Fisica Generale 1

Termodinamica

Entropia

Esempi

$$dS = \frac{\delta Q}{T} \qquad \Delta S = \int_{i\,\text{rev}}^{f} \frac{\delta Q}{T}$$

1) Gas Perfetto

$$\delta Q = dU + \delta W \qquad \Delta S = nC_v \ln\left(\frac{T_f}{T_i}\right) + nR \ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right)$$

2) Cambiamento di fase

(solido → liquido)

$$\Delta S = \frac{Q}{T} = \frac{mL}{T}$$

3) Isobara

$$\Delta S = nC_p \ln\left(\frac{T_f}{T_i}\right)$$

4) Espansione libera per un gas perfetto

$$\Delta S = nR \ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right)$$

5) Mescolamento (a p costante)

Entropia

Esempi

5) Mescolamento (a p costante)

m_1, T_1

m_2, T_2 } i

T_e

$\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2$

$\Delta S \geq 0$

$$\Delta S_1 = \int_{i\,rev}^{f} \frac{\delta Q}{T} = \int_{i\,rev}^{f} \frac{m_1 c_p dT}{T} = m_1 c_p \int_{i\,rev}^{f} \frac{dT}{T} = m_1 c_p \ln\left(\frac{T_f}{T_{i_1}}\right)$$

$T_f \leftarrow T_e$, $T_{i_1} \leftarrow T_1$

$\delta Q = n C_p \, dT$

$m c_p dT$

$$\Delta S_2 = m_2 c_p \ln\left(\frac{T_f}{T_{i_2}}\right)$$

$T_f \leftarrow T_e$, $T_{i_2} \leftarrow T_2$

$T_2 \leq T_e \leq T_1$

Entropia

In qualunque trasformazione l’entropia dell’universo aumenta (se la trasformazione è irreversibile) o rimane costante (se è reversibile).

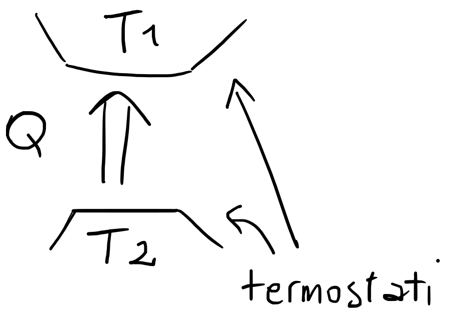
irrev.

$$\Delta S_{univ} \geq 0$$

rev.

Entropia

CLAUSIUS



$$T_2 > T_1$$

$$\Delta S_{univ} = \Delta S_1 + \Delta S_2$$

$$\Delta S_1 = \int_{i,\,rev}^{f} \frac{\delta Q}{T} = \frac{1}{T} \int_{i,\,rev}^{f} \delta Q = \frac{|Q|}{T_1}$$

$$\Delta S_2 = -\frac{|Q|}{T_2}$$

$$\Delta S_{univ} = \frac{|Q|}{T_1} - \frac{|Q|}{T_2} = |Q| \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right) > 0$$

IMPOSSIBILE per CLAUSIUS

$$T_1 > T_2$$

$$\Delta S_{univ.} = |Q| \underbrace{\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)}_{<0} < 0$$

Entropia

Secondo Principio

In qualunque trasformazione l'entropia dell'universo aumenta (se la trasformazione è irreversibile) o rimane costante (se è reversibile).

Entropia

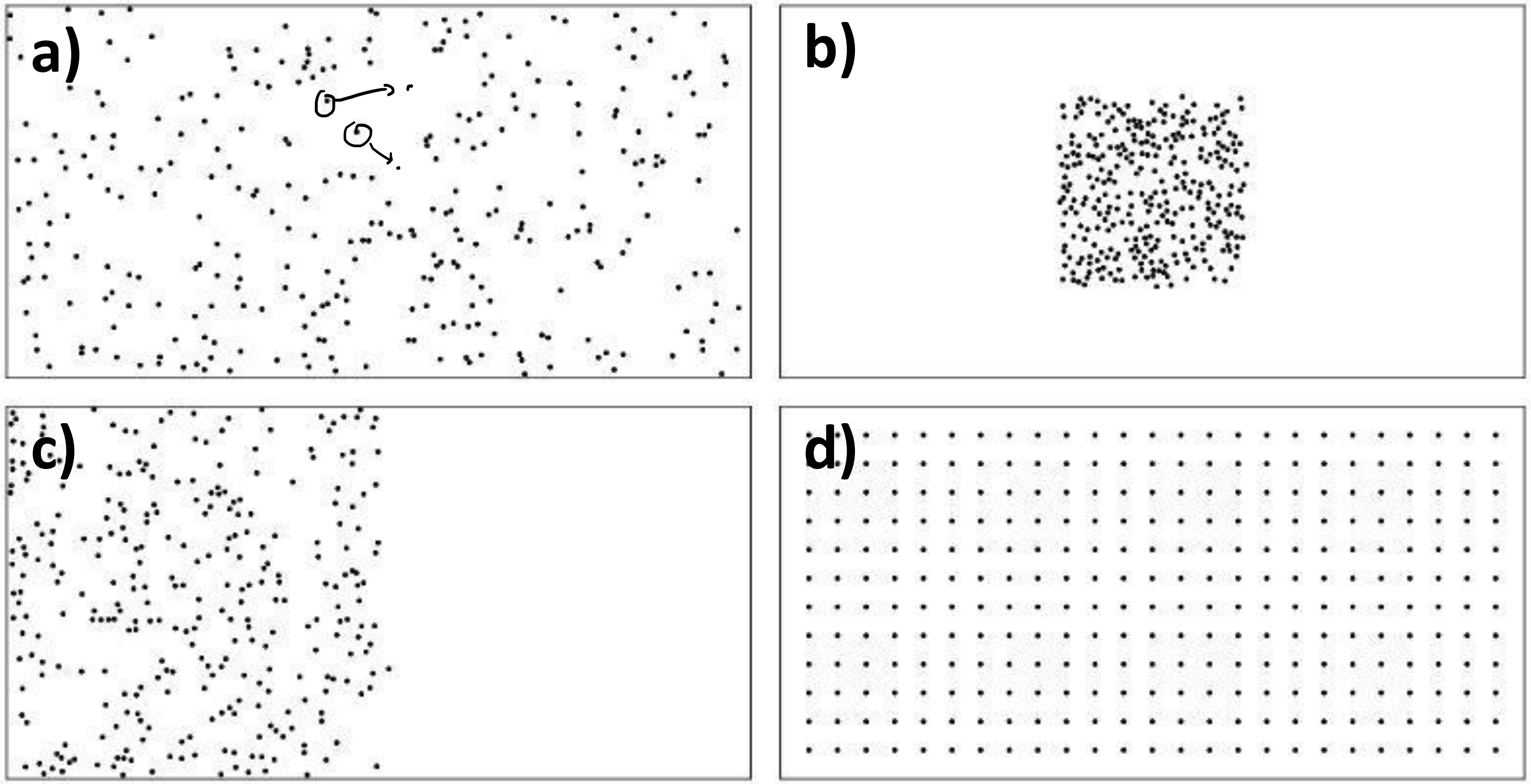
Secondo Principio

1) Quali sono le trasf. AMMESSE ⟷ "direzione temporale"

2) Reversibilità

Entropia

Interpretazione Microscopica



Entropia

Interpretazione Microscopica

Ω = numero di microstati ← "configurazioni"

↑ MOLTEPLICITA'

Def. ENTROPIA $S = K_B \ln(\Omega)$ Boltzmann

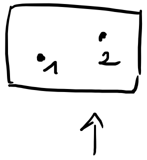
Espansione $V_i \to V_f$ 1 molecola!

$$\Delta S = K_B (\ln \Omega_f - \ln \Omega_i) = K_B \ln\left(\frac{\Omega_f}{\Omega_i}\right) = K_B \ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right)$$

$$\frac{\Omega_f}{\Omega_i} = \frac{V_f}{V_i}$$

Entropia

Interpretazione Microscopica



V_i

2 molecole

$\Omega_i \propto V_i^2$

$\Omega_f \propto V_f^2$

$$\Delta S = K_B \ln\left(\frac{\Omega_f}{\Omega_i}\right)$$

$$= K_B \ln\left(\frac{V_f^2}{V_i^2}\right) = 2 K_B \ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right)$$

N molecole

$$\Delta S = \underbrace{N K_B}_{} \ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right)$$

$$\underbrace{\frac{N}{N_A}}_{n} \cdot \underbrace{K_B N_A}_{R}$$

T costante

(ESPANSIONE ISOTERMA)

Entropia

Esempi

$dS = \frac{\delta Q}{T}$ $\Delta S = \int_i^f \frac{\delta Q}{T}$ (rev)

1) Gas Perfetto

$\delta Q = dU + \delta W$ $\Delta S = ~~n C_v \ln\left(\frac{T_f}{T_i}\right)~~ + nR \ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right)$

2) Cambiamento di fase

(solido → liquido)

$\Delta S = \frac{Q}{T} = \frac{mL}{T}$

3) Isobara

$\Delta S = n C_p \ln\left(\frac{T_f}{T_i}\right)$

4) Espansione libera per un gas perfetto

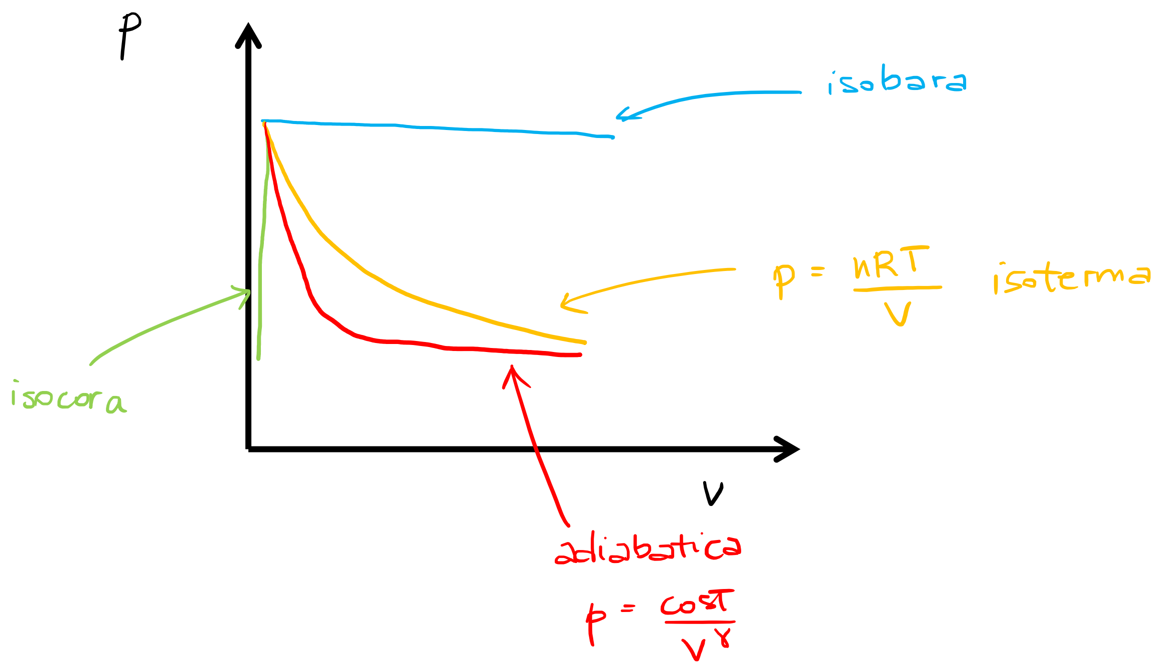
$\Delta S = nR \ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right)$

5) Mescolamento (a p costante)

Entropia

Grafico T-S

- quasistatiche
- gas perfetto



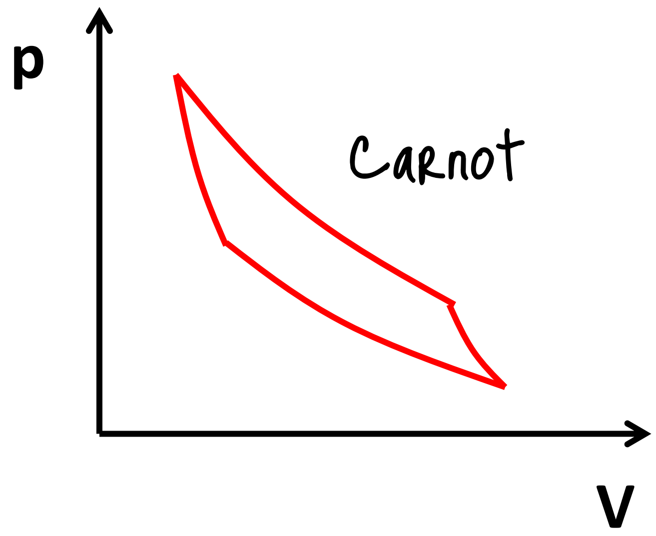
$$dS = \frac{\delta Q}{T}$$

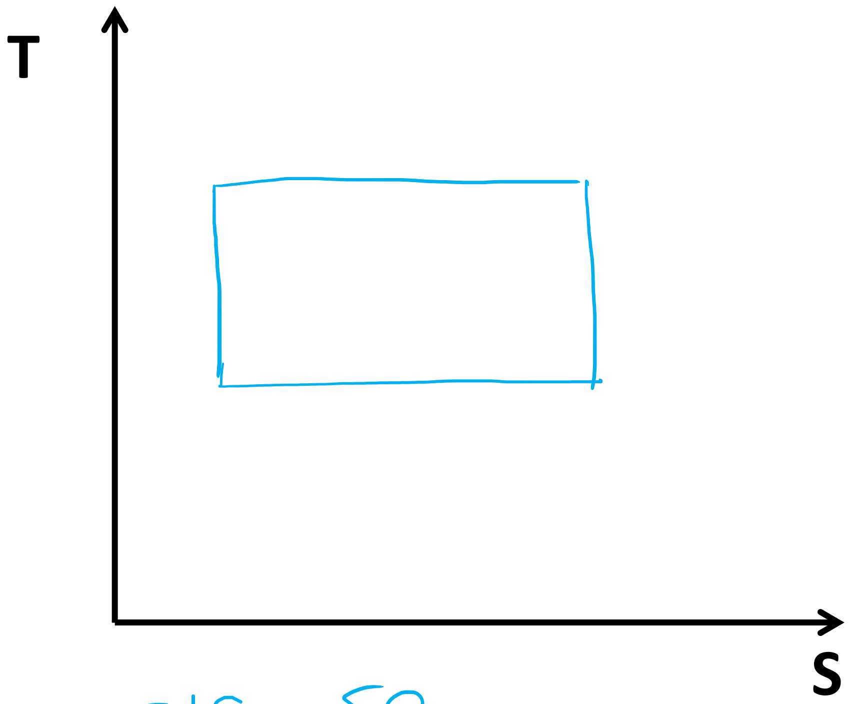
$$\int_{i \, rev}^{f} \frac{\delta Q}{T} = \int_{i \, rev}^{f} \frac{n C_v dT}{T} =$$

$$\Delta S = n C_v \ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right)$$

Entropia

Grafico T-S





$$dS = \frac{\delta Q}{T} \rightarrow T\,dS = \delta Q$$

$$\int T\,dS = Q$$