

Esame di Fisica Tecnica – Ingegneria Gestionale 3 – A.A. 2014/2015
prova del 16/04/2015

Cognome e Nome:

Matricola:

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

x

y

Esercizio 1

In un contenitore cubico rigido è contenuto elio alla temperatura di $20+x$ °C e alla pressione di $150+10y$ kPa. Sapendo che per raddoppiarne la pressione è necessario somministrare $100+10x$ kJ determinare il lato del cubo: _____ cm [3 punti]

$$T1 = 20 + x + 273.15 \text{ 'K}$$

$$p1 = 150 + 10 * y \text{ 'kPa}$$

$$p2 = 2 * p1 \text{ 'kPa}$$

$$Q = 100 + 10 * x \text{ 'kJ}$$

$$R = 2.0769 \text{ 'kJ/kgK}$$

$$cv = 3.1156 \text{ 'kJ/kgK}$$

' applicando il 1° PTD per i sistemi chiusi sappiamo che $Q - L = DU = m*cv*(T2-T1)$

' trattandosi di gas ideale avremo che $p1*v=R*T1 \implies v=R*T1/p1$

$$V = R * T1 / p1 \text{ 'm}^3/\text{kg}$$

' dopo la somministrazione di calore aumenta pressione e temperatura, per cui

' $p2*v=R*T2 \implies T2=p2*v/R=2*p1*v/R=2*T1$

$$T2 = 2 * T1 \text{ 'K}$$

' pertanto

$$m = Q / (cv * (T2 - T1)) \text{ 'kg}$$

$$V_{tot} = V * m \text{ 'm}^3$$

$$\text{Risultato} = (V_{tot} ^ (1 / 3)) * 100 \text{ 'cm}$$

Esercizio 2

In un turbocompressore entra aria alla pressione di $100+10x$ kPa e alla temperatura di 20°C, con una velocità di 100 m/s, e ne esce a 10 bar e $250+10y$ °C. Sapendo che la sezione d'ingresso/uscita è pari a $100+10x$ cm², determinarne la potenza meccanica assorbita dal turbocompressore: _____ cm² [3 punti]

$$p1 = 100 + 10 * x \text{ 'kPa}$$

$$T1 = 20 + 273.15 \text{ 'K}$$

$$w1 = 100 \text{ 'm/s}$$

$$A1 = 100 + 10 * x \text{ 'cm}^2$$

$$A1 = A1 / 10000 \text{ 'm}^2$$

$$T2 = 250 + 10 * y + 273.15 \text{ 'K}$$

$$p2 = 1000 \text{ 'kPa}$$

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

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

$$Q-L = m[(h2-h1)+(w2^2 - w1^2)/2 + g(z2-z1)]$$

' sappiamo che $Q=0$ e anche $z2=z1$, per trovare L dobbiamo trovare m e $w2$

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

' nelle condizioni di ingresso $\rho_{o1}=1/v1=p1/(R*t1)$

' 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 kg/m^3

$$\rho_{o1} = p1 / (R * T1) \text{ 'kg}/\text{m}^3$$

' e quindi, nota la sezione d'ingresso si ha

$$m = \rho_{o1} * A1 * w1 \text{ 'm}/\text{s}$$

' per la conservazione della massa, avrò che $m=\rho_{o2}*A*w2 \implies$

$$\rho_{o2} = p2 / (R * T2) \text{ 'kg}/\text{m}^3$$

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.

```
' w2 = rho1 * A * w1 / (rho2 * A) = (p1*w1/T1)/(p2/T2)
w2 = (p1 * w1 / T1) / (p2 / T2) 'm/s
```

```
' a questo punto per calcolare la variazione di entalpia ho bisogno di conoscere il calore
specifico alla temperatura intermedia
```

```
tm = (T1 + T2) / 2
```

```
' dalla tabella A.3 vado ad interpolare alla temperatura giusta tm
```

```
cp = cp_aria(tm)
```

```
' quindi,
```

```
L = m * (cp * (T1 - T2) + (w1 ^ 2 - w2 ^ 2) / 2000) 'KJ/s
```

```
Risultato = Abs(L) 'kW
```

Esercizio 3

Una bottiglia in vetro da 1 l viene chiusa ermeticamente quando l'acqua al suo interno si trova alla temperatura di $80+x$ °C. Successivamente la bottiglia viene immersa in una grande vasca contenente acqua fredda alla temperatura di $15+y$ °C fino al raggiungimento delle condizioni di equilibrio termico. Determinare la variazione di entropia subita dall'acqua contenuta nella bottiglia (assumere $c_p=4.18$ kJ/kgK): _____ kJ/K [3 punti]

```
V = 1 / 1000 'm3
```

```
T1 = 80 + x + 273.15 'K
```

```
T2 = 15 + y + 273.15 'K
```

```
' dalla tabella dell'acqua satura in temperatura recuperiamo il volume specifico alla
temperatura iniziale
```

```
v80 = 0.001029 'm3/kg
```

```
v90 = 0.001036 'm3/kg
```

```
vt1 = v80 + (v90 - v80) * x / 10 'm3/kg
```

```
' pertanto si ha che
```

```
m = V / vt1 'kg
```

```
' la variazione di entropia per l'acqua contenuta nella bottiglia è pari a
```

```
'  $DS = m*(s_2-s_1)$ , ovvero, considerato che  $ds = dQ/T = cp*dT/T \implies DS = m*cp(\text{med})*\ln$ 
```

```
(T2/T1)
```

```
cp = 4.18 'kJ/kgK
```

```
DS = m * cp * Log(T2 / T1)
```

```
Risultato = DS 'kJ/K
```

Esercizio 4

Un impianto motore a compressione di vapore funzionante in base a un ciclo Rankine consuma una portata massica di $10+x$ kg/min di un combustibile avente potere calorifico pari a $9000+10y$ kcal/kg. Sapendo che il processo di combustione avviene con un rendimento del 95% alla pressione di 10 bar, e che all'uscita della turbina si ha vapore saturo alla pressione di $50+5y$ kPa, determinare:

- la temperatura di uscita del fluido dalla turbina: _____ °C [3 punti]

- il rendimento termico del ciclo: _____ % [3 punti]

- la potenza utile netta fornita dall'impianto: _____ MW [3 punti]

```
mc = 10 + x 'kg/min
```

```
mc = mc / 60 'kg/s
```

```
Hc = 9000 + 10 * y 'kcal/kg
```

```
Hc = Hc * 4.18 'kJ/kg
```

```
etac = 0.95
```

```
p3 = 2 'Mpa
```

```
p4 = 50 + 5 * y 'kPa
```

```
' sapendo che all'uscita della turbina abbiamo vapore saturo
```

```
' dobbiamo solo trovare la temperatura di saturazione corrispondente
```

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.

```

t4 = tsatH2O(p4)
' e il corrispondente valore dell'entalpia
h4 = hturb(t4)
s4 = sturb(t4)
' adesso dalla tabella dobbiamo ricavare il valore di h3 cui corrisponde s3 =s4
h3 = findH(s4)
' a questo punto la determinazione del rendimento richiede la conoscenza dell'entalpia
' nelle condizioni di uscita dal condensatore. Perciò dalla tabella
h1 = 4.187 * t4

eta = (h3 - h4) / (h3 - h1)

' a questo punto basta ricavare la potenza termica somministrata in caldaia
Q12 = mc * Hc * etac 'kW
' per trovare la potenza utile netta
Pu = Q12 * eta

Risultato 1= t4 '°C
Risultato 2= eta * 100 '%'
Risultato 3= Pu / 1000 'MW

```

Esercizio 5

Una lastra piana delle dimensioni di 1m per $2+x/5$ m viene laminata a caldo e, al termine del processo, giunge alla temperatura di $500+10y$ °C sulla placca di raffreddamento. Sapendo che l'aria circostante si trova alla temperatura di 18 °C e che alla stessa temperatura si trovano anche le pareti che delimitano il capannone, determinare:

- il coefficiente di scambio termico convettivo relativo alla faccia superiore della lastra: _____ W/m²K [3 punti]
- il coefficiente di scambio termico convettivo relativo alla faccia inferiore della lastra: _____ W/m²K [3 punti]
- il coefficiente di scambio termico per irraggiamento, identico per le due facce, assumendo l'ambiente circostante come una cavità isoterma, e ipotizzando che la lastra abbia una emissività superficiale pari a $0.2+x/50$: _____ W/m²K [3 punti]

```

W = 1 'm
L = 2 + x / 5 'm
Ts = 500 + 10 * y '°C
tinf = 18 '°C

```

' dobbiamo trovare i coefficienti di scambio convettivo per le due facce della lastra
'dalla Teb. 13.1 l'unica cosa che cambia nei due casi è Nu
' ricavo perciò le grandezze fisiche caratterizzanti l'aria alla temperatura intermedia

```

tm = (Ts + tinf) / 2
Pr = prandtl(tm)
lam = conducibilità(tm)
visc = visc_cinem(tm)

beta = 1 / (tm + 273.15)
' la dimensione caratteristica è A/p
Lc = (W * L) / (2 * (W + L))
' calcolo Ra
Ra = 9.81 * beta * (Ts - tinf) * (Lc ^ 3) * Pr / (visc ^ 2)

```

' per il lato superiore si ha
Se $Ra > 10000000 \rightarrow Nup = 0.15 * Ra^{(1/3)}$
Altrimenti $\rightarrow Nup = 0.54 * Ra^{(1/4)}$

' e quindi:
 $hup = Nup * lam / Lc$
' per il lato inferiore invece
 $Nud = 0.27 * Ra^{(1/4)}$
 $hdn = Nud * lam / Lc$

```

eps = 0.2 + x / 50
sigma = 5.67 * 10 ^ -8 'W/m2K4
' per concludere mi ricordo che la potenza termica scambiata per irraggiamento fra una superficie
grigia e una cavità isoterma
' è pari a  $Q12 = eps*sigma*A*(T1^4 - T2^4)$ 
' e quindi posso scrivere
T1 = Ts + 273
T2 = tinf + 273
hr = eps * sigma * (T1 ^ 2 + T2 ^ 2) * (T1 + T2)

```

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.

Risultato 1 = hup 'W/m2K
Risultato 2 = hdn 'W/m2K
Risultato 3 = hr

Esercizio 6

In un ambiente viene immessa una portata massica di aria pari a 500 kg/h, alla temperatura di 16 °C e con umidità assoluta pari a $6+y$ g/kg. Sapendo che nell'ambiente il carico termico sensibile è pari a $0.5+y/10$ kW, mentre il carico igrometrico è pari a $400+10x$ g/h di vapore, determinare la temperatura che si viene a determinare all'interno dell'ambiente: _____ °C [3 punti]

$ma = 500 / 3600$ 'kg/s
 $ti = 16$ '°C
 $xi = 6$ 'g/kg

$Qs = 0.5 + y / 10$ 'kW
 $mv = (400 + 10 * x) / 3600$ 'g/s

' costanti
 $hv0 = 2501.3$ 'kJ/kg
 $cpv = 1.82$ 'kJ/kgK
 $cpa = 1.005$ 'kJ/kgK

' per trovare le condizioni finali non dobbiamo fare altro che applicare l'equazione di bilancio all'ambiente

' $ma*hi + Qs + mv*hv = ma*ha$

$hi = (cpa + xi * cpv / 1000) * ti + xi * hv0 / 1000$
 $hv = hv0 + cpv * ti$
 $ha = hi + (Qs + mv * hv / 1000) / ma$

' in base al bilancio di massa per il vapore avrò anche che

$xa = xi + mv / ma$

$ta = (ha - xa * hv0 / 1000) / (cpa + xa * cpv / 1000)$

Risultato = ta '°C