



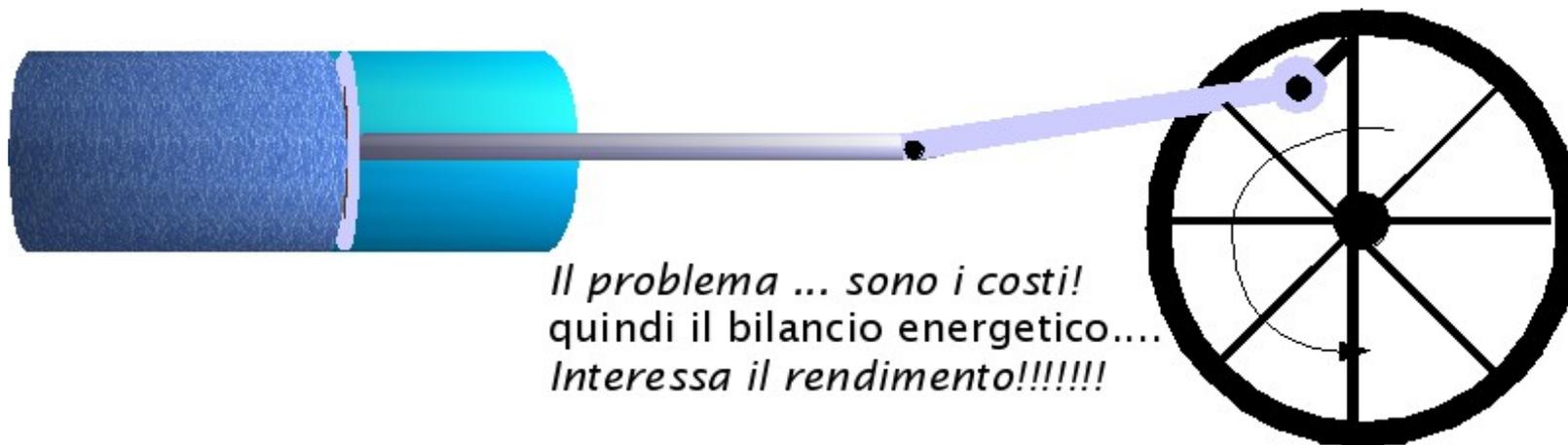
Termodinamica

Macchina termica



Macchina termica --- ciclica --- reversibile

movimento di un pistone.....



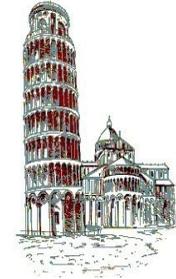
*Il problema ... sono i costi!
quindi il bilancio energetico....
Interessa il rendimento!!!!!!*

Rendimento = Lavoro/Carbone \equiv €L/€Q

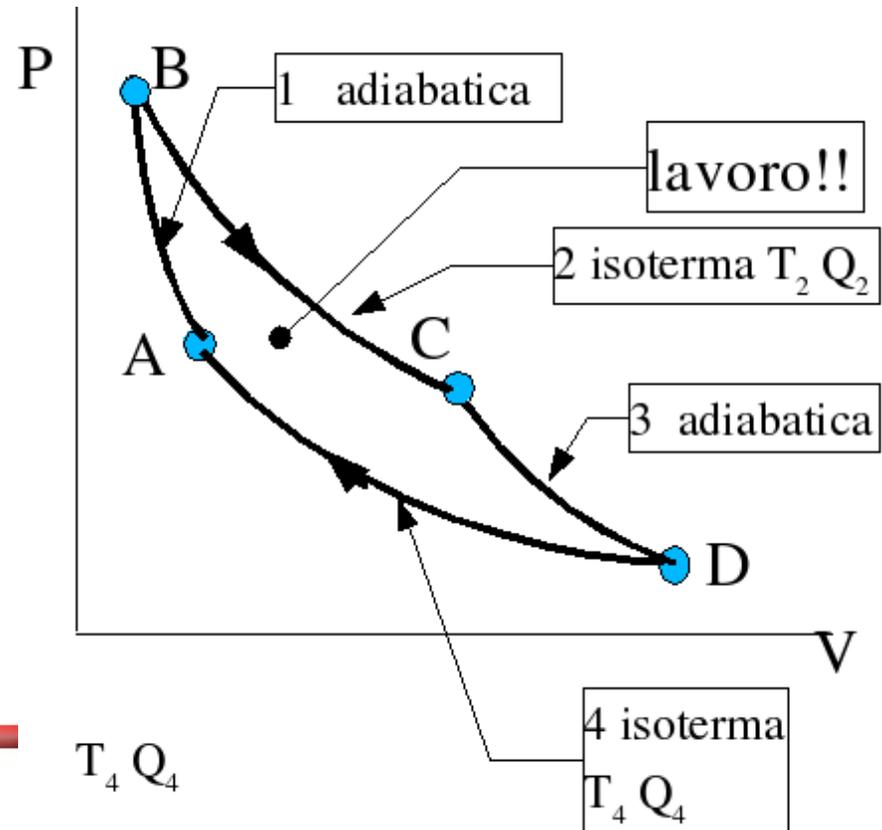
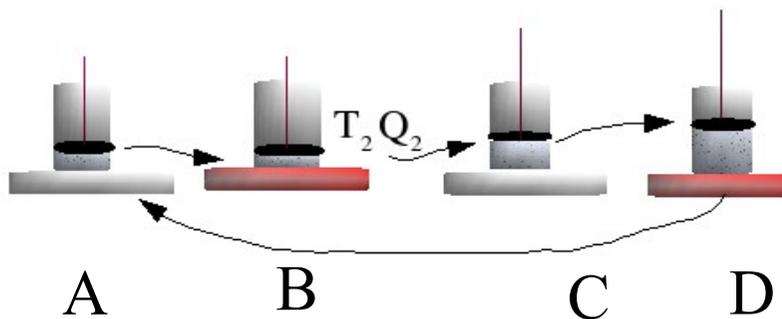


Termodinamica

Macchina termica ciclo di Carnot



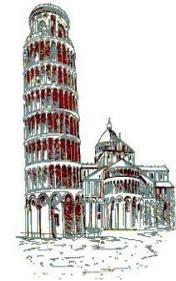
1. da A a B compressione adiabatica,
2. da B a C espansione isoterma,
3. da C a D espansione adiabatica,
4. da D a A compressione isoterma





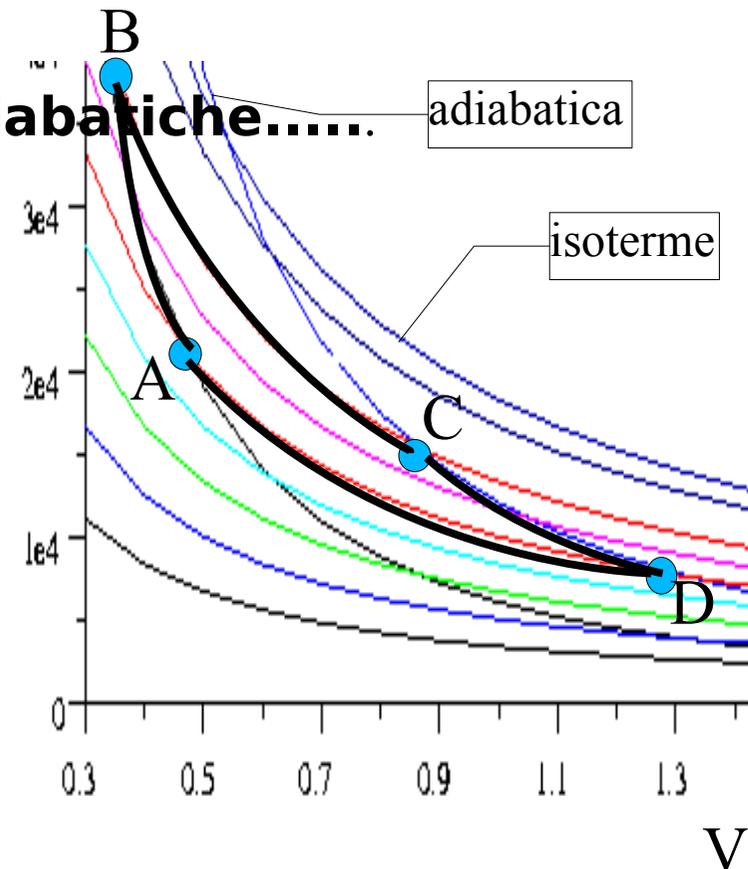
Termodinamica

Macchina termica ciclo di Carnot



Sfruttiamo le isoterme e le adiabatiche.....

1. da A a B compressione adiabatica,
2. da B a C espansione isoterma,
3. da C a D espansione adiabatica,
4. da D a A compressione isoterma A



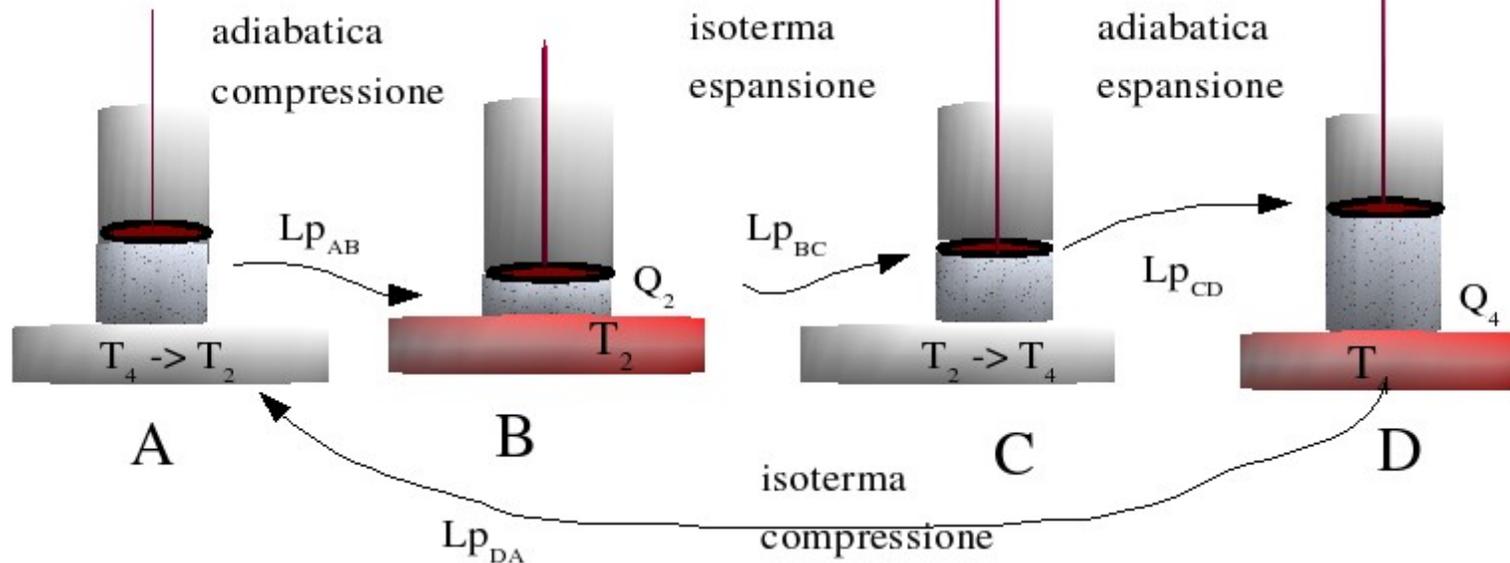
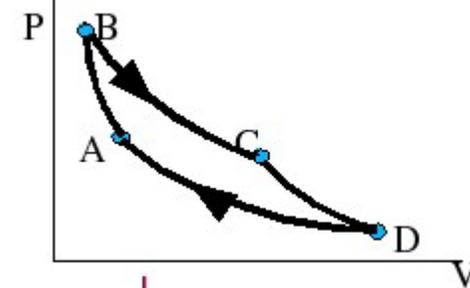


Termodinamica

Macchina termica ciclo di Carnot



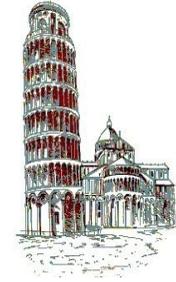
Macchina termica ---
ciclica --- reversibile





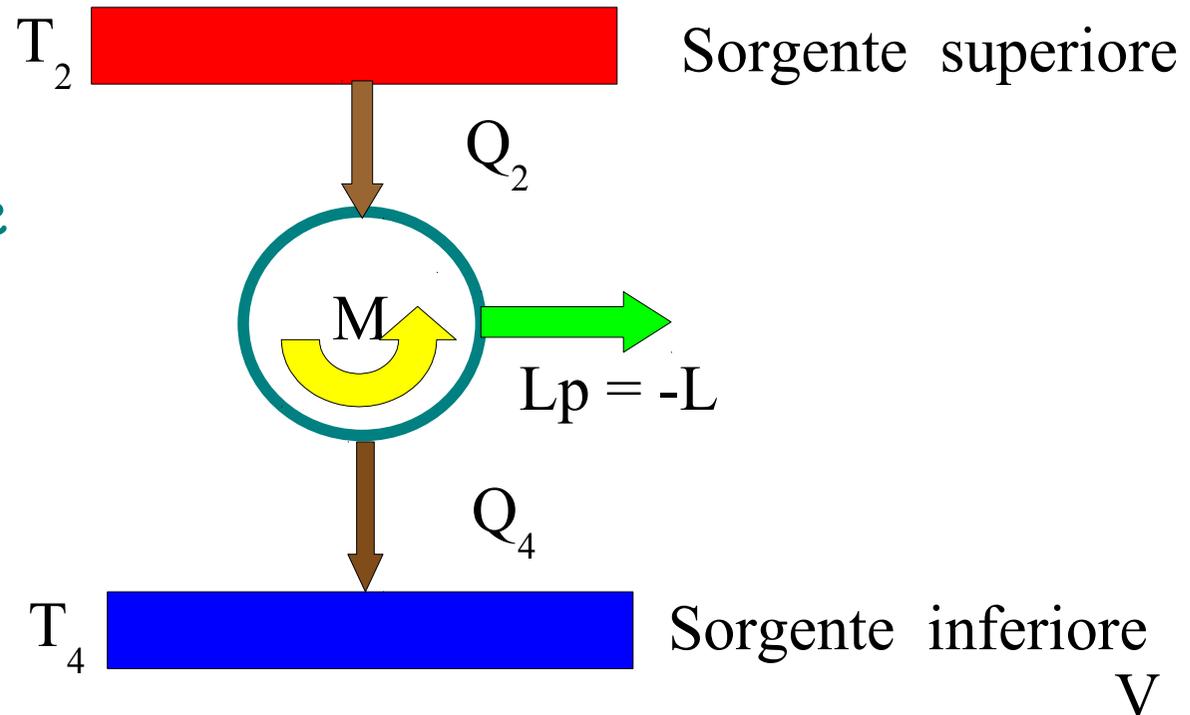
Termodinamica

Macchina termica ciclo di Carnot



Definizione dei parametri

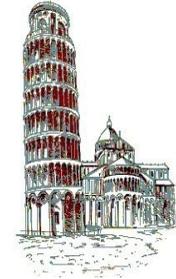
Macchina ideale
di Carnot



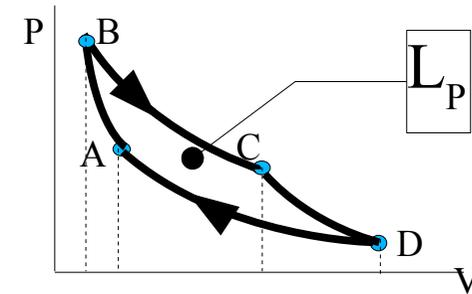


Termodinamica

Macchina termica ciclo di Carnot

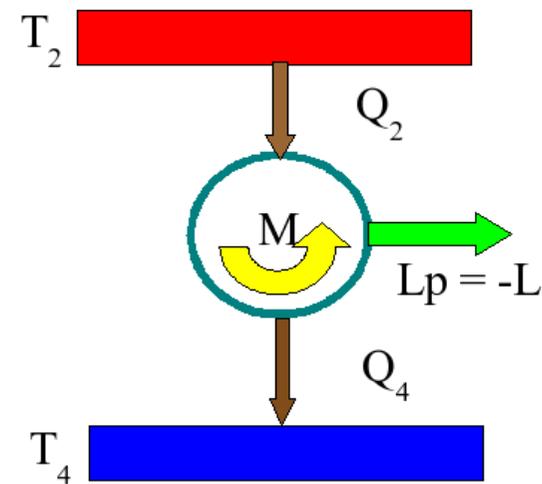


$$L_P = \int P dV \equiv \text{lavoro della pressione.....}$$



$$L_P = \oint P dV = \int_A^B P dV + \int_B^C P dV + \int_C^D P dV + \int_D^A P dV$$

$L_P > 0$ se si circola nel senso
indicato nella figura



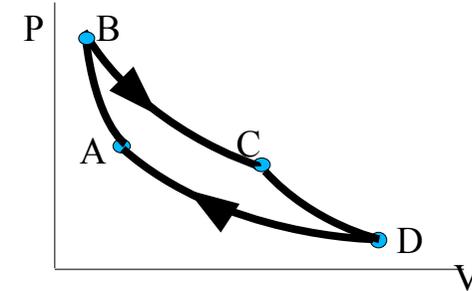


Termodinamica

Macchina termica ciclo di Carnot



nota: $\Delta U=0 \Rightarrow Q-L_p=0$
 $\Rightarrow L_p = Q = Q_4 + Q_2$
 $Q_4 < 0 \quad Q_2 > 0$

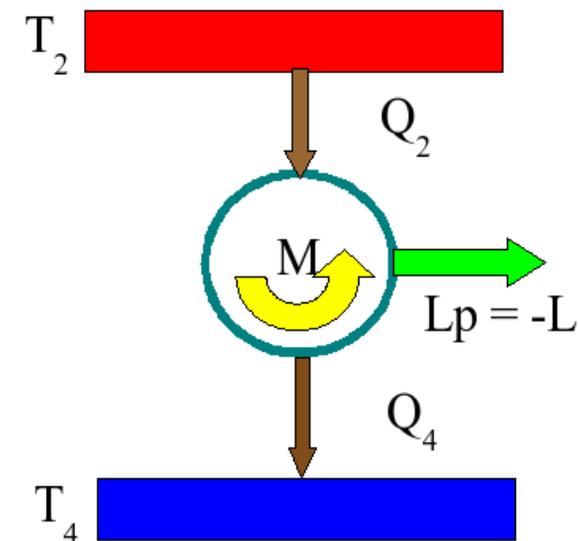


Il rendimento e'

$$\eta = \frac{L_p}{Q_2} = \frac{Q_2 + Q_4}{Q_2} = 1 + \frac{Q_4}{Q_2} \quad d \propto u i \quad L_p = \eta Q_2$$

nota poiche' $Q_4 < 0 \Rightarrow \eta < 1$

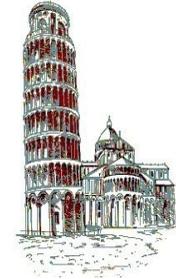
dobbiamo calcolare η !!





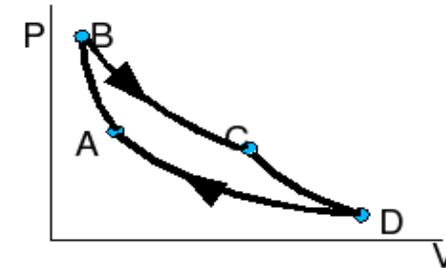
Termodinamica

Macchina termica ciclo di Carnot



$$\eta = 1 + \frac{q_4}{q_2}$$

$$Q_2 = nRT_2 \log \frac{V_C}{V_B} \quad Q_4 = -nRT_4 \log \frac{V_D}{V_A}$$



$$T_2 V_B^{\gamma-1} = T_4 V_A^{\gamma-1}$$
$$T_2 V_C^{\gamma-1} = T_4 V_D^{\gamma-1}$$

da cui $\frac{V_B}{V_C} = \frac{V_A}{V_D}$ segue $\frac{Q_2}{Q_4} = -\frac{T_2}{T_4}$

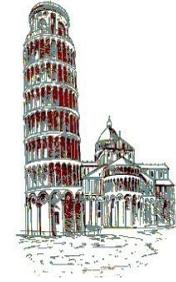
$$\eta = 1 - \frac{T_4}{T_2}$$

Ricorda $T_4 < T_2$



Termodinamica

Macchina termica ciclo di Carnot



$$\eta = 1 - \frac{T_4}{T_2}$$

temperatura della sorgente piu' fredda

temperatura della sorgente piu' calda

Il rendimento di una macchina reversibile , non dipende dal gas impiegato, ne' dalla sua quantita', ma solo dalle due temperature delle sorgenti.

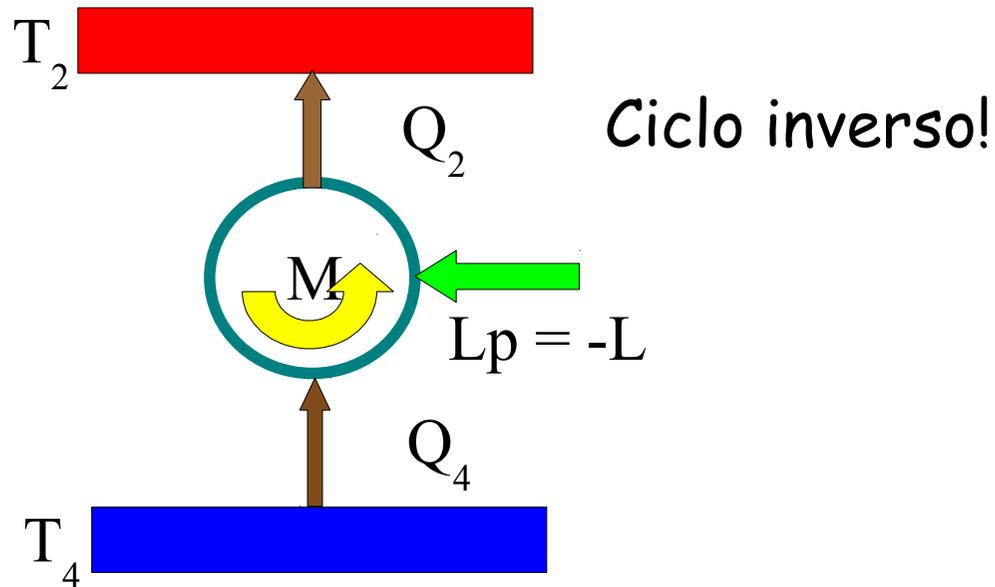
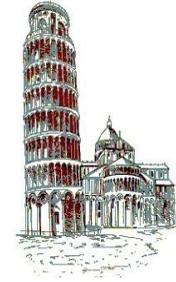
η e' tanto piu' vicino ad 1 quanto piu' le due temperature differiscono tra loro.

e' nullo per $T_4 = T_2$!!!!



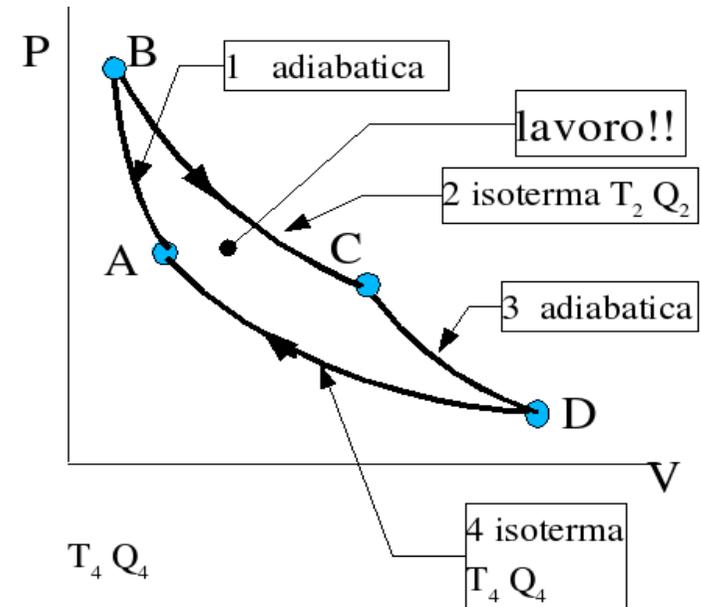
Termodinamica

Macchina termica frigorifero



$$-Q_4 > 0 \quad -Q_2 < 0$$

L_p negativo

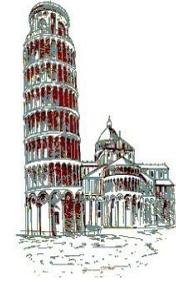


$$A \implies B \implies C \implies D \implies A$$

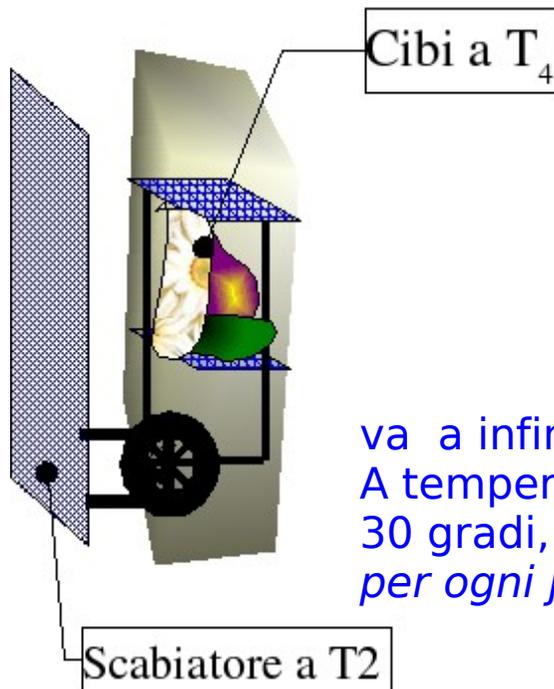


Termodinamica

Macchina termica frigorifero



Interessati a: $\eta^r = Q_4/L$ cioè il calore prelevato
sul lavoro speso



$$\eta^R = \frac{Q_4}{-L_p} = \frac{Q_4}{-(Q_2 + Q_4)} = \frac{T_4}{T_2 - T_4}$$

$$Q_4 = -\eta^R L_p$$

va a infinito per piccole differenze di T!

A temperatura ambiente, $T = 273^\circ$ Kelvin, con un salto di 30 gradi, ottieni una efficienza di 9.1, che leggerai:

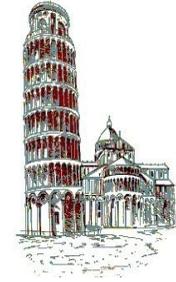
per ogni joule di lavoro si estraggono 9.1 joule di calore dalle vivande.



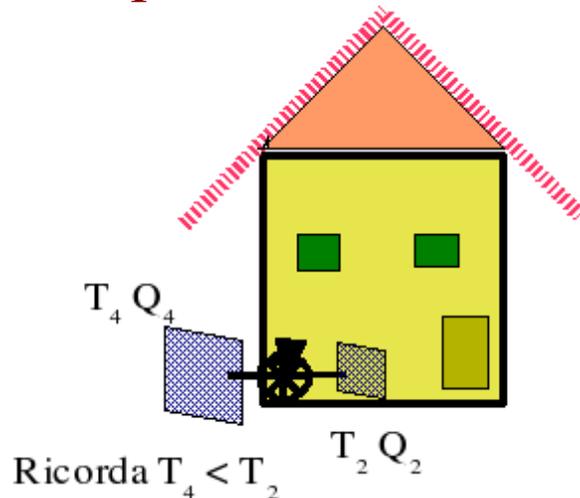
Termodinamica

Riscaldamento di casa

pompa di calore



Efficienza = $\eta^r = Q_2/L_p$
per il riscaldamento della nostra casa

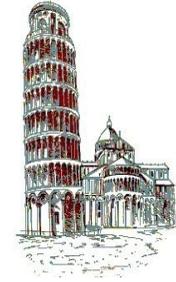


$$\eta^r = \frac{Q_2}{L} = \frac{Q_2}{-(Q_2 + Q_4)} = \frac{T_2}{T_2 - T_4}$$
$$Q_2 = \eta^r L$$

Per un salto di 27 gradi , con una temperatura esterna di zero gradi (273° Kelvin) ottieni una efficienza di circa 12; e ' come dire che ottieni 12 joule di calore per un joule di lavoro. -- in realta' 3 !!



Termodinamica Condizionamento



Efficienza = $\eta^c = -Q_4/L_p$

per il condizionamento della nostra casa

T_2 esterna 310 K^0

T_4 interna $290 \text{ K}^0 = 17 \text{ C}$

$$\eta^c = \frac{Q_4}{L} = \frac{Q_4}{-(Q_2 + Q_4)} = \frac{T_4}{T_4 - T_2}$$

$$Q_2 = \eta^c L$$

Per un salto di 20 gradi , con una temperatura esterna di 310^0 Kelvin ottieni una efficienza di circa 15; e ' come dire che estrai da casa *15 joule di calore per un joule di lavoro.*