

Costruiamo un orologio termodinamico che misuri la freccia del tempo grazie all'interazione termica

a cura di Marco Rizzinelli – agosto 2015

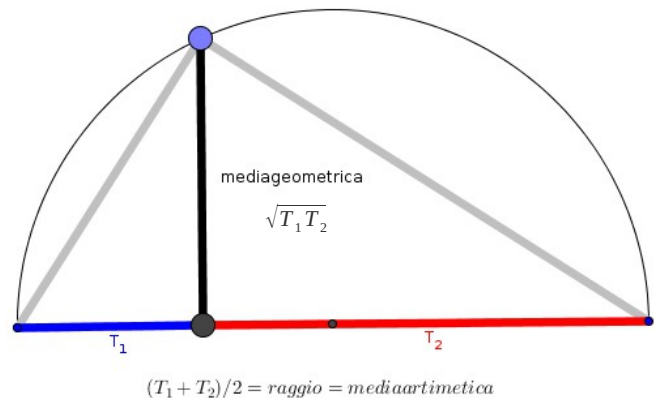
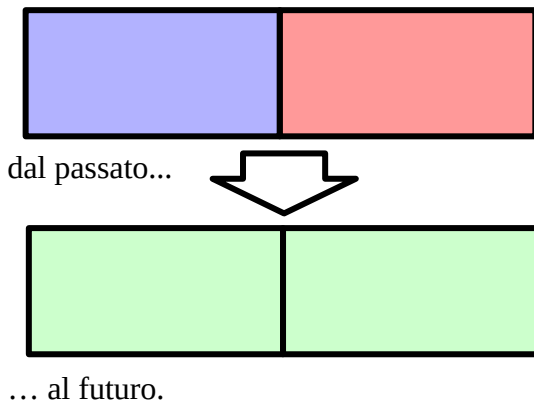
Prendiamo un gas perfetto monoatomico di volume V e numero di particelle N e prepariamo uno stato iniziale di *non equilibrio* composto da due sottosistemi 1 e 2 in equilibrio, aventi queste condizioni: $V_1=V_2=V/2$; $N_1=N_2=N/2$; $T_1 < T_2$.

In conseguenza dell'equazione di stato dei gas perfetti $pV=Nk_B T$ avremo $p_1 < p_2$. Non sono dunque definibili temperatura e pressione dell'intero gas. Se ora permettiamo ai due sottosistemi di *interagire termicamente* ma non meccanicamente – utilizzando un pistone fisso che separi il gas a metà – allora dopo un tempo Δt il sistema raggiungerà spontaneamente l'equilibrio. Per calcolare temperatura e pressione utilizziamo il primo principio della termodinamica $\Delta U=Q-L=Q$ e la legge della calorimetria $Q=C \Delta T$ per cui vale $\Delta U_{tot}=\Delta U_1+\Delta U_2=0 \rightarrow Q_{tot}=Q_1+Q_2=0$ e poi $\Delta T_1+\Delta T_2=0 \rightarrow (T_{finale}-T_1)+(T_{finale}-T_2)=0 \rightarrow T_{finale}=(T_1+T_2)/2$ e dunque, grazie ancora all'equazione di stato, abbiamo $p_{finale}=(p_1+p_2)/2$. Questa *trasformazione* che abbiamo descritto è *irreversibile* in quanto – scegliendo un analogo processo quasistatico – l'**entropia** totale

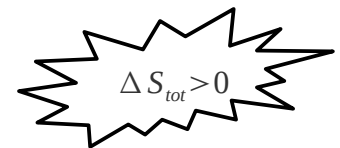
$$\Delta S_{tot}=\Delta S_1+\Delta S_2=\int_{T_1}^{T_{fin}} \delta Q/T + \int_{T_2}^{T_{fin}} \delta Q/T = \int_{T_1}^{T_{fin}} C dT/T + \int_{T_2}^{T_{fin}} C dT/T$$

aumenta all'interno del sistema, come possiamo osservare dai calcoli e dal grafico seguenti:

$$\Delta S_{tot}=C(\ln(T_{fin}/T_1)+\ln(T_{fin}/T_2))=2C \ln(((T_1+T_2)/2)/\sqrt{T_1 T_2})>0$$



In sintesi abbiamo per il nostro sistema il noto **principio di entropia** con un apparato sperimentale che ci permette di costruire un *orologio termodinamico che misuri la freccia del tempo per qualsiasi fenomeno fisico*, anche reversibile. Basta infatti affiancare al nuovo sistema che si sta indagando



tale orologio, composto da un multiplo di nostri gas – preparati in stati di non-equilibrio, altrimenti non possiamo fare nulla – che evolvono in sequenza ognuno verso il proprio equilibrio. La durata di un qualsiasi fenomeno fisico sarà dunque rapportata al tempo di rilassamento Δt , unità di scala del nostro orologio termodinamico (per stimare in secondi tale tempo possiamo affiancare anche un orologio normale).