Esercitazione 06 - Cicli a gas

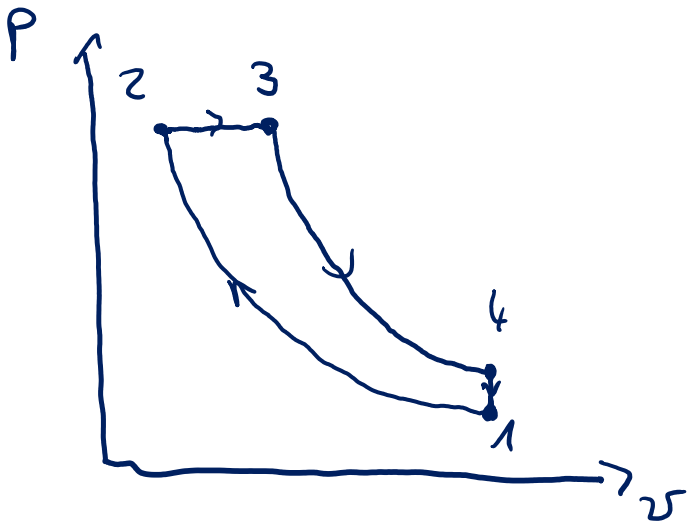
Esercizio 05 (link registrazione)

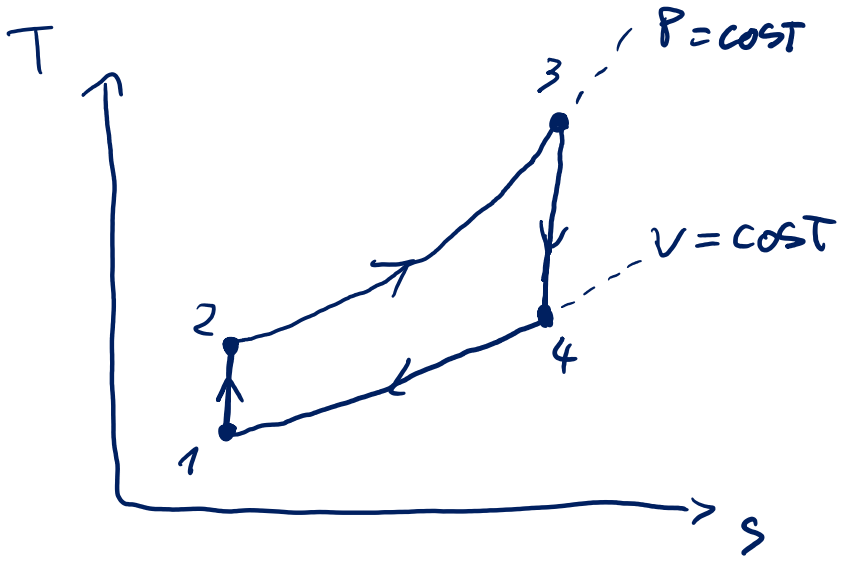
Corso di Fisica Tecnica
a.a. 2019-2020

Prof. Gaël R. Guédon
Dipartimento di Energia, Politecnico di Milano

6.5. *[intermedio]* Un motore a ciclo Diesel ideale a quattro cilindri ha cilindrata V = 1600 cm^3. Il rapporto di compressione volumetrico è r = 15. La miscela aspirata all'inizio della fase di compressione ha pressione P_1 = 1 atm e temperatura T_1 = 50 °C. Il rapporto di combustione è pari a z = 2,1. Ipotizzando di considerare la miscela aria-gasolio un gas ideale biatomico con massa molare M_m = 29 kg/kmol, si chiede di caratterizzare il ciclo (determinando P, T, V per tutti gli stati del fluido, il lavoro specifico prodotto, il rendimento).

$[\vec{l_N} = 631.8\,kJ/kg\,;\ \eta_I = 0.6]$





DATI:

$V = 1600\ cm^3 = 0{,}0016\ m^3$

$\Omega = 15$

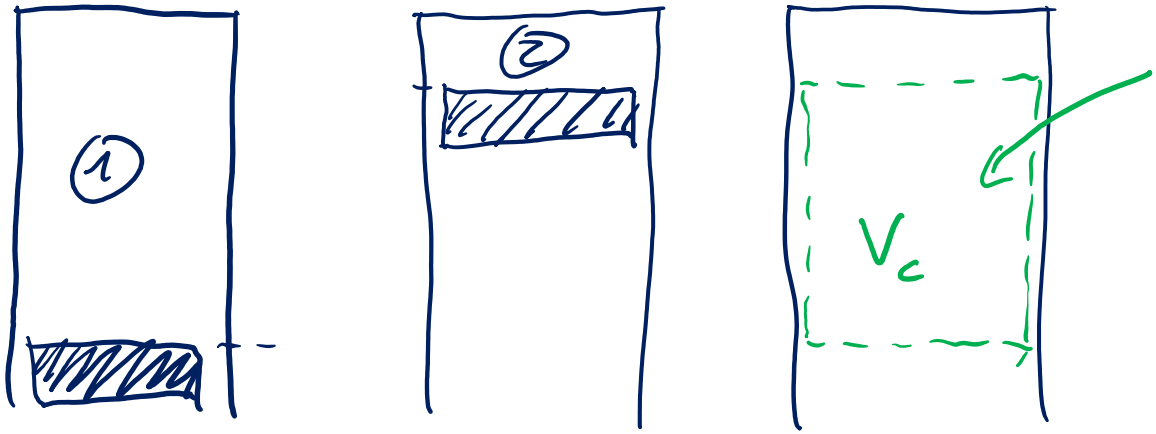
$P_1 = 1\ atm = 101325\ Pa$

$T_1 = 50°C = 323{,}15\ K$

$z = 2{,}1$

$M_m = 29\ kg/kmol$

STATO	P (Pa)	T (k)	V (m^3)
1	101325	323	? 0,0004286
2	? 490273	? 954,7	? 0,0000286
3	? 490273	? 2004,9	? 0,0000601
4	? 286320	? 913	? 0,0004286



CILINDRATA PER 1 CILINDRO

$\hookrightarrow V_1 - V_2 = V_c$

$r = \frac{V_{MAX}}{V_{MIN}}$

$$\begin{cases} V_c = V_1 - V_2 \\ r = \frac{V_1}{V_2} \end{cases} \Rightarrow V_1 = V_c\left(\frac{r}{r-1}\right)$$

$$V_c = \frac{V}{4} = 400\ cm^3$$

$$V_1 = 400\left(\frac{15}{15-1}\right) = 428{,}6\ cm^3 = 0{,}0004286\ m^3$$

$$V_2 = \frac{V_1}{r}$$

$$V_2 = V_1 - V_c = 28{,}6\ cm^3 = 0{,}0000286\ m^3$$

$$\tau = \frac{V_3}{V_2} \Rightarrow V_3 = 2{,}1 \times 28{,}6 = 60{,}06\ cm^3 = 0{,}0000601$$

1-2 ISOENTROPICA $PV^k = cost$ $\qquad k = \frac{c_p}{c_v} = \frac{7}{5} = 1{,}4$

$$P_2 = P_1 \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^k = 101325 \times 15^k$$

$$P_2 = 4490273\ Pa$$

$T_2 \rightarrow$ EdS G.I. $\quad P_2 V_2 = M R^* T_2$ $\qquad M = \frac{P_1 V_1}{R^* T_1} = 4{,}688 \times 10^{-4}\ kg$

$$T_2 = \frac{P_2 V_2}{M R^*} = 954{,}7\ K$$

$$T_3 = \frac{P_3 V_3}{M R^*} = 2004{,}9\ K$$

3-4 ISOENTROPICA $\quad PV^k = COST$

$$P_4 = P_3 \left(\frac{V_3}{V_4}\right)^k = 286320\ Pa$$

$$T_4 = \frac{P_4 V_4}{M R^*} = 913\ K$$

BILANCI ENERGETICI

1-2) COMPRESSIONE $\Delta U_{12} = \cancel{Q_{12}}^{\leftarrow} - L_{12}^{\rightarrow}$ ($Q_{12} \to 0$) $\quad \overset{G.P.}{\leftarrow} \; L_{12} = M c_v (T_2 - T_1)$

2-3) RISC. ISOBARO $\Delta U_{23} = Q_{23}^{\leftarrow} - L_{23}^{\rightarrow} \overset{G.P.}{=} M c_v (T_3 - T_2)$

ISOBARA $\rightarrow Q_{23}^{\leftarrow} = \Delta H_{23} \overset{G.P.}{=} M c_p (T_3 - T_2)$

$L_{23}^{\rightarrow} = Q_{23}^{\leftarrow} - \Delta U_{23} = M c_p (T_3 - T_2) - M c_v (T_3 - T_2)$

3-4) ESPANSIONE $\Delta U_{34} = \cancel{Q_{34}}^{\leftarrow} - L_{34}^{\rightarrow}$ ($Q_{34} \to 0$) $\quad L_{34}^{\rightarrow} = -\Delta U_{34} \overset{G.P.}{=} M c_v (T_3 - T_4)$

4-1) RAFFR. ISOCORO $\Delta U_{41} = Q_{41}^{\leftarrow} - \cancel{L_{41}}^{\rightarrow}$ ($L_{41} \to 0$) $\quad Q_{41}^{\rightarrow} = -\Delta U_{41} \overset{G.P.}{=} M c_v (T_1 - T_4)$

$$\eta_{DIESEL} = \frac{L^{\rightarrow}}{Q_C^{\leftarrow}} = \frac{L_{34}^{\rightarrow} + L_{23}^{\rightarrow} - L_{12}^{\leftarrow}}{Q_{23}^{\leftarrow}} = \frac{Q_C^{\leftarrow} - Q_F^{\rightarrow}}{Q_C^{\leftarrow}} = 1 - \frac{Q_F^{\rightarrow}}{Q_C^{\leftarrow}}$$

$$\eta_{DIESEL} = 1 - \frac{\cancel{M} c_v (T_1 - T_4)}{\cancel{M} c_p (T_3 - T_2)} = 1 - \frac{1}{k} \frac{(T_1 - T_4)}{(T_3 - T_2)} = \underline{0,6}$$

$$l^{\rightarrow} = l_{34}^{\rightarrow} + l_{23}^{\rightarrow} - l_{12}^{\leftarrow} = q_C^{\leftarrow} - q_F^{\rightarrow} = q_{23}^{\leftarrow} - q_{41}^{\rightarrow}$$

$$l^{\rightarrow} = c_p (T_3 - T_2) - c_v (T_1 - T_4) = \underline{631,8} \ kJ/kg$$