

## Corso di Fisica Tecnica per Ingegneria Meccanica

Prova del 3 febbraio 2010

COGNOME

NOME

MATRICOLA

FIRMA

### Esercizio 1

Una parete piana indefinitamente estesa lungo due direzioni spaziali è costituita lungo la terza da 3 strati solidi: A, B e C. Lo strato centrale B è sede di una generazione interna di potenza termica  $\dot{Q}''' = 10^5 \text{ W/m}^3$ . La faccia di sinistra dello strato A è perfettamente adiabatica, mentre la faccia di destra dello strato C è lambita da un fluido a  $T_\infty = 20 \text{ }^\circ\text{C}$  ( $h = 10 \text{ W/m}^2\text{K}$ ).

Sapendo che il sistema è in condizioni stazionarie, rappresentare l'andamento qualitativo della temperatura nel sistema e determinare:

- il flusso termico per unità di superficie che attraversa lo strato C e viene disperso nel fluido;
- la temperatura dell'interfaccia tra gli strati B e C;
- la temperatura massima del sistema.

Caratteristiche degli strati:

$$s_B = 20 \text{ mm}, k_B = 3 \text{ W/mK}; \quad s_C = 15 \text{ mm}, k_C = 2 \text{ W/mK}.$$

### Esercizio 2

Una portata  $\dot{m}_g$  di aria (gas ideale biatomico) subisce una trasformazione politropica dalle condizioni  $P_1 = 5 \text{ bar}$ ,  $T_1 = 600 \text{ K}$  alla condizione  $P_2 = 1 \text{ bar}$ . Il cx della trasformazione è  $c_x = 5 \text{ kJ/kmolK}$ . Dopo tale trasformazione tale portata entra in uno scambiatore di calore, isobaro e con mantello perfettamente adiabatico, all'interno del quale scambia calore con una portata  $\dot{m}_a = 5 \text{ kg/s}$  di acqua che passa da  $T_{ai} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$  a  $T_{au} = 50 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Determinare:

- la portata  $\dot{m}_g$  di gas sapendo che esce dallo scambiatore alla temperatura  $T_{gu} = 70 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- l'irreversibilità totale del processo che avviene nello scambiatore di calore.

### Esercizio 3

Un ciclo di Carnot diretto funziona tra due sorgenti isoterme a  $T_h$  e  $T_c$  assorbendo dalla prima  $Q_h = 1000 \text{ J}$  e cedendo alla seconda  $Q_c = 400 \text{ J}$ , con un rendimento di Secondo Principio  $\eta_{II} = 0.75$ . Sapendo che  $T_h = 750 \text{ }^\circ\text{C}$ , determinare l'irreversibilità totale del sistema e l'energia utilizzabile non utilizzata.

## Soluzioni:

### Esercizio 1

Dato che la faccia di sinistra della parete A è completamente adiabatica, il flusso termico va completamente verso destra e lo strato A è isoterma a  $T_{\max}$  del sistema.

Dunque essendo la parete B sede di generazione interna di potenza,  $Q^{\circ\circ} = Q^{\circ\circ\circ} * s_B = 2000 \text{ W/m}^2$

Dato che lo strato C è uno strato passivo, si può utilizzare l'analogia elettrica delle resistenze in serie per la conduzione nello strato C e lo scambio convettivo:

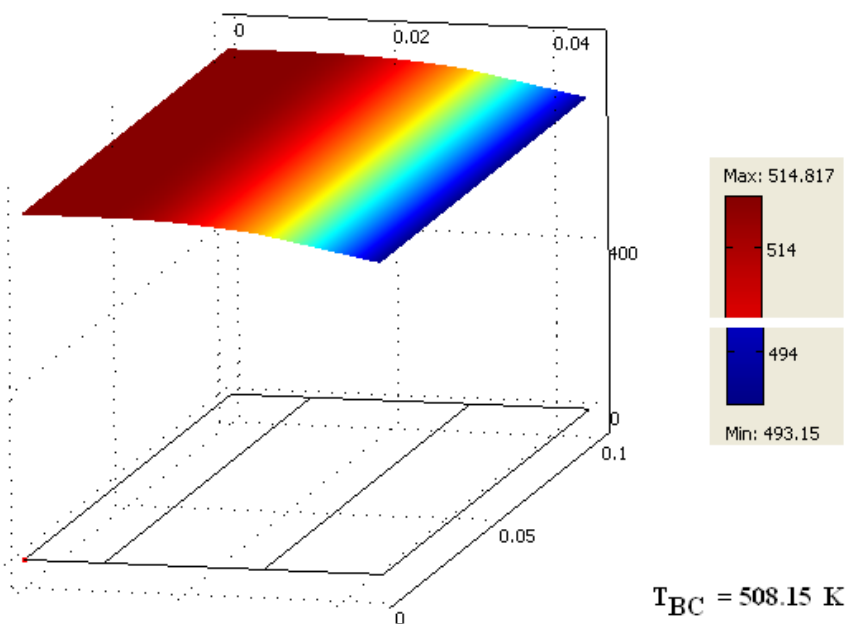
$Q^{\circ\circ} = -(T_{\infty} - T_{BC}) / (1/h + s_C/k_C)$  potendosi così ricavare da questa equazione  $T_{BC}$ .

Lo strato B è invece sede di generazione interna di potenza, per cui è necessario utilizzare l'equazione di Poisson, integrandola in coordinate cartesiane con le ipotesi di stazionarietà e monodirezionalità del flusso e imponendo come condizioni al contorno:

$Q^{\circ\circ} = 0$  all'interfaccia AB;

$T = T_{BC}$  all'interfaccia BC.

da cui il profilo effettivo di temperatura.



## Esercizio 2

La trasformazione subita dal gas è una politropica con  $\kappa$  noto. E' quindi possibile ricavarne l'indice come:

$$n = (\kappa - c_p) / (\kappa - c_v) = 1.529$$

e quindi determinare la temperatura di fine trasformazione tramite l'equazione della politropica in coordinate P,T:

$$T_2 = T_1 * (P_1/P_2)^{[(1-n)/n]} = 343.85 \text{ K}$$

Nelle equazioni per il calcolo energetico dello scambiatore di calore è così tutto noto tranne la portata di gas:

$$Q^{\circ}_{\text{gas}} = M^{\circ}_{\text{gas}} * c_{p\text{gas}} * (T_{\text{gas } u} - T_{\text{gas } i})$$

$$Q^{\circ}_{\text{acqua}} = M^{\circ}_{\text{acqua}} * c_{p\text{acqua}} * (T_{\text{acqua } u} - T_{\text{acqua } i})$$

$$Q^{\circ}_{\text{gas}} = - Q^{\circ}_{\text{acqua}}$$

per cui è possibile ricavare quest'ultima:  $Q^{\circ}_{\text{acqua}} = 627.9 \text{ kW}$ ,  $M^{\circ}_{\text{gas}} = 891 \text{ kg/s}$ .

L'irreversibilità totale del processo che avviene nello scambiatore è, dato che il processo è isobaro e adiabatico rispetto all'esterno dello scambiatore stesso:

$$\Delta S = M^{\circ}_{\text{gas}} * c_{p\text{gas}} * \ln(T_{\text{gas } u} / T_{\text{gas } i}) + M^{\circ}_{\text{acqua}} * c_{p\text{acqua}} * \ln(T_{\text{acqua } u} / T_{\text{acqua } i}) = 211.3 \text{ J/K.}$$

## Esercizio 3

Scrivendo la definizione del rendimento di II Principio ed il bilancio entropico per il sistema ciclo + sorgenti, si ha immediatamente un sistema di due equazioni nelle due sole incognite  $T_c$  e  $\Delta S_{\text{tot}}$  che possono quindi essere facilmente determinate.

L'energia utilizzabile non utilizzata è quindi immediatamente calcolabile come  $T_c * \Delta S_{\text{tot}}$ .

In alternativa è possibile calcolare il rendimento di primo Principio del ciclo in esame e del ciclo di Carnot reversibile equivalente, determinando quindi il lavoro reale ed il lavoro ideale e calcolando il lavoro perso come differenza tra i due.