Corso di Fisica Tecnica per Ingegneria Meccanica

Prova del 22 febbraio 2010

COGNOME **NOME**

MATRICOLA **FIRMA**

Esercizio 1

Una coppia cilindro-stantuffo, esternamente adiabatica e di alesaggio (diametro interno della canna del cilindro) 90 mm, è caratterizzata da uno stantuffo in lega d'alluminio (c_P= 880 J/kgK) del peso di 3.5 N e contiene al suo interno un gas ideale triatomico con molecola non lineare, di massa molare M_m = 17 kg/kmol.

Il volume iniziale occupato dal gas alla temperatura di 20 °C e in condizioni di equilibrio è di 0.5 dm^3, la pressione esterna iniziale è P_0 = 1 bar.

A seguito di una compressione quasi statica non dissipativa, il gas raggiunge uno stato finale di equilibrio alla temperatura di 450 °C. Determinare il lavoro compiuto dal gas e la sua pressione finale.

Esercizio 2

In un miscelatore isobaro ed adiabatico entrano una portata volumetrica $V°_1$ = 150 l/min di acqua liquida alla temperatura di 15 °C e una portata massica $M°_2$= 0.5 kg/s di vapore saturo alla temperatura di 100 °C. Determinare le condizioni di equilibrio in uscita e l'irreversibilità del processo.

Tabella A.1 **Proprietà termodinamiche dell'acqua: liquido saturo - vapore saturo in funzione della temperatura di saturazione**

Temp. T [°C]	Pressione assoluta p [kPa]	Volume massico [m³/kg] Liquido saturo v_f	Vapore saturo v_g	Entalpia [kJ/kg] Liquido saturo h_f	Vaporizz. h_{fg}	Vapore saturo h_g	Entropia [kJ/(kg·K)] Liquido saturo s_f	Vaporizz. s_{fg}	Vapore saturo s_g
90	70,14	0,001 036	2,361	376,92	2283,2	2660,1	1,1925	6,2866	7,4791
95	84,55	0,001 040	1,982	397,96	2270,2	2668,1	1,2500	6,1659	7,4159
	p [MPa]								
100	0,101 35	0,001 044	1,6729	419,04	2257,0	2676,1	1,3069	6,0480	7,3549
105	0,120 82	0,001 048	1,4194	440,15	2243,7	2683,8	1,3630	5,9328	7,2958

Esercizio 3

Una parete piana (s = 18 cm, k = 0.2 W/mK) indefinitamente estesa lungo due direzioni spaziali (y,z), presenta sulla superficie x = s, caratterizzata da una emissività ε = 0.8, una temperatura t_s = 85 °C. Tale superficie è lambita da aria con temperatura indisturbata t_∞ = 40 °C, h = 25 W/m^2K ed è affacciata ad una superficie grigia ad essa parallela ed indefinita lungo y e z con temperatura t_P = 10 °C e caratterizzata da un coefficiente di assorbimento α = 0.65.

Si determini la temperatura t_0 che si presenta sulla superficie x = 0 della parete.

SOLUZIONE

ESERCIZIO 1

Impostando il bilancio energetico sul sistema totale e sui sottosistemi pistone e gas:

DUtot = Lext + Qext
DUp = Lp + Qp
DUg = Lg + Qg

Dovendo però anche essere:

DUtot = DUp + DUg
Qext = 0 perchè il sistema è detto esternamente adiabatico

e Lext pari alla somma del lavoro operato dalle forze conseguenti all'azione del campo gravitazionale sull'aria esterna (Lea) e sul pistone (Lep).

Lext è uguale in modulo e opposto in segno a Lg; inoltre, Lp è nullo perchè il pistone non subisce alcuna dilatazione.

Dunque sostituendo i risultati fin qui trovati nelle equazioni di bilancio energetico:

DUtot = Lext = Lea + Lep = Lg
DUtot = Qp + Lg + Qg

e dunque Lg = Qp + Lg + Qg, da cui Qp = -Qg.

Assumendo come è ragionevole che gas e pistone siano costantemente in equilibrio termico (per cui dTp = dTg), si ha quindi:

Mp cp dTp = - Mg cxg dTg

e dunque cxg = - Mp/Mg cp

Mp = Fp/g

Pi = Pext + Pp = Pext + Fp/Ap

Mg = Vig rhog = Vig Pi/(R* Ti)

A questo punto la trasformazione è identificata.

Il gas è triatomico non lineare quindi cVg = 3 R*, cPg = 4 R*.

n = (cxg - cPg) / (cxg - cVg)

TP^[(1-n)/n] = cost e quindi PT^[n/(1-n)] = cost

Ti, Tf e Pi sono note per cui si può calcolare Pf = Pi (Ti/Tf)^[n/(1-n)]

Per quanto riguarda il lavoro, si può determinare con l'equazione del lavoro per una politropica o direttamente dal bilancio energetico: Lg = DUtot

Soluzione numerica (tutti i valori sono in u.d.m SI base):

$R^* = 489.1$
$Ti = 2.9315e+002$
$Tf = 7.2315e+002$
$Ap = 0.00636$
$Pi = 1.0055e+005$
$Mp = 0.3569$
$Mg = 3.5065e-004$
$cVg = 1.4673e+003$
$cPg = 1.9564e+003$
$cxg = -8.9574e+005$
$n = 1.000545$
$Pf = Inf$ (il valore numerico viene estremamente elevato)
$Lg = 1.3528e+005$

ESERCIZIO 2

Il miscelamento è adiabatico e isobaro, a Psat(100 °C) = Patm.

Dunque per ottenere le condizioni finali è utile scrivere i bilanci di massa e di entalpia.
Indicando per semplicità le portate con M:

$Mm = Ml + Mv = Vl * rhol + Mv$

$hm = (Ml\ hli + Mv\ hvi) / (Ml + Mv)$

con $hli = Ml\ cPl\ (Tli - Tref)$, hv leggibile da tabella per vapore saturo a 100°C

hm risulta compresa tra hls(100°C) e hvs(100°C), per cui nelle condizioni finali si ha una miscela di liquido e vapore a 100 °C.

Si può pertanto calcolare il titolo finale noti da tabella i valori nelle condizioni di liquido e vapore saturi:

$xm = [hm - hls(100°C)]/[hvs(100°C) - hls(100°C)]$

e l'entropia finale:

$sm = xm\ svs(100°C) + (1 - xm)\ sls(100°C)$

Essendo l'entropia iniziale:

per l'acqua liquida a 15°C: $sli = cPl \ln(Tli/Tref)$
per il vapore saturo, svi leggibile da tabella

si può calcolare immediatamente il DS e quindi valutare l'irreversibilità del processo:

$DS = Mm\ sm - (Ml\ sli + Mv\ svi)$

<u>*Soluzione numerica (tutti i valori sono in u.d.m SI base):*</u>

$Ml = 2.5000$
$Mv = 0.5000$
$Mm = 3$
$Tli = 288.1500$

Tref = 273.1500
cPl = 4186
hli = 62790
hvi = 2676100
hm = 4.9834e+005
hls = 419040
hvs = 2676100
xm = 0.0351
sls = 1.3069e+003
svs = 7.3549e+003
sm = 1.5194e+003
sli = 223.7839
svi = 7.3549e+003
DS = 321.2786

ESERCIZIO 3

Attraverso l'intercapedine si hanno sia flusso convettivo sia flusso radiativo, la cui somma eguaglia (dato che si è in condizioni stazionarie) il flusso conduttivo attraverso la parete solida. Dunque:

Q°" = - k /s (Ts - T0) = [- h (Too - Ts)] + [- sigma (Tp ^4 - Ts^4) / (1/epss + 1/epsp - 1)]

(con epsp = alfap per il principio di Kirchhoff)

in cui l'unica incognita è T0:

T0 = Ts - s/k [h (Too - Ts) + sigma (Tp ^4 - Ts^4) / (1/epss + 1/epsp - 1)]

Soluzione numerica (tutti i valori sono in u.d.m SI base, T0 è in K):

h = 25
Too = 313.1500
Ts = 358.1500
Tp = 383.1500
sigma = 5.6700e-008
epss = 0.8000
epsp = 0.6500
s = 0.1800
k = 0.2000
Qconv = -1125
Qirr = -317.8470
T0 = 1.6567e+003