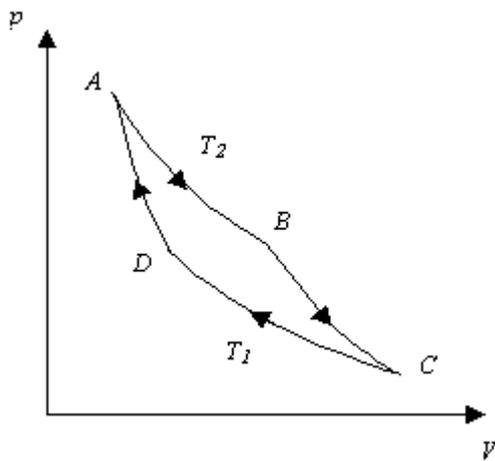
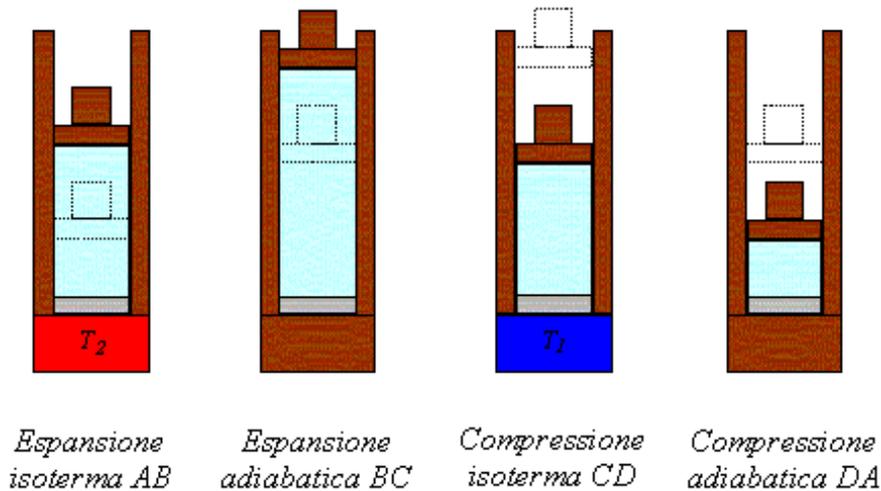


CICLO DI CARNOT



Una macchina termica ideale che ha il massimo rendimento è descrivibile dal seguente ciclo detto di Carnot composto da due trasformazioni isoterme e da due adiabatiche. Durante le due isoterme avvengono gli scambi di calore con le sorgenti mentre con le due adiabatiche il fluido viene condotto da una temperatura all'altra.



Espansione isoterma A-B. Il gas è a contatto con la sorgente calda a temperatura T₂. A questa temperatura il gas riceve una quantità di calore Q₂ e si espande sollevando il pistone del cilindro che lo contiene e compiendo lavoro verso l'esterno.

A → B Espansione isoterma, $Q - L = \Delta U$; gas ideale $\rightarrow \Delta U = 0$, $Q = L$

$$Q_2 = Q_{AB} = L_{AB} = nRT_2 \ln \frac{V_B}{V_A}$$

Espansione adiabatica B-C. Il gas si espande ulteriormente ma ora adiabaticamente con produzione ulteriore di lavoro verso l'esterno. La temperatura, a causa del lavoro di espansione fatto a spese di una parte dell'energia interna del fluido, si abbassa fino al valore T₁ < T₂.

B → C Espansione adiabatica, $Q - L = \Delta U$, $Q = 0$, $\rightarrow L = -\Delta U$,

$$L_{BC} = -nC_V(T_1 - T_2)$$

Compressione isoterma CD. Durante la compressione isoterma il gas cede una certa quantità di calore Q₁ alla sorgente T₁.

C → D Compressione isoterma, $Q = L$

$$Q_1 = Q_{CD} = L_{CD} = nRT_1 \ln \frac{V_D}{V_C}$$

Compressione adiabatica DA. Si ripristinano le condizioni iniziali comprimendo il gas adiabaticamente. Il lavoro che dall'esterno si compie si trasforma in un aumento dell'energia interna.

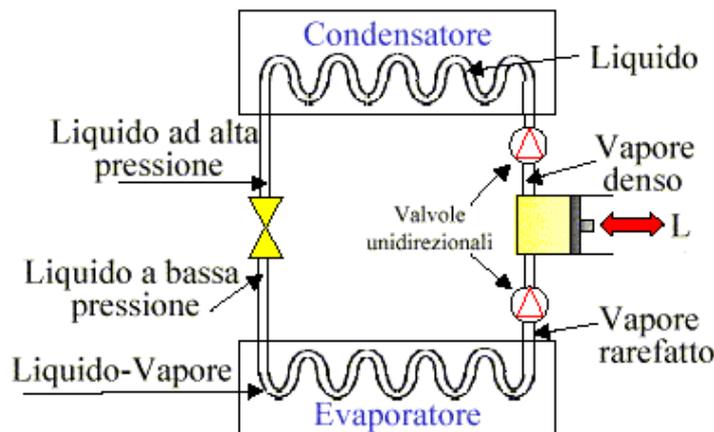
B→C Compressione adiabatica, $L = -\Delta U$,

$$L_{DA} = -nC_V(T_2 - T_1)$$

$$L_{TOT} = L_{AB} + L_{BC} + L_{CD} + L_{DA} \quad ; \quad \text{essendo} \quad \frac{V_B}{V_A} = \frac{V_C}{V_D} \quad \text{si ha:}$$

$$\eta = \frac{L_{TOT}}{Q_2} = \frac{nR \ln \frac{V_B}{V_A} (T_2 - T_1)}{nRT_2 \ln \frac{V_B}{V_A}} = \frac{T_2 - T_1}{T_2} = 1 - \frac{T_1}{T_2}$$

Macchina frigorifera. Oltre che da macchina termica in grado di produrre lavoro, il ciclo di Carnot può funzionare anche da macchina frigorifera: basta farlo funzionare in senso inverso a quello orario. In questo caso il sistema sottrae il calore Q_1 dalla sorgente alla temperatura minore T_1 (scomparti del frigorifero) e cede il calore Q_2 alla sorgente alla temperatura maggiore T_2 (ambiente esterno). Poiché $Q_2 > Q_1$ il calore in più ceduto alla sorgente T_2 proviene integralmente dal lavoro, fornito dall'energia elettrica, che bisogna fare dall'esterno sul sistema per farlo funzionare come macchina frigorifera. Una macchina frigorifera è essenzialmente costituita da:



Il **compressore** (il cilindro giallo alla destra della figura) comprime il vapore fino a farlo liquefare nel **condensatore**, che è la serpentina calda all'esterno del frigorifero. Durante questo processo (passaggio dallo stato di vapore allo stato liquido) si sviluppa calore, che si riversa nell'ambiente esterno (la cucina). Successivamente il liquido che ha una pressione di 8 atm attraversa la **valvola d'espansione** che è munita di una strozzatura e ne fuoriesce ad una pressione di poco superiore a quella atmosferica (120 KPa). Nell'espansione il gas si raffredda; la sua temperatura può passare, per esempio, da circa 30 °C a -25 °C. Il fluido che si è raffreddato entra nell'evaporatore, una serpentina fredda disposta all'interno del frigorifero, dove incontrando una temperatura più alta evapora assorbendo calore dal sistema da raffreddare.

Il vapore viene di nuovo compresso e il ciclo ricomincia. I continui passaggi di stato consentono in definitiva di sottrarre calore all'interno del frigorifero e di riversarlo all'esterno.

Il fluido usato nel frigorifero deve essere tale da richiedere anche a temperatura ordinaria pressioni relativamente bassa per passare dallo stato di vapore allo stato liquido: il freon (diclorodifluorometano), per esempio, liquefa a 20°C se compresso a 5,6 atmosfere.

