

Física.

Tema 13.

Rendiment de màquines tèrmiques

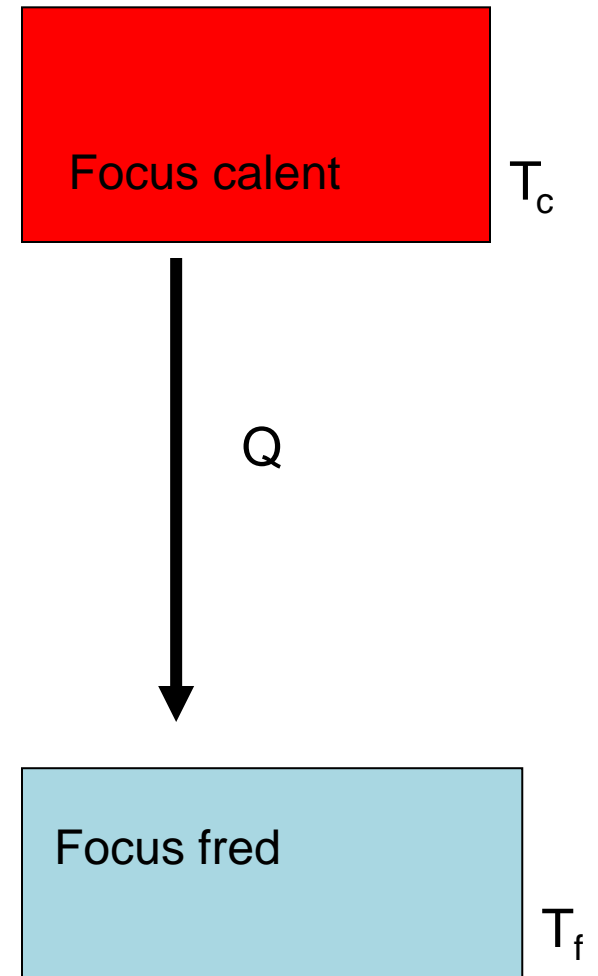
Màquines tèrmiques i el segon principi de la termodinàmica. Refrigeradors i el segon principi de la termodinàmica. La màquina de Carnot.

Focus tèrmic

Un focus tèrmic és un sistema idealitzat que té una capacitat tèrmica tan gran que pot absorbir o cedir calor sense una variació apreciable de temperatura.

En la pràctica, l'atmosfera de l'entorn, un llac, o la mar, solen actuar com a focus tèrmics.

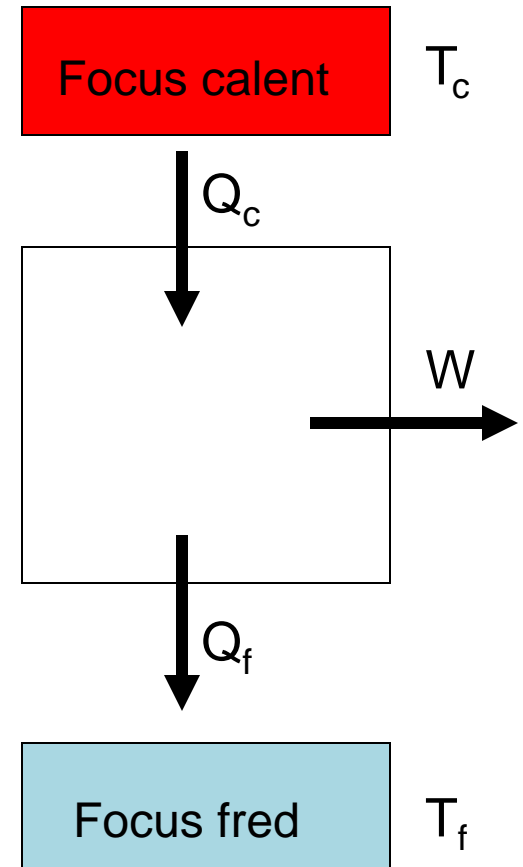
La transferència de calor espontània ocorre de l focus calent al fred, espontàniament



Màquines tèrmiques

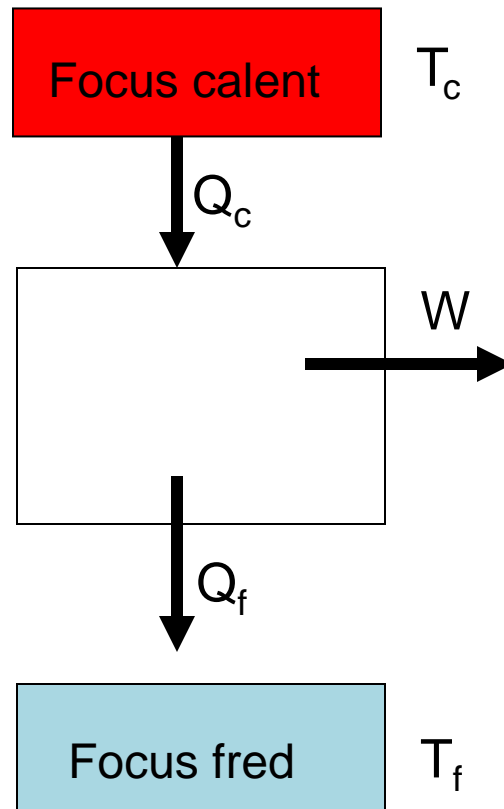
Una màquina tèrmica opera entre dos focus tèrmics.

Una màquina tèrmica és un dispositiu cíclic el propòsit del qual és convertir la màxima quantitat possible de calor en treball.



Màquines tèrmiques

El treball produït correspon a la diferència de quantitats de calor, segons el primer principi, ja que l'energia interna no varia en un procés cíclic.

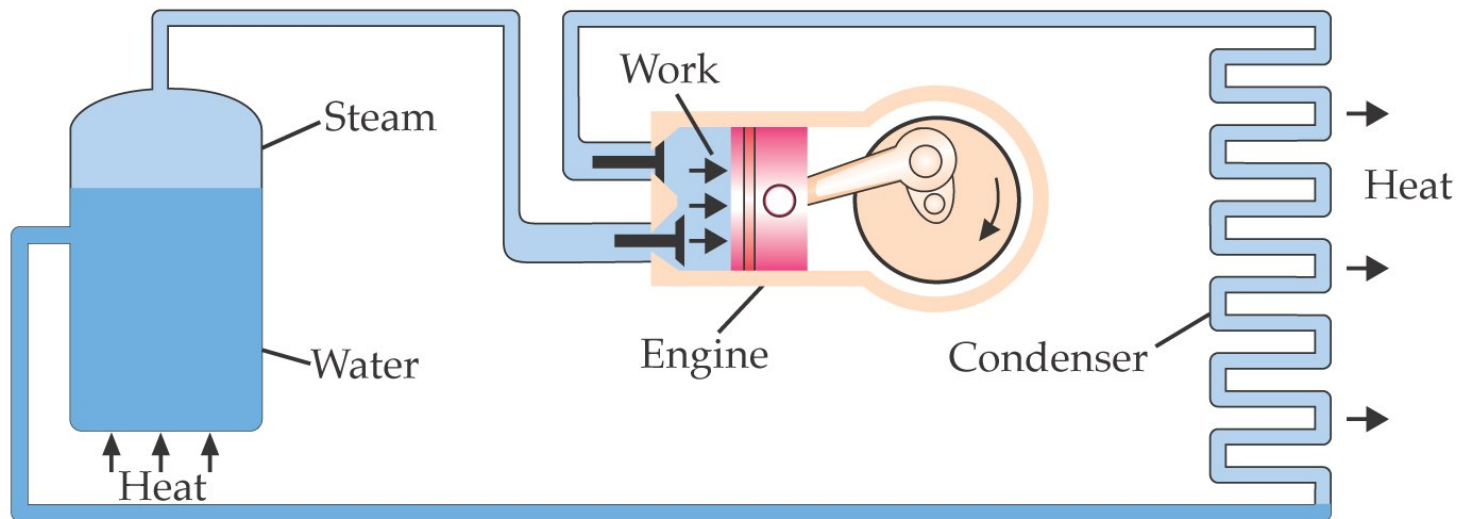


$$\Delta U = 0$$

$$W = Q_c - |Q_f|$$

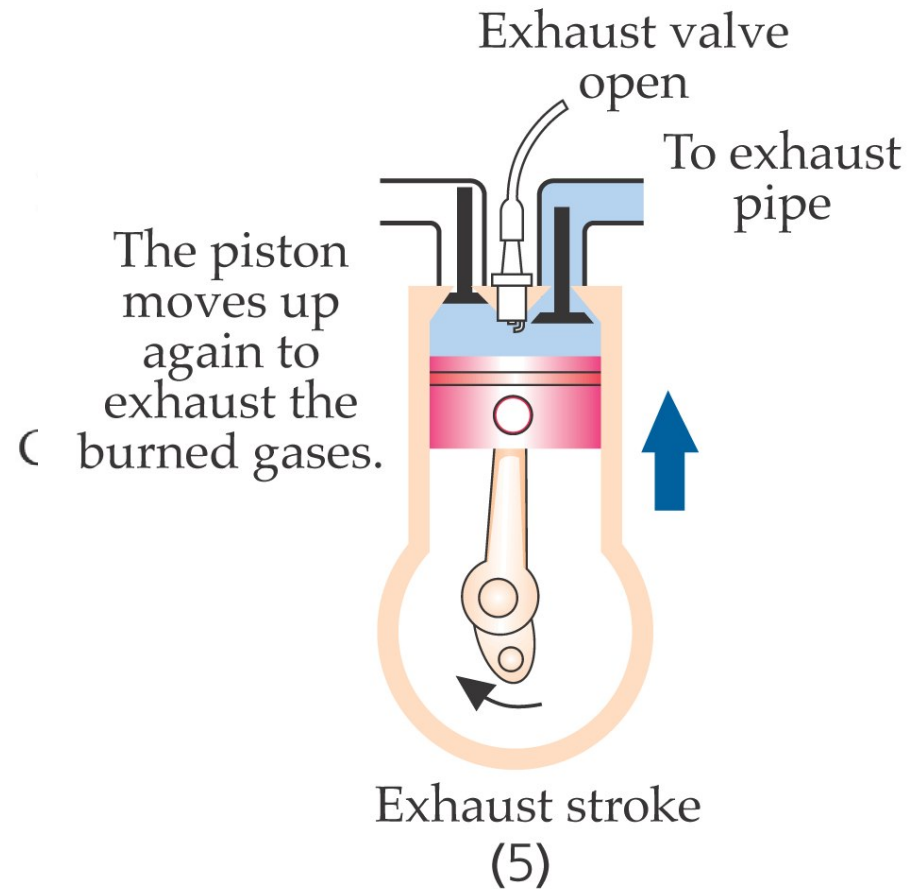
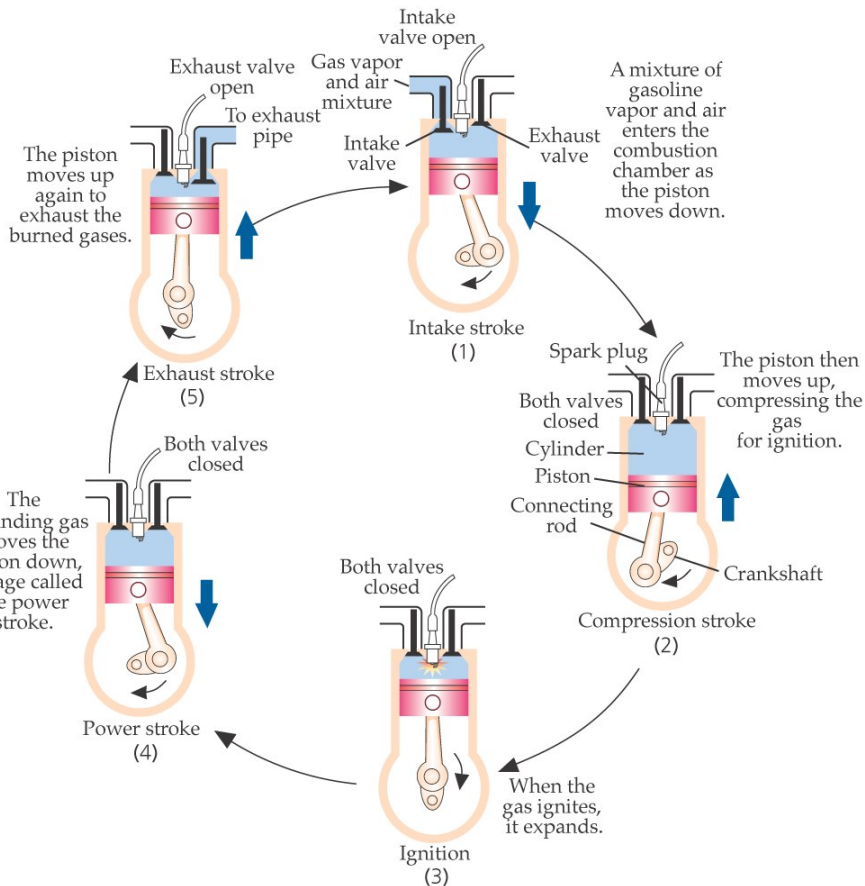
Màquines tèrmiques

Màquina de vapor



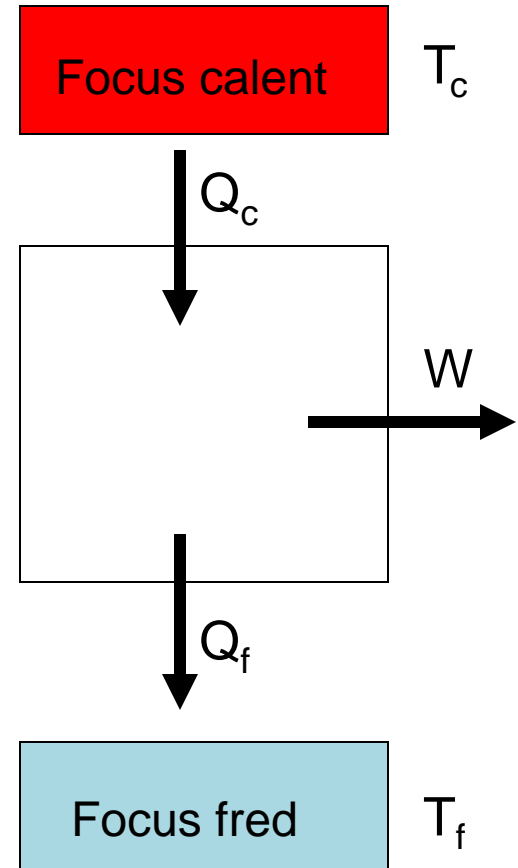
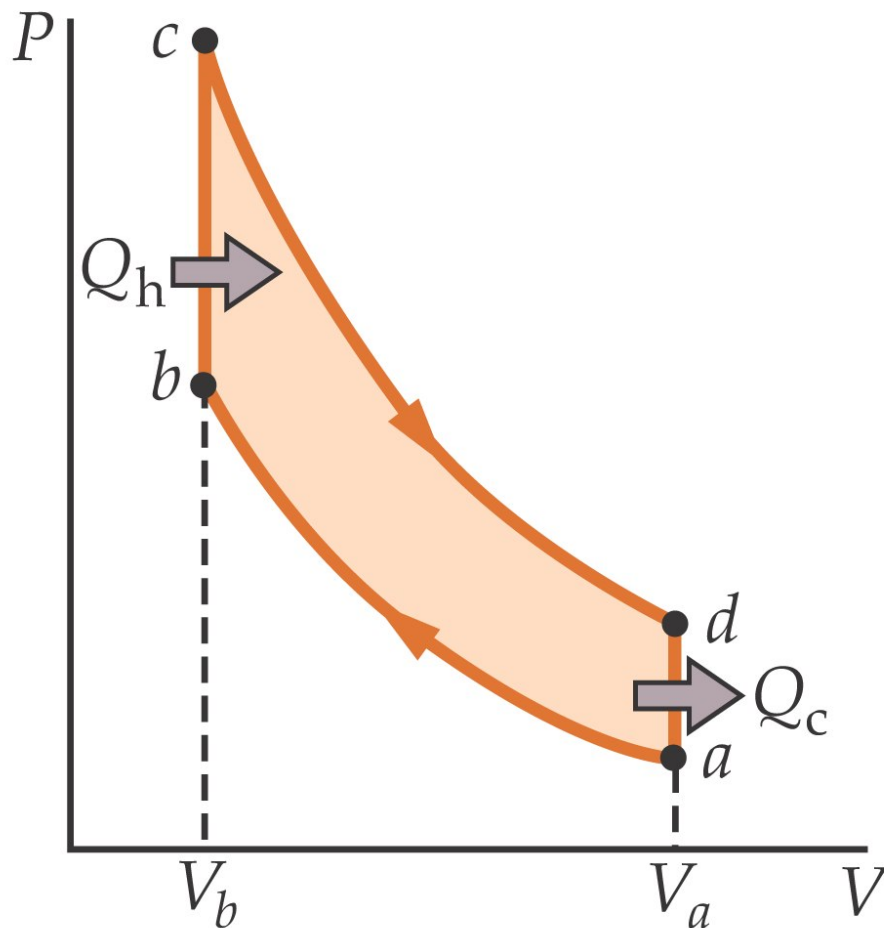
Màquines tèrmiques

Motor de combustió



Màquines tèrmiques

Cicle d'Otto corresponent a una màquina de combustió interna



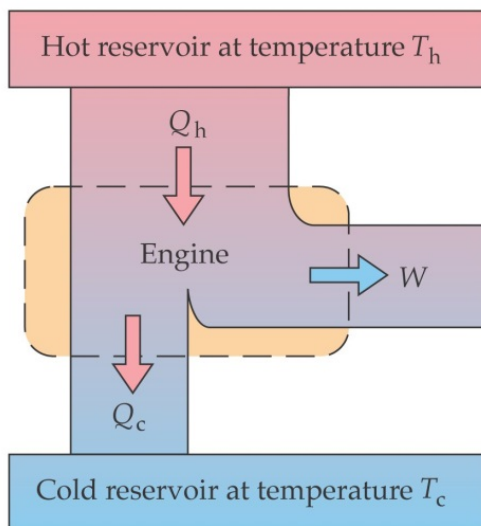
Màquines tèrmiques

Com no hi ha variació d'energia interna en un cicle,

$$Q = \Delta U + W = W$$

$$W = Q_c - |Q_f|$$

Es defineix el rendiment d'una màquina tèrmica ε com el cocient entre el treball realitzat i el calor absorbut del focus tèrmic calent



$$\varepsilon = \frac{W}{Q_c} = \frac{Q_c - |Q_f|}{Q_c} = 1 - \frac{|Q_f|}{Q_c}$$

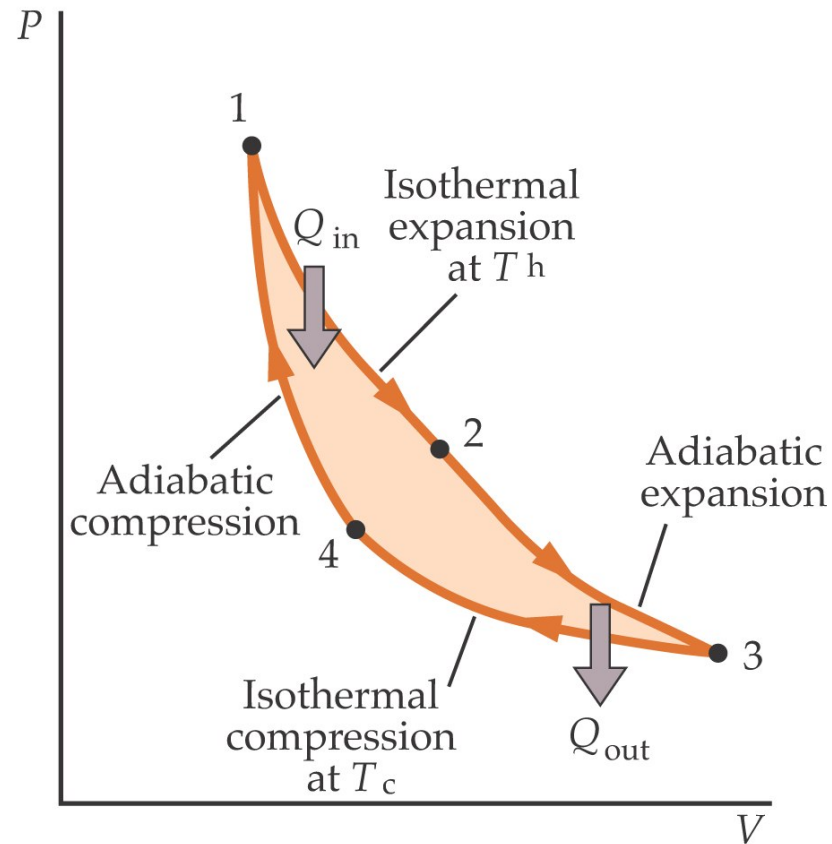
La màquina de Carnot.

Característiques del cicle de Carnot:

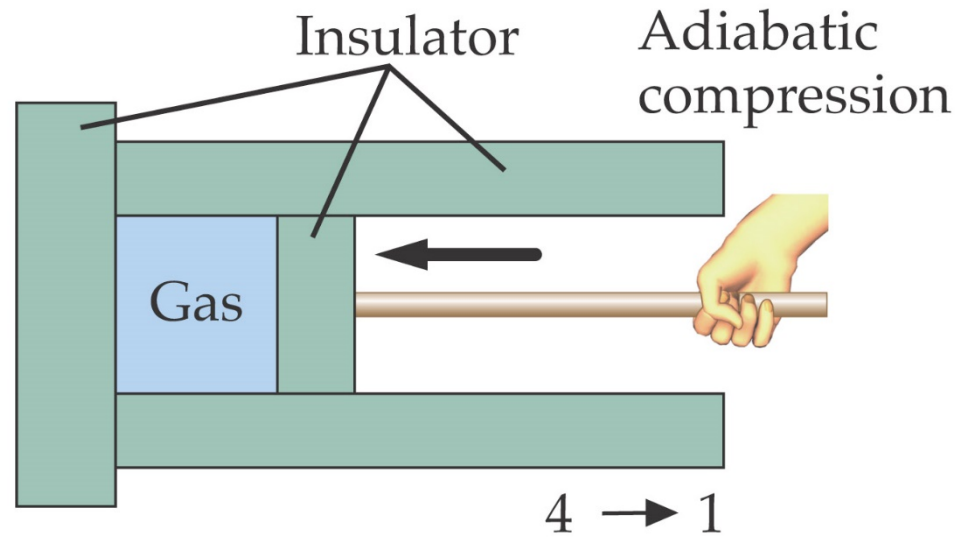
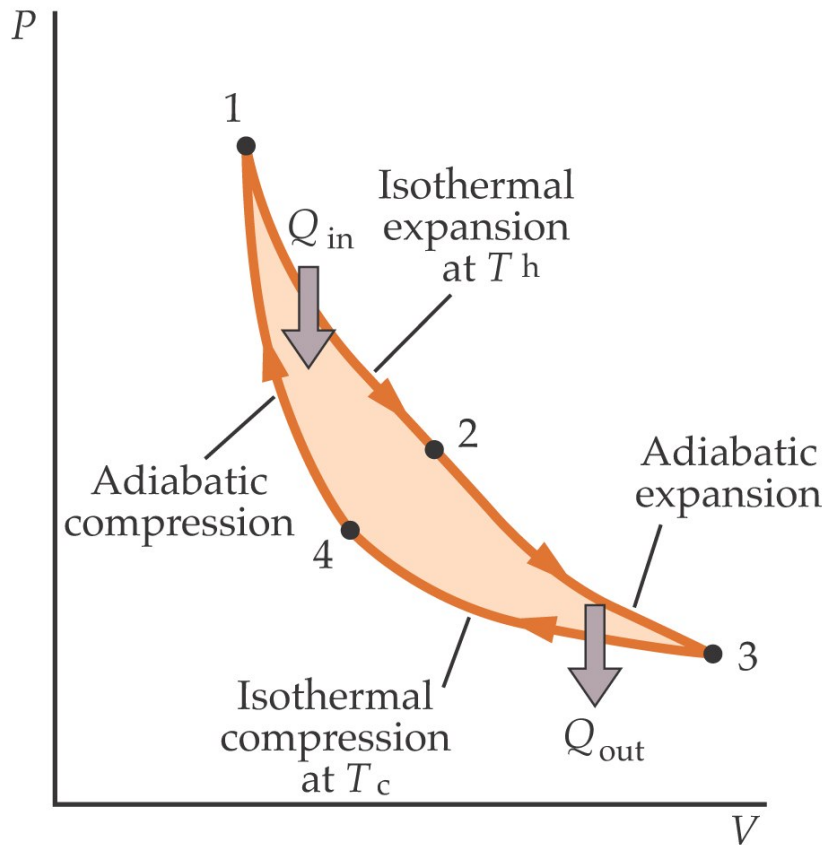
L'absorció i cessió de calor es realitza en processos isotèrmics.

Els canvis de temperatura es realitzen en processos adiabàtics

La màquina de Carnot dona el màxim rendiment possible, quan opera òptimament



La màquina de Carnot



La màquina de Carnot.

Rendiment de Carnot:

$$\frac{|Q_f|}{Q_c} = \frac{T_f}{T_c}$$

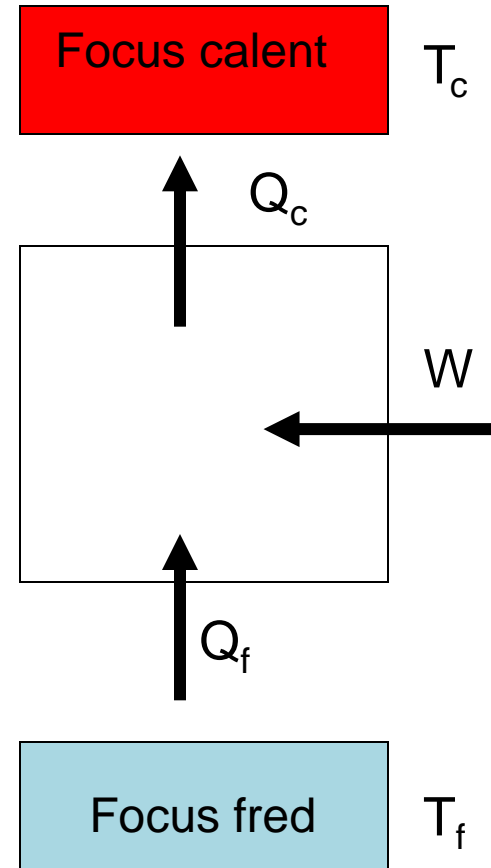
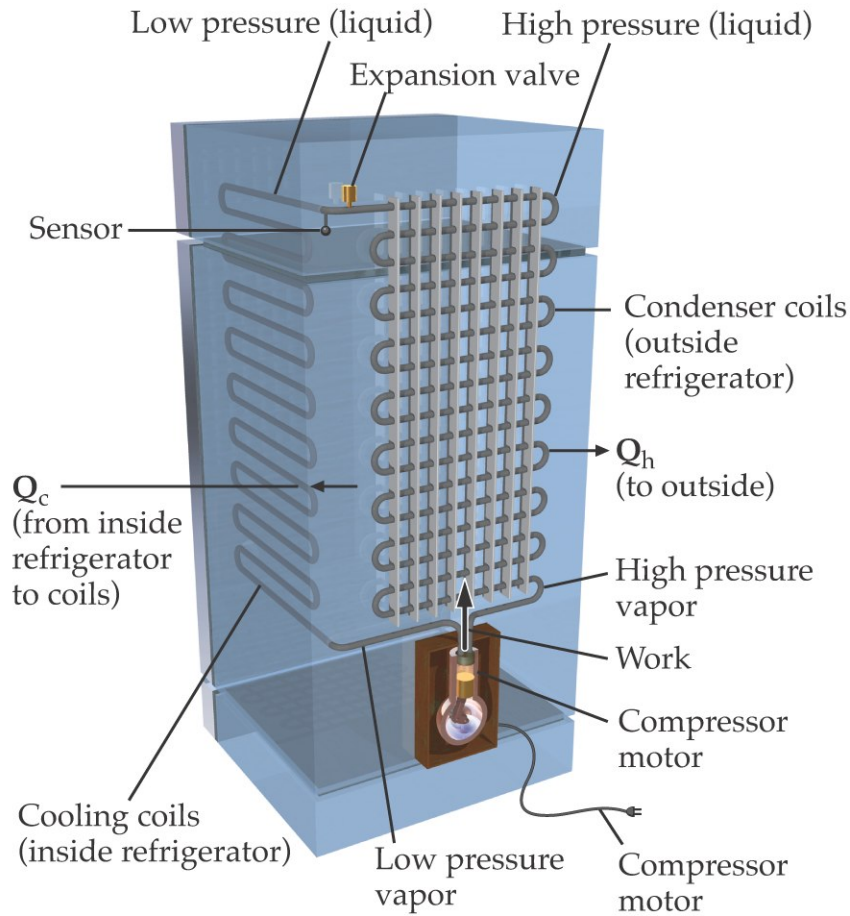
$$\varepsilon = 1 - \frac{|Q_f|}{Q_c}$$

$$\varepsilon_C = 1 - \frac{T_f}{T_c}$$

El rendiment de Carnot depèn solament de la temperatura dels focus tèrmics

La qualitat d'una font tèrmica és major quan la seua temperatura és gran, ja que permet extraure més treball per cicle

Refrigeradors

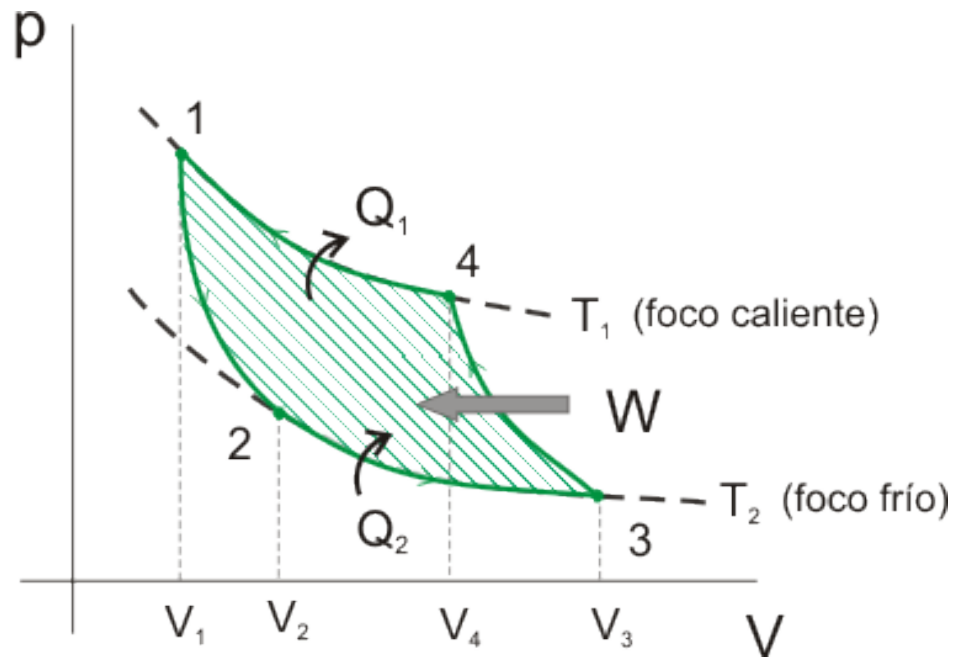


Cicle Carnot invers

Cicle de Carnot invers. Té sentit antihorari i utilitza el treball aportat ($W < 0$) per a:

extraure calor del focus fred (màquina frigorífica),

cedir calor al focus calent (bomba de calor)



La màquina de Carnot com refrigerador

El seu rendiment es coneix com Coeficient d'Operativitat (COP, *coefficient of performance*):

- Màquina frigorífica:

$$\text{COP} = \frac{Q_f}{|W|} = \frac{Q_f}{|Q_c| - Q_f} = \frac{T_f}{T_c - T_f} > 1$$

- bomba de calor:

$$\text{COP} = \frac{Q_c}{|W|} = \frac{Q_c}{|Q_c| - Q_f} = \frac{T_c}{T_c - T_f} > 1$$

La màquina de Carnot.

Una màquina opera entre dos dipòsits de calor a 450 K i 300 K.
Si el motor rep 5000 J de calor del dipòsit a 450 K en cada cicle,
¿quants joules per cicle cedeix al dipòsit a 300 K?
¿Quant de treball mecànic realitza la màquina en cada cicle?

Feu l'esquema mostrant el fluxos de calor i el treball realitzat.

La màquina de Carnot.

Una màquina de Carnot consumeix 200 J d'un focus calent a 373 K, realitza 48 J de treball i cedeix 152 J a un focus fred a 273 K.
¿Quant de treball es “perd” per cicle per causa de la irreversibilitat de la màquina?

La màquina de Carnot

Si es transmeten per conducció 200 J de calor d'un focus tèrmic a 373 K, a un altre a 273 K, sense màquina tèrmica entre els dos focus, ¿quina capacitat de produir treball es “perd” en este procés?