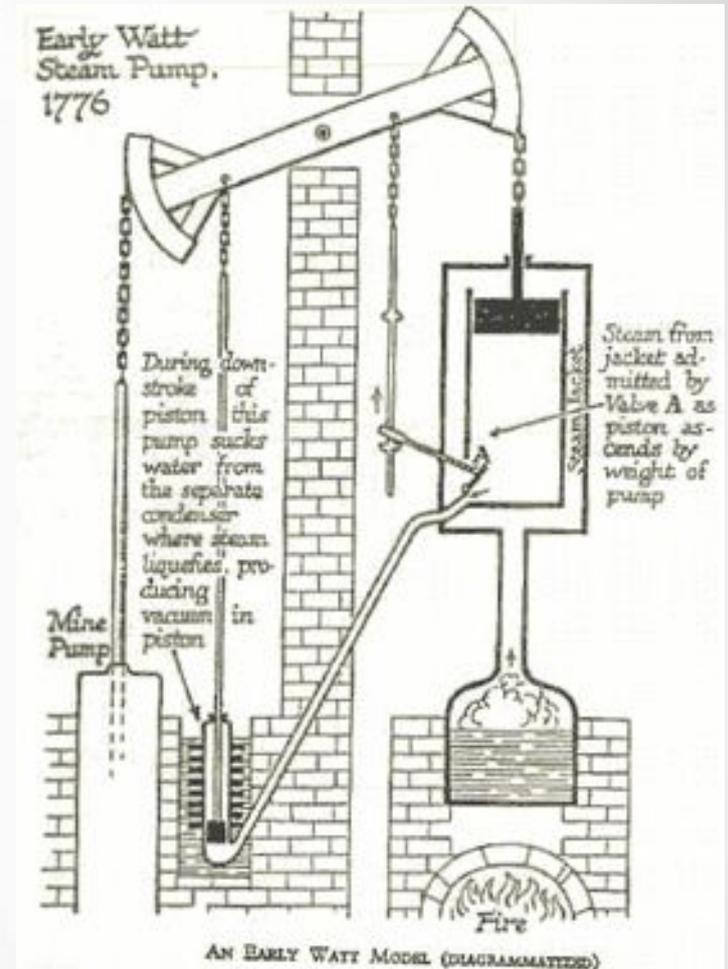


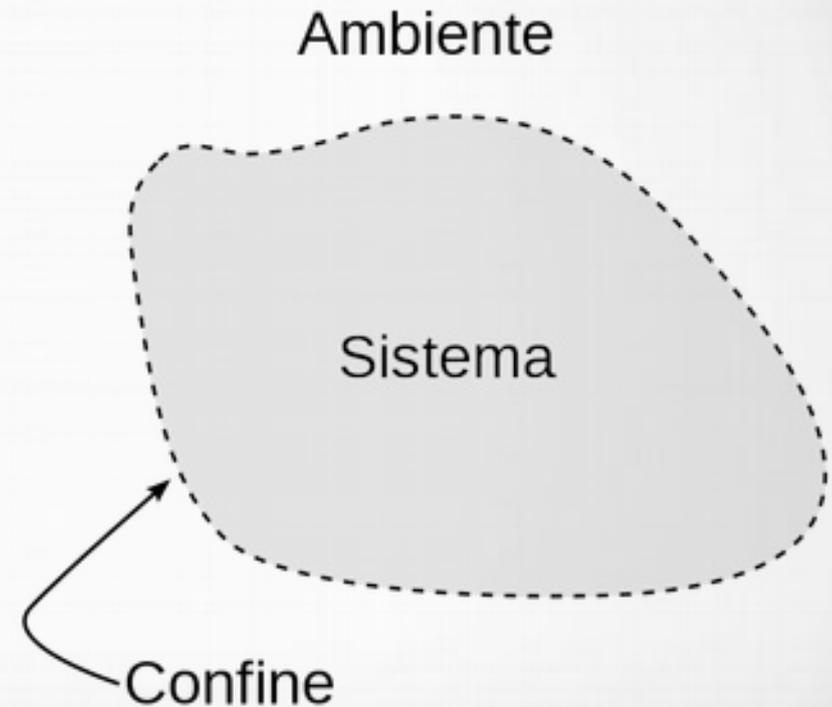
La Termodinamica

- Branca della fisica che descrive le trasformazioni subite da un sistema in seguito a processi che coinvolgono la **trasformazione di calore in lavoro e viceversa.**



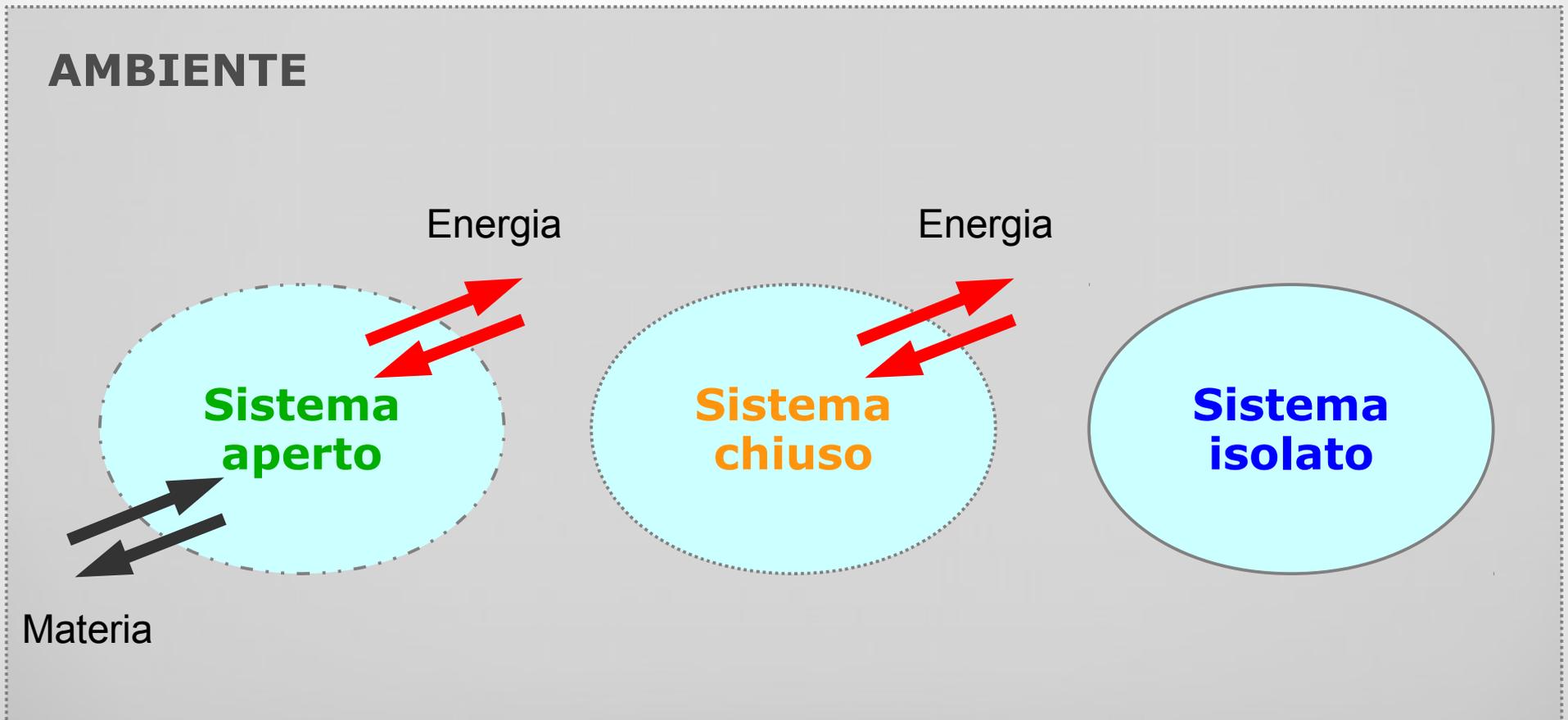
La Termodinamica

- Si basa sul concetto di **sistema macroscopico**: porzione di materia fisicamente o concettualmente separata dall'ambiente esterno.



Sistemi chiusi, aperti, isolati

- Dal punto di vista termodinamico un sistema può essere **aperto**, **chiuso** o **isolato**.



Sistemi chiusi, aperti, isolati



sistema
aperto



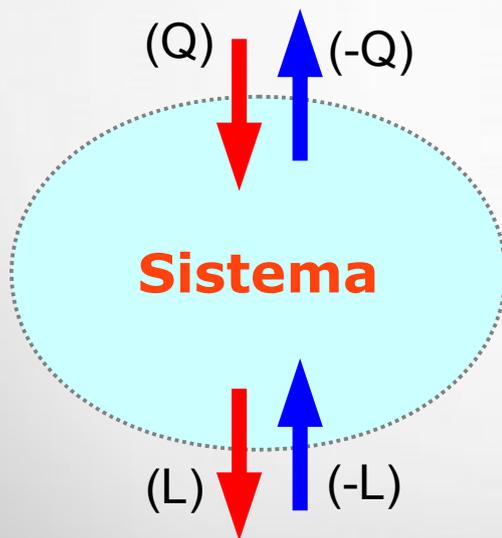
sistema
chiuso



sistema
isolato

Leggi della termodinamica

- **Primo principio, conservazione dell'energia**
In un sistema isolato, l'energia non si crea nè si distrugge, ma si trasforma, passando da una forma a un'altra (Clausius, 1865).



In un sistema la sua energia interna varia (ΔU) attraverso scambi di calore o di lavoro

$$\Delta U = Q - L$$

Trasformazioni energetiche

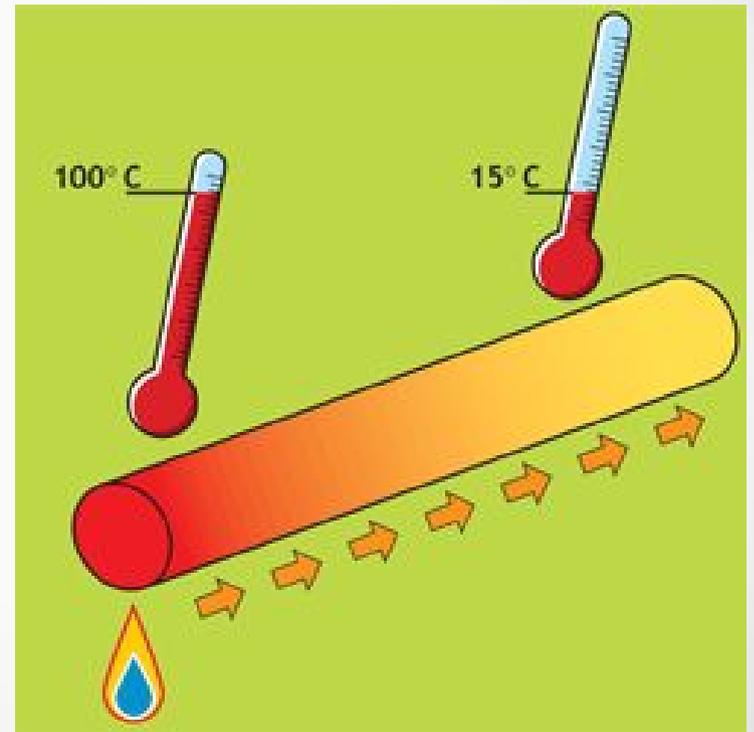


Esistono delle limitazioni
nelle trasformazioni da
una forma di energia
in un'altra

Leggi della termodinamica

- **Secondo principio**
(enunciato di Clausius)

Non è possibile che il calore passi spontaneamente da un corpo più freddo ad uno più caldo.



Leggi della termodinamica

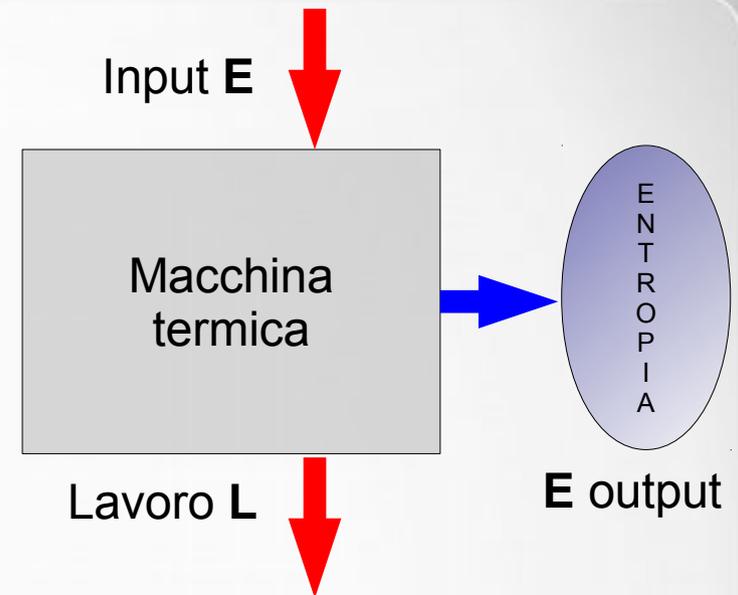
- Secondo principio
- L'equilibrio termico è come un pozzo: una volta scesi sul fondo, non si torna più indietro.
- Non spontaneamente, almeno. È possibile farlo, ma per riuscirci in una limitata porzione di Universo occorre peggiorare la situazione su scala più ampia.



Leggi della termodinamica

- **Secondo principio**
(enunciato di Lord Kelvin)

Non è possibile realizzare una trasformazione in cui viene assorbito calore da un'unica sorgente trasformandolo integralmente in lavoro

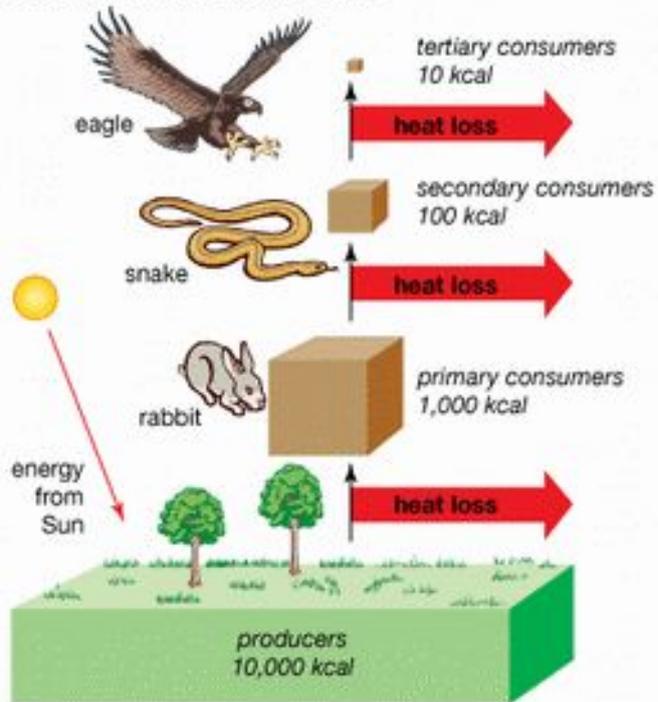


Irreversibilità

- Durante una trasformazione energetica **una** quota di energia si trasforma in calore non più utilizzabile per compiere lavoro (**energia degradata**)
- A differenza di un sistema meccanico in grado di tornare a un suo qualsiasi stato precedente, il degrado o dissipazione di energia è un **fenomeno irreversibile**.

L'entropia

Energy flow and trophic levels



© 2011 Encyclopædia Britannica, Inc.

- In tedesco entropie deriva dal greco *en*, “dentro”, e da *tropé*, “cambiamento”, “trasformazione”.

- In un sistema isolato misura la quantità di energia non più disponibile per compiere lavoro .

- **Morte termica (entropica) dell'universo**

In un sistema isolato e con una quantità finita di energia, nel momento in cui la temperatura diventa costante in ogni parte del sistema ha luogo uno stato di equilibrio perenne di morte termica, ossia di massima entropia.

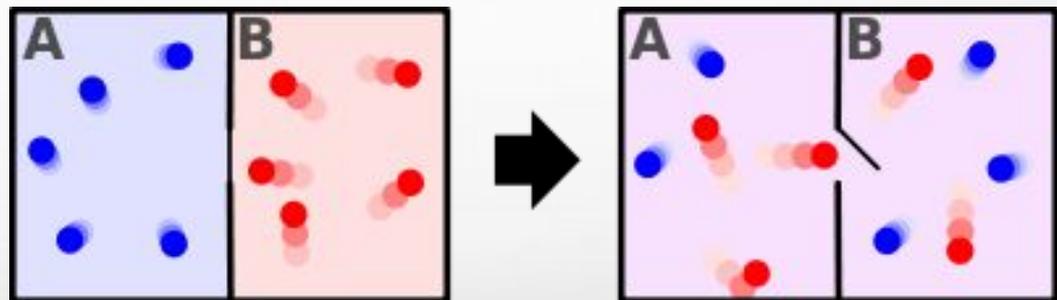


L'entropia

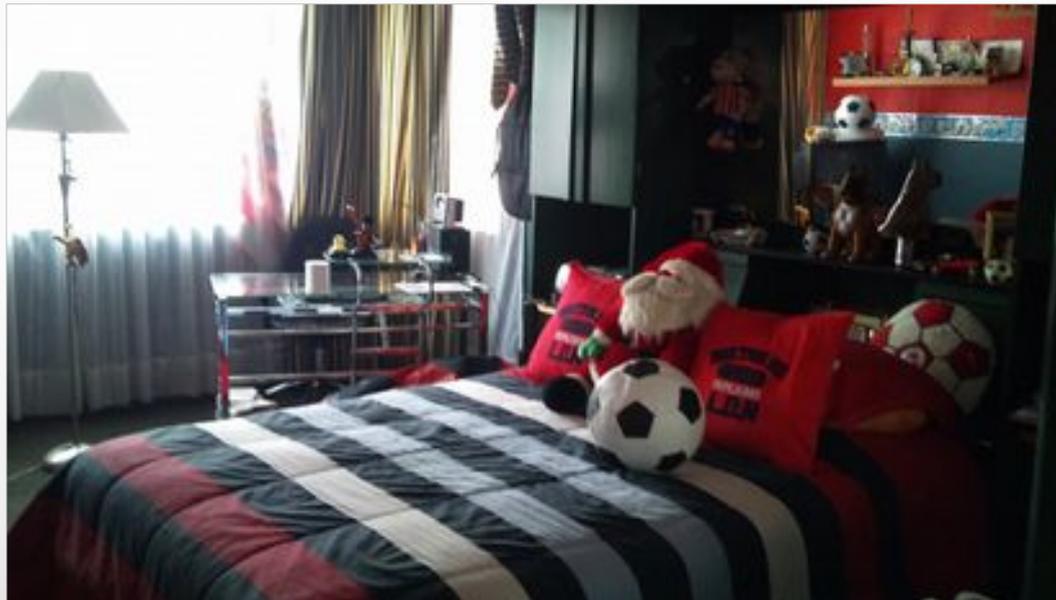


entropia

- Indica la tendenza di una trasformazione del sistema da uno stato più ordinato e meno probabile ad uno stato disordinato e più probabile.



Grado di disordine di un sistema



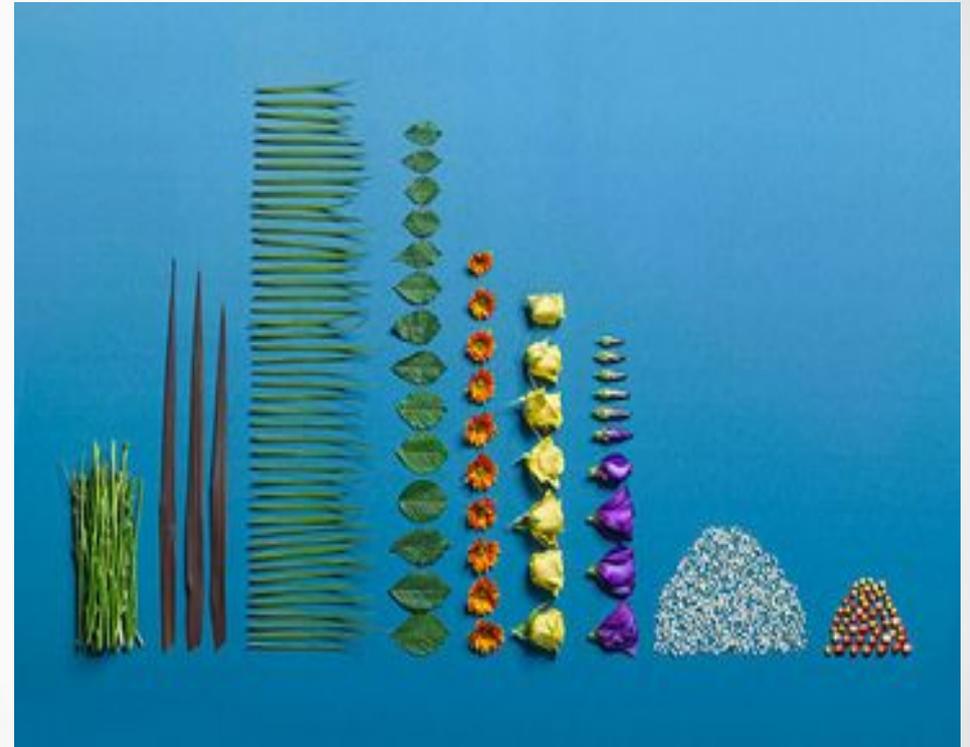
Grado di disordine di un sistema



Grado di disordine di un sistema



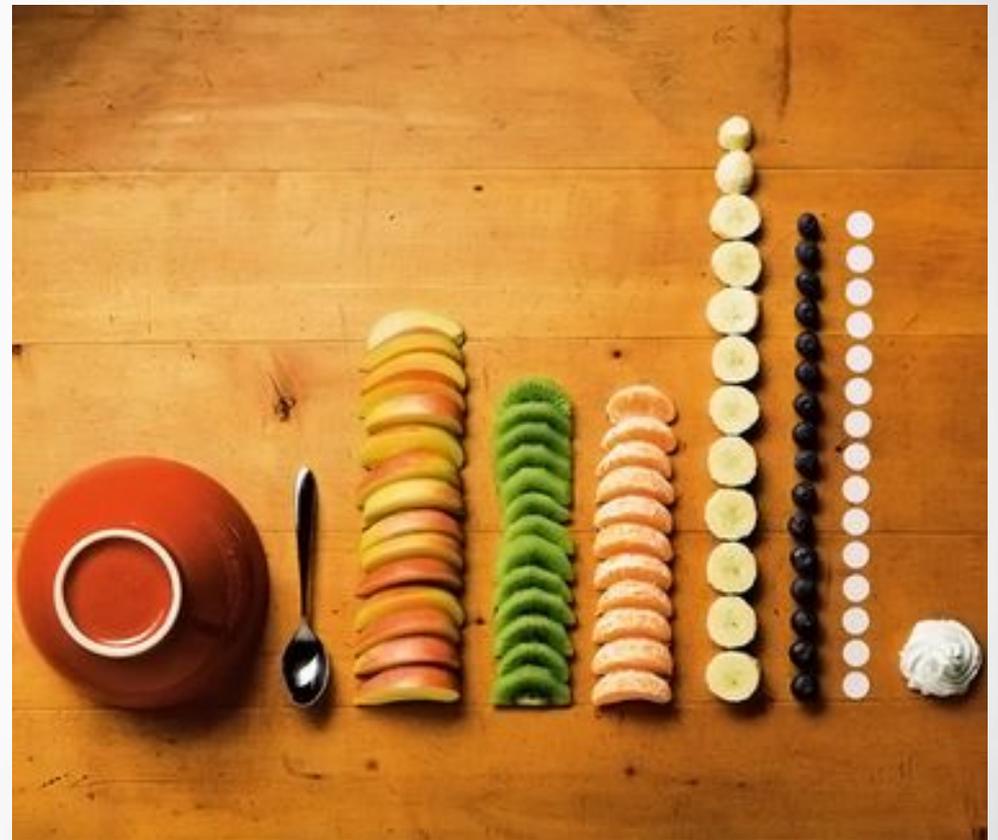
Grado di disordine di un sistema



Grado di disordine di un sistema



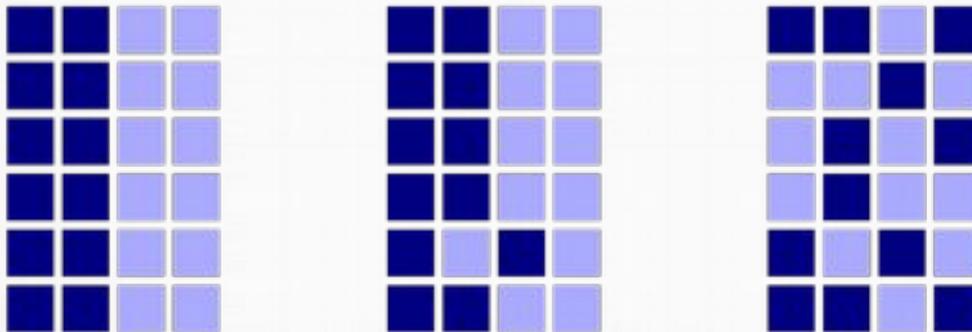
Grado di disordine di un sistema



Entropia e probabilità

- Boltzman esprime l'entropia come una **funzione della probabilità termodinamica** dello stato di un sistema:

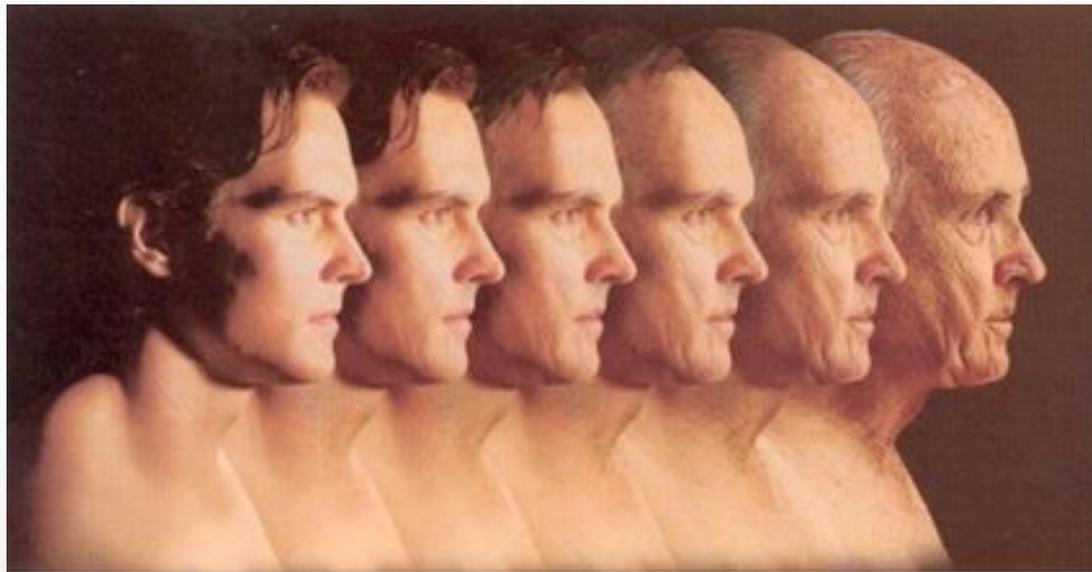
$$S = k \ln P$$



- Boltzman venne fortemente contestato dalla comunità scientifica dell'epoca e morì suicida.

Entropia nei sistemi viventi

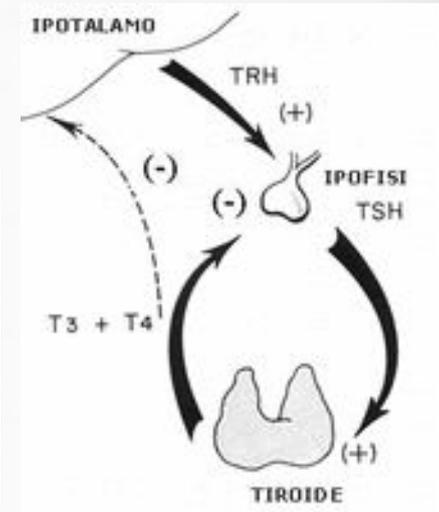
- Negli organismi viventi l'entropia diminuisce a discapito di quella del proprio ambiente in quanto sono sistemi aperti.



- Nonostante ciò l'entropia si accumula ...

Entropia nei sistemi viventi

- L'invecchiamento è associato ad un inesorabile incremento dell'entropia e alla perdita di complessità ...



- L'unica via di fuga è offerta dalla riproduzione ...



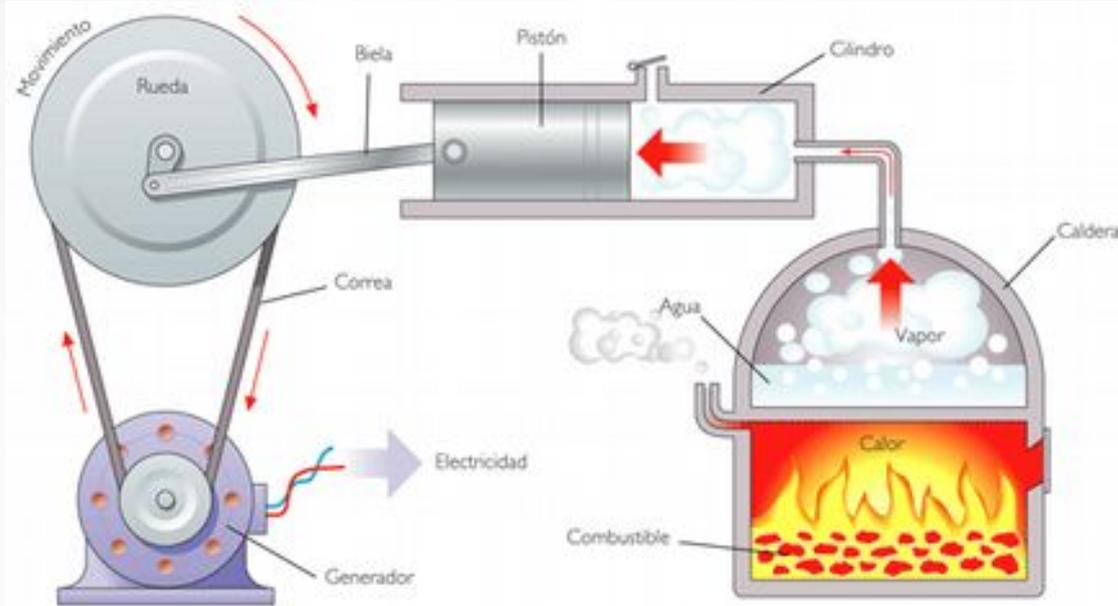
Freccia del tempo

- Così come il degrado dell'energia



- e il disordine crescono col passare del tempo, allo stesso modo **il tempo è una variabile irreversibile.**
- La fisica classica riteneva invece che un sistema meccanico potesse ritornare in un suo qualsiasi stato precedente.

Contributo della Termodinamica



- La termodinamica apporta due concetti fondamentali:
 - ✓ **irreversibilità**
 - ✓ **disordine**