

Docente:

COGNOME

NOME

MATRICOLA

FIRMA

Esercizio 1

Un cilindro orizzontale rigido è diviso in due sottovolumi da un setto impermeabile alla massa, diatermico e mobile. Nel sottovolume di sinistra, inizialmente pari a 3 dm^3 , è contenuto elio, mentre nel sottovolume di destra, inizialmente pari a 2 dm^3 , è contenuto ossigeno. La pressione iniziale P_i e la temperatura iniziale T_i (uguali per entrambi i sottosistemi) sono rispettivamente pari a 50 bar, $20 \text{ }^\circ\text{C}$. Determinare la temperatura e la pressione finali al termine di una trasformazione quasi-statica durante la quale all'intero cilindro viene fornito un calore pari a $Q = 75 \text{ kJ}$.

Esercizio 2

Si dispone di:

- una massa di ferro ($c_p = 430 \text{ J/kgK}$) pari a 1800 kg inizialmente a $850 \text{ }^\circ\text{C}$, che viene raffreddata a pressione costante fino a $150 \text{ }^\circ\text{C}$;

- una massa pari a 500 kg di acqua inizialmente allo stato solido alla temperatura di $0 \text{ }^\circ\text{C}$, P atmosferica ($\lambda_{\text{fusione ghiaccio}} = 333 \text{ kJ/kg}$).

Tra le due masse opera un ciclo termodinamico motore che fornisce un lavoro pari a 220 MJ. Determinare l'irreversibilità del processo ciclico.

Esercizio 3

Una parete piana monostrato ha uno spessore di 15 mm, conduttività termica 0.5 W/mK ed è sede di una generazione interna di potenza termica pari a 20 kW/m^3 . Il sistema è in condizioni stazionarie e si sa che la potenza termica per unità di superficie che attraversa la faccia sinistra della parete è pari a 100 W/m^2 , entrante nella parete. Sul lato destro invece la parete è lambita da un fluido caratterizzato da temperatura indisturbata $T_{\infty} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ e coefficiente liminare $h = 5 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Determinare e rappresentare qualitativamente il profilo di temperatura all'interno della parete e calcolare la temperatura sulla faccia sinistra.

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.

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

Esercizio 1

Dato che il contorno esterno è rigido, la trasformazione avviene a V totale costante; inoltre durante tutta la trasformazione temperatura e pressione rimangono uguali tra i due gas, dato che il setto è mobile e diatermico. Quindi, i volumi rimangono gli stessi della condizione iniziale ($V1f = V1i$, $V2f = V2i$).

La temperatura finale può essere determinata tramite un bilancio energetico (Primo Principio per sistemi chiusi) considerando il calore ricevuto dall'esterno:

$$\Delta U_{tot} = \Delta U1 + \Delta U2 = [\text{nell'ipotesi di gas ideale}] = M1 \, cv1 \, (Tf - Ti) + M2 \, cv2 \, (Tf - Ti) = Q$$

Le T iniziali sono note, i cv si calcolano con le solite relazioni di gas perfetto (elio monoatomico, ossigeno biatomico), pertanto l'unica incognita è Tf così ricavabile:

$$Tf = Ti + Q / (M1 \, cv1 + M2 \, cv2)$$

Quindi applicando l'equazione del gas ideale a ciascun gas (ne basta uno, applicarla ad entrambi è solo per verifica) se ne ricava $Pf = M1 \, R^*1 \, Tf / V1f$

Risultati numerici:

$V1i$	0.003	R^*o	2078.5
$T1i$	293.15	Mo	0.0246
$P1i$	5000000	cvo	3117.8
		cpo	5196.3

$V2i$	0.002	R^*n	259.8
$T2i$	293.15	Mn	0.131
$P2i$	5000000	cvn	649.5
		cpn	909.3

Q 75000

Tf 756.018

$V1f$ 0.003

$V2f$ 0.002

$Pf1$ 12894737

$Pf2$ 12894737

Esercizio 2

Si tratta di un ciclo che opera tra due sorgenti a T variabile, e nel caso della sorgente fredda è anche coinvolta almeno una transizione di fase (da solido a liquido, in teoria si potrebbe anche arrivare poi in condizioni di evaporazione, ma valutando il calore ricevuto si vede che con i dati del problema non succede).

Per la sorgente calda: $Q_{sh} = M_f \, c_{pf} \, (T_{ff} - T_{fi})$

Per la sorgente fredda: 1) $Q_c = -Q_h - L$, $Q_{sc} = -Q_c \Rightarrow Q_{sc} = Q_h + L = -Q_{sh} + L$
 2) $Q_{sc} = M_a \, (\lambda + c_{pa} \, (T_{af} - T_{ai}))$

Si può così determinare la temperatura finale della sorgente fredda Taf:

$$Taf = Tai - \lambda / cpa + Qsc / (Ma cpa)$$

A questo punto:

$$\Delta Sf = Mf c_{pf} \ln(T_{ff}/T_{fi})$$

$$\Delta Sa = Ma (\lambda / Tai + c_{pa} \ln(Taf/Tai))$$

$$Sp = \Delta Sf + \Delta Sa$$

Risultati numerici:

Tfi	1123.15
Tff	423.15
c _{pf}	430
Mf	1800

Tai	273.15
c _{pa}	4186
lambda	333000
Ma	500

L	-220000000
---	------------

Q _{sh}	-541800000
Q _{sc}	321800000

Taf	347.35
-----	--------

DSf	-755552
DSa	1112526
Sp	356974

Esercizio 3

I profili di temperatura e flusso nella parete piana si hanno dall'integrazione dell'equazione di Poisson 1D:

$$T(x) = -U'''' / (2 \lambda) x^2 + A x + B$$

$$Q''' = -\lambda dT/dx = U'''' x - A \lambda$$

note le due condizioni al contorno di flusso imposto a sinistra, flusso convettivo a destra, cioè:

$$Q'''(x=0) = Q''''_{sx} \Rightarrow U'''' \cdot 0 - A \lambda = Q''''_{sx}$$

$$Q'''(x=s) = -h(T_{oo} - T_{pdx}) \Rightarrow U'''' s - A \lambda = -h(T_{oo} - [-U'''' s^2 / (2 \lambda) + A s + B])$$

scegliendo un unico asse orientato da sinistra a destra. Dalla prima si ricava A, quindi B dalla seconda:

$$A = -Q''''_{sx} / \lambda$$

$$B = (U'''' s - A \lambda) / h + T_{oo} + U'''' / (2 \lambda) s^2 - A s.$$

La T sulla faccia sinistra è a questo punto calcolabile immediatamente dal profilo determinato: T(0) = B.

Risultati numerici:

Q''_{sx} 100
 U''' 20000
 s 0.015
 k 0.5
 T_{oo} 293.15
 h 5

 A -200
 B 380.65

