

COGNOME

NOME

MATRICOLA

FIRMA

Esercizio 1

Una portata Γ_H (M°_H) = 2 kg/s di fumi (approssimabili ad aria secca) si raffredda a pressione costante da $T_{iH} = 550$ °C a $T_{uH} = 100$ °C, cedendo una potenza termica Q°_H ad un ciclo termodinamico motore. Tale ciclo opera in modo completamente reversibile ($\Delta S_{tot} = 0$) cedendo una potenza termica Q°_C ad una portata Γ_C (M°_C) = 10 kg/s di acqua fredda che si riscalda a pressione costante dalla temperatura iniziale $T_{iC} = 20$ °C. Determinare la potenza meccanica fornita dal ciclo e confrontarla con la potenza meccanica ottenibile da un ciclo di Carnot ideale che funzionasse tra due sorgenti isoterme rispettivamente a T_{iH} e T_{iC} .

Esercizio 2

Una portata $M^\circ = 5$ kg/s di acqua scorre all'interno di un condotto di sezione circolare avente diametro interno $D = 50$ cm e lunghezza $L = 100$ m. Il condotto, di spessore $s_g = 5$ mm, è in ghisa (k_g (λ_g) = 35 W/mK) ed è esternamente isolato (spessore dello strato isolante $s_i = 10$ mm, k_i (λ_i) = 0.5 W/mK). L'acqua entra in condizioni di vapore saturo a 10 bar. Il coefficiente convettivo tra acqua e condotto è pari a $h = 2000$ W/m²K, mentre esternamente il condotto è lambito da aria a $T_{oo} = -10$ °C con coefficiente convettivo $h_e = 50$ W/m²K. Trascurando i contributi cinetici e potenziali, determinare le condizioni dell'acqua all'uscita dal condotto e l'irreversibilità totale del processo, e verificare se il raggio del condotto isolato è superiore o inferiore al raggio critico di isolamento (commentando il risultato).

Esercizio 3

Un sistema cilindro-pistone contiene azoto inizialmente a pressione $P_1 = 1$ bar, $T_1 = 25$ °C, che subisce poi una trasformazione politropica descritta dalla legge $P = a v$, dove a è una costante pari a 113000 Pa kg/m³ (congruente con le condizioni nel punto 1) fino ad avere un volume specifico finale $v_2 = 1.25$ m³/kg. Determinare l'indice della politropica, il lavoro e il calore per unità di massa scambiati dal gas durante la trasformazione.

I risultati devono essere espressi in unità del Sistema Internazionale.

AVVERTENZE

- durata della prova: 1h 30';
- durante la prova non è consentito consultare testi, eserciziari, dispense, tabelle o qualsiasi altro tipo di materiale, né utilizzare telefoni cellulari, PC o altri strumenti di comunicazione a distanza;
- scrivere tutto ciò che si desidera venga corretto esclusivamente a penna, con inchiostro nero o blu;
- svolgere gli esercizi ordinatamente e commentando adeguatamente i passaggi effettuati: uno scritto confuso e senza un adeguato commento alle ipotesi ed alla procedura risolutiva comporta una penalizzazione sulla valutazione finale.
- dovranno essere consegnati, entrambi compilati con nome cognome matricola e firma, questo testo ed UN SOLO FOGLIO DI PROTOCOLLO, su cui dovrà essere riportata la "bella copia" della soluzione degli esercizi proposti. Non verranno ritirati (né corretti se eventualmente ritirati per errore) fogli "di brutta" né un numero di fogli superiore a uno.
- chi desiderasse ritirarsi dalla prova semplicemente non consegnerà il proprio compito. Può in tale caso tenere il testo.

T	P	ρ_l	ρ_v	h _l	h _v	s _l	s _v
[°C]	[kPa]	[kg/m ³]	[kg/m ³]	[kJ/kg]	[kJ/kg]	[kJ/(kgK)]	[kJ/(kgK)]
175	892.45	892.3	4.6167	741.15	2772.7	2.091	6.624
180	1002.63	887.0	5.1583	763.19	2777.2	2.140	6.584
185	1123.27	881.6	5.7498	785.32	2781.4	2.188	6.545

Soluzioni (nei risultati numerici tutti i valori sono in u.d.m. SI base)

Esercizio 1 (listato Matlab per la soluzione)

```
clear;

%dati
MH=2;
MC=10;
TiH=823.15;
TuH=373.15;
TiC=293.15;

%calcolo del calore specifico dei fumi, nell'ipotesi di aria secca
%per la soluzione interessa solo cP
[cVH,cPH]=FT_calcola_cV_cP(2,0,29);

%calore specifico dell'acqua
cPC=4186;

%calcolo del calore ceduto dalla sorgente calda, segno dal punto di vista della
%sorgente calda
QH=MH*cPH*(TuH-TiH);

%calcolo del QC sulla base dell'informazione che il DS totale è nullo
%DSh + DSc = 0
%Mh cPH ln(TuH/TiH) + Mc cPC ln(TuC/TiC) = 0
TuC=TiC*(TuH/TiH)^(-(MH*cPH)/(MC*cPC));

%calcolo degli scambi energetici, punto di vista della sorgente per il calcolo di QC
QC=MC*cPC*(TuC-TiC);
L=-(-QH-QC);

%calcolo della potenza fornita dal Carnot reversibile
LCR=-(1-TiC/TiH)*(-QH);

%lavoro perso
LP=LCR-L;
```

Risultati numerici:

Name ^	Value	Min	Max
L	-4.2872e+05	-4.2872...	-4.2872e+05
LCR	-5.8149e+05	-5.8149...	-5.8149e+05
LP	-1.5278e+05	-1.5278...	-1.5278e+05
MC	10	10	10
MH	2	2	2
QC	4.7441e+05	4.7441e...	4.7441e+05
QH	-9.0312e+05	-9.0312...	-9.0312e+05
TiC	293.1500	293.1500	293.1500
TiH	823.1500	823.1500	823.1500
TuC	304.4832	304.4832	304.4832
TuH	373.1500	373.1500	373.1500
cPC	4186	4186	4186
cPH	1.0035e+03	1.0035e...	1.0035e+03
cVH	716.7647	716.7647	716.7647

Esercizio 2 (listato Matlab per la soluzione)

```
clear;

M=5;
D=0.5;
L=100;
sg=0.005;
kg=35;
```

si=0.01;
ki=0.5;

Ti=453.15;
hi=2000;

Too=263.15;
he=50;

Rig=D/2;
Reg=Rig+sg;
Rii=Reg;
Rei=Rii+si;

$R_{tot} = 1 / (2 * \pi * R_{ig} * L * h_i) + \log(R_{eg} / R_{ig}) / (2 * \pi * L * k_g) + \log(R_{ei} / R_{ii}) / (2 * \pi * L * k_i) + 1 / (2 * \pi * R_{ei} * L * h_e)$;

$Q = -(T_i - T_{oo}) / R_{tot}$;

%DH per condensare completamente 1 kg di acqua a Ti

hv=2777000;
hl=763000;
DHcond=hv-hl;

%per M kg

MDH=M*DHcond;

%calcolo del titolo all'uscita dal condotto

$x = 1 + Q / MDH$;

%calcolo dell'irreversibilità totale

sv=6584;
sl=2140;
DSacqua=M*(x*sv + (1-x)*sl) - M*sv;
DSaria=-Q/Too;
DStot=DSacqua+DSaria;

%raggio critico

$R_c = k_i / h_e$;

Risultati numerici:

Name	Value	Min	Max
D	0.5000	0.5000	0.5000
DHcond	2014000	2014000	2014000
DSacqua	-1.6998e+03	-1.6998e+...	-1.6998e+03
DSaria	2.9274e+03	2.9274e+03	2.9274e+03
DStot	1.2276e+03	1.2276e+03	1.2276e+03
L	100	100	100
M	5	5	5
MDH	10070000	10070000	10070000
Q	-7.7035e+05	-7.7035e+...	-7.7035e+05
Rc	0.0100	0.0100	0.0100
Reg	0.2550	0.2550	0.2550
Rei	0.2650	0.2650	0.2650
Rig	0.2500	0.2500	0.2500
Rii	0.2550	0.2550	0.2550
Rtot	2.4664e-04	2.4664e-04	2.4664e-04
Ti	453.1500	453.1500	453.1500
Too	263.1500	263.1500	263.1500
he	50	50	50
hi	2000	2000	2000
hl	763000	763000	763000
hv	2777000	2777000	2777000
kg	35	35	35
ki	0.5000	0.5000	0.5000
sg	0.0050	0.0050	0.0050
si	0.0100	0.0100	0.0100
sl	2140	2140	2140
sv	6584	6584	6584
x	0.9235	0.9235	0.9235

Esercizio 3 (listato Matlab per la soluzione)

```
clear;

%dati
n_atomi=2;
MM=28;
P1=100000;
T1=298.15;
a=113000;
v2=1.25;

%indice della politropica, dato che  $P v^{-1} = a = \text{cost}$ 
k=-1;

%calcolo della costante specifica e dei calori specifici
Rm=FT_calcola_Rm(MM);
[cV,cP]=FT_calcola_cV_cP(n_atomi,0,MM);

%calcolo delle condizioni finali dalla legge della politropica
P2=a*v2;
T2=P2*v2/Rm;

%calcolo degli scambi energetici
[Du,Dh]=FT_calcola_Du_Dh_GI(n_atomi,0,MM,T1,T2);
cx=FT_politropica_calcola_cx_da_k(n_atomi,0,MM,k);
q=cx*(T2-T1);
l=Du-q;
```

Risultati numerici:

Name ▲	Value	Min	Max
Dh	3.0810e+05	3.0810e+05	3.0810e+05
Du	2.2007e+05	2.2007e+05	2.2007e+05
MM	28	28	28
P1	100000	100000	100000
P2	141250	141250	141250
Rm	296.9454	296.9454	296.9454
T1	298.1500	298.1500	298.1500
T2	594.5959	594.5959	594.5959
a	113000	113000	113000
cP	1.0393e+03	1.0393e+03	1.0393e+03
cV	742.3634	742.3634	742.3634
cx	890.8361	890.8361	890.8361
k	-1	-1	-1
l	-4.4014e+04	-4.4014e+...	-4.4014e+04
n_atomi	2	2	2
q	2.6408e+05	2.6408e+05	2.6408e+05
v2	1.2500	1.2500	1.2500