 - z_1)$$

' sappiamo che  $z_1 = 0$  e  $z_2 = z_1$

' assimilando l'aria ad un gas ideale possiamo ricavare la densità

' nelle condizioni di ingresso  $\rho_{h1} = 1/v_1 = p_1 / (R * t_1)$

$$R = 0.287 \text{ 'kJ/kgK}$$

' l'analisi dimensionale ci dice che  $\text{kPa} / ((\text{kJ}/(\text{kg} * \text{K})) * \text{K}) = (\text{kN}/\text{m}^2) / ((\text{kN} * \text{m})/\text{kg})$

' quindi il risultato sarà espresso in  $\text{kg}/\text{m}^3$

$$\rho_{h1} = p_1 / (R * t_1)$$

' a questo punto posso calcolare la variazione di entalpia

$$' h_2 - h_1 = c_p(t_2 - t_1)$$

$$t_2 = t_1 - q_{12} / c_p - (w_2^2 - w_1^2) / (2 * 1000 * c_p)$$

$$\text{Risultato} = t_2 \text{ 'K}$$

### Esercizio 3

Con riferimento ai dati dell'esercizio precedente, determinare l'entropia totale generata durante la trasformazione:

\_\_\_\_\_ kJ/kgK [3 punti]

' uso i dati dell'esercizio precedente

' uso l'equazione del Tds

'  $DS = c_p \ln(t_2/t_1) - R \ln(p_2/p_1) = s_2 - s_1$

' questa è la variazione di entropia dell'aria che fluisce nell'ugello

$DS_{air} = c_p \cdot \text{Log}(t_2 / t_1) - R \cdot \text{Log}(p_2 / p_1)$

' tuttavia per trovare l'entropia generata devo scrivere il bilancio globale

'  $ds/dt = q_1/T_1 + m(s_1 - s_2) + S_{gen}$

' poichè  $q_{12}$  è fornito all'ambiente

$S_{gen} = q_{12} / t_{air} + DS_{air}$

**Risultato =  $S_{gen}$  'kJ/kgK**

### Esercizio 4

Un impianto funziona in base ad un ciclo Brayton con rigenerazione, prelevando aria alla temperatura di 300 K e 1 bar, per portarla, all'ingresso in turbina, ad una pressione di  $7+x/10$  bar e a una temperatura di  $1200+10y$  K. Sapendo che si vuole produrre una potenza utile netta di  $1+y/10$  MW, e che l'efficienza del rigeneratore è pari a  $0.75+y/100$ , determinare:

- la temperatura di uscita dalla turbina: \_\_\_\_\_ K [3 punti]

- la potenza erogata dalla turbina: \_\_\_\_\_ MW [3 punti]

- la portata massica di combustibile da bruciare in camera di combustione, assumendo un potere calorifico  $H_c = 9000$  kcal/kg:

\_\_\_\_\_ kg/min [3 punti]

$t_1 = 300$  'K

$p_1 = 1$  'bar

$\beta = 7 + x / 10$

$P_{un} = 1 + y / 10$  'MW

$P_{un} = P_{un} \cdot 1000$  'kW

$t_3 = 1200 + 10 \cdot y$  'K

$\epsilon = 0.75 + y / 100$  'efficienza rigeneratore

' parametri per ciclo ad aria standard

$k = 1.4$

$c_p = 1.005$

$c_v = 0.718$

' trovo prima  $t_2$  e  $t_4$

$t_2 = t_1 \cdot (\beta^{((k-1)/k)})$

$t_4 = t_3 \cdot \beta^{((1-k)/k)}$

' trovo i lavori specifici per compressore e turbina (in valore assoluto)

$l_C = c_p \cdot (t_2 - t_1)$

$l_T = c_p \cdot (t_3 - t_4)$

' calcolo la portata massica di fluido evolvente a partire dal lavoro utile netto

$l_{Un} = l_T - l_C$

$m = P_{un} / l_{Un}$

' calcolo la temperature di uscita dal rigeneratore

$t_5 = t_2 + \epsilon \cdot (t_4 - t_2)$

' il calore da somministrare risulta

'  $q = m \cdot c_p \cdot (t_3 - t_5)$

$H_c = 9000 \cdot 4.187$  'kJ/kg

$m_c = m \cdot c_p \cdot (t_3 - t_5) / H_c$

**Risultato 1 =  $t_4$  'K**

**Risultato 2 =  $m \cdot l_T / 1000$  'MW**

**Risultato 3 =  $m_c \cdot 60$  'kg/min**

NOTE: E' necessario consegnare solo il presente foglio debitamente compilato. Salvo diversa indicazione i risultati saranno considerati corretti se il valore sarà contenuto entro un intervallo del  $\pm 2\%$  rispetto al valore di riferimento. La consegna con almeno 40 min di anticipo dà diritto al 10% di incremento sulla valutazione conseguita, mentre l'incremento sarà proporzionalmente ridotto se l'anticipo è inferiore.

### Esercizio 5

Uno scambiatore di calore in equicorrente a doppio tubo viene adoperato per riscaldare una portata di  $1+x/10$  kg/s di acqua dalla temperatura di  $20^\circ\text{C}$  a  $70+y^\circ\text{C}$ . Per il riscaldamento si utilizza l'energia termica dell'acqua calda proveniente da un sistema di cogenerazione e disponibile a  $160^\circ\text{C}$  con una portata di  $2+y/10$  kg/s. Se il coefficiente di scambio termico globale dello scambiatore è di  $750+10x$  W/(m<sup>2</sup> °C), sapendo che i calori specifici dell'acqua proveniente dall'impianto e dell'acqua da riscaldare sono di  $4.31$  kJ/(kg °C) e di  $4.18$  kJ/(kg °C). Determinare:

- la temperatura di uscita del secondo fluido: \_\_\_\_\_ °C [3 punti]
- la differenza media logaritmica di temperatura: \_\_\_\_\_ °C [3 punti]
- l'area della superficie di scambio necessaria a portare il primo fluido alla temperatura desiderata: \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup> [3 punti]

$$m1 = 1 + x / 10 \text{ 'kg/s}$$

$$t11 = 20 \text{ '°C}$$

$$t12 = 70 + y \text{ '°C}$$

$$t21 = 160 \text{ '°C}$$

$$m2 = 2 + y / 10 \text{ 'kg/s}$$

$$D = 0.03 \text{ 'm}$$

$$U = 750 + 10 * x \text{ 'W/m2K}$$

$$cp1 = 4.18 \text{ 'kJ/kgK}$$

$$cp2 = 4.31 \text{ 'kJ/kgK}$$

' la potenza termica necessaria al primo circuito per riscaldare l'acqua  
' sarà:

$$Q1 = m1 * cp1 * (t12 - t11)$$

' poichè tale potenza sarà sottratta al fluido circolante nel secondo  
' circuito, esso uscirà alla temperatura t22 risultante da  
'  $Q2 = m2*cp2*(t22-t21) = -Q1$

$$t22 = t21 - Q1 / (m2 * cp2)$$

' conseguentemente la diff. media logaritmica sarà data da

$$DT1 = t21 - t11$$

$$DT2 = t22 - t12$$

$$DTL = (DT1 - DT2) / \text{Log}(DT1 / DT2)$$

' calcolo l'area della superficie di scambio

$$A = 1000 * Q1 / (U * DTL)$$

$$\text{Risultato 1} = t22 \text{ '°C}$$

$$\text{Risultato 2} = DTL \text{ '°C}$$

$$\text{Risultato 3} = A \text{ ' m2}$$

### Esercizio 6

L'impianto di condizionamento di un centro commerciale deve compensare l'effetto di un carico termico di  $1000+10x$  kcal/h e un carico igrometrico di  $1+y/5$  kg/h di vapore d'acqua, mantenendo l'ambiente a  $24^\circ\text{C}$  con UR del 50%. Fissando la temperatura di immissione dell'aria a  $17^\circ\text{C}$ , determinare:

- la pendenza della retta d'immissione: \_\_\_\_\_ kJ/g [3 punti]
- la portata massica di aria secca che deve circolare nell'impianto: \_\_\_\_\_ kg/h [3 punti, tolleranza  $\pm 5\%$ ]

$$Qs = 1000 + 10 * x \text{ 'kcal/h}$$

$$mv = 1 + y / 5 \text{ 'kg/h}$$

$$ta = 24 \text{ '°C}$$

$$URa = 50 \text{ '\%}$$

$$ti = 17 \text{ '°C}$$

NOTE: E' necessario consegnare solo il presente foglio debitamente compilato. Salvo diversa indicazione i risultati saranno considerati corretti se il valore sarà contenuto entro un intervallo del  $\pm 2\%$  rispetto al valore di riferimento. La consegna con almeno 40 min di anticipo dà diritto al 10% di incremento sulla valutazione conseguita, mentre l'incremento sarà proporzionalmente ridotto se l'anticipo è inferiore.

hv = 2501 + 1.82 \* ta 'kJ/kg

pend = Qs \* 4.187 / mv + hv 'kJ/kg

pend = pend / 1000 'kJ/g

ha = entalpia\_ur(ta, URa)

xa = titolo(ta, URa)

` a questo punto trovo il titolo nelle condizioni di immissione e ricavo la m

xi = x\_immissione(ha, xa, pend, ti)

m = 1000 \* mv / (xa - xi)

**Risultato 1 = pend 'kJ/g**

**Risultato 2 = m 'kg/h**