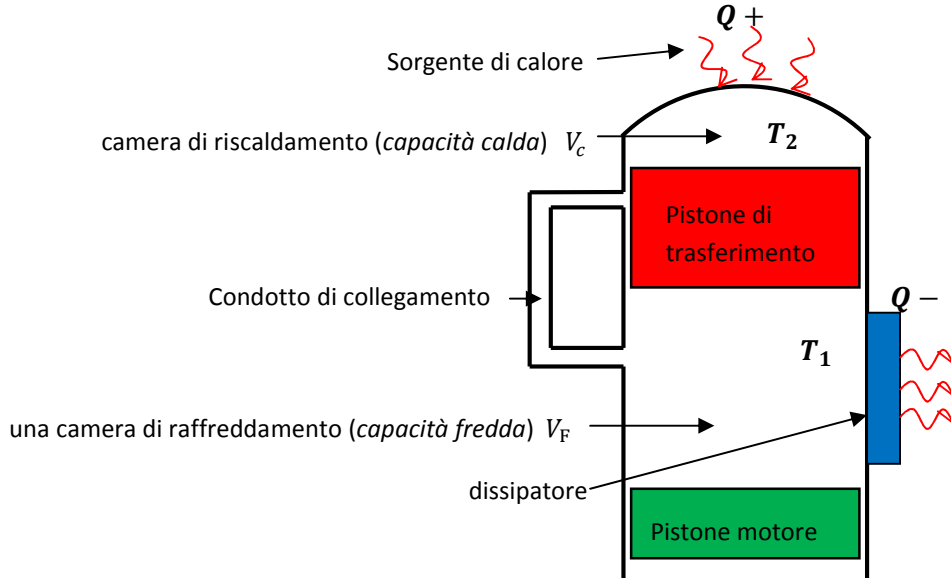
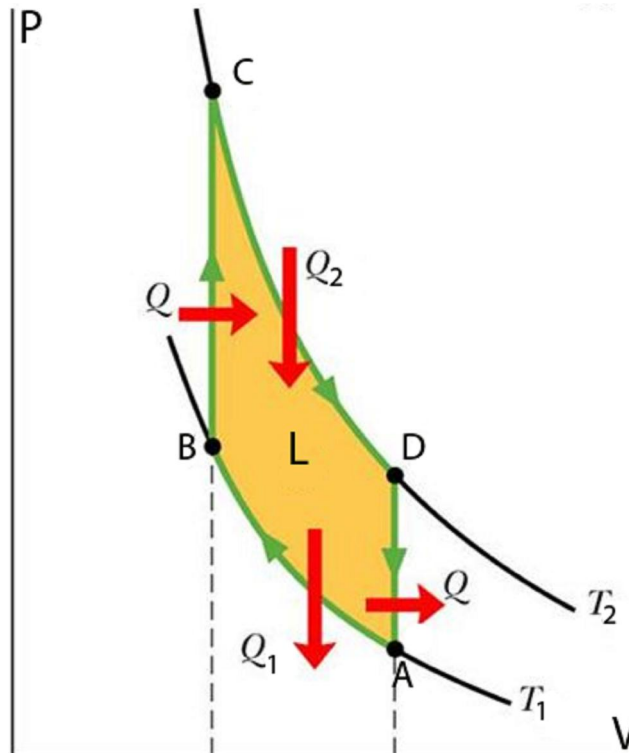


Motore Stirling

Il **motore Stirling** è un motore a combustione esterna, inventato da Robert Stirling nel 1816. Il motore funziona a ciclo chiuso utilizzando un gas come fluido termodinamico (solitamente idrogeno, azoto oppure aria). Una particolarità di questo motore è quella di funzionare senza fare ricorso a valvole. Le sole parti in movimento sono il **pistone motore** che serve a comprimere e ad espandere periodicamente l'aria all'interno del cilindro ed il dislocatore o **pistone di trasferimento** che ha la funzione di trasferire il gas dalla parte superiore del cilindro alla parte inferiore e viceversa. Questi due pistoni agiscono collegati su una camma a 90 gradi.

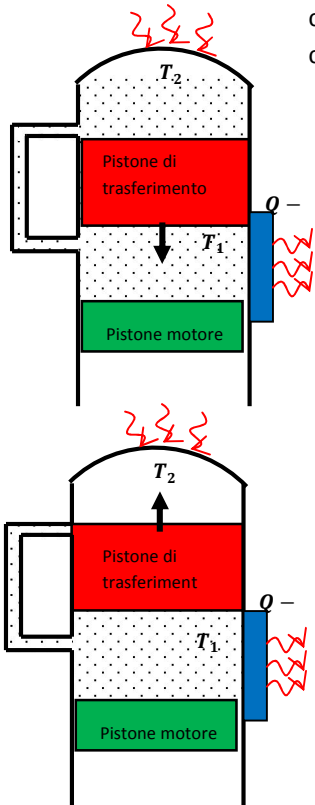


Il ciclo termodinamico Stirling consiste nella sequenza di due trasformazioni isoterme - una di compressione (**AB**) e una di espansione (**CD**) - alternate da due trasformazioni isocore per fornire calore al gas (**BC**) e sottrarre calore al gas (**DA**).



L'area racchiusa all'interno del ciclo rappresenta il lavoro svolto durante il ciclo.

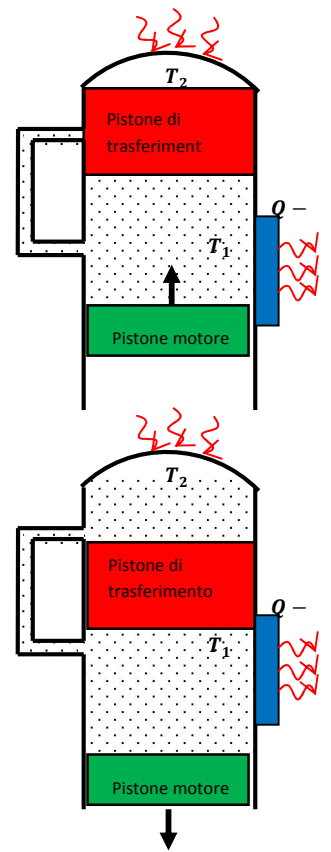
Il ciclo ha inizio con una compressione isoterma **AB** in cui il pistone superiore si trova nella parte alta del cilindro (punto morto superiore) mentre il pistone inferiore, muovendosi verso l'alto, produce una compressione del gas. Il gas, essendo a contatto con il dissipatore, si comprime isotericamente cedendo calore all'ambiente.



Nella seconda fase (trasformazione isocora **BC**), il pistone superiore si muove verso il basso consentendo il passaggio dell'aria dalla parte inferiore del cilindro alla parte superiore riscaldata. Il volume a disposizione del gas rimane costante.

Successivamente (trasformazione isoterma **CD**) il pistone inferiore scende verso il basso e il gas, assorbendo calore dalla sorgente esterna, si espande isotericamente.

Infine, il pistone superiore torna verso l'alto (trasformazione isocora **DA**) e il gas, essendo nuovamente a contatto con le pareti raffreddate del cilindro (dissipatore), si raffredda ritornando alla temperatura iniziale. Il volume a disposizione del gas rimane costante.



Rendimento del ciclo Stirling

Il rendimento (r) di una macchina termica è dato dal rapporto tra il lavoro eseguito e il calore assorbito. Dalla figura in basso $L = Q_2 - Q_1$ mentre il calore assorbito è Q_2 quindi: $r = \frac{Q_2 - Q_1}{Q_2} = 1 - \frac{Q_1}{Q_2}$. In una trasformazione isoterma T è costante quindi $\Delta U = 0$ e in base al primo principio della termodinamica segue che $Q = L$.

Il lavoro eseguito durante un ciclo isoterma è dato da: $L = nRT \ln \left(\frac{V_{finale}}{V_{iniziale}} \right)$

$$r = 1 - \frac{[-nRT_1 \ln(\frac{V_D}{V_A})]}{nRT_2 \ln(\frac{V_D}{V_C})} = 1 - \frac{[nRT_1 \ln(\frac{V_A}{V_B})]}{nRT_2 \ln(\frac{V_D}{V_C})} = 1 - \frac{T_1 \ln(\frac{V_A}{V_B})}{T_2 \ln(\frac{V_A}{V_B})} \text{ ma}$$

$$V_D = V_A \text{ e } V_C = V_B \text{ quindi } r = 1 - \frac{T_1}{T_2}$$

Questo è il rendimento di una macchina ideale (macchina di Carnot). Una

macchina termica reale ha un rendimento $r = 1 - \frac{Q_1}{Q_2} < 1 - \frac{T_1}{T_2}$

