

Esame di Fisica Tecnica – Ingegneria Gestionale 3 – A.A. 2013/2014
prova del 29/04/2014

Cognome e Nome:

Matricola:

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

x

y

Esercizio 1

Una bottiglia in vetro avente un volume di 1.5 l, contiene inizialmente aria alla temperatura di $30+y$ °C e alla pressione atmosferica (101325 Pa). Successivamente la bottiglia viene tappata e sigillata e messa in freezer alla temperatura di $-x$ °C. Determinare la pressione all'interno della bottiglia nelle condizioni finali: _____ Pa [3 punti]

```
V1 = 1 + x / 10 'l
t1 = 30 + y + 273.15 'K
p1 = 101325 'Pa
t2 = -x + 273.15 'K
' abbiamo una trasformazione a volume costante
' per determinare la pressione finale dobbiamo solo applicare
' l'equazione di stato dei gas ideali
' pV = mRT ==> p1/T1 = p2/T2 = mR/V ==> p2 = p1*(T2/T1)

Risultato = p1 * (t2 / t1) '[Pa]
```

Esercizio 2

In una turbina entra aria alla pressione di $10+x/5$ bar e alla temperatura di 500°C, con una velocità di 120 m/s, e ne esce a $100+10y$ °C, 150 kPa e $200+10x$ m/s. Sapendo che l'area della sezione di ingresso è di $50+10y$ cm² determinare la potenza prodotta dalla turbina: _____ MW [3 punti]

```
p1 = 10 + x / 5 'bar
p1 = p1 * 100 'kPa
t1 = 500 + 273.15 'K
w1 = 120 'm/s
t2 = 100 + 10 * y + 273.15 'K
p2 = 150 'kPa
w2 = 200 + 10 * x 'm/s
A1 = 50 + 10 * y 'cm^2
A1 = A1 / (100 * 100) 'm2
mh = 1 + x / 10 'kg/s

' 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
' assimilando l'aria ad un gas ideale possiamo ricavare la densità
' nelle condizioni di ingresso rho1=1/v1=p1/(R*t1)
R = 0.287 'kJ/kgK
' l'analisi dimensionale ci dice che kPa / ((kJ/(kg*K))*K) = (kN/m2) / ((kN*m)/kg)
' quindi il risultato sarà espresso in kg/m3
rho1 = p1 / (R * t1)
' calcolo quindi la portata massica
m1 = rho1 * A1 * w1
' a questo punto devo calcolare la variazione di entalpia
' per cui 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 = m1 * (cp * (t1 - t2) + (w1 ^ 2 - w2 ^ 2) / 2000)
' ho diviso per 2000 per omogeneizzare le unità di misura

Risultato = l / 1000 'MW
```

Esercizio 3

Dell'aria entra in un dispositivo alla pressione di $100+10x$ kPa e alla temperatura di 17°C e ne esce a 600 kPa e alla temperatura di $60+5y^\circ\text{C}$, determinare la variazione di entropia valutando il calore specifico alla temperatura intermedia di trasformazione: _____ kJ/kgK [3 punti]

```
p1 = 100 + 10 * x 'kPa
p2 = 600 'kPa
t1 = 17 + 273.15 'K
t2 = 60 + 5 * y + 273 'k
'DS=?

R = 0.287 ' kJ/kgK
' uso l'equazione del Tds
' DS = cp*ln(t2/t1)-R*ln(p2/p1)
'ancora una volta calcolo la temperatura media di trasformazione
tm = (t1 + t2) / 2
' trovo il cp corrispondente
cp = cp_aria(tm)
DS = cp * Log(t2 / t1) - R * Log(p2 / p1)

Risultato = DS [kJ/kgK]
```

Esercizio 4

Un ciclo inverso a compressione di vapore utilizza il refrigerante R134a che circola nell'evaporatore alla temperatura di $-20-x^\circ\text{C}$. Sapendo che la pressione a cui opera il condensatore è pari a 0.4 MPa, e che la potenza frigorifera da sottrarre è pari a $100+10y$ kW, determinare:

- la pressione a cui opera l'evaporatore: _____ kPa [3 punti]
- la portata massica di R134a che circola nell'impianto: _____ kg/s [3 punti]
- la potenza elettrica assorbita dall'impianto assumendo un rendimento elettrico del 95%: _____ kW [3 punti]

```
tinf = -20 - x '°C
psup = 0.4 'Mpa
Qf = 100 + 10 * y 'kW
(eta_el = 0.95)

' per determinare la pressione di lavoro dell'evaporatore devo trovare la psat corrispondente
' alla tinf usando la tabella e interpolando opportunamente
pinf = psat134(tinf)

' ricavo entalpia e entropia al punto 2 (uscita dall'evaporatore)
h2 = hvsat134(tinf)
s2 = svsat134(tinf)

' sapendo quanto vale p_sup posso trovare dalla tabella A15
' il valore della temperatura di saturazione corrispondente
tsat = 8.91 '°C
' una volta nota questa temperatura posso ricavare il valore dell'entalpia
' all'uscita del condensatore alla tsat
h4 = hlsat134(tsat)
h1 = h4
' a questo punto, nota la potenza frigorifera Qf posso calcolare la portata massica
m = Qf / (h2 - h1) 'kg/s

' ora nota l'entropia nel punto 2
' devo solo andare a trovare il punto alla pressione psup, avente la stessa entropia

Conoscendo l'entropia dalla tabella ricavo la temperatura a cui essa corrisponde
s10 = 0.9305 kJ/kgK
s20 = 0.9628 kJ/kgK
t = 10 + (s2 - s10) / (s20 - s10) * (10)
e da qui ricavo la corrispondente entalpia, sempre per interpolazione
```

```
h10 = 256.58 kJ/kg
h20 = 265.86 kJ/kg
h3 = h10 + (h20 - h10) * (t - 10) / 10
```

```
' pertanto la potenza meccanica assorbita risulta
Lm = m * (h3 - h2) kW
' e quella elettrica
Lel = Lm / 0.95 kW
```

```
Risultato 1 = pinf [kPa]
Risultato 2 = m [kg/s]
Risultato 3= Lel [kW]
```

Esercizio 5

Una lastra di acciaio ($c_p = 434 \text{ J/kgK}$; $\rho = 7800 \text{ kg/m}^3$), spessa 5 mm e avente dimensioni di 1.2 m per $2+x/5$ m, termina il suo processo di lavorazione ad una temperatura superficiale di $100+10x$ °C. A questo punto la lastra viene lasciata in posizione orizzontale e poggata su un ripiano isolante all'interno di un ambiente chiuso in cui l'aria ha una temperatura di $20+y$ °C.

Determinare:

- la potenza termica scambiata per convezione fra la piastra e l'aria: _____ W [3 punti]
- la potenza termica scambiata per irraggiamento fra la piastra ($\epsilon = 0.8+y/100$) e l'ambiente circostante schematizzato come una cavità nera isoterma alla stessa temperatura dell'aria: _____ W [3 punti]
- il tempo necessario affinché la temperatura della lastra diminuisca di 10°C: _____ min [3 punti]

```
cp = 434 'J/kgK
dens = 7800 'kg/m3
sp = 0.005 'm
l = 1.2 'm
w = 2 + x / 5 'm
Ts = 100 + 10 * x + 273.15 'K
tinf = 20 + y + 273.15 'K
eps = 0.8 + y / 100
```

' calcolo la t media e le proprietà dell'aria dalla tabella corrispondente

```
tm = (Ts + tinf) / 2
```

```
lam = conducibilità(tm)
```

```
pr = prandtl(tm)
```

```
mu = visc_cinem(tm)
```

```
beta = 1 / tm
```

la dimensione caratteristica per piastra piana orizzontale in convezione naturale è il rapporto area/perimetro

```
dim_car = (l * w) / (2 * (l + w))
```

calcolo Raileigh

```
Ra = 9.81 * beta * (Ts - tinf) * dim_car ^ 3 * pr / (mu ^ 2)
```

```
Se Ra < 10 ^ 7 → Nu = 0.54 * Ra ^ (1 / 4)
```

```
Altrimenti → Nu = 0.15 * Ra ^ (1 / 3)
```

Calcolo quindi il coeff. Di scambio convettivo:

```
h = Nu * lam / dim_car 'W/m2K
```

```
Qconv = h * (Ts - tinf) * (w * l)
```

Per lo scambio per irraggiamento il calcolo è molto semplice avendo fattore di vista unitario E ambiente circostante che si comporta da corpo nero:

```
sigma = 5.67 * 10 ^ (-8) 'W/m2K4
```

```
Qirr = (w * l) * eps * sigma * (Ts ^ 4 - tinf ^ 4)
```

A questo punto ricavo la potenza termica complessivamente scambiata

```
Qtot = Qconv + Qirr
```

E ricordando che, ipotizzando condizioni stazionarie, si ha che l'energia scambiata (pari a $Q_{tot} \cdot \text{tempo}$) è pari al prodotto della massa per il calore specifico c_p per la variazione di temperatura assegnata (pari a 10°C)

```
'Qtot*tempo = dens*(s*l*w)*cp*DT
```

```
tempo = dens * (sp * l * w) * cp * 10 / Qtot [s]
```

```
Risultato 1 = Qconv [W]
```

Risultato 2 = Q_{irr} [W]

Risultato 3 = tempo / 60 [min]

Esercizio 6

Un impianto di essiccazione del legno preleva aria dall'ambiente esterno alla temperatura di $15+x$ °C e UR del 60%, per portarla a 40°C e UR del $10+x$ %. Individuando una sequenza di trasformazioni ingegneristicamente realizzabili

(deumidificazione+riscaldamento), determinare, con riferimento ad una portata massica di aria di $10+y$ kg/s:

- la potenza termica che deve essere sottratta ai fini della deumidificazione: _____ kW [3 punti]

- la potenza termica da somministrare per il riscaldamento dell'aria: _____ kW [3 punti]

$t_1 = 15 + x$ °C

$ur_1 = 60$ %

$t_2 = 40$ °C

$ur_2 = 10 + x$ %

$m = 10 + y$ kg/s

Trovo le caratteristiche dei punti di partenza e di arrivo

$x_1 = \text{titolo}(t_1, ur_1)$

$x_2 = \text{titolo}(t_2, ur_2)$

$h_1 = \text{entalpia}_x(t_1, x_1)$

$h_2 = \text{entalpia}_x(t_2, x_2)$

'ora devo solo trovare il punto di arrivo del processo di raffreddamento con

' deumidificazione

' so che il titolo sarà lo stesso del punto 2 e che ci troviamo sulla curva di saturazione

Lo posso determinare graficamente o in maniera analitica ricordando che

' $x = 0.622 \cdot p_{sat} / (p - p_{sat}) \Rightarrow (p - p_{sat}) \cdot x = 0.622 \cdot p_{sat}$

E quindi, posto

$p_a = 101325$ Pa

segue

$p_s = p_a \cdot x_2 / (622 + x_2)$

'a questo punto posso trovare la corrispondente temperatura t_D (mediante tabella o grafico)

E le rispettive proprietà:

$h_D = \text{entalpia}_x(t_D, x_2)$

' e finalmente calcolo le potenze termiche

$Q_f = m \cdot (h_1 - h_D - (x_1 - x_2) \cdot 4.18 \cdot t_D / 1000)$

$Q_c = m \cdot (h_2 - h_D)$

Risultato 1 = Q_f kW

Risultato 2 = Q_c kW