

Sull'Entropia

Variazione di entropia dell'ambiente

prodotta da un frigorifero ideale

Problema - Un frigorifero, da considerare come una macchina di Carnot, dotato di un motore di 700 W, è programmato per mantenere la temperatura della propria cella a 4 °C ed è inserito in un ambiente la cui temperatura è di 20 °C.

Determinare la variazione di entropia prodotta nell'ambiente esterno al frigorifero dallo scarico del calore riversato dal frigorifero durante un'ora di funzionamento.

Elaborazioni

1. Il funzionamento del motore del frigorifero è garantito dal lavoro elettrico L sviluppato il cui valore è dato dal prodotto della potenza del motore per il tempo di funzionamento:
 $L = \text{Potenza} \cdot \Delta t = 700 \text{ W} \cdot 3600 \text{ s} = 2,52 \cdot 10^6 \text{ J}$.
2. Siano $Q_{\text{ass.}}$ il calore estratto dal frigorifero dalla cella frigorifera, $Q_{\text{ced.}}$ il calore che il frigorifero scarica nell'ambiente esterno durante un'ora di funzionamento. Sussiste l'uguaglianza

$$Q_{\text{ced.}} = Q_{\text{ass.}} + L \text{ (lavoro elettrico)} \quad (1)$$

3. Lo scarico del calore $Q_{\text{ced.}}$ nell'ambiente esterno si può ritenere che avvenga alla temperatura costante $T_{\text{est.}} = (20 + 273,15) \text{ K} \approx 293 \text{ K}$ per cui l'aumento di entropia dell'ambiente esterno per l'assorbimento di detto calore è

$$\Delta S_{\text{est.}} = \frac{Q_{\text{ced.}}}{T_{\text{est.}}} = \frac{Q_{\text{ass.}} + L}{T_{\text{est.}}} \quad (2)$$

4. Notiamo che non conosciamo la quantità di calore $Q_{\text{ass.}}$ estratta dal frigorifero nell'ora di funzionamento; possiamo ricorrere al **fattore di qualità** della macchina (definito anche coefficiente di prestazione) e indicato con f , dato per definizione dal rapporto tra la quantità di calore estratto dalla cella frigorifera ed il lavoro elettrico L necessario per far funzionare la macchina:

$$f = \frac{Q_{\text{ass.}}}{L} \quad (3)$$

e poiché $L = Q_{\text{ced.}} - Q_{\text{ass.}}$ possiamo anche scrivere

$$f = \frac{Q_{\text{ass.}}}{Q_{\text{ced.}} - Q_{\text{ass.}}}$$

da cui

$$\frac{1}{f} = \frac{Q_{\text{ced.}} - Q_{\text{ass.}}}{Q_{\text{ass.}}} = \frac{Q_{\text{ced.}}}{Q_{\text{ass.}}} - \frac{Q_{\text{ass.}}}{Q_{\text{ass.}}} \quad (4)$$

Sappiamo che la **macchina frigorifera** è da considerare come **ideale** (macchina di Carnot) e quindi i rapporti tra le quantità di calore scambiate con l'ambiente e con la cella frigorifera sono uguali ai rapporti tra le corrispondenti temperature espresse nella scala Kelvin alle quali avvengono:

l'assorbimento di calore $Q_{ass.}$ avviene alla temperatura minima $T_{min}=(4+273)K=277K$;

lo scarico del calore $Q_{ced.}$ avviene alla temperatura $T_{max}=T_{est.}=293K$; possiamo scrivere la (4) in forma diversa:

$$\frac{1}{f} = \frac{T_{max}}{T_{min}} - 1 \quad \text{da cui} \quad f = \frac{T_{min}}{T_{max} - T_{min}} = \frac{277K}{(293 - 277)K} \approx 17,31$$

Ritornando alla (3) otteniamo

$$f = \frac{Q_{ass.}}{L} \rightarrow Q_{ass.} = f \cdot L = 17,31 \cdot 2,52 \cdot 10^6 J = 43,63 \cdot 10^6 J$$

Possiamo ora calcolare la variazione di entropia dell'ambiente esterno al frigorifero con la (2)

$$\Delta S_{est.} = \frac{Q_{ass.} + L}{T_{est.}} = \frac{43,63 \cdot 10^6 J + 2,52 \cdot 10^6 J}{293K} \approx 1,58 \cdot 10^5 \frac{J}{K}$$