

Fisica Generale 3

Prova scritta, 16 giugno 2008

Problema 1

Fornendo una quantità di calore $Q=574$ J, 4 Kg di rame inizialmente a temperatura ambiente, aumentano la loro temperatura di 0.5 K senza variare apprezzabilmente di volume.

Calcolare la variazione di entropia in ciascuno dei seguenti processi

- 1) Un blocco di rame di massa $m=0.5$ Kg a temperatura iniziale di 423 K viene immerso in un lago a 280 K.
- 2) Lo stesso blocco alla temperatura di 283K viene fatto cadere da un'altezza di 100 m (si trascuri l'effetto dell'aria).
- 3) Due blocchi di uguale massa e dimensioni sono alla temperatura di 383 K e 273 K e vengono posti in contatto termico, senza che vi sia dispersione di calore con l'esterno.

Problema 2

Una macchina frigorifera compie tre cicli al secondo, assorbendo 418.7 J di lavoro ad ogni ciclo. La macchina lavora scambiando calore soltanto con due sorgenti, a temperatura $T_1=200$ K e $T_2=300$ K. Sapendo che ogni ciclo, l'entropia dell'universo aumenta di 0.7 J/K, si determini il tempo necessario per sottrarre alla sorgente fredda un calore pari a $Q=10^4$ J. Si ripeta il calcolo nel caso in cui la macchina lavori reversibilmente, assorbendo la stessa potenza (lavoro per unità di tempo).

Soluzioni

Problema 1

I dati forniti permettono di derivare il calore specifico del rame

$$C = dQ / (m dT) = 287.25 \text{ J/Kg/K}$$

- a) La temperatura finale del blocco sarà quella del lago. Il calore ceduto a quest'ultimo sarà $Q = m c \Delta T = -20520.5 \text{ J}$. La variazione di entropia del blocco (sistema) e del lago (ambiente) sarà

$$\Delta S_s = \int_{T_i}^{T_f} \left(\frac{dQ}{T} \right)_{rev} = mC \ln \left(\frac{T_f}{T_i} \right) = -59.2 \text{ J/K}$$

$$\Delta S_a = Q/T_f = 73.3 \text{ J/K}$$

La variazione d'entropia dell'universo è la somma dei due termini.

- b) Anche se il blocco cade nel lago da un'altezza h , alla fine raggiungerà l'equilibrio termico con quest'ultimo (!) la sua temperatura finale sarà quindi $T_f = T_{lago}$.

Tuttavia il calore ceduto al lago risentirà del contributo dell'energia meccanica del masso, che viene in essa dissipata.

Si ottiene così

$$\Delta S_s = \int_{T_i}^{T_f} \left(\frac{dQ}{T} \right)_{rev} = mC \ln \left(\frac{T_L}{T_i} \right) = -1.5 \text{ J/k}$$

$$\Delta S_a = \frac{mgh - mc(T_L - T_i)}{T_L} = 3.2 \text{ J/K}$$

$$\Delta S_u = \Delta S_a + \Delta S_s = 1.7 \text{ J/K}$$

- c) Dal momento che il calore ceduto dal primo blocco è interamente assorbito dal secondo ed i due blocchi sono identici, la temperatura di equilibrio è la media tra le temperature iniziali

$$T_{eq} = (T_1 + T_2) / 2 = 328 \text{ K}$$

L'universo è costituito dai due blocchi, quindi

$$\Delta S_1 = \int_{T_1}^{T_{eq}} \left(\frac{dQ}{T} \right)_{rev} = mC \ln \left(\frac{T_{eq}}{T_1} \right) = -22.25 \text{ J/k}$$

$$\Delta S_2 = \int_{T_2}^{T_{eq}} \left(\frac{dQ}{T} \right)_{rev} = mC \ln \left(\frac{T_{eq}}{T_2} \right) = 26.34 \text{ J/k}$$

Problema 2

Dal I principio della termodinamica, segue che i calori $|Q_1|$ e $|Q_2|$ scambiati in un ciclo con le due sorgenti sono legati al lavoro impiegato tramite la relazione

$$|W| + |Q_1| = |Q_2|$$

Inoltre la variazione di entropia dell'universo (che è pari a quella dell'ambiente) è data da

$$\Delta S = |Q_2|/T_2 - |Q_1|/T_1$$

Da queste relazioni si ottiene $|Q_1| = 418 \text{ J}$ e $|Q_2| = 836 \text{ J}$.

In un secondo, la quantità di calore sottratta alla sorgente fredda è $3|Q_1|$ e quindi il tempo per sottrarre una quantità Q è

$$t = Q/(3|Q_1|) = 8 \text{ s}.$$

Il coefficiente di prestazione del frigorifero è

$$COP = |Q_1|/|W| = 1$$

Se il sistema funzionasse come un frigorifero reversibile, il C.O.P. sarebbe

$$(COP)_{rev} = T_1/(T_2 - T_1) = 2$$

Dunque il calore estratto, a parità di lavoro eseguito, è il doppio di quello precedente e, di conseguenza, il tempo impiegato ad estrarre il calore Q è la metà, ovvero 4 secondi.