

Esercizio TD A

Tre blocchi di metallo identici A , B e C , di massa $m = 5$ kg e calore specifico $c = 2$ kJ/kg K, si trovano inizialmente a tre temperature diverse $T_1^A = 300$ K, $T_1^B = 500$ K e $T_1^C = 700$ K. I tre blocchi possono interagire tra loro tramite una macchina ciclica.

1. Quanto vale la disponibilità adiabatica di ciascuno dei tre blocchi nello stato iniziale?
 2. Quanto vale la disponibilità adiabatica del sistema composto dai tre blocchi nello stato iniziale?
 3. Qual è la massima temperatura raggiungibile da uno dei tre blocchi?
 4. Qual è la minima temperatura raggiungibile da uno dei tre blocchi?
 5. Quanto vale l'energia disponibile di ciascuno dei tre blocchi e del sistema composto dai tre blocchi nello stato iniziale rispetto a un serbatoio R a temperatura $T_R = 300$ K?
-

Esercizio TD B

Si considerino un blocco di metallo A a temperatura $T_1^A = 300$ K e un gas B in un contenitore chiuso e indeformabile (a volume fisso) a temperatura $T_1^B = 2700$ K. Per questi due sistemi vale

$$E_2 - E_1 = m c (T_2 - T_1)$$

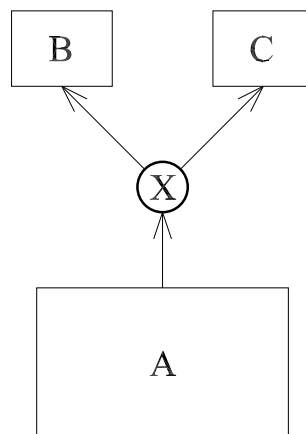
$$S_2 - S_1 = m c \ln \frac{T_2}{T_1}$$

1. Calcolare la disponibilità adiabatica del sistema AB .
 2. Calcolare l'energia disponibile del sistema AB rispetto a un serbatoio R a $T_R = 300$ K.
 3. Calcolare la temperatura a cui si portano i due sistemi se vengono lasciati interagire tra loro e dire se il processo è reversibile o no. Se il processo è irreversibile, calcolare l'entropia prodotta per irreversibilità.
-

Esercizio TD C

Il sistema mostrato in figura consiste in un serbatoio A a temperatura $T_A = 700\text{ °C}$, una macchina ciclica X e due contenitori rigidi identici B e C , ciascuno riempito con 10 kg di un gas perfetto. I sottosistemi possono interagire solo fra loro come indicato in figura. Inizialmente i gas in entrambi i contenitori sono alla stessa temperatura $T_1^B = T_1^C = 40\text{ °C}$. Per entrambi i gas, $c_p = 1.4\text{ kJ/kg K}$ e $c_v = 1\text{ kJ/kg K}$. Rappresentare sul piano $E - S$ (energia-entropia) tutti gli stati considerati nella risoluzione.

1. In un processo α , la macchina ciclica estrae 1000 kJ di energia dal serbatoio A trasferendone 500 kJ al gas nel contenitore B mediante un'interazione di tipo lavoro e 500 kJ al gas nel contenitore C mediante un'interazione di tipo non lavoro. Quanta entropia ricevono i gas in B e C ?
2. Se il processo α è reversibile, gli stati finali dei gas in B e C sono di equilibrio stabile? (giustificare la risposta)
3. Se invece il processo α non è reversibile, quant'è la massima quantità di entropia che si può generare per irreversibilità nel sistema composto $AXBC$?
4. Di 1000 kJ di energia estratta dal serbatoio A , quant'è la massima quantità di energia che la macchina può trasferire al gas in B ?



Esercizio TD D

Per visualizzare il comportamento dell'acqua al punto critico si deve realizzare un contenitore rigido trasparente da riempire a pressione atmosferica con una miscela bifase di opportune proporzioni, sigillare il contenitore, e poi riscaldarlo. Fare uno schizzo su di un diagramma pressione-volume dello stato bifase a pressione atmosferica, e della sequenza di stati che la miscela segue durante il riscaldamento fino al punto critico. Determinare

1. le proporzioni, in massa e in volume, di liquido e vapore nel contenitore a pressione atmosferica;
 2. l'energia necessaria per riscaldare la miscela nel contenitore dalla pressione atmosferica al punto critico, se il volume del contenitore è pari a 10 cm^3 .
-

Esercizio TD E

Un sistema consiste di 10 kg di H_2O in un contenitore di volume fisso. Inizialmente, al tempo t_1 , l' H_2O è in uno stato di equilibrio stabile a $T_1 = 1000^\circ\text{C}$ e $p_1 = 5 \text{ MPa}$. Il contenitore è avvolto da uno strato di isolante che lo separa dall'ambiente a $T_0 = 25^\circ\text{C}$. L'isolante non è perfetto e così, dopo un certo tempo, l' H_2O si ritrova, all'istante t_2 , in un altro stato di equilibrio stabile a pressione $p_2 = 1 \text{ MPa}$.

1. Quanto vale la temperatura T_2 ?
 2. Quanta energia è fluita dall' H_2O all'ambiente attraverso l'isolante nell'intervallo fra t_1 e t_2 ?
 3. Quanta entropia è stata generata per irreversibilità nell'intervallo di tempo durante il quale l' H_2O è passata dallo stato 1 allo stato 2?
-

Esercizio TD F

Un sistema di irrigazione pompa acqua da un fiume a pressione $p_1 = 1 \text{ atm}$ e rifornisce una condotta con una portata $\dot{m} = 40 \text{ kg/s}$ e con una pressione $p_2 = p_1 + 300 \text{ kPa}$. L'efficienza della pompa è $\eta_P = 0.8$. Determinare la potenza meccanica da fornire alla pompa.

Esercizio TD G

Un compressore con efficienza $\eta_C = 0.8$ comprime una portata $\dot{m} = 40$ kg/s di aria da $p_1 = 1$ atm, $T_1 = 25^\circ\text{C}$ a $p_2 = p_1 + 300$ kPa. Calcolare la potenza meccanica necessaria.

Esercizio TD H

Determinare la potenza prodotta da una turbina a gas con efficienza $\eta_T = 0.9$ che elabora una portata d'aria $\dot{m} = 40$ kg/s da $p_1 = 1.013$ MPa, $T_1 = 900^\circ\text{C}$ a $p_2 = 101.3$ kPa.

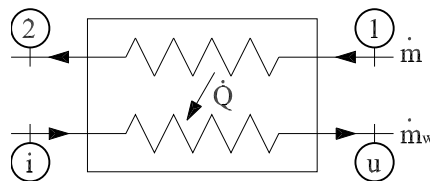
Esercizio TD I

Determinare la potenza prodotta da una turbina a vapore con efficienza $\eta_T = 0.9$ che elabora una portata di vapore $\dot{m} = 40$ kg/s da $p_1 = 1$ MPa, $T_1 = 600^\circ\text{C}$ a $p_2 = 10$ kPa. Calcolare l'entropia prodotta per irreversibilità nella turbina.

Esercizio TD L

Il condensatore di un impianto per la produzione combinata di energia elettrica e termica (Termoutilizzatore di Brescia in assetto cogenerativo) utilizza l' H_2O in uscita dalla turbina ($\dot{m} = 209$ t/h) per riscaldare una portata $\dot{m}_w = 4000$ t/h di acqua liquida da $T_i = 59^\circ\text{C}$ a $T_u = 85^\circ\text{C}$. L' H_2O condensa all'interno del condensatore ed esce in uno stato 2 di liquido saturo a pressione atmosferica ($p_1 = p_2 = p_{\text{atm}}$). Trascurando le perdite di carico all'interno dello scambiatore e le dispersioni termiche verso l'ambiente:

1. determinare il calore \dot{Q} ceduto dall' H_2O all'acqua liquida all'interno del condensatore;
2. determinare lo stato 1 dell' H_2O in ingresso al condensatore (in particolare T_1) e dire se è uno stato monofase o bifase.

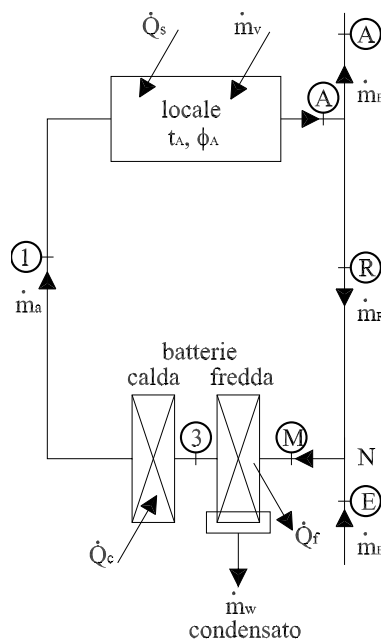


Esercizio TD M

Un impianto che opera in regime stazionario utilizza come fonte energetica il raffreddamento dalla temperatura T_i^G alla temperatura T_u^G di una corrente a pressione costante di portata \dot{m}_G di un gas perfetto con calore specifico c_p e costante dei gas R . L'impianto ha due prodotti: una potenza elettrica \dot{W}_e e una potenza termica sotto forma di riscaldamento dalla temperatura T_i^L alla temperatura T_u^L di una corrente a pressione costante di portata \dot{m}_L di un fluido incompressibile con calore specifico c e volume specifico v . Scrivere l'espressione del rendimento di secondo principio per l'impianto, considerando che l'impianto può scambiare potenza termica con l'ambiente alla temperatura T_R .

Esercizio TD N

Si deve condizionare nella stagione estiva un locale pubblico, nel quale si vogliono mantenere le condizioni ambiente $t_A = 25^\circ\text{C}$ e $\phi_A = 50\%$ rispettivamente di temperatura e di umidità relativa, quando le condizioni dell'aria esterna sono $t_E = 32^\circ\text{C}$ e $\phi_E = 60\%$. Dal locale si deve asportare il carico termico sensibile $\dot{Q}_s = 18900 \text{ kcal/h}$ e la quantità di vapor d'acqua (carico latente interno) $\dot{m}_v = 10 \text{ kg/h}$. L'aria necessita di una portata d'aria esterna di rinnovo $\dot{m}_e = 5000 \text{ kg/h}$. Con riferimento allo schema riportato in figura, sapendo che l'aria all'ingresso nell'ambiente ha temperatura $t_1 = 17^\circ\text{C}$, si determinino i flussi termici \dot{Q}_f e \dot{Q}_c da scambiare nelle batterie fredda e calda del condizionatore.



Esercizio TD O

Due bottiglie di acqua A e B , da 1 l e 2 l rispettivamente, si trovano inizialmente a temperatura $T_1^A = 80^\circ\text{C}$ e $T_1^B = 20^\circ\text{C}$.

1. Determinare la disponibilità adiabatica di ciascuna delle due bottiglie nello stato iniziale.
 2. Determinare la disponibilità adiabatica del sistema composto dalle due bottiglie nello stato iniziale.
 3. Determinare a quale temperatura si portano le due bottiglie se vengono lasciate interagire tra loro. Il processo è reversibile o irreversibile? Se è irreversibile calcolare l'entropia prodotta per irreversibilità.
 4. Determinare quanto vale l'energia disponibile delle due bottiglie e del sistema composto dalle due bottiglie nello stato iniziale rispetto a un serbatoio R a temperatura $T_R = 20^\circ\text{C}$.
-

Esercizio TD P

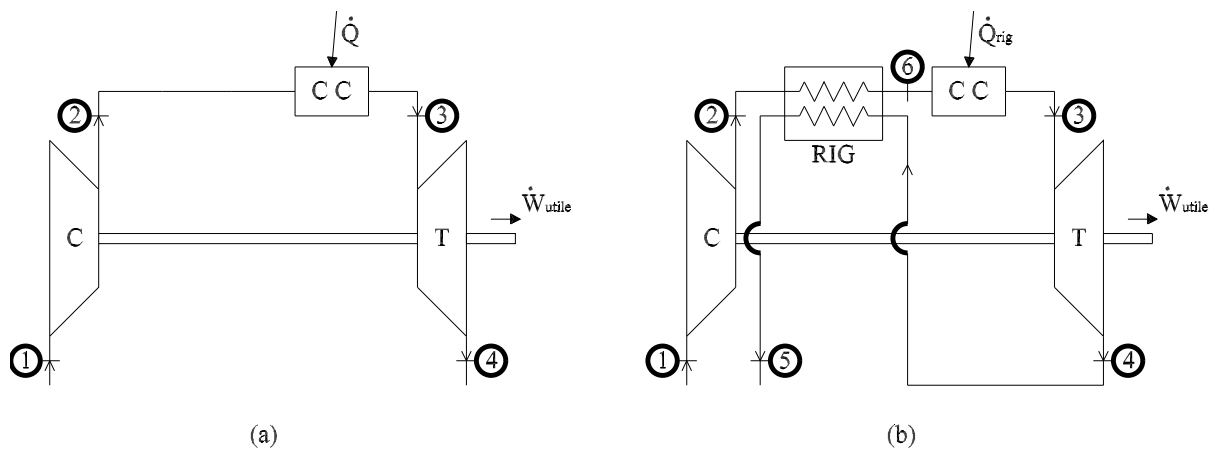
In un condotto fluisce aria (gas perfetto biatomico di massa molecolare $M_m = 29 \text{ kg/kmol}$) a temperatura $T_0 = 20^\circ\text{C}$ e pressione $p_0 = 10 \text{ bar}$. Al condotto è collegata, tramite una valvola, una bombola A di volume $V^A = 50 \text{ dm}^3$, avente pareti adiabatiche e indeformabili. Inizialmente la bombola è vuota e la valvola è chiusa. All'istante t_1 la valvola viene aperta e l'aria inizia a fluire all'interno della bombola. Il processo di riempimento termina all'istante t_2 , quando la pressione all'interno della bombola eguaglia quella dell'aria nel condotto ($p_2^A = p_0$) e la valvola viene chiusa. Determinare

1. la temperatura T_2^A dell'aria nella bombola alla fine del processo;
 2. l'entropia $S_{\text{irr},2}^A$ prodotta per irreversibilità all'interno della bombola durante il processo.
-

Esercizio TD Q

Nel compressore di un impianto che funziona secondo un ciclo standard Joule-Brayton (vedi figura (a)) entra aria alla pressione $p_1 = 1$ bar e alla temperatura $T_1 = 25^\circ\text{C}$ ed esce alla pressione $p_2 = 5.5$ bar. Il rendimento del compressore è $\eta_C = 0.82$. L'aria calda che lascia la camera di combustione, che si trova alla temperatura $T_3 = 700^\circ\text{C}$, è espansa in una turbina avente rendimento $\eta_T = 0.85$ fino alla pressione $p_4 = 1$ bar.

1. Determinare la potenza per unità di portata assorbita dal compressore \dot{W}_C/\dot{m} e prodotta dalla turbina \dot{W}_T/\dot{m} e il rendimento η_I del ciclo.
2. Determinare il rendimento $\eta_{I,\text{rig}}$ del ciclo, nel caso venga inserito un rigeneratore avente il compito di preriscaldare l'aria proveniente dal compressore fino alla temperatura $T_6 = 350^\circ\text{C}$, utilizzando i gas caldi uscenti dalla turbina (vedi figura (b)).



Esercizio TD R

Si consideri un impianto a ciclo Rankine a doppio surriscaldamento illustrato in figura. L'impianto produce una potenza meccanica netta $\dot{W}_{\text{netta}} = 50 \text{ MW}$. L' H_2O entra nella turbina di alta pressione a temperatura $T_1 = 450^\circ\text{C}$ e pressione $p_1 = 50 \text{ bar}$ ed esce a pressione $p_2 = 5 \text{ bar}$; viene poi surriscaldata fino alla temperatura $T_3 = 450^\circ\text{C}$ ed entra nella turbina di bassa pressione, dalla quale esce a pressione $p_4 = 0.1 \text{ bar}$. I rendimenti delle turbine di alta pressione, di bassa pressione e della pompa sono rispettivamente $\eta_{T_{ap}} = 0.9$, $\eta_{T_{bp}} = 0.85$ e $\eta_P = 1$.

1. Calcolare la portata di H_2O \dot{m} che fluisce nell'impianto.
2. Calcolare i rendimenti di primo principio η_I e di secondo principio η_{II} dell'impianto (Si consideri che la potenza necessaria per il funzionamento dell'impianto sia fornita da un combustibile).

L'impianto può funzionare anche in assetto cogenerativo. In questo caso la pressione in uscita alla turbina di bassa pressione è $p_4 = 1 \text{ atm}$. Si consideri che il calore prodotto dal condensatore sia a temperatura $T_0 = 95^\circ\text{C}$ e che la temperatura dell'ambiente sia $T_a = 20^\circ\text{C}$. La portata \dot{m} di H_2O sia la stessa calcolata al punto 1.

3. Calcolare i rendimenti di primo principio η_I e di secondo principio η_{II} dell'impianto che funziona in assetto cogenerativo.

