

**Esame di Fisica Tecnica – Ingegneria Gestionale 3 – A.A. 2013/2014**  
**prova del 28/01/2014**

Cognome e Nome:

Matricola:

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

x

y

**Esercizio 1**

Un sistema cilindro-pistone senza attrito contiene CO<sub>2</sub> in un volume iniziale di  $1+x/10$  m<sup>3</sup> alla pressione di  $100+5y$  kPa e alla temperatura di 130°C. Si somministra calore mentre il pistone è libero di muoversi e la temperatura rimane costante. Determinare il lavoro compiuto dal pistone sapendo che il volume finale è il doppio di quello iniziale: \_\_\_\_\_ kJ [3 punti]

$$V1 = 1 + x / 10 \text{ 'm}^3$$

$$p1 = 100 + 5 * y \text{ 'kPa}$$

$$T1 = 130 + 273.15 \text{ 'K}$$

$$V2 = 2 * V1 \text{ 'm}^3$$

$$\text{' L=?}$$

' poichè la trasformazione è a temperatura costante

' il lavoro di variazione di volume per il sistema chiuso sarà:

$$\text{' } L = \int p \cdot dV = mRT \cdot \int \{dV/V\} = p1V1 \cdot \ln(V2/V1)$$

$$L = p1 * V1 * \ln(V2 / V1)$$

$$\text{Risultato} = L \text{ ' kJ}$$

**Esercizio 2**

Uno scambiatore di calore aria-acqua deve raffreddare una portata massica di  $1+x/10$  kg/s di acqua dalla temperatura di 80°C alla temperatura di  $20+y$  °C. Sapendo che la portata volumetrica di aria di raffreddamento è di  $5+y/5$  m<sup>3</sup>/s e che la sua temperatura iniziale è di 25°C, determinarne la temperatura finale (valutando le proprietà dell'aria alla temperatura iniziale): \_\_\_\_\_ °C [3 punti]

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

$$thi = 80 \text{ '°C}$$

$$thf = 20 + y \text{ '°C}$$

$$Va = 5 + y / 5 \text{ 'm}^3/\text{s}$$

$$ma = Va * 1.184 \text{ 'kg/s}$$

$$tai = 25 \text{ '°C}$$

$$\text{' taf} = ?$$

' per il 1PTD per i sistemi aperti avremo

$$\text{' } Qa = ma * (haf - hai)$$

$$\text{' } Qh = mh * (hhf - hhi)$$

' e poichè complessivamente il sistema non scambia calore con l'esterno

$$\text{' } Qa + Qh = 0$$

' Ne segue che, ricordando che per piccole variazioni di temperatura

$$\text{' } h = cp \cdot dT$$

$$\text{Posto } cpa = 1.00492 \text{ kJ/kgK e } cph = 4.18 \text{ kJ/kgK}$$

$$\text{taf} = tai + mh * cph * (thi - thf) / (cpa * ma)$$

$$\text{Risultato} = \text{taf} \text{ '°C}$$

**Esercizio 3**

Una pompa di calore funzionante in base ad un ciclo di Carnot inverso deve riscaldare un ambiente alla temperatura di  $20+x$ °C fornendogli una potenza termica di  $10+y$  kW. Sapendo che la massima potenza meccanica disponibile per far funzionare la pompa è pari a 1.2 kW, determinare la temperatura minima a cui si dovrà trovare il pozzo da cui prelevare calore: \_\_\_\_\_ °C [3 punti]

$$Ts = 20 + x + 273.15 \text{ 'K} \quad \text{N.B.: TUTTE LE TEMPERATURE IN K}$$

$$Qs = 10 + y \text{ 'kW}$$

$$L = 1.2 \text{ 'kW}$$

$$\text{' } ti = ?$$

```
' per una PdC che funziona in base a un ciclo di Carnot ricordiamo che
' COP=Qs/L=Ts/(Ts-Ti)=1/(1-Ti/Ts)
' pertanto si ha che:
' Ts-Ti=Ts*L/Qs =>
Ti = Ts * (1 - L / Qs)
Risultato = Ti - 273.15 '°C
```

#### Esercizio 4

Un motore a 4 tempi ad accensione spontanea, funzionante in base ad un ciclo Diesel, è caratterizzato da un rapporto volumetrico di compressione pari a  $16+x/2$ , mentre il rapporto volumetrico di introduzione è pari a 2. Sapendo che l'aria entra nel cilindro alla pressione di 100 kPa e alla temperatura di  $20+y$  °C, determinare :

- la temperatura massima raggiunta nel motore: \_\_\_\_\_ K [3 punti]

- il rendimento termico del motore: \_\_\_\_\_ % [3 punti]

- la portata volumetrica di combustibile ( $H_c=36000$  MJ/m<sup>3</sup>,  $\eta_c=0.90$ ) che è necessario bruciare per erogare una potenza di  $70+2x$

kW: \_\_\_\_\_ l/min [3 punti]

```
r = 16 + x / 2
tau = 2
p1 = 100 'kPa
T1 = 20 + y + 273.15 'K
Hc = 36000000 'kJ/m3
```

```
etac = 0.9
Pu = 70 + 2 * x 'kW
```

```
' t3=?
' eta_t' = ?
' Vc = ?
```

```
' trovo subito il rendimento termico
Per i cicli ad aria standard k = 1.4
eta_t = 1 - 1 / (r ^ (k - 1)) * (tau ^ k - 1) / (k * (tau - 1))
```

```
' per trovare la temperatura massima (t3) devo prima trovare
' t2 partendo da t1, ricordando che la compressione è adiabatica
' p1*v1^k = p2*v2^k => T1*v1^(k-1)=T2*v2^(k-1)
T2 = T1 * r ^ (k - 1)
T3 = tau * T2
```

```
Qe = Pu / eta_t 'kW
' Qe = Vc*Hc*etac
Vc = Qe / (Hc * etac) 'm3/s
```

```
Risultato 1 = T3 'K
Risultato 2 = eta_t * 100 '%'
Risultato 3 = Vc * 60 * 1000 'l/min
```

#### Esercizio 5

In un tubo circolare in rame ( $\lambda = 400$  W/m°C), avente diametro di  $1+x/2$  cm e spessore di 5 mm, scorre acqua alla temperatura di  $85+y$  °C. Il tubo è rivestito da uno strato di 1 cm materiale isolante ( $\lambda = 0.04+y/1000$  W/m°C), mentre l'aria all'esterno si trova alla temperatura di 20°C. Sapendo che il coefficiente di scambio termico convettivo interno al tubo è pari a  $20+x$  W/m<sup>2</sup>°C, mentre quello esterno è pari a 5 W/m<sup>2</sup>°C determinare:

- la potenza termica che viene ceduta dall'acqua all'aria lungo 1m di tubazione: \_\_\_\_\_ W [3 punti]

- la temperatura sulla superficie esterna dell'isolante: \_\_\_\_\_ °C [3 punti]

- lo spessore che il materiale isolante dovrebbe avere per portare la temperatura superficiale a 35 °C: \_\_\_\_\_ cm [3 punti]

```
lcu = 400 'W/mK
dti = (1 + x / 2) / 100 'm diametro interno del tubo
dte = dti + 2 * 0.005 'm diametro esterno del tubo
ti = 85 + y '°C
de = dte + 2 * 0.01 'm diametro esterno del tubo con isolante
lis = 0.04 + y / 1000 'W/mK
te = 20 '°C
```

```

hi = 20 + x 'W/m2K
he = 5 'W/mK
L = 1 'm lunghezza del tubo

```

**' Ricordiamoci che abbiamo a che fare con scambio su superficie cilindrica**

```

pig = pi greco
' per non commettere errori l'area la includo nella resistenza!!

Rsi = 1 / (hi * pig * dti * L) 'resistenza superficiale interna
Rcu = Ln(dte / dti) / (2 * pig * L * lcu) 'resistenza conduttiva tubo
Ris = Ln(de / dte) / (2 * pig * L * lis) 'resistenza conduttiva isolante
Rse = 1 / (he * pig * de * L) 'resistenza superficiale esterna

Rtot = Rsi + Rcu + Ris + Rse
Q = (ti - te) / Rtot
tse = te + Rse / Rtot * (ti - te)

' per trovare lo spessore di isolante uso la relazione precedente
' imponendo tse'=35°C
' Rse/Rtot=(tse'-te)/(ti-te)
' il problema qui è che se aumenta lo spessore dell'isolante aumenta anche l'area della superficie
esterna del tubo, il nuovo diametro compare sia in Ris, sia in Rse!!
' avrò quindi che: Rse = (tse'-te)/(ti-te)*(Rsi+Rcu+Ris+Rse)
' ed esplicitando i termini che contengono il nuovo diametro (dis1) avrò:
dis1 = (1 - A) / (A * B) * (Ris + Rcu - D + C * Ln(dis1)) ^ (-1)
dove
A = (tsel - te) / (ti - te)
B = he * pig * L
C = (2 * pig * L * lis) ^ (-1)
D = C * Log(dte)

'a questo punto trovo il nuovo diametro per iterazione

Risultato 1 = Q 'W
Risultato 2 = tse '°C
Risultato 3 = (dis1 - dte) / 2 * 100 ' cm

```

**Esercizio 6**

L'unità di trattamento aria di un impianto di climatizzazione estiva preleva una portata massica di 200+10x kg/h di aria dall'ambiente esterno alla temperatura di 30+y°C con UR 70% e la miscela con una portata massica di 50+20y kg/h di aria prelevata dall'ambiente interno (a 25 °C e UR 50%). Sapendo che l'aria deve essere immessa in ambiente alla temperatura di 18° e con una umidità assoluta di 5+x/10 g/kg, determinare:

- la potenza termica che deve essere sottratta nella batteria fredda: \_\_\_\_\_ kW [3 punti]
- la potenza termica da somministrare nella batteria calda: \_\_\_\_\_ kW [3 punti]

```

mex = 200 + 10 * x 'kg/h
te = 30 + y '°C
ure = 70 '%'
ma = 50 + 20 * y 'kg/h
ta = 25 '°C
ura = 50 '%'
ti = 18 '°C
xi = 5 + x / 10 'g/kg

```

```

' Qf = ?
' Qc = ?

```

' cominciamo col determinare le condizioni dell'aria dopo la miscelazione

```

xe = (6.22 * ure * ps(te)) / (101325 - ure * ps(te) / 100) 'g/kg
xa = (6.22 * ura * ps(ta)) / (101325 - ura * ps(ta) / 100) 'g/kg

```

```

he = (1.005 + xe * 1.82 / 1000) * te + xe * 2501 / 1000 'kJ/kg
ha = (1.005 + xa * 1.82 / 1000) * ta + xa * 2501 / 1000 'kJ/kg

```

```
xm = (xe * mex + xa * ma) / (mex + ma)
hm = (he * mex + ha * ma) / (mex + ma)
m = (ma + mex) / 3600 'kg/s
```

```
' ora devo solo trovare le condizioni del punto D
' sapendo che avrà lo stesso titolo del punto di immissione
' e si troverà sulla curva di saturazione
' x = 0.622*psat/(p-psat) => (p-psat)*x=0.622*psat
```

```
pa = 101325 'Pa
psi = pa * xi / (622 + xi)
```

```
'a questo punto posso trovare la temperatura (tD) corrispondente dalla tabella o dal diagramma
```

```
hd = entalpia_x(tD, xi) = (1.005 + xi * 1.82 / 1000) * tD + xi * 2501 / 1000
hi = entalpia_x(ti, xi) = (1.005 + xi * 1.82 / 1000) * ti + xi * 2501 / 1000
```

```
' e finalmente calcolo le potenze termiche
Qf = m * (hm - hd - (xm - xi) * 4.18 * tD / 1000)
Qc = m * (hi - hd)
```

```
Risultato 1 = Qf 'kW
Risultato 2 = Qc 'kW
```