

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale
Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica

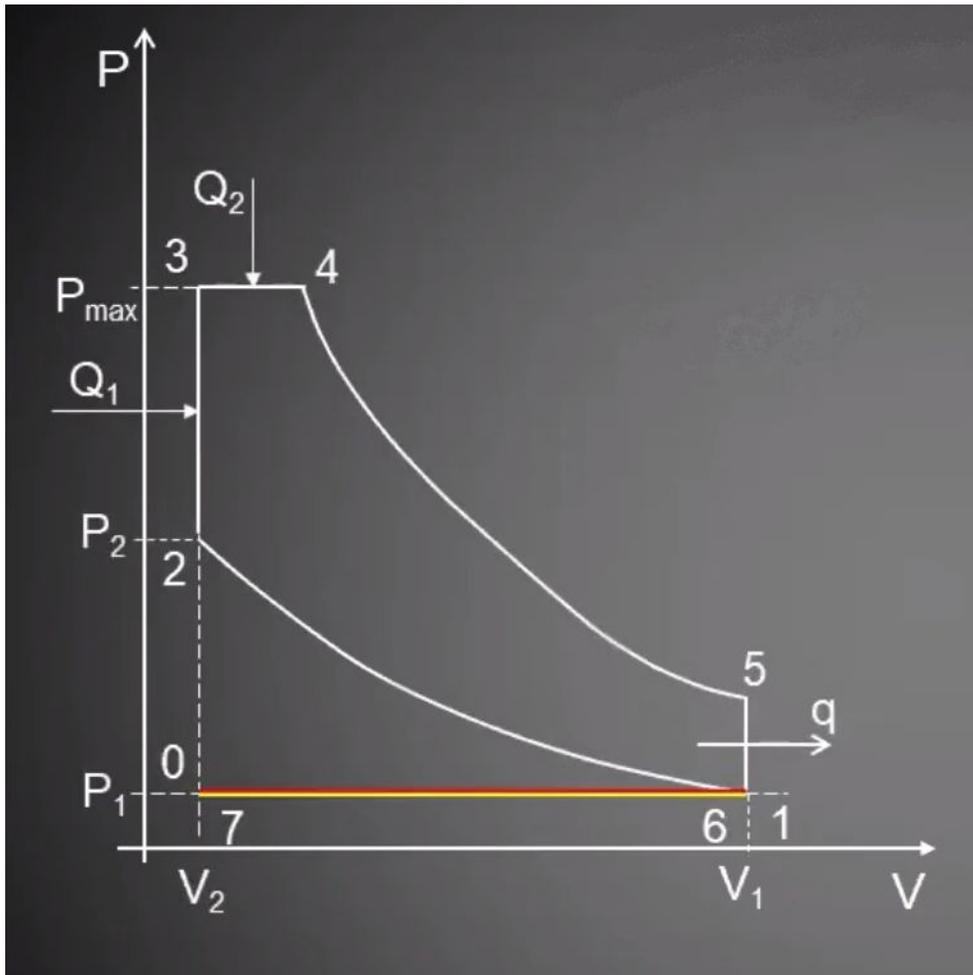
***Relazione per la prova finale
«Il ciclo Sabathé: modellizzazione e
analisi termodinamica»***

Tutor universitario:

Prof. Pierfrancesco Brunello

Laureando: *Michele Di Giammarino*

Il ***ciclo Sabathé***, o ciclo misto, è un ciclo termodinamico proposto nei primi anni del XX secolo, per avvicinarsi maggiormente al ciclo reale dei motori a combustione interna, facendo avvenire la combustione in parte a *pressione costante* ed in parte a *volume costante*



E' composta da 7 trasformazioni principali:

- ASPIRAZIONE isobara
- COMPRESSIONE isoentropica
- COMBUSTIONE isocora
- COMBUSTIONE isobara
- ESPANSIONE isoentropica
- ESPANSIONE ESTERNA isocora*
- ESPULSIONE isobara

In questo lavoro si considera un ciclo a sola aria con diversa ripartizione della combustione tra fase isocora e isobara.

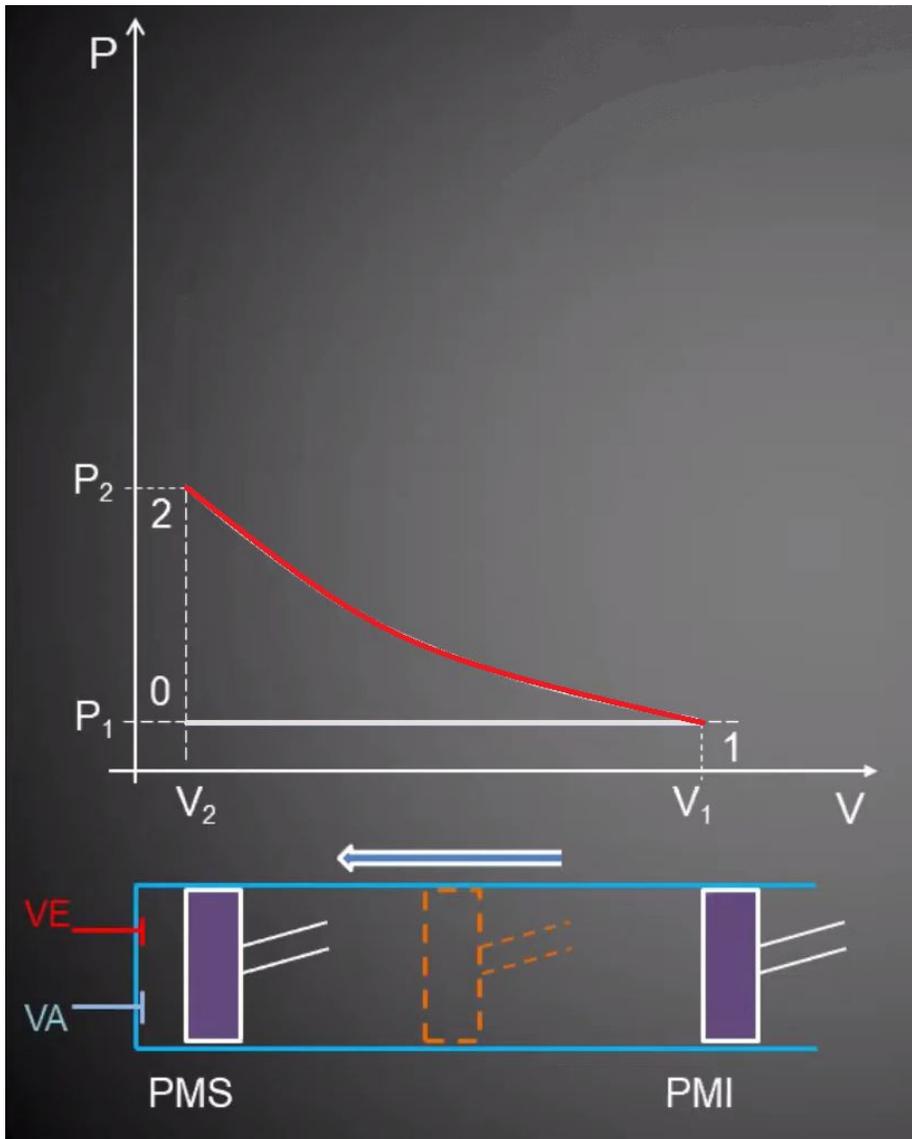
Nel caso di sola fase isocora si ricade nel ciclo Otto e nel caso di sola fase isobara si ricade nel ciclo Diesel.

Tuttavia, in questo lavoro si è mantenuto sempre lo stesso tipo di combustibile.

$$\begin{array}{ccccc}
 \rho_{atm} = 101325 \text{ Pa} & T_{amb} = 298 \text{ K} & \bar{R} = 8314,46 \frac{\text{J}}{\text{kmol} \cdot \text{K}} & M_a = 28,97 \frac{\text{kg}}{\text{kmol}} & k = 1,4 \\
 D = 0,15 \text{ m} & C = 0,15 \text{ m} & R = \frac{\bar{R}}{M} = 287 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} & c_{va} = \frac{R}{k-1} = 717 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} & r_v = \frac{V_{PMI}}{V_{PMS}} = 11
 \end{array}$$

Grandezze derivate:

$$\begin{array}{ccc}
 \text{Cilindrata: } V_g = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot C = 2650 \text{ cm}^3 & V_{PMI} = V_1 = \frac{V_g}{r_v - 1} \cdot r_v = 2915 \text{ cm}^3 & V_{PMS} = V_2 = \frac{V_g}{r_v - 1} = 265 \text{ cm}^3
 \end{array}$$



$$p_1 = 0,95 \cdot p_{\text{atm}} = 96258 \text{ Pa}$$

$$p_2 = p_1 \cdot r_v^k = 2,76 \text{ MPa}$$

$$T_1 = T_{\text{amb}} + 55 \text{ K} = 353 \text{ K}$$

$$T_2 = T_1 \cdot r_v^{k-1} = 921 \text{ K}$$

$$m_m = \frac{p_1 \cdot V_1}{R \cdot T_1} = 2,77 \text{ g}$$

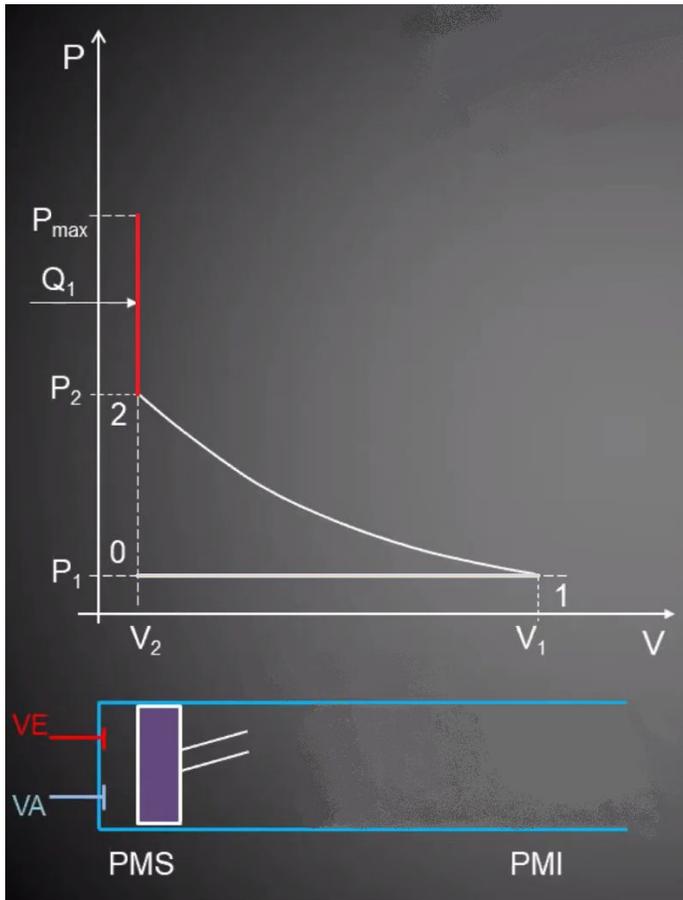
$$L_{12} = m_m \cdot c_v \cdot (T_1 - T_2) = -1129 \text{ J}$$

$$\alpha = \text{coeff. utilizzo miscela} \quad U_0 = 43,6 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}$$

$$c_{vc} = 2240 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \quad c_{vf} = c_{va} \quad T_0 = 298 \text{ K}$$

$$m_m = m_a + m_c \quad \longrightarrow \quad m_a = 2,61 \text{ g}$$

$$r_{ac} = \frac{m_a}{m_c} = 16 \quad \longrightarrow \quad m_c = 0,16 \text{ g}$$

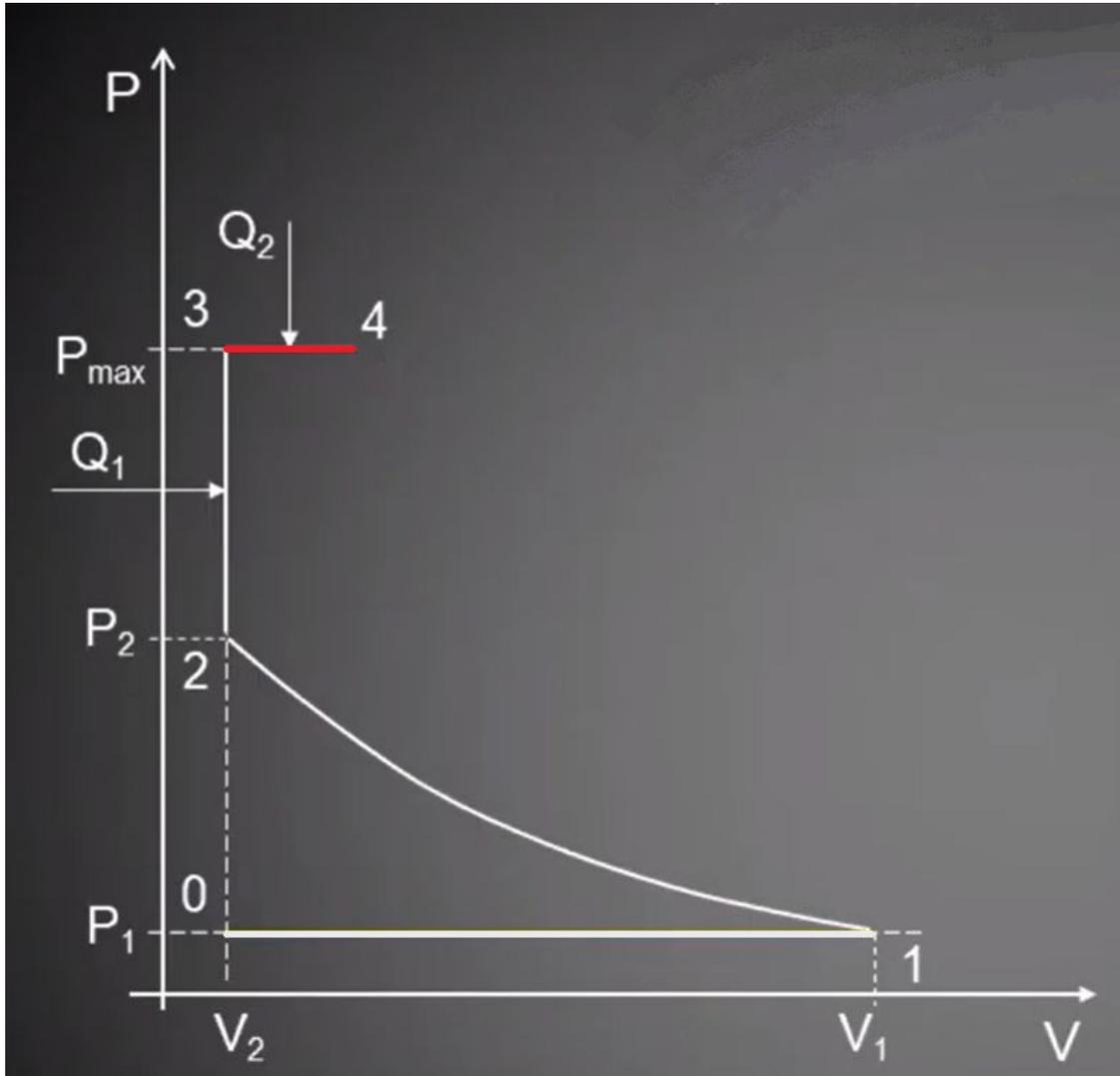


Equazione di combustione:

$$0 = m_m c_{va} (T_0 - T_2) - \alpha m_c U_0 + m_m c_{va} (T_3 - T_0)$$

$$V_3 = V_2 \quad \longrightarrow \quad p_3 = \frac{m_m R T_3}{V_3}$$

$$L_{23} = 0$$



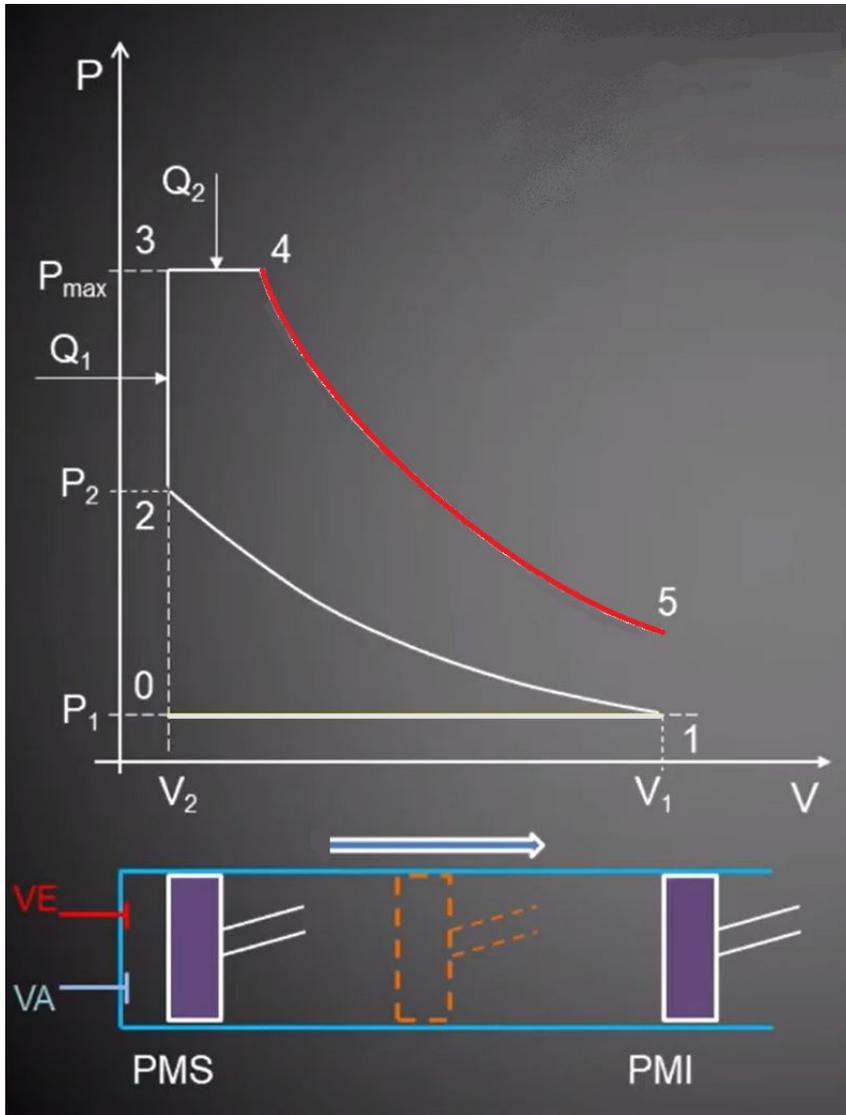
Equazione di combustione:

$$0 = m_m c_{va}(T_0 - T_3) - (1 - \alpha)m_c U_0 + m_m c_{va}(T_4 - T_0) + p_4(V_4 - V_3)$$

$$V_4 = \frac{m_f R T_4}{p_4} \longrightarrow T_4$$

$$p_4 = p_3$$

$$L_{34} = p_4 \cdot (V_4 - V_3) \geq 0$$

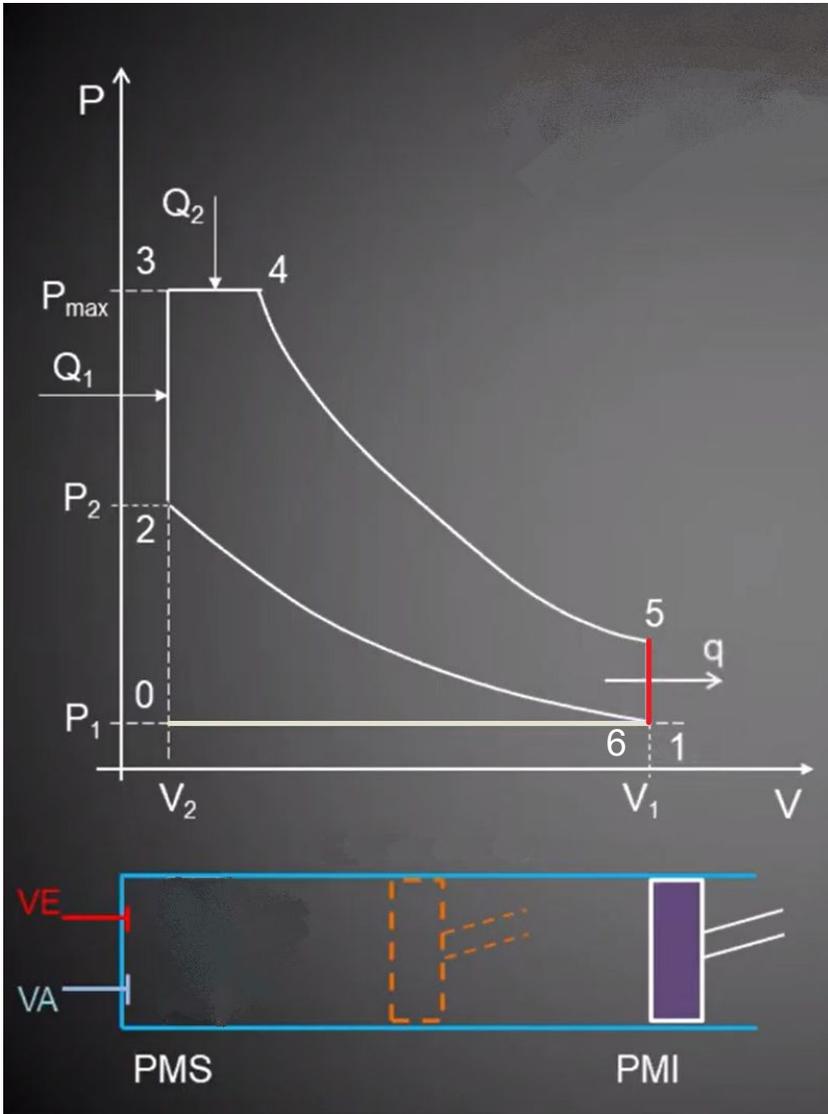


$$V_5 = V_1$$

$$p_5 = p_4 \cdot \left(\frac{V_4}{V_5}\right)^k$$

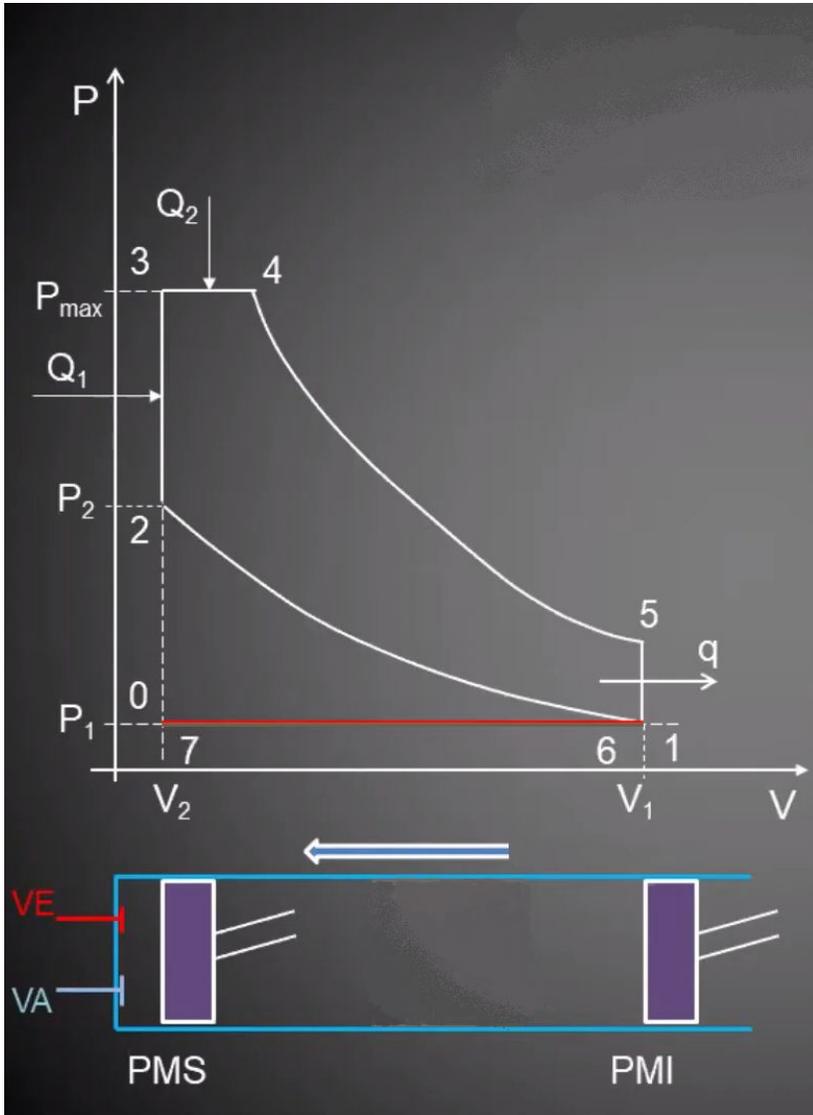
$$T_5 = T_4 \cdot \left(\frac{V_4}{V_5}\right)^{k-1}$$

$$L_{45} = m_f c_{vf} \cdot (T_4 - T_5) > 0$$

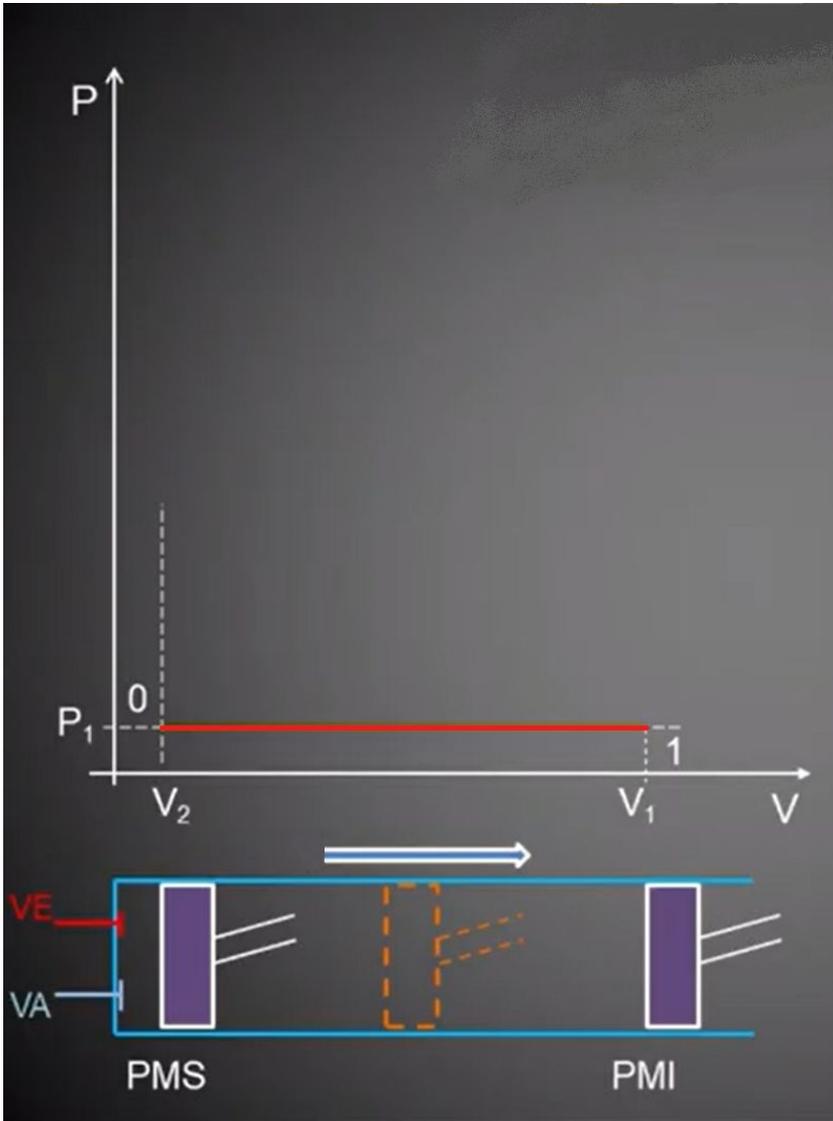


$$p_6 = 1,05 \cdot p_{atm} = 106391 \text{ Pa}$$

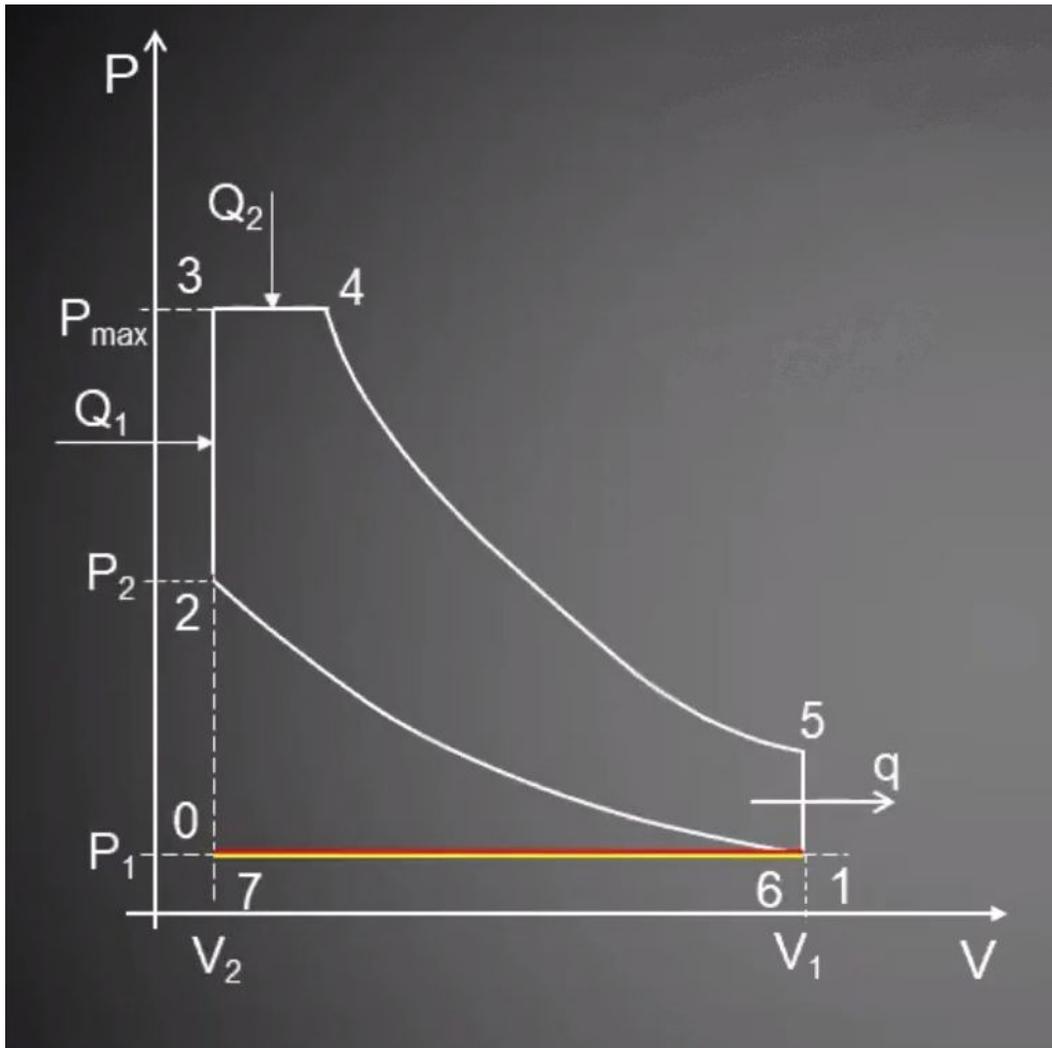
$$L_{56} = 0$$



$$L_{67} = p_6 \cdot (V_7 - V_6) = -282 \text{ J}$$



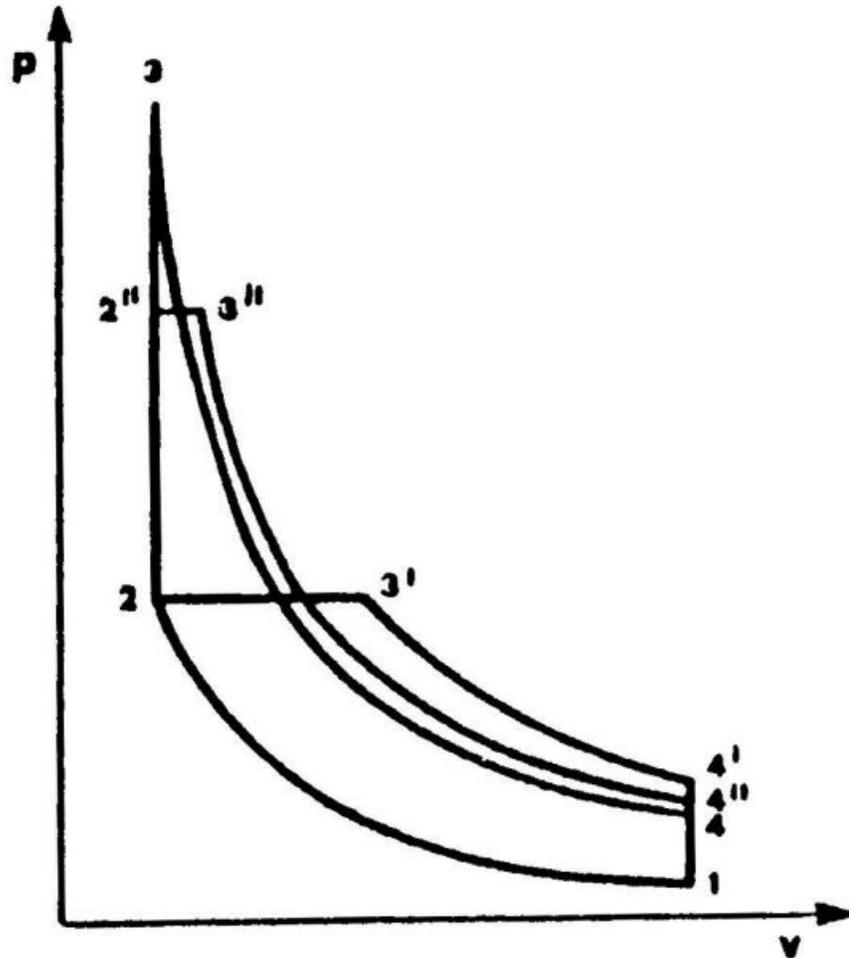
$$L_{01} = p_1 \cdot (V_1 - V_0) = 255 \text{ J}$$



$$L_{tot} = L_{12} + L_{34} + L_{45} + L_{67} + L_{01}$$

$$\eta_g = \frac{L_{tot}}{m_c \cdot U_0}$$

		α				
		0	0,25	0,5	0,75	1
p [bar]	1	0,96				
	2	27,63				
	3	27,63	53,95	80,28	106,60	132,93
	4					
	5	6,06	5,12	4,79	4,66	4,63
V [cm ³]	1	2.915,0				
	2	265,0				
	3	265,0				
	4	986,4	542,1	389,1	311,7	265,0
	5	2.915,0				
T [K]	1	353				
	2	921				
	3	921	1.798	2.676	3.553	4.431
	4	3.428	3.679	3.930	4.180	4.431
	5	2.222	1.877	1.756	1.709	1.698
L [J]	1-2	-1.129				
	3-4	1.993	1.495	997	498	0
	4-5	2.396	3.581	4.320	4.911	5.432
	6-7	-282				
	0-1	255				
σ [%]		46	56	60	61	61



- A parità di rapporto di compressione e di cilindrata, il ciclo Otto raggiunge rendimenti maggiori, grazie a valori di temperatura e pressione più elevati raggiunti dopo la fase di combustione;
- Una temperatura di post-espansione più bassa (ciclo Otto) implica un minor scambio termico con l'ambiente e quindi meno perdite;
- Il lavoro di espansione del ciclo Otto è maggiore dei lavori di combustione + espansione del ciclo Diesel

- “Lezioni di fisica tecnica”, P. Brunello, Edises
- <https://www.ingdemurtas.it/tabelle/potere-calorifico/>
- <https://www.bisceglia.eu/chimica/tabelle/calospec.html>
- http://www.edurete.org/pd/sele_art.asp?ida=3096
- <https://www.youtube.com/watch?v=Ec-TUL9IoNw>