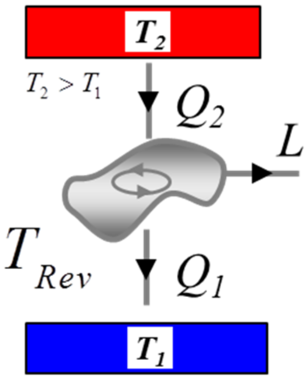
Trasformazioni cicliche reversibili ed irreversibili

se una trasformazione e' *reversible* → *esiste* una trasformazione inversa e basta invertire i flussi di calore e lavoro per riportare sistema ed ambiente nello stato iniziale

se la trasformazione e' *irreversibile* → *non esiste* una trasformazione inversa che semplicemente *invertendo* i flussi di calore e lavoro riporti sistema ed ambiente nello stato iniziale

Tr_{Rev}: reversible

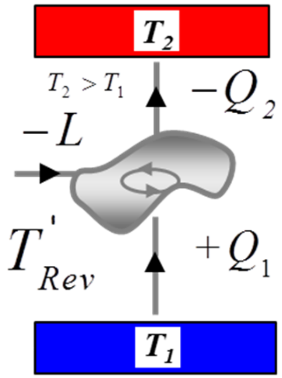
(macchina termica)



reversibile ⇨

Tr'_{Rev}

(macchina frigorifera)



$+Q_2$

$-Q_1$

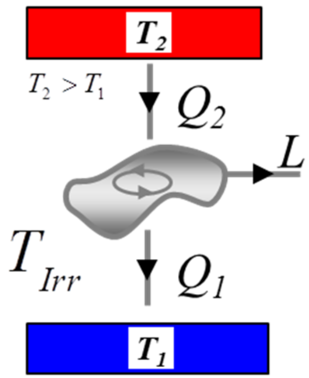
$+L$

$-Q_2$

$+Q_1$

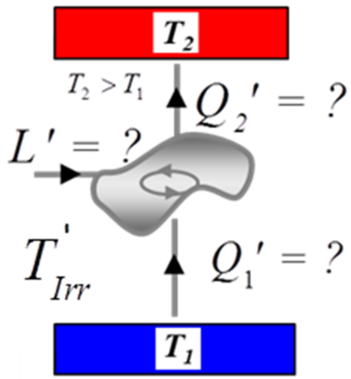
$-L$

Tr_{Irr}: irreversible



irreversible ⇨

Tr'_{Irr}



$+Q_2$

$-Q_1$

$+L$

$Q'_2 = ?$

$Q'_1 = ?$

$L' = ?$

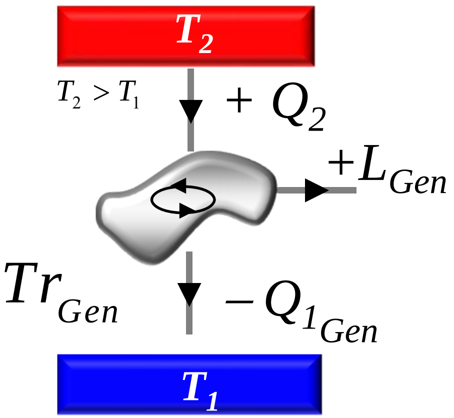
Teorema di Carnot

siano date due trasformazioni *cicliche:*

- la prima $\boldsymbol{Tr_{Gen}}$ e' una trasformazione generica <u>reversibile o irreversibile</u>
- la seconda e' una trasformazione reversibile $\boldsymbol{Tr_{Rev}}$ che opera *a parita' di calore* $\boldsymbol{Q_2}$ sottratto dal serbatoio a temperatura superiore T_2

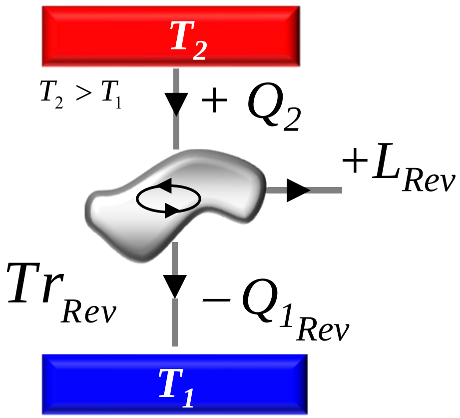
dato che $\boldsymbol{Tr_{Rev}}$ è *reversibile* esistera' una trasformazione ciclica $\boldsymbol{Tr'_{Rev}}$ che invertendo i flussi di lavoro e calore riportera' sistema ed ambiente nello stato iniziale

<u>Tr_{Gen} : generica</u>



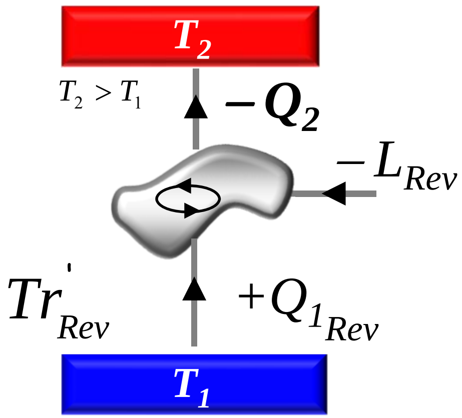
$$+\ \boldsymbol{Q_2}$$
$$-Q_{1_{Gen}}$$
$$+\ L_{Gen}$$
$$\eta_{Gen} = \frac{L_{Gen}}{Q_2}$$

<u>Tr_{Rev} : reversible</u>



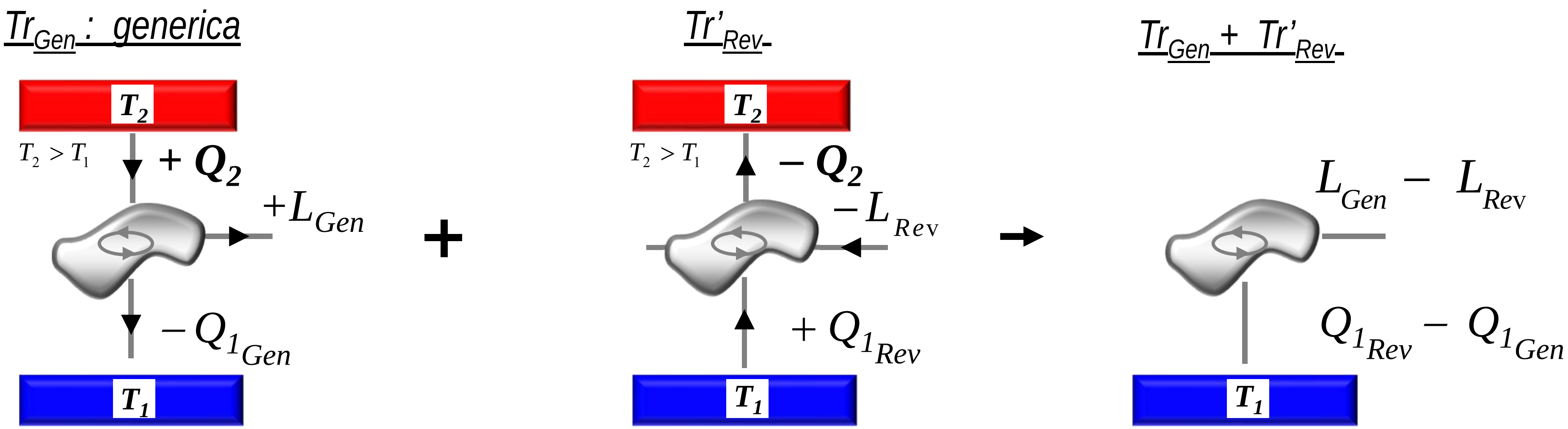
$$+\ \boldsymbol{Q_2}$$
$$-Q_{1_{Rev}}$$
$$+\ L_{Rev}$$
$$\eta_{Rev} = \frac{L_{Rev}}{Q_2}$$

<u>Tr'_{Rev} : reversibile</u>



$$-\boldsymbol{Q_2}$$
$$+\ Q_{1_{Rev}}$$
$$-L_{Rev}$$

possiamo unire la trasformazione generica Tr_{Gen} con la trasformazione reversibile inversa Tr'_{Rev}



$+\,Q_2 \quad -Q_{1_{Gen}} + L_{Gen}$ $\qquad$ $-\,Q_2 \quad +Q_{1_{Rev}} \quad -L_{Rev}$

$Tr_{Gen} + Tr'_{Rev}$ costituisce una trasformazione ciclica che scambia calore con <u>una sola sorgente</u>

di calore $\rightarrow$ affinchè sia soddisfatto il secondo principio nell'enunciato di Kelvin Plank

si deve avere $\quad L_{Gen} - L_{Rev} \leq 0 \quad$ per cui $\quad L_{Gen} \leq L_{Rev} \quad$ ma

$$\eta_{Gen} = \frac{L_{Gen}}{Q_2} \quad \text{e} \quad \eta_{Rev} = \frac{L_{Rev}}{Q_2} \quad \rightarrow \quad \frac{L_{Gen}}{Q_2} \leq \frac{L_{Rev}}{Q_2} \quad \rightarrow \quad \boxed{\eta_{Gen} \leq \eta_{Rev}}$$

- il rendimento di una qualsiasi trasformazione *ciclica è sempre minore o uguale* a quello di una *trasformazione ciclica* <u>*reversibile*</u> ***(teorema di Carnot)*** date le trasformazioni cicliche <u>*reversibili*</u> $\boldsymbol{Tr_1}$ e $\boldsymbol{Tr_2}$ con rendimenti η_1 e η_2

ragionando come in precedenza possiamo indifferentemente assumere che

$\boldsymbol{Tr_1}$ sia la trasformazione ciclica *generica* e $\boldsymbol{Tr_2}$ sia la trasformazione ciclica *reversibile*, dato che in generale $\eta \leq \eta_{Rev}$ si deve avere $\eta_1 \leq \eta_2$

$\boldsymbol{Tr_2}$ sia la trasformazione ciclica *generica* e $\boldsymbol{Tr_1}$ sia la trasformazione ciclica *reversibile*, dato che in generale $\eta \leq \eta_{Rev}$ si deve avere $\eta_2 \leq \eta_1$

l'unica possibilita' è che $\boldsymbol{Tr_1}$ e $\boldsymbol{Tr_2}$ abbiano lo *stesso* rendimento

↓

- *le trasformazioni cicliche reversibili hanno tutte lo stesso rendimento* visto che le trasformazioni cicliche reversibili hanno tutte lo stesso rendimento e

dato che per una generica trasformazione ciclica si ha $\eta \leq \eta_R$ ne consegue che

le trasformazioni cicliche irreversibili hanno <u>sempre</u> un rendimento inferiore

alle trasformazioni cicliche reversibili in conclusione il *teorema di Carnot* afferma che :

1) tutte le trasformazioni *cicliche* *reversibili* hanno lo stesso rendimento

2) il rendimento di una qualsiasi trasformazione *ciclica* *irreversibile* che operi tra due sorgenti di calore poste a due determinate temperature è sempre <u>*inferiore*</u> a quello di una trasformazione *ciclica reversibil*e che operi con due sorgenti di calore poste alle stesse temperature

Backup Slides