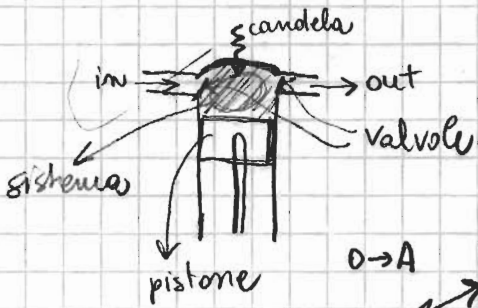
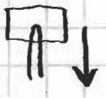
# Esercizio sul motore a scoppio



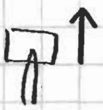

Ciclo del motore a scoppio (o a benzina)

O→A 0) entra da "in" aria + benzina

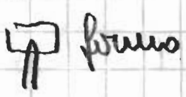
premessa Tengo a pressione cost. e il pistone scende.



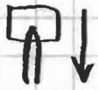
A→B 1) il pistone comprime adiabaticamente



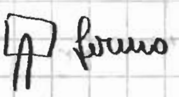
B→C 2) scintilla dalla candela ⟹ do Q a volume costante



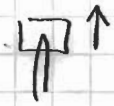

C→D 3) pistone scende: espansione adiabatica

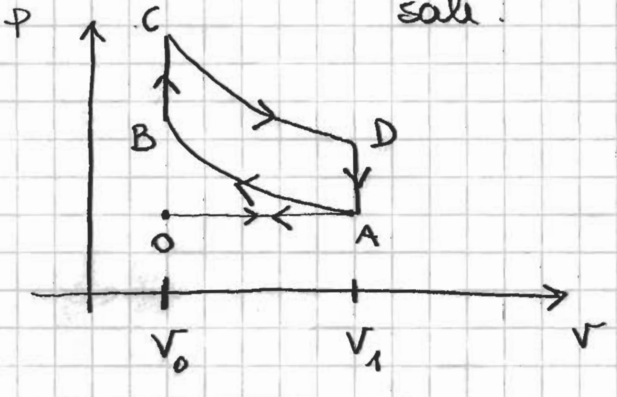


D→A 4) si apre la valvola out. Energia espulsa molto rapidamente




A→O 5) miscela espulsa col pistone che sale.





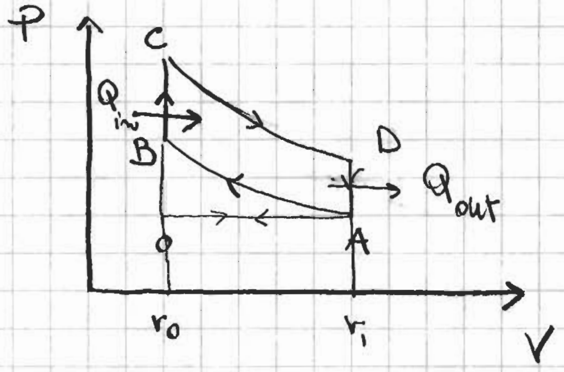

Piano PV

Ciclo di Otto

Motore a 4 tempi: $\left\{ \begin{array}{l} \text{aspirazione} \\ \text{compressione} \\ \text{scoppio} \\ \text{scarico} \end{array} \right.$ → lavoro uguale e opposto

⟹ potenza sviluppata solo ogni 2 rivoluzioni.

Calcoliamo $\eta$:




$$\eta = \frac{\Delta L}{Q_{in}}$$

$$0 = \Delta U = \Delta Q - \Delta L \implies \Delta L = \Delta Q = Q_{BC} + Q_{DA}$$

$$Q_{BC} = n C_V (T_C - T_B)$$

$$Q_{DA} = n C_V (T_A - T_D) \implies \Delta L = n C_V (T_C - T_B + T_A - T_D)$$

$$\eta = \frac{\Delta L}{Q_{BC}} = 1 + \frac{T_A - T_D}{T_C - T_B} = 1 - \frac{T_D - T_A}{T_C - T_B}$$

Vogliamo ora esprimere $\eta$ in funzione di $V_A$ e $V_B$
$V_A = V_1$, $V_B = V_0$

$A \to B \qquad T_A V_A^{\gamma-1} = T_B V_B^{\gamma-1}$

$C \to D \qquad T_C V_C^{\gamma-1} = T_D V_D^{\gamma-1}$

$$\begin{cases} T_A V_1^{\gamma-1} = T_B V_0^{\gamma-1} \\ T_C V_0^{\gamma-1} = T_D V_1^{\gamma-1} \end{cases} \qquad T_A = T_B \left(\frac{V_0}{V_1}\right)^{\gamma-1} \qquad T_D = T_C \left(\frac{V_0}{V_1}\right)^{\gamma-1}$$

$$\eta = 1 - \frac{\cancel{(T_C - T_B)}\,(V_0/V_1)^{\gamma-1}}{\cancel{T_C - T_B}} = 1 - \left(\frac{V_0}{V_1}\right)^{\gamma-1}$$

rendimento del ciclo di otto

oppure si può scrivere

$$\eta = 1 - \frac{T_A}{T_B} = 1 - \frac{T_D}{T_C}$$

Due caratteristiche di un motore sono importanti:

cilindrata volume coperto dal pistone nel cilindro

rapporto di compressione $r = \frac{V_A}{V_B} = \frac{V_1}{V_0}$

Facciamo qualche conto: calcoliamo la potenza fornita da un motore a benzina con 6 cilindri, di 3 l di cilindrata che fa 4000 giri/minuto ed ha $r = 9.5$.

$T_A = 27$ C (temp. ambiente)

$T_c = 1350$ C (temp. di combustione)

$P_A = 10^5$ Pa (press. atm.)

Calcoliamo $V_A$ e $V_B$

$$\frac{V_A}{V_B} = r = 9.5$$

$$V_A - V_B = \frac{cil}{6} = \frac{3 \times 10^{-3}\, m^3}{6} = 0.5\ 10^{-3}\ m^3 = \Delta V$$

$$\Rightarrow \quad V_A = rV_B \qquad \qquad \begin{cases} V_A = \frac{r}{r-1}\Delta V = 0.559 \times 10^{-3}\, m^3 \\ V_B = \frac{\Delta V}{r-1} = 0.588\ 10^{-4}\, m^3 \end{cases}$$

$$V_B(r-1) = \Delta V$$

Applichiamo $PV = nRT$

$$\Rightarrow \quad n = \frac{P_A V_A}{R T_A} = 0.02242$$

Se il gas è aria con $P_m \approx 29$ ($20\%\ O_2 + 80\%\ N_2$)

$$m = 0.64\ g$$

$A \to B$ adiabatica

$$P_B V_B^{\gamma} = P_A V_A^{\gamma} \Rightarrow \quad P_B = \left(\frac{V_A}{V_B}\right)^{\gamma} P_A = P_A \, r^{\gamma}$$

$$\gamma = \frac{7}{5} \quad \Rightarrow \quad P_B = 2.34 \times 10^6 \, Pa$$

$$T_B = \frac{P_B V_B}{nR} \simeq 739 \text{ K}$$

$B \to C$ isocora $\Rightarrow$

$$V_C = V_B$$

$$T_C = (1350 + 273) \text{K} = 1623 \text{ K}$$

$$\Rightarrow \quad P_C = \frac{nRT_C}{V_C} = 5.14 \times 10^6 \, Pa$$

$C \to D$ adiabatica

$$V_D = V_A$$

$$P_D = P_C \left(\frac{V_C}{V_A}\right)^{\gamma} = P_C \, r^{-\gamma} = 2.20 \times 10^5 \, Pa$$

$$T_D = \frac{P_D V_A}{nR} = 660 \text{ K}$$

$$\eta = \frac{\Delta L}{Q_{BC}} = \dots = 1 - \frac{T_D}{T_C} = 0.59 \Rightarrow \eta = 59\%$$

$$P_{tot} = \underset{n^\circ \text{ cilindri}}{6} \times \underset{n^\circ \text{ giri/sec}}{\boxed{\frac{4000}{60}}} \times \Delta L \; \underbrace{\frac{1}{2}}$$

potenza fornita solo ogni 2 rivoluzioni

$$\Delta L = Q_{BC} + Q_{DA}$$

$$= n c_V (T_C - T_B + T_A - T_D) = 244 \text{ J}$$

$$\Rightarrow P_{tot} = 49 \text{ kW}.$$