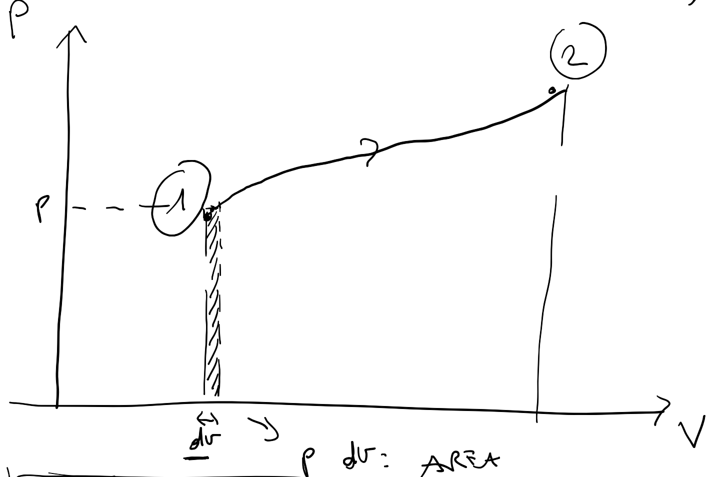
LAVORO TERMODINAMICO



p dv: AREA

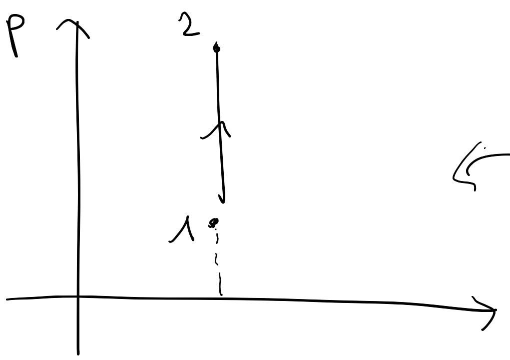
$$\boxed{\mathcal{L} = \int p \cdot dv} \Rightarrow \boxed{\mathcal{L}_{12} = \int_1^2 p \cdot dv}$$

Area da 1 a 2 → Integrale definito

TR. ISOCORA

$v =$ costante $\Rightarrow$ $\underline{pv = RT}$

$$\frac{p}{T} = \text{costante}$$



$\mathcal{L} = \emptyset$

Lo si vede dal grafico

TR. ISOBARA

$p =$ cost

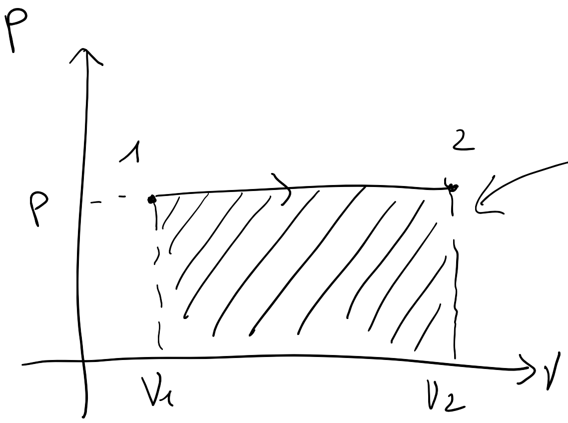
$pV = RT$

↓

$$\frac{V}{T} = \text{costante}$$

$$\int_1^2 1 \cdot dx = x + C$$

Lo studierete meglio in matematica

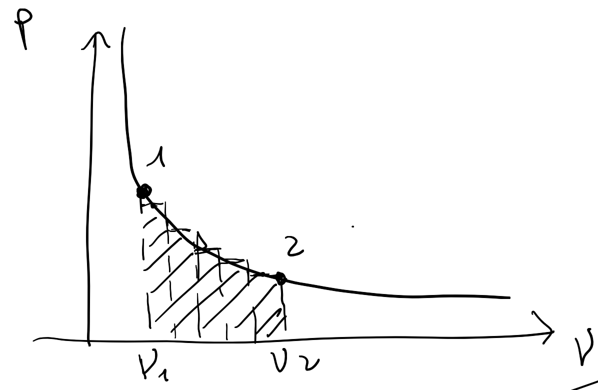


$$\mathcal{L} = p\,(V_2 - V_1)$$

$$\mathcal{L} = \int_1^2 p\,dv = p \int_1^2 dv = p \cdot v \Big|_1^2 = (*)$$

$$= \underline{p\,(v_2 - v_1)}$$

TR. ISOTERMA



$$pV = RT$$

$$\Downarrow$$

$$pV = cost \rightarrow p = \frac{RT}{V}$$

$$p = \frac{c}{V}$$

$$\int_1^2 p\,dV$$

$$\int \frac{1}{x}\,dx = \ln x + c$$

$$\int \frac{1}{V}\,dV = \ln V + c$$

$$\mathcal{L} = RT\int_1^2 \frac{1}{V}\,dV = (\ln V + c)\Big|_1^2 =$$

$$= RT(\ln V_2 - \ln V_1) = RT \ln \frac{V_2}{V_1}$$

$$\boxed{\mathcal{L} = RT \ln \frac{V_2}{V_1}}$$

TR. ADIABATICA

p

V

T

Q → CALORE

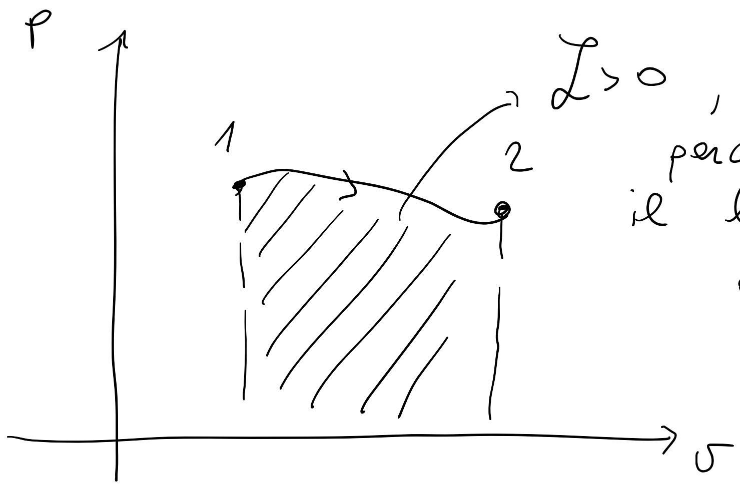
$\rightarrow Q = costante$

$$\gamma = \frac{c_p}{c_v}$$

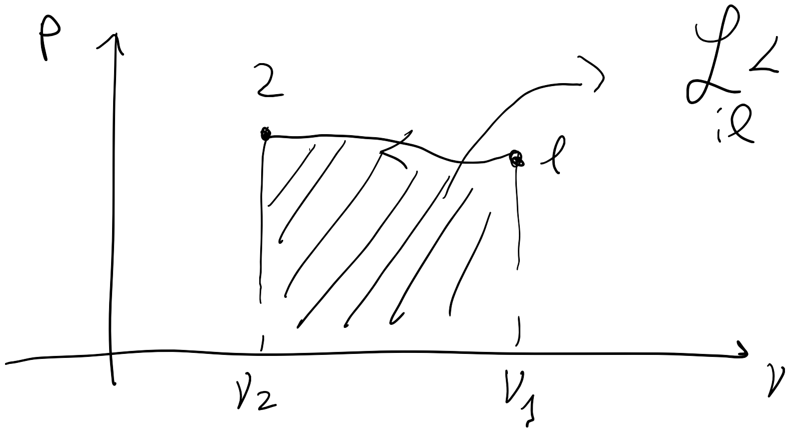
$$\rightarrow pV^{\gamma} = cost$$

$$\mathcal{L} = \frac{p_1 V_1}{\gamma - 1}\left(1 - \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1}\right)$$

Il lavoro può essere > 0 o < 0.

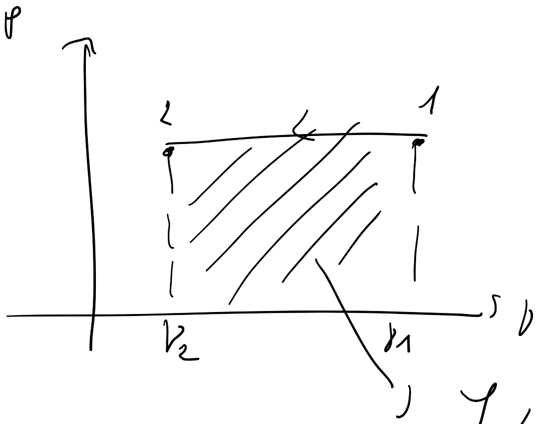


$\mathcal{L} > 0$, perché se percorreni la curva il lavoro rimane sulla destra.



$\mathcal{L} < 0$, perché il lavoro rimane sulla sx

ESEMPIO
TR. ISOBARA



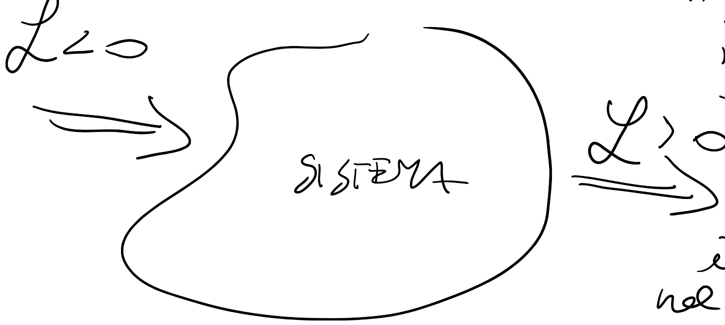
$\mathcal{L} < 0$

$$\mathcal{L} = p\,(V_2 - V_1)$$

$V_2 < V_1$

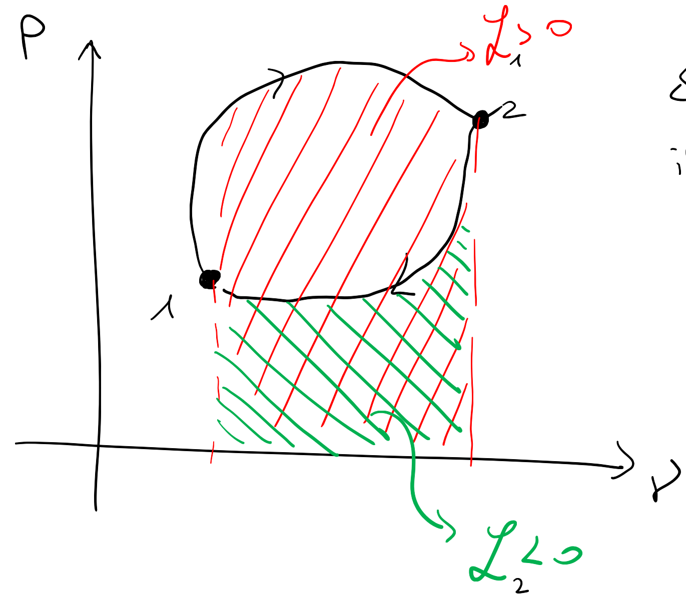
$\mathcal{L} < 0$

In un sistema termodinamico, si dice il lavoro positivo il lavoro che esce dal sistema, al contrario il lavoro negativo è lavoro che entra nel sistema, bisogna fornirlo



Per il CALORE Q, vale il contrario.

CICLO TERMODINAMICO: catena chiusa di trasformazioni termodinamiche

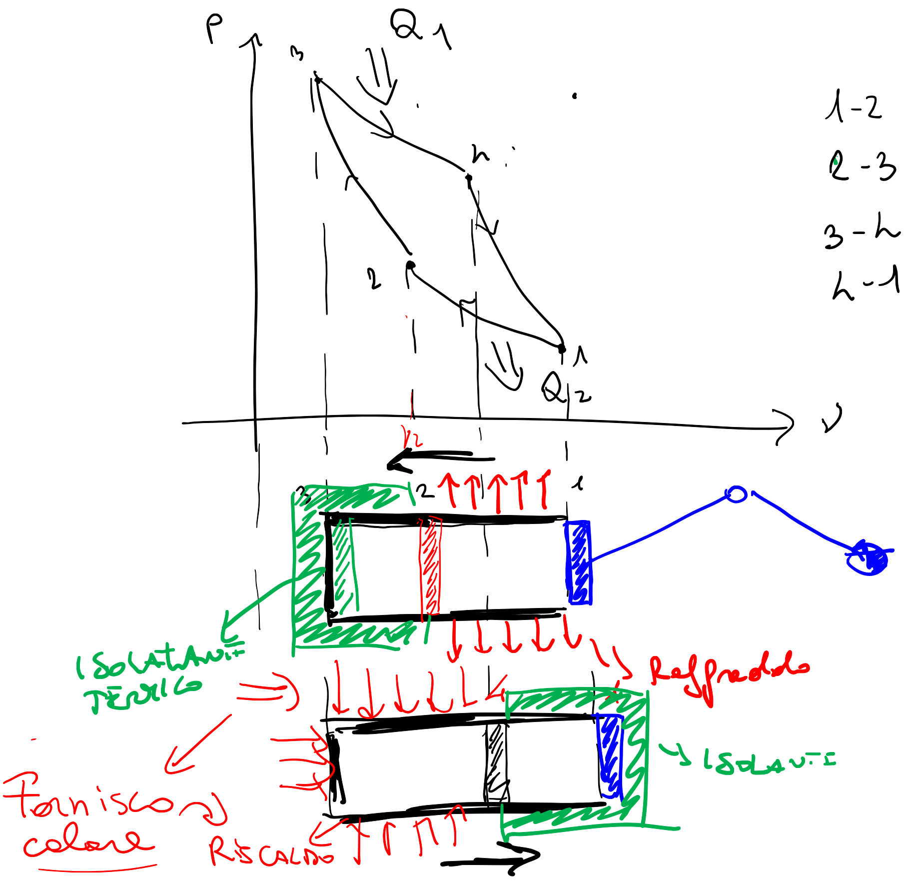


Se il ciclo è orario, il lavoro che ottengo è > 0, se il ciclo è antiorario, il lavoro è < 0

$$\mathcal{L}_{utile} = \mathcal{L}_1 + \mathcal{L}_2 = |\mathcal{L}_1 - \mathcal{L}_2|$$

Sfrutto il ciclo termodinamico x realizzare una MACCHINA TERMICA, dove posso ricavare LAVORO UTILE CONTINUATIVO.

CICLO DI CARNOT



1-2 COMPRESSIONE ISOTERMICA
2-3 COMPRESSIONE ADIABATICA
3-4 ESPANSIONE ISOTERMICA
4-1 ESPANSIONE ADIABATICA

$$\eta = \frac{\text{LAVORO UTILE}}{\text{CALORE FORNITO}} = \frac{\mathcal{L}}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{Q_1}{Q_1} - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

$\eta_{MACCHINA}$ è sempre < 1

Si può dimostrare che, calcolando il contributo del lavoro x le trasformazioni:

$$\boxed{\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}}$$

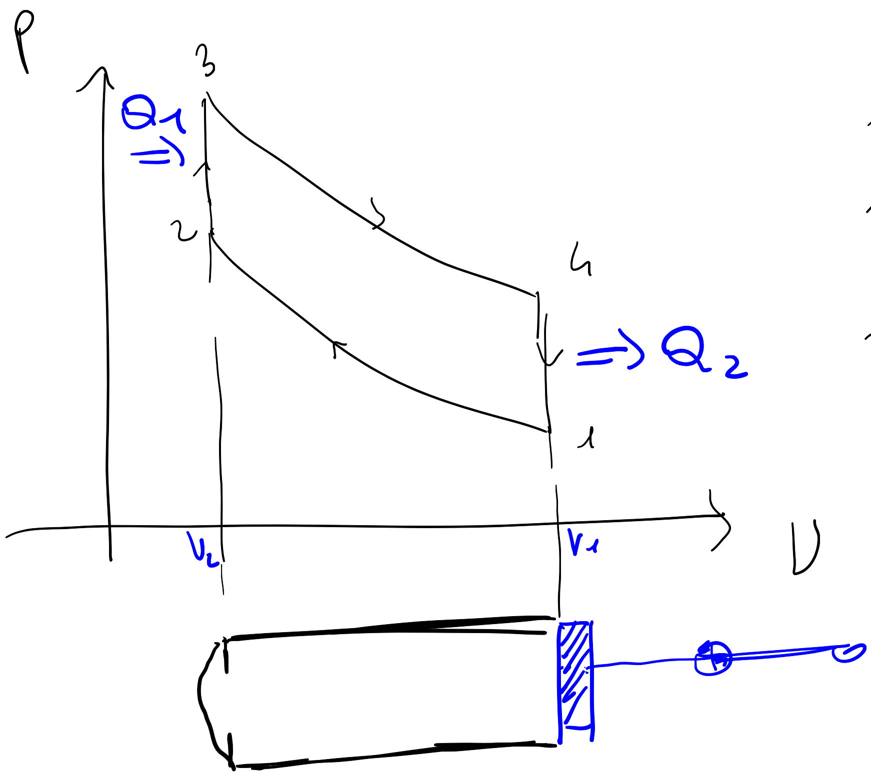
→ η è tanto > quanto > è la differenza tra T_1 e T_2

$T_2 < T_1$

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

→ $T_1 \gg T_2$

CICLO OTTO (MOTORE AD ACCENSIONE COMANDATA)



1-2 COMPRESSIONE ADIABATICA

2-3 RISCALDAMENTO ISOCORO

3-4 ESPANSIONE ADIABATICA

4-1 RAFFREDDAMENTO ISOCORO (SCARICO)

Q_1 fornito istantaneamente (senza variazione di V)

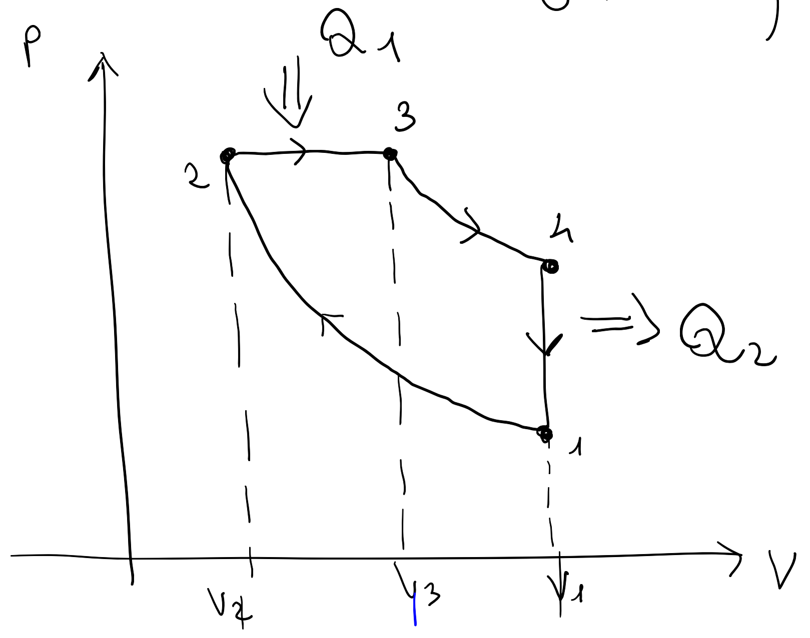
$\gamma = \frac{c_p}{c_v} \simeq 1.4$ (x l'ARIA)

$$\eta = 1 - \left(\frac{1}{r}\right)^{\gamma-1} \rightarrow \boxed{\eta = 1 - \frac{1}{r^{\gamma-1}}}$$

→ $r = \frac{V_1}{V_2}$ → RAPPORTO di COMPRESSIONE

Se r grande ⇒ η >

CICLO DIESEL (MOTORE AD ACCENSIONE SPONTANEA o GRADUALE)



1-2 : COMPRESSIONE ADIABATICA

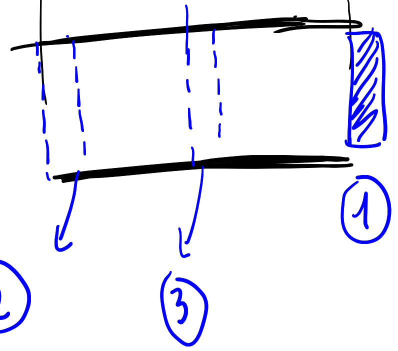
2-3 : RISCALDAMENTO (COMBUSTIONE) ISOBARO (p cost)

3-4 - ESPANSIONE ADIABATICA

4-1 RAFFREDDAMENTO (SCARICO)

$r = \frac{V_1}{V_2}$ RAPPORTO di COMPRESSIONE

$b = \frac{V_3}{V_2}$ RAPPORTO di COMBUSTIONE

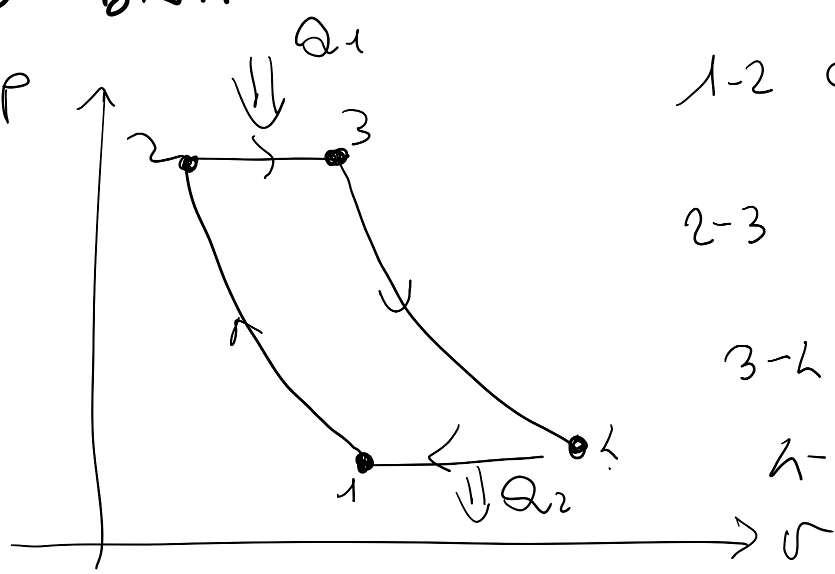


RENDIMENTO

$$\eta = 1 - \frac{b^\gamma - 1}{\gamma(b-1)} \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{1-\gamma}$$

$> r \Rightarrow > \eta$

CICLO BRAYTON



1-2 COMPRESSIONE ADIABATICA

2-3 RISCALDAMENTO ISOBARO

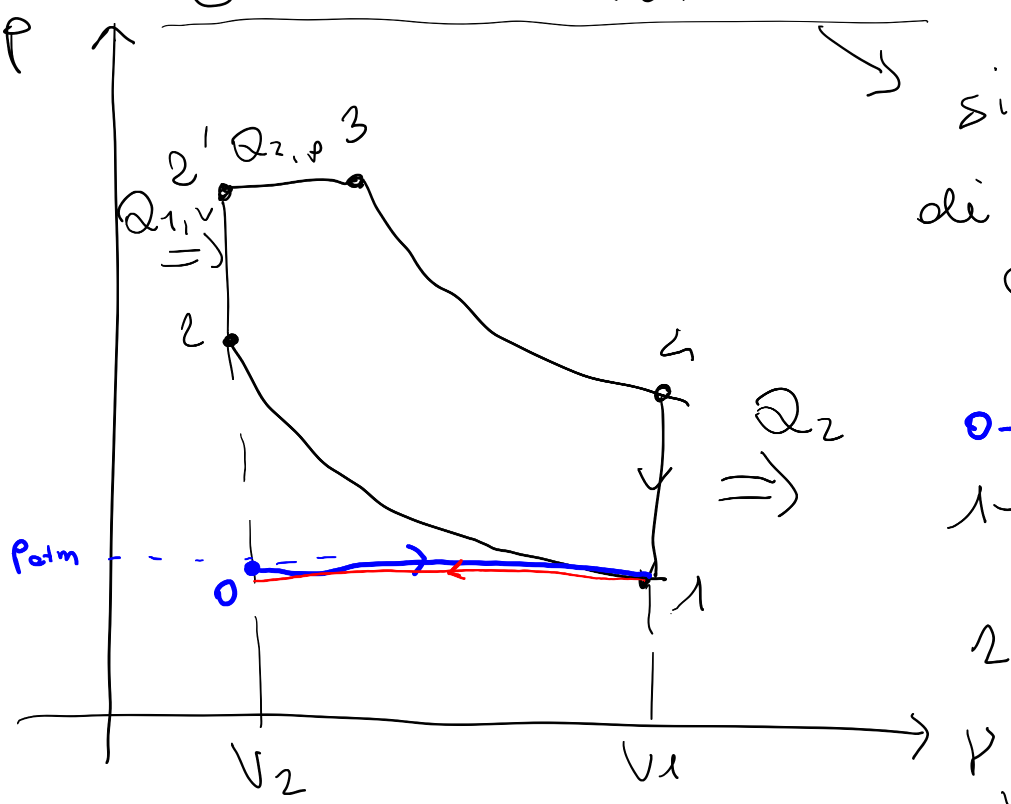
3-4 ESPANSIONE ADIABATICA

4-1 RAFFREDDAMENTO ISOBARO

AGGIUNGIAMO FASI di ASPIRAZIONE E SCARICO, CONSIDERANDO IL CICLO TERMODINAMICO COME UNO PSEUDOCICLO

CICLO SABATHÉ

si avvicina di + al ciclo reale



0-1 ASPIRAZIONE

1-2 COMPRES. ADIABATICA

2-2' RISCALD. ISOCORO

2'-3 RISCALD. ISOBARO

3-4 ESPANSIONE

4-1 RAFFRED. ISOCORO

1-0 SCARICO

Penso da studiare il ciclo ideale, e studiare il CICLO LIMITE, introducendo la combustione e quindi le fasi di ASPIRAZIONE e SCARICO.

RICHIAMO di FISICA

$$\vec{v} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

velocità media

velocità istantanea.

Devo considerare un intervallo di tempo infinitesimo

$$\lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}}{dt}$$

rapporto incrementale

QUANTITÀ DI MOTO : $\underline{m \cdot \vec{v}} = \vec{q}$

~~II EQ~~ LEGGE di NEWTON

la posso vedere come

$$\vec{F} = \frac{d\vec{q}}{dt}$$

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a} = m \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d(m \cdot \vec{v})}{dt} = \frac{d\vec{q}}{dt}$$

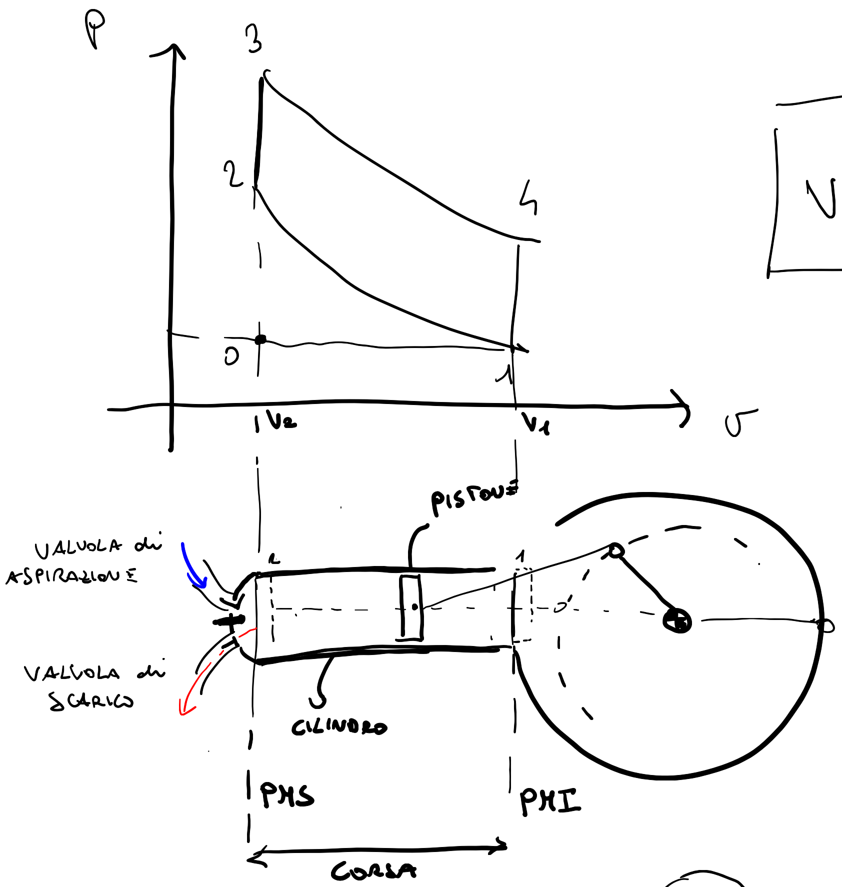
$$\vec{q} = m \cdot \vec{v} = m \cdot \frac{d\vec{v}}{dt} = d \frac{m\vec{v}}{dt} = \frac{dm}{dt} \cdot \vec{v} =$$

se $\vec{v}$ è costante

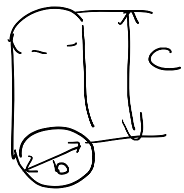
$$= \underline{\dot{m} \cdot \vec{v}}$$

PORTATA MASSICA

MOTORE ALTERNATIVO A COMBUSTIONE INTERNA (MCI)



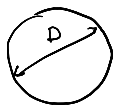
$$\boxed{V = \pi \frac{D^2}{4} \cdot C}$$



$$\text{Area} = \pi r^2 = \pi \frac{d^2}{4}$$

$$r = \frac{d}{2}$$

DIAMETRO del PISTONE: ALESAGGIO



CILINDRATA $V = V_1 - V_2$: volume spazzato dal pistone dal PMI al PMS.

Si caratterizzano, a seconda di come avvengono le fasi termodinamiche in funzione della corsa del pistone, 2 TIPI di MOTORE:

Il pistone si muove 4 volte lungo la corsa x completare 1 ciclo termodinamico
↓
l'albero fa 2 giri

← MOTORE 4 TEMPI (4 STROKES) (CORSA)

MOTORE 2 TEMPI (2 STROKES)

2 CORSE x ciclo
↓
l'albero fa 1 giro