Secondo Principio della Termodinamica

1) un pendolo oscilla nell'aria di una stanza: dopo un certo tempo il pendolo si ferma e permane indefinitamente in quiete

2) due corpi a temperatura diversa sono posti in contatto termico: dopo un certo tempo i due corpi raggiungono la stessa temperatura e restano indefinitamente in tale condizione

questi processi avvengono ***in accordo*** con il primo principio della termodinamica,

ma ***non si invertono mai spontaneamente*** dunque , fino a prova contraria,

dobbiamo assumere che i processi inversi siano impossibili

dato che questa proprietà non e' ovvia, → i fenomeni meccanici sono tutti invertibili, e non è descritta dal primo principio dobbiamo concludere che esistono altre leggi che governano gli *scambi energetici* tra sistema ed ambiente

i processi possibili 1) e 2) sono trasformazioni termodinamiche

che, con scambi di energia nella forma di lavoro e calore, portano il sistema dallo stato S_i allo stato S_f e l'ambiente dallo stato A_i allo stato A_f , tutti stati di equilibrio

affermare che questi processi non sono invertibili significa affermare che

se la trasformazione termodinamica T che porta sistema ed ambiente dagli stati S_i, A_i agli stati S_f, A_f è possibile allora la trasformazione T' che porta sistema ed ambiente dagli stati S_f, A_f agli stati S_i, A_i è impossibile

in sintesi :

una trasformazione T è ***reversibile*** quando la trasformazione T' che riporta sistema ed ambiente negli stati iniziali è possibile,

e' ***irreversibile*** quando tale trasformazione non è possibile

le trasformazioni termodinamiche che si svolgono spontaneamente in natura sono ***irreversibili***

NOTA

in fisica fondamentale si dice che

- un fenomeno F è temporalmente simmetrico quando il fenomeno F' ottenuto invertendo il senso dello scorrere del tempo è possibile. temporalmente asimmetrico quando tale fenomeno F' non è possibile.

sulla base di questa definizione possiamo affermare che

- le trasformazioni termodinamiche sono temporalmente asimmetriche

→ possiedono una ben definita direzione temporale (freccia del tempo)

Trasformazioni impossibili

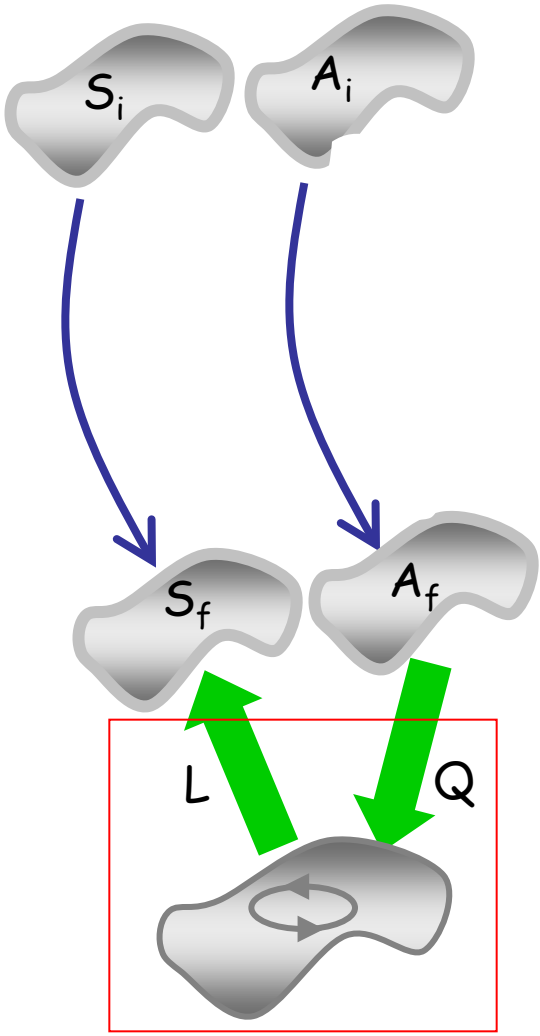
in generale lo svolgimento del processo fa evolvere allo stesso tempo il sistema e l'ambiente facendoli passare da S_i A_i ad S_f A_f

nel caso del pendolo :

l'ambiente, l'aria, potrebbe essere riportato nello stato iniziale prelevando calore il sistema, il pendolo, potrebbe essere riportato nello stato iniziale compiendo lavoro

il calore potrebbe essere trasformato in lavoro da un nuovo sistema termodinamico che faccia parte dell' ambiente,

con una *trasformazione ciclica*



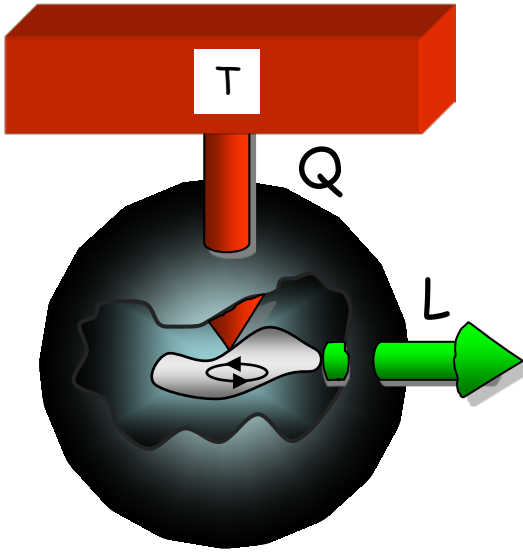
il complesso di queste trasformazioni è vietato → trasformazione irreversibile

d'altra parte le prime due sono sicuramente permesse

dunque la trasformazione vietata è l'*ultima*

Trasformazioni cicliche con scambi di calore ad una singola temperatura

in tutti i casi la causa della irreversibilità delle trasformazioni termodinamiche può essere ricondotta alla impossibilità della conversione, di calore in lavoro nel corso di una trasformazione ciclica,



elevando questo fatto a principio si perviene al

secondo principio della termodinamica

nella forma di Kelvin-Plank :

secondo principio della termodinamica nella forma di Kelvin-Plank :

in un sistema termodinamico che scambi calore con una sorgente ad una ***singola*** temperatura è impossibile realizzare una trasformazione ***ciclica*** nel corso della quale, come ***unico*** risultato, una frazione di calore venga convertita in lavoro

attenzione: in una trasformazione *non ciclica* e' possibile che il calore venga trasformato integralmente in lavoro, ma in questo caso il sistema *non torna* esattamente alla situazione iniziale quindi la trasformazione di calore integralmente in lavoro non e' stato l' ***unico*** risultato

per es. cio' implica che non sia possibile realizzare un motore (sistema termodinamico ciclico) che prelevi calore da una sola fonte di calore, es. il mare, e lo trasformi integralmente in lavoro

affinchè gli scambi di calore tra sistema ed ambiente avvengano a temperatura

definita si introduce il concetto di " serbatoio di calore " o " sorgente di calore " o " termostato "

si definisce termostato un sistema che possa acquistare o cedere una quantita'

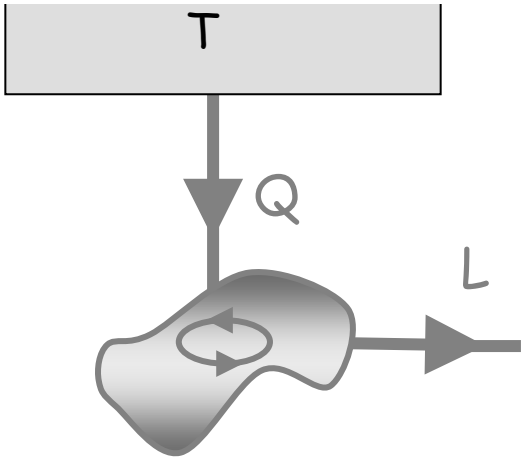
illimitata di calore senza cambiare la propria temperatura

attenzione :

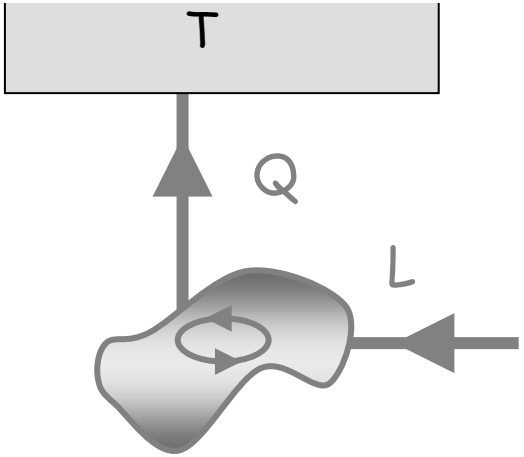
nel seguito supporremo sempre che l'ambiente operi

come termostato e scambi calore a temperatura fissa

trasformazioni cicliche con scambi di calore ad una singola temperatura:



Trasformazione vietata dal II principio



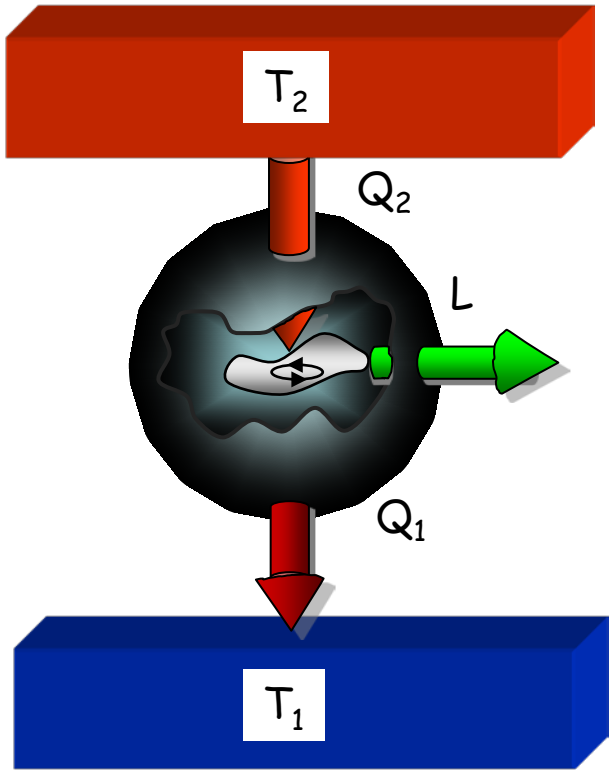
Trasformazione permessa dal II principio

non vi sono altre trasformazioni cicliche con scambi di calore ad una singola temperatura

volendo crescere in complessita' dobbiamo considerare le

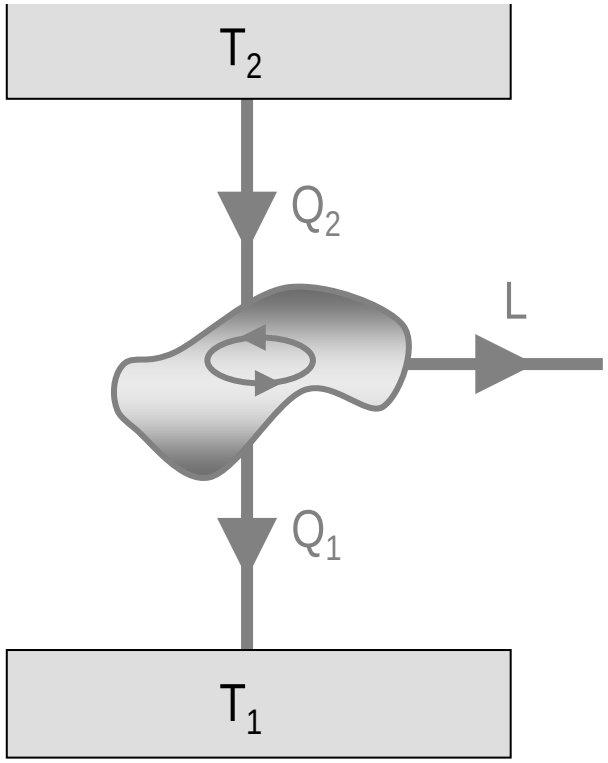
trasformazioni cicliche con scambi di calore tra *due* temperature

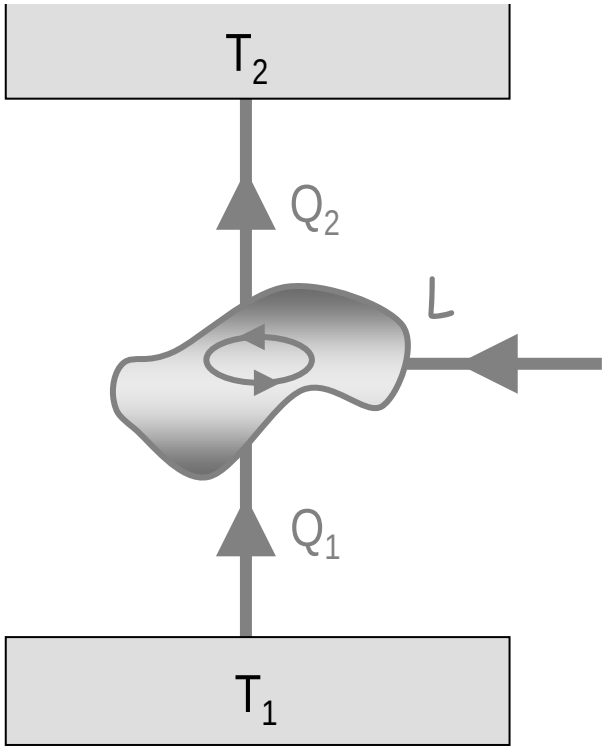
Trasformazioni cicliche con scambi di calore a due temperature



$$T_2 > T_1$$

trasformazioni *permesse* dal secondo principio



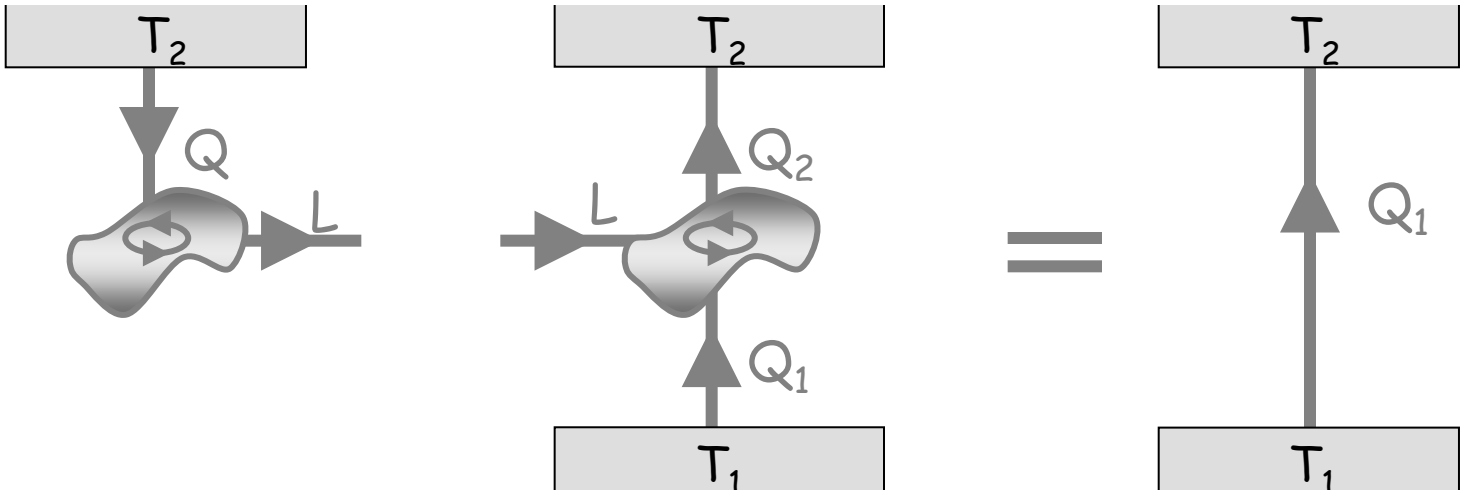


$$\eta = \frac{L}{Q_2} = \frac{Q_2 - Q_1}{Q_2} = 1 - \frac{Q_1}{Q_2}$$

$$\omega = \frac{Q_1}{L}$$

combinando trasformazioni permesse con trasformazioni vietate si ottengono

altre trasformazioni vietate



$Q = L$ $\quad L + Q_1 = Q_2 \Rightarrow Q_2 - L = Q_1$ ma $L = Q$ quindi $Q_2 - Q = Q_1$

questa nuova trasformazione vietata a due temperature ha lo stesso contenuto fisico di quella ad una temperatura dell'enunciato di Kelvin-Plank.

e costituisce il secondo principio della termodinamica nella forma di Clausius:

in un sistema termodinamico e' impossibile realizzare una trasformazione

il cui unico risultato sia quello di trasferire spontaneamente calore

da un corpo freddo ad uno piu' caldo

Rendimento di un ciclo termico

durante un ciclo di funzionamento siano:

Q_a la somma dei calori *assorbiti* dal sistema ($Q_a > 0$)

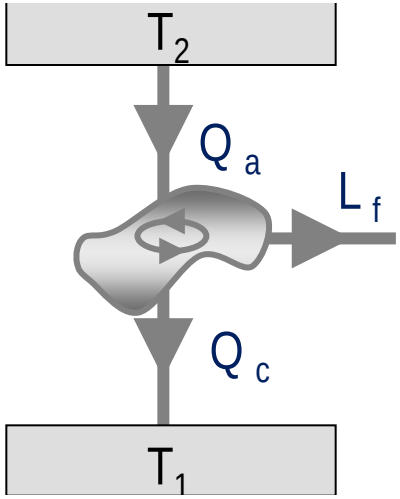
Q_c la somma dei calori *ceduti* dal sistema ($Q_c < 0$)

L_f la somma dei lavori *fatti* dal sistema ($L_f > 0$)

L_s la somma dei lavori *subiti* dal sistema ($L_s < 0$)

se denominiamo $L = L_f + L_s$

in un *ciclo termico* si definisce



rendimento la quantita': $\eta = \frac{L}{Q_a}$

da $\eta = \frac{L_f + L_s}{Q_a} = \frac{\Delta L}{Q_a}$ si deduce che $\Delta L = \eta Q_a$

il rendimento e' la percentuale di calore assorbito che viene trasformato in lavoro

il sistema sta effettuando una trasformazione ciclica quindi $\Delta U = 0$ se ne deduce che Q = L

quindi $\eta = \frac{L_f + L_s}{Q_a} = \frac{Q_a + Q_c}{Q_a} = 1 + \frac{Q_c}{Q_a} = 1 - \frac{|Q_c|}{Q_a}$ dato che $\boldsymbol{Q_c < 0}$

sperimentalmente si osserva che il rendimento e' *sempre* inferiore all'unita'

$$0 \leq \eta < 1$$

il calore assorbito non viene mai *integralmente* trasformato in lavoro

il primo principio della termodinamica si riferisce alla variazione di energia per mezzo di ***scambi*** di calore e lavoro e asserisce che si puo' **indifferentemente** scambiare lavoro o calore con l'ambiente circostante per modificare l'***energia interna*** di un sistema termodinamico

il secondo principio si riferisce alla *trasformazione* di lavoro in calore ed alla *trasformazione* di calore in lavoro

il secondo principio non nega il primo, ma precisa che calore e lavoro non sono trasformabili indifferentemente l'*uno nell'altro*

Vai all'esercizio → 6-T-B--OK--Rendimento-di-un-ciclo-termico

Backup Slides