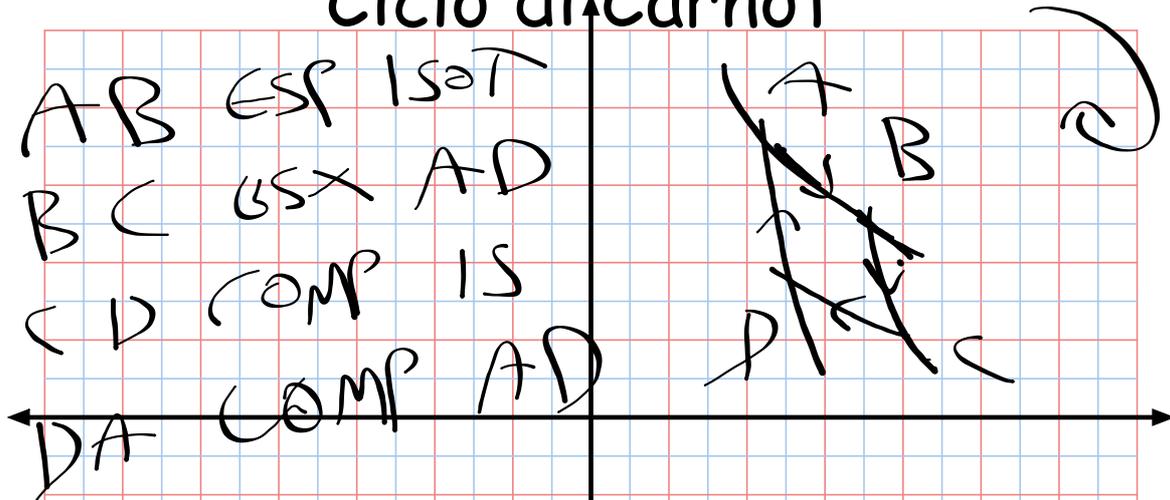


# Ciclo di Carnot



Nell'isoterma calda (AB) il gas assorbe calore a temperatura costante (dalla sorgente calda) mentre nell'isoterma fredda CD il gas cede calore a temperatura costante dalla sorgente fredda. Nelle due adiabatiche non si scambia calore con l'esterno. Il lavoro coinvolto nelle due adiabatiche è uguale ed opposto: in BC ho lavoro positivo, in DA lavoro negativo. Dato che ho due adiabatiche,  $Q=0$ , quindi  $L=-\Delta U \rightarrow$  vedi 1° principio. Ma l'energia interna in A e B è uguale e lo stesso per C e D. Quindi  $\Delta U$  per le due adiabatiche è lo stesso.

Quindi il lavoro totale del ciclo sarà  $L_{ab}+L_{bc}+L_{cd}+L_{da}=L_{ab}+L_{cd}$  (gli altri due si annullano)

Lungo le isoterme,  $\Delta U=0$  quindi  $L_{ab}=Q_{ab}$ . Cioè il lavoro sviluppato lungo l'isoterma AB sarà uguale al calore assorbito. Stesso per l'altra isoterma CD, ma con segno negativo  $\rightarrow$  fa un lavoro negativo, cioè assorbe lavoro, e cede calore.

Per il CICLO DI CARNOT Vale una relazione che non vi dimostro per cui i calori scambiati tra le due sorgenti sono direttamente proporzionali alle due temperature assolute. In formule,

$$Q_{ab}:T_a=Q_{cd}:T_c.$$

Se noi identifichiamo l'isoterma AB come quella calda, e la CD come quella fredda,

$$Q_{caldo}:T_{caldo}=Q_{freddo}:T_{freddo}.$$

Quindi il ciclo di Carnot avrà come rendimento

$$\eta = \frac{Q_C - Q_F}{Q_C} = 1 - \frac{Q_F}{Q_C}$$

$$= 1 - \frac{T_F}{T_C}$$

$T_F = T_{TEMP FREDDA}$   
 $T_C = T_{TEMP CALDA}$

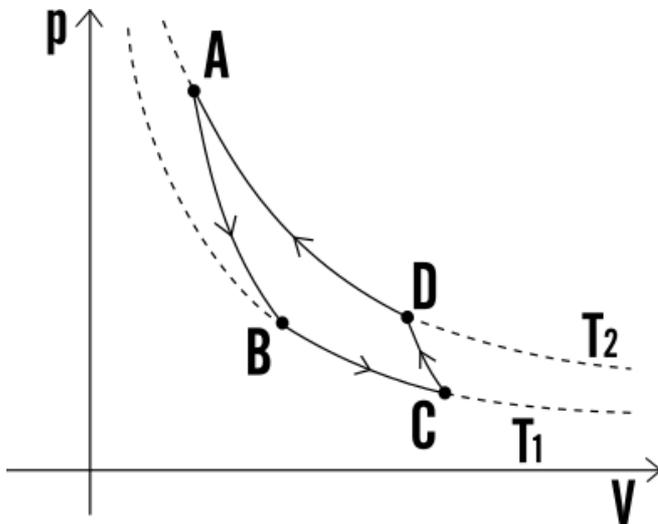
Il ciclo di Carnot è un ciclo particolare, teorico, reversibile, che opera solo a 2 temperature,  $T_f$  e  $T_c$ . Assorbe calore solo alla temperatura più calda, e lo cede solo alla temperatura più fredda.

Altri cicli operano anche a temperature intermedie, quando hanno trasformazioni che cambiano temperatura e non sono adiabatiche. Per esempio il ciclo del motore diesel (pag 803) ha due adiabatiche, su cui non si scambia calore, una espansione isobara, che aumenta la temperatura e scambia calore, e una trasformazione isocora EB che di nuovo scambia calore diminuendo la temperatura.

Questo ciclo ha il rendimento che abbiamo calcolato prima, grazie al fatto che scambia calore solo alle temperature estreme. Altri cicli, se scambiano calore anche a temperature intermedie, avranno un rendimento più basso.

Quindi il rendimento del ciclo di Carnot è il rendimento teorico massimo ammissibile per una macchina che opera tra quelle due temperature: una macchina reale che opera tra le stesse temperature avrà un rendimento diverso, ma sicuramente minore del rendimento teorico del ciclo di Carnot. Una macchina ideale che opera tra le stesse temperature ma ha anche scambi di calore intermedi avrà pure un rendimento minore.

Consideriamo un ciclo termodinamico di Carnot che funzioni al contrario - in senso antiorario. Il lavoro complessivo sarà negativo, cioè devo fornire del lavoro al gas per permettergli di chiudere il ciclo, e in compenso ho una compressione isoterma nella sorgente calda, ed una espansione isoterma nella sorgente fredda



Quindi dal punto di vista meccanico devo fornirgli del lavoro, mentre dal punto di vista termico questo gas cede calore alla temperatura più calda, e assorbe calore alla temperatura più fredda.

Questo ciclo si definisce **CICLO FRIGORIFERO**, o **POMPA DI CALORE**: trasporta del calore da una temperatura più alta ad una temperatura più bassa, al prezzo di un po' di lavoro che si trasforma in calore.

Per casa: leggere il paragrafo 6, studiare il paragrafo 7, fino a pag 818. studiare il paragrafo 4.

Esercizi num. 3, 6,7,10, 18, 21, 25, 37, 38