

# Esercizio 1

Una macchina di Carnot funzionante in senso inverso (ciclo frigorifero) è utilizzata come pompa di calore per mantenere la temperatura di un ambiente che dissipa del calore verso l'esterno al valore costante di  $T_c = 20^\circ\text{C}$ .

La temperatura esterna è  $T_F = -10^\circ\text{C}$ .

Che quantità di lavoro deve essere spesa se  $Q_F = 1.0\text{kJ}$ ?

$$[L = 114\text{J}]$$

# Esercizio 2

Una macchina di Carnot funziona in senso inverso (ciclo frigorifero) tra le temperature  $T_F=270\text{k}$  e  $T_C=300\text{k}$  assorbendo per ogni ciclo una quantità di lavoro  $L=500\text{J}$ . Calcolare la quantità di calore  $Q_C$  ceduto in ogni ciclo alla sorgente a temperatura più alta.

$$[Q_C=5.0\text{kJ}]$$

# Esercizio 3

Un frigorifero reversibile di Carnot funziona fra  $T_2=25^\circ\text{C}$  e  $T_1=-4.0^\circ\text{C}$  assorbendo lavoro  $L=400\text{J}$  in un ciclo.

Vi si pone all'interno  $m=1.0\text{kg}$  di acqua a  $T_{\text{H}_2\text{O}}=20^\circ\text{C}$ .

Calcolare il numero  $N$  di cicli che deve compiere la macchina per trasformare tutta l'acqua in ghiaccio a temperatura  $T_1$ .

$$[N=113.7]$$

# Esercizio 4

Un ciclo frigorifero di Stirling sottopone  $n = 1.3$  moli di un gas ideale di costante  $\gamma = 1.27$  alle seguenti quattro trasformazioni:

un isocora a  $V_1 = V_2 = 2\text{ l}$ ,

una espansione isoterma a  $T_2 = 25^\circ\text{C}$ ,

una isocora a  $V_3 = V_4 = 3\text{ l}$ ,

una compressione isoterma a  $T_1 = -10.0^\circ\text{C}$ .

Calcolare l'efficienza frigorifera  $\varepsilon$  fra  $T_2 = 25^\circ\text{C}$  e  $T_1 = -10.0^\circ\text{C}$ ,

$$[\varepsilon = \frac{nRT_2 \ln V_3/V_1 + \frac{nR}{\gamma-1}(T_1 - T_2)}{nR(T_1 - T_2) \ln V_3/V_1} = 17.6]$$

# Esercizio 5

Un'unità di refrigerazione azionata da un motore di potenza  $P=400\text{W}$  opera fra  $T_F=-14^\circ\text{C}$  e  $T_C=40^\circ\text{C}$  e trasforma acqua alla temperatura iniziale  $T_2=16^\circ\text{C}$  in ghiaccio a  $T_1=-10^\circ\text{C}$  producendo  $m=96\text{kg}$  di ghiaccio ogni giorno. Dimostrare che l'efficienza del frigorifero è il 24 % di quello di un ciclo frigorifero di Carnot operante fra le stesse temperature.

# Esercizio 6 (casa)

Un frigorifero opera tipicamente fra  $T_F = -18^\circ\text{C}$  e  $T_C = 30^\circ\text{C}$ .

Ricordato che il calore latente di fusione del ghiaccio è

$\lambda = 334 \text{ kJ/kg}$  e che il calore specifico del ghiaccio è

$c = 2050 \text{ J/(kgK)}$  calcolare:

- a) Il coefficiente massimo  $\varepsilon$  del frigorifero;
- b) Il calore  $Q_g$  che occorre sottrarre per trasformare in ghiaccio  $m = 0.50 \text{ kg}$  d'acqua inizialmente a  $T = 0^\circ\text{C}$ ;
- c) Il calore totale  $Q$  da sottrarre per congelare la medesima acqua da  $T = 0^\circ\text{C}$  fino a  $T_F$ .
- d) Il lavoro  $L$  che il motore del frigorifero più efficiente compie per ottenere questo scopo.

$$[\varepsilon = 5.31 ; Q_g = 167 \text{ kJ} ; Q = 185 \text{ kJ} ; L = 35 \text{ kJ}]$$

# Esercizio 7 (casa)

Una macchina frigorifera di Carnot opera tra  $T_C$  e  $T_F = -5^\circ\text{C}$  con coefficiente di prestazione  $k=8.37$  ed una frequenza di  $\nu=2$  cicli/s, assorbendo dalla rete elettrica  $P=1000\text{W}$ . Con questa macchina frigorifera una massa d'acqua  $m=1\text{kg}$  a  $T_0=20^\circ\text{C}$  viene congelata a  $T_F$ .

Calcolare:

- a) la temperatura superiore  $T_C$
- b) il calore totale  $Q_{\text{tot}}$  sottratto alla massa d'acqua
- c) il numero  $N$  di cicli compiuti dalla macchina per congelare l'acqua a  $T_F$ .

*Calore latente acqua  $c_{H_2O}=4.2\text{kJ}/(\text{kgK})$*

*calore latente ghiaccio  $\lambda=334\text{ kJ/kg}$*

*calore specifico del ghiaccio è  $c_g=2050\text{ J}/(\text{kgK})$*

$$[T_C = 27^\circ\text{C} ; Q_{\text{tot}} = 428\text{kJ} ; N = 102\text{ cicli}]$$