

R

L'entropia

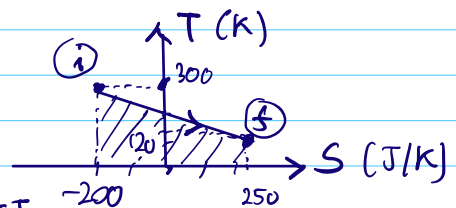
1. Falso: la funzione di stato entropia è definita a meno di una costante additiva arbitraria e in un dato stato termodinamico può assumere qualunque valore numerico; contano solamente le differenze di entropia.

2. Vero, perché l'entropia è una funzione di stato e la sua variazione non viene a dipendere dalla particolare trasformazione seguita dal sistema.

3. Quando la trasformazione è reversibile perché, a partire dalla equazione di Clausius, vale $\delta Q^{\text{REV}} = T dS$,

4. È sufficiente calcolare l'area sottesa dal segmento nel piano TS:

$$Q^{\text{REV}} = \frac{(300 + 120) \times (250 + 200)}{2} = 94.5 \text{ kJ}$$



5. Vero: in tutte le trasformazioni adiabatiche vale $\delta Q = 0$ ma solamente nei processi reversibili è vero che $\delta Q^{\text{REV}} = T dS$ per cui, in questo caso solamente, se $\delta Q^{\text{REV}} = 0$ è anche $dS = 0$ ossia $S = \text{costante}$.

6. Nel processo di espansione libera solamente il gas produce variazione (aumento) di entropia dell'universo pari a $\Delta S_1 = nR \ln(V_2/V_1) = 2 \times 8.3 \text{ J/K} \times \ln 3 \approx 18.3 \text{ J/K}$. Nel tratto isobaro, creando un processo reversibile, la variazione di entropia dell'universo è nulla e dunque $\Delta S_{\text{TOT}} = \Delta S_1 = 18.3 \text{ J/K}$.

7.

Il processo è tale che $T_i = T_f$ e dunque, trattandosi di un gas ideale, $\Delta U = 0$. Quindi $W = Q$. Si può allora ottenere che l'entropia del termostato diminuisce di Q/T , $\Delta S_{\text{term}} = -Q/T$, mentre quella del gas aumenta di $\Delta S_{\text{gas}} = nR \ln(V_f/V_i)$. Un totale

$$\Delta S_{\text{univ}} = \Delta S_{\text{term}} + \Delta S_{\text{gas}} = -\frac{Q}{T} + nR \ln \frac{V_f}{V_i} = -\frac{W}{T} + nR \ln \frac{V_f}{V_i} ;$$

$$(a) W = nRT \ln(V_f/V_i) - T \cdot \Delta S_{\text{univ}} ;$$

(b) W è massimo se $\Delta S_{\text{univ}} = 0$, ovvero se l'espansione è reversibile.

8.

La variazione di entropia del gas è data da

$$\Delta S_{\text{gas}} = nR \ln(V_f/V_i) = -24.5 \text{ J/K} ;$$

il termostato varia la sua entropia di

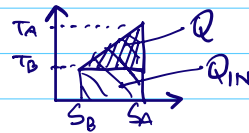
$$\Delta S_{\text{term}} = Q/T = \frac{2200 \times 4.18 \text{ J}}{273+20 \text{ K}} = 31.4 \text{ J/K} ,$$

per cui $\Delta S_{\text{tot}} = 6.9 \text{ J/K} > 0$ e quindi il processo è irreversibile.

9.

L'area del ciclo è $Q = W$ mentre il calore immesso è l'area del trapezio e dunque

$$(a) \eta = W/Q_{\text{IN}} = \frac{\frac{1}{2}(T_A - T_B)(S_A - S_B)}{\frac{1}{2}(T_A + T_B)(S_A - S_B)} = \frac{T_A - T_B}{T_A + T_B}$$



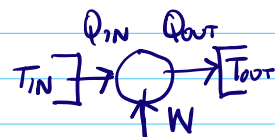
$$(b) \eta_c = \frac{T_A - T_B}{T_A} \Rightarrow \eta/\eta_c = \frac{T_A}{T_A + T_B}$$

10.

$$\Delta S_{\text{univ}} = |Q_{\text{out}}/T_{\text{out}} - Q_{\text{in}}/T_{\text{in}}| ;$$

$$W = Q_{\text{IN}}/|\omega| \Rightarrow |Q_{\text{out}}| = Q_{\text{IN}} + |W| = Q_{\text{IN}}(1 + 1/\omega)$$

$$\Rightarrow \Delta S_{\text{univ}} = Q_{\text{IN}} \left[\frac{1 + 1/\omega}{T_{\text{OUT}}} - \frac{1}{T_{\text{IN}}} \right] .$$



Si osserva che al diminuire del rendimento ΔS_{univ} cresce, mentre per un frigo di Carnot $W = \frac{T_{\text{IN}}}{T_{\text{OUT}} - T_{\text{IN}}}$ e $\Delta S_{\text{univ}} = 0$.