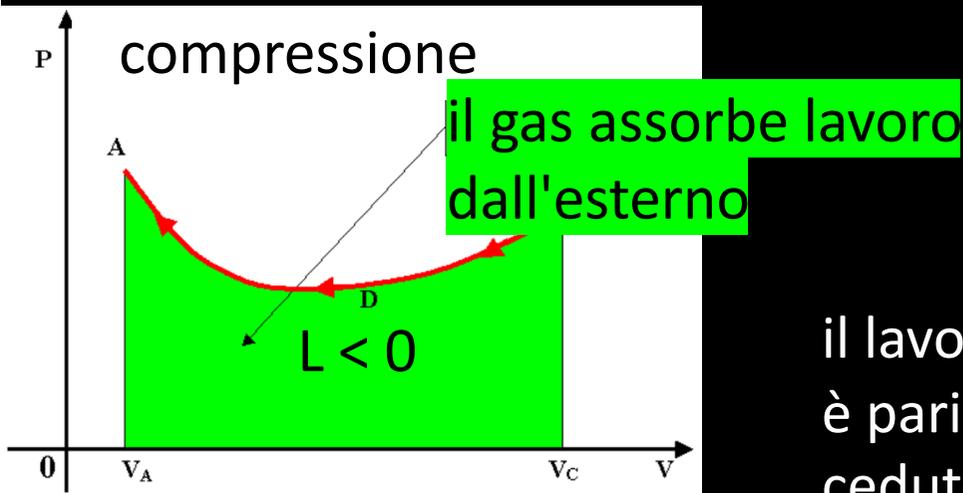
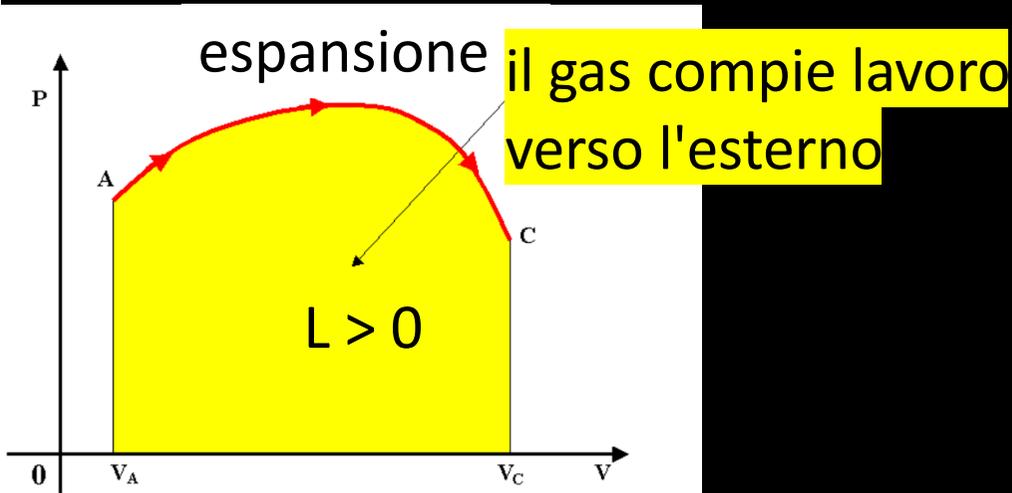


Fondamenti di fisica generale

adalberto.sciubba@uniroma1.it

mercoledì 18 gennaio 2023
12:05-13:00
AULA B1

TERMODINAMICA

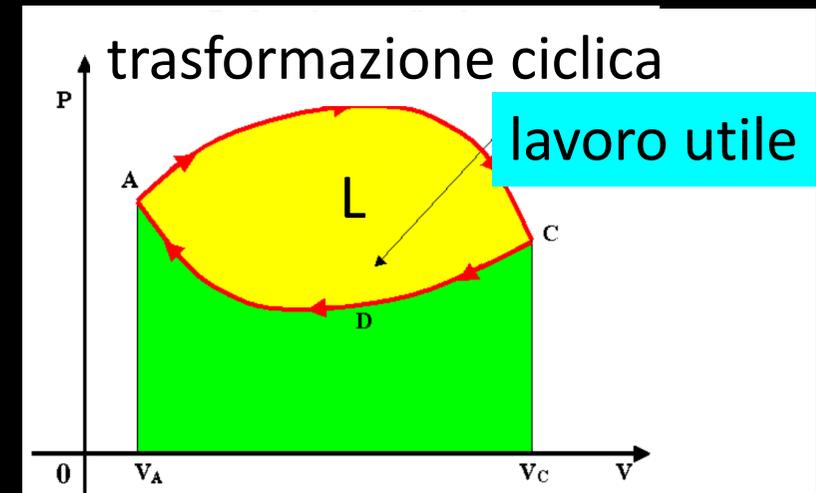


TRASFORMAZIONE CICLICA

in una trasformazione ciclica
il gas torna allo stato iniziale

$$T_{\text{fin}} = T_{\text{in}} \rightarrow \Delta U = 0$$

$$L = Q = Q_{\text{ass}} + Q_{\text{ced}} = Q_{\text{ass}} - |Q_{\text{ced}}|$$



il lavoro complessivamente prodotto (lavoro utile)
è pari alla differenza fra il calore assorbito e quello
ceduto dal gas

TERMODINAMICA

MACCHINE TERMICHE

dispositivo in grado di trasformare calore in lavoro

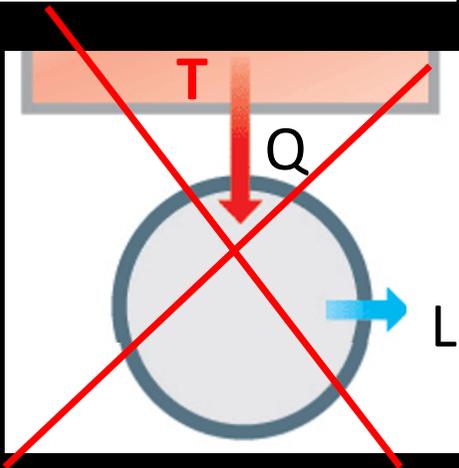
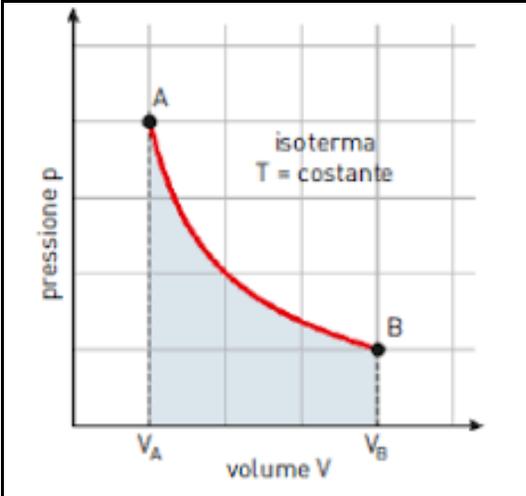
rendimento: $\eta = L/Q$ va massimizzato!

per trasformare tutto Q in L occorre che sia $\Delta U = 0$
come in una isoterma ($\eta = 100\%$)

→ ma una volta che il sistema è passato da A a B
la macchina smette di funzionare!

Per essere utile la macchina deve lavorare ciclicamente

Per tornare da B ad A occorre esattamente
lo stesso lavoro che è stato prodotto:
non è sufficiente disporre di una sola
sorgente termica: la macchina termica più semplice ha
bisogno di due sorgenti termiche



TERMODINAMICA

ciclo di CARNOT

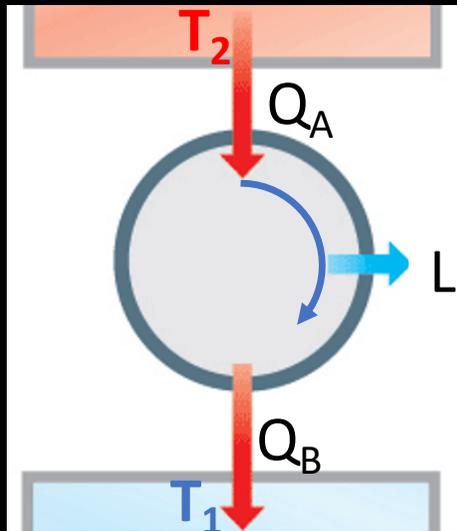
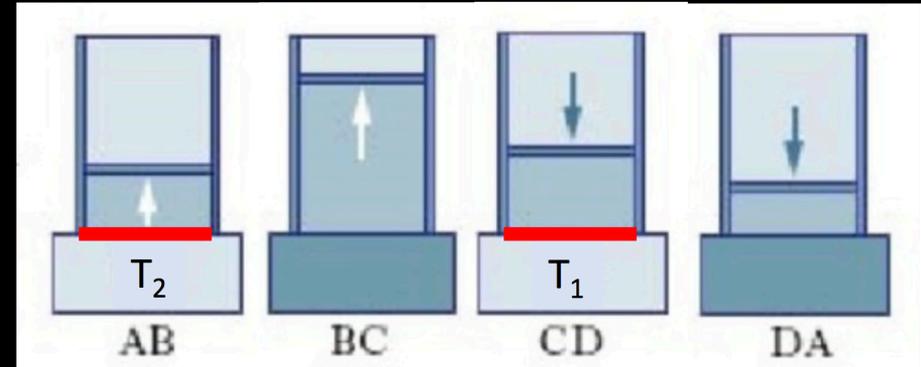
MACCHINE TERMICHE

due isoterme e due adiabatiche

$$dQ = dL + dU = p dV + n c_v dT$$

Q_A calore a temperatura T_2 assorbito dal gas

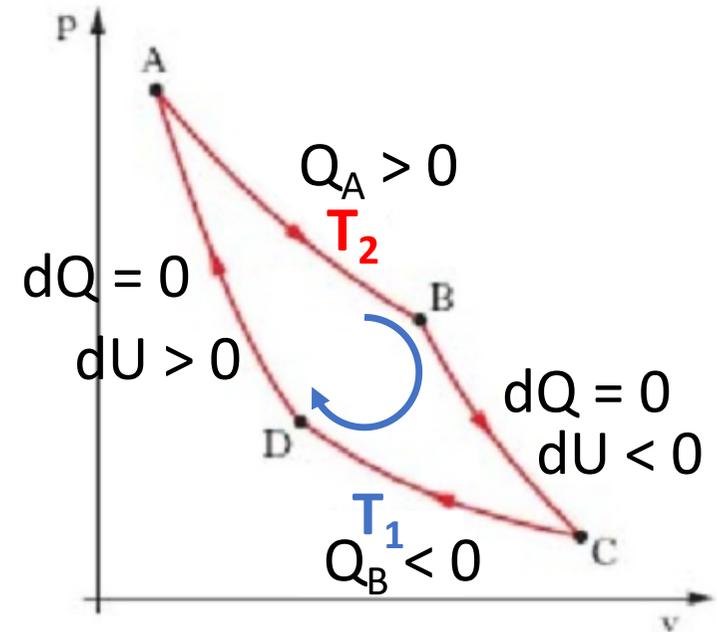
Q_B calore a temperatura T_1 ceduto dal gas



$$L = Q_A + Q_B$$

$$Q_A = L - Q_B$$

$$Q_A = L + |Q_B|$$



rendimento: $\eta = L/Q_A$ va massimizzato!

TERMODINAMICA

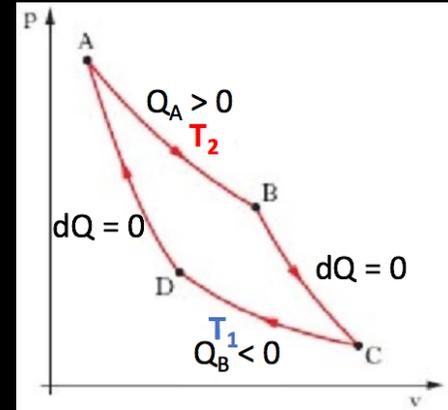
ciclo di CARNOT

MACCHINE TERMICHE

rendimento: $\eta = L/Q_A$ va massimizzato!

ISOTERMA (se $A \rightarrow B$) $dL = p dV = n RT dV/V \rightarrow L = n RT \ln (V_B/V_A)$
 $\rightarrow Q = L + \Delta U = n RT_2 \ln (V_B/V_A)$

ADIABATICA (se $B \rightarrow C$) $dU = n c_v dT \rightarrow \Delta U = n c_v (T_C - T_B)$
 $\rightarrow Q = 0 \rightarrow L = -\Delta U = -n c_v (T_1 - T_2)$



$$\eta = L/Q_A = (L_{AB} + L_{BC} + L_{CD} + L_{DA})/Q_A =$$

$$= \frac{nRT_2 \ln \frac{V_B}{V_A} - n c_v (T_1 - T_2) + nRT_1 \ln \frac{V_D}{V_C} - n c_v (T_2 - T_1)}{nRT_2 \ln \frac{V_B}{V_A}} = 1 + \frac{T_1 \ln \frac{V_D}{V_C}}{T_2 \ln \frac{V_B}{V_A}} = 1 + \frac{T_1 \ln \frac{V_A}{V_B}}{T_2 \ln \frac{V_B}{V_A}}$$

$p V^\gamma = \text{costante}$
 $T V^{\gamma-1} = \text{costante}$
 $T p^{1/\gamma-1} = \text{costante}$

DA: $T_1 V_D^{\gamma-1} = T_2 V_A^{\gamma-1}$

BC: $T_1 V_C^{\gamma-1} = T_2 V_B^{\gamma-1}$

$$V_D/V_C = V_A/V_B$$

$$= 1 + \frac{-T_1 \ln \frac{V_B}{V_A}}{T_2 \ln \frac{V_B}{V_A}} = 1 - \frac{T_1}{T_2}$$

TERMODINAMICA

ciclo di CARNOT

rendimento: $\eta = L/Q_A$ va massimizzato!

$$\eta = L/Q_A = (L_{AB} + L_{BC} + L_{CD} + L_{DA})/Q_A = 1 - \frac{T_1}{T_2} < 1$$

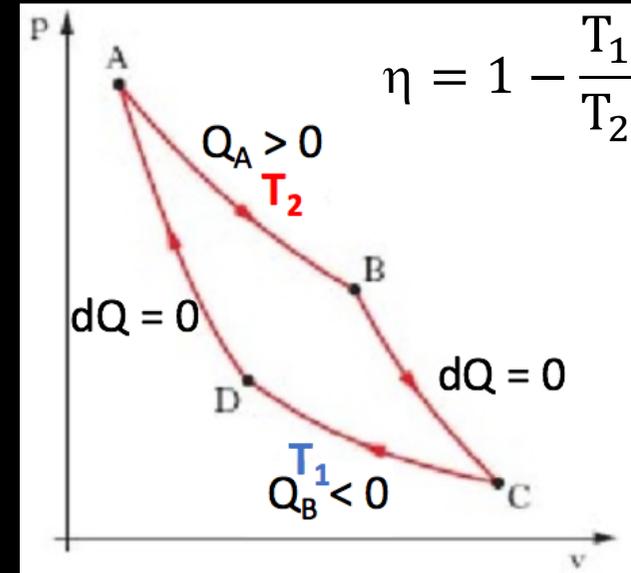
indipendentemente da n e dal gas

alto **rendimento** se $T_1 \rightarrow 0$ e $T_2 \rightarrow \infty$

fissati T_1 (refrigerante) e T_2 (caldaia), alto **lavoro utile** L se $V_C \gg V_A$

alta **potenza** se elevato numero di giri al secondo: $P = L f$

MACCHINE TERMICHE



TERMODINAMICA

Una macchina termica segue il ciclo di Carnot utilizzando **una mole** di aria come gas, **ghiaccio fondente** come refrigerante e **acqua all'ebollizione** a pressione atmosferica come sorgente ad alta temperatura.

Un ciclo della macchina dura 0,1 s.

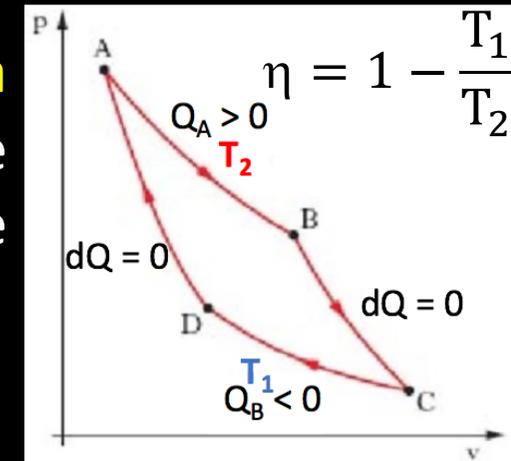
Determinare il **rendimento** della macchina e la sua **potenza**.

L'espansione isoterma inizia da 300 kPa e termina a 150 kPa.

$$\eta = 1 - \frac{T_1}{T_2} = 1 - \frac{273,15 \text{ K}}{373,15 \text{ K}} = 0,268 = 26,8 \%$$

$$P = L f \quad f = 10 \text{ Hz} \quad L = ?$$

ESERCIZIO



$$n = 1$$

TERMODINAMICA

L'espansione isoterma inizia da 300 kPa e termina a 150 kPa.

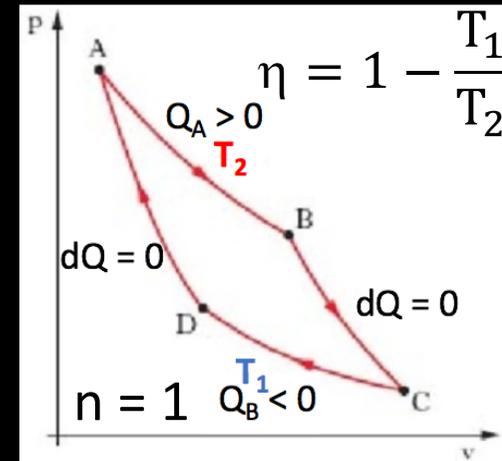
$p_A = 300 \text{ kPa}$ $p_B = 150 \text{ kPa}$

$$L = L_{AB} + L_{BC} + L_{CD} + L_{DA} =$$

$$= nRT_2 \ln \frac{V_B}{V_A} - n c_v (T_1 - T_2) + nRT_1 \ln \frac{V_D}{V_C} - n c_v (T_2 - T_1)$$

$$= nRT_2 \ln \frac{V_B}{V_A} + nRT_1 \ln \frac{V_D}{V_C} = R \left(T_2 \ln \frac{V_B}{V_A} + T_1 \ln \frac{V_A}{V_C} \right)$$

ESERCIZIO



ISOTERMA (se A → B)

$L = n R T_2 \ln (V_B/V_A)$

ADIABATICA (se B → C)

$L = - n c_v (T_1 - T_2)$

DA: $T_1 V_D^{\gamma-1} = T_2 V_A^{\gamma-1}$

BC: $T_1 V_C^{\gamma-1} = T_2 V_B^{\gamma-1}$

$V_D/V_C = V_A/V_B$

$p V = n R T$

$p_A V_A = p_B V_B$

$V_B/V_A = p_A/p_B = 300 \text{ kPa}/150 \text{ kPa} = 2$

$= R(T_2 - T_1) \ln \frac{V_B}{V_A} = 8,31 \times 100 \times \ln 2 = 576 \text{ J}$

$\rightarrow P = L f = 5760 \text{ W} = 5,76 \text{ kW}$

$R = 8,3145 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$

Fondamenti di fisica generale

adalberto.sciubba@uniroma1.it

mercoledì 18 gennaio 2023
meet/**ett-wttu-agt**
ASINCRONA 14:00-15:00