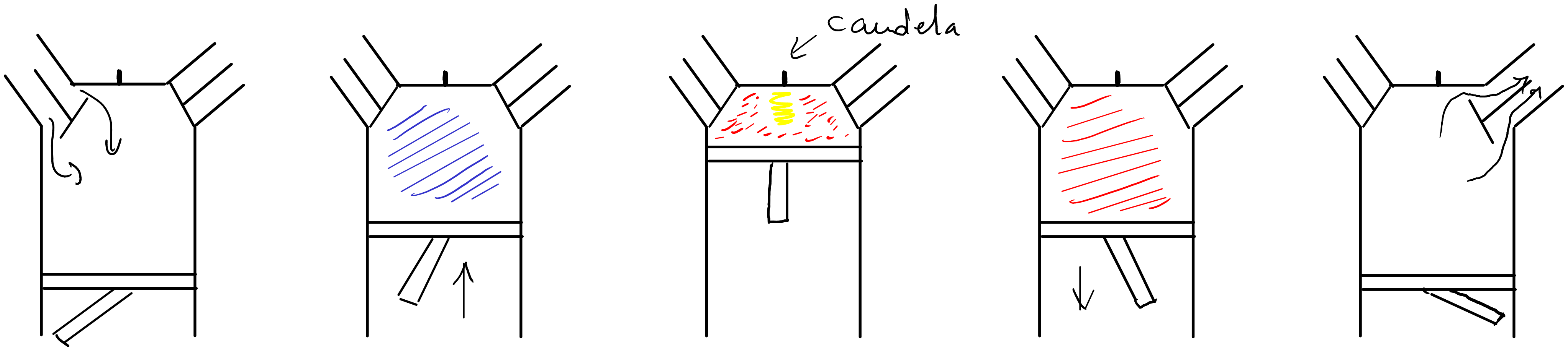
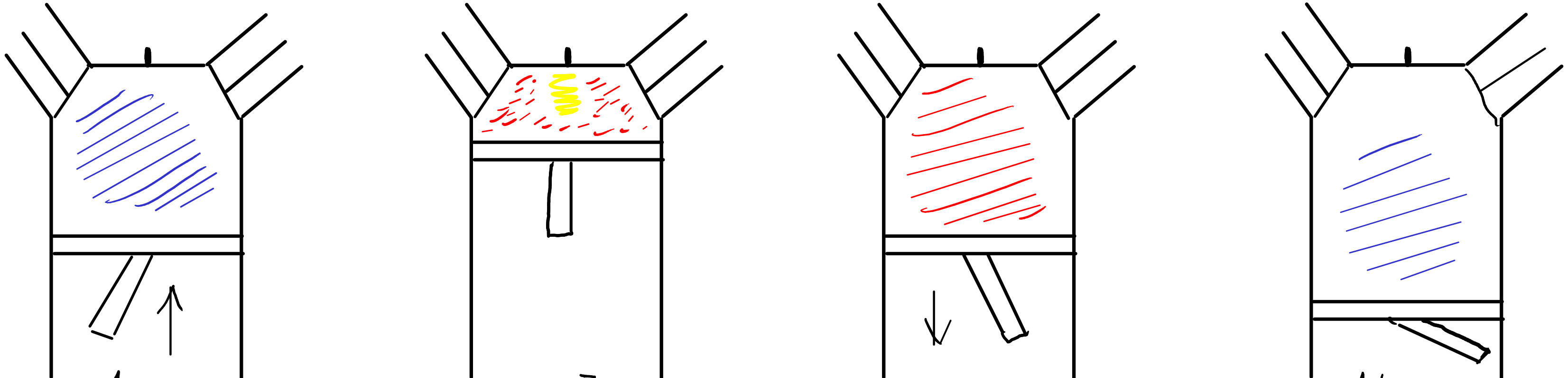
Motore a combustione a 2 tempi: ciclo di Otto

Sostanza: miscela aria + carburante; Combustione dovuta alle scintille delle candele



0 → 1 aspirazione | 1 → 2 compressione | 2 → 3 combustione | 3 → 4 espansione | 4 → 0 scarico



1 → 2 | 2 → 3 | 3 → 4 | 4 → 1

Modello:

- sistema chiuso (una quantità fissa di gas)
- gas perfetto diatomico $\gamma = C_p/C_v = 7/5 = 1{,}4 \rightarrow C_v = cost$
- trasf. quasi-statiche

$$\begin{cases} C_p = C_v + nR \quad \text{Meyer} \\ \gamma = 1 + \frac{nR}{C_v} \Rightarrow C_v = \frac{nR}{\gamma - 1} \end{cases}$$

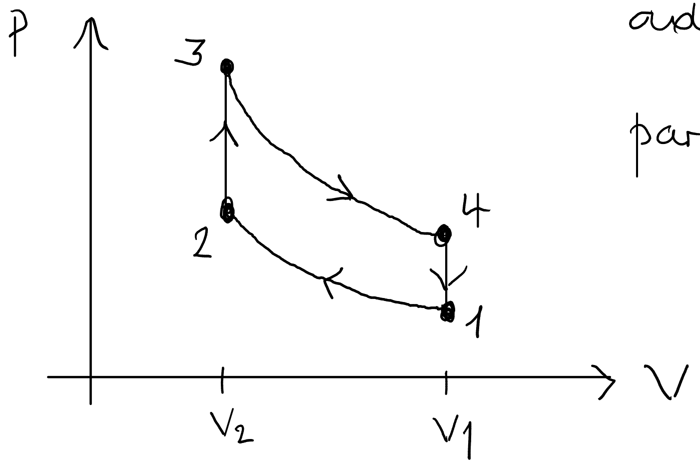
$1 \rightarrow 2$: compressione adiabatica ($\delta Q = 0$)

$2 \rightarrow 3$: riscaldamento isocoro ($V = cost$) $\rightarrow$ scintilla + combustione $Q_c > 0$

$3 \rightarrow 4$: espansione adiabatica ($\delta Q = 0$)

$4 \rightarrow 1$: raffreddamento isocoro ($V = cost$)

$\rightarrow$ ciclo di otto $\quad p \sim \frac{T}{V}$



adiab. g.p. QS : $pV^\gamma = cost \Rightarrow p \sim \frac{1}{V^\gamma} \Rightarrow TV^{\gamma-1} = cost$

parametro cruciale : <u>tasso di compressione</u> $x = \frac{V_1}{V_2}$

$1 \rightarrow 2$: $T_1 \rightarrow T_2 = ?$ $\quad 2 \rightarrow 3$: $Q_c \leftrightarrow \Delta T$?

$1 \rightarrow 2$: $T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1} \Rightarrow T_2 = T_1 x^{\gamma-1}$

$2 \rightarrow 3$: $Q_c = \int_{T_2}^{T_3} \underbrace{C_v \, dT}_{\delta Q} = C_v (T_3 - T_2) = Q_{23}$

$3 \to 4: \quad T_3 V_3^{\gamma-1} = T_4 V_4^{\gamma-1} \Rightarrow T_4 = T_3 \Big(\underbrace{\frac{V_3}{V_4}}_{1/x}\Big)^{\gamma-1} = T_3\, x^{1-\gamma}$

$4 \to 1: \quad \boxed{Q_f} = \int_{T_4}^{T_1} C_v\, dT = C_v (T_1 - T_4) = Q_{41}$

Efficienza: motore $\displaystyle e = -\frac{W}{Q_c} = \frac{Q_c + Q_f}{Q_c} = 1 + \frac{Q_f}{Q_c} = 1 + \frac{\cancel{C_v}(T_1 - T_4)}{\cancel{C_v}(T_3 - T_2)} =$

$\Delta U = W + Q_c + Q_f = 0$

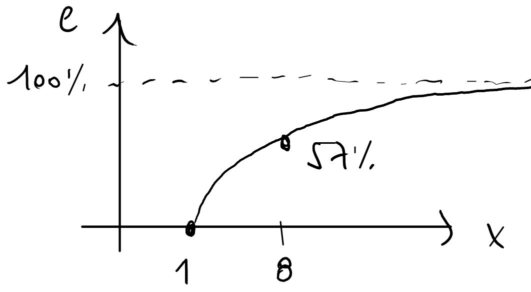
$$e = 1 + \frac{T_2 x^{1-\gamma} - T_3 x^{1-\gamma}}{T_3 - T_2} = 1 + x^{1-\gamma}\frac{T_2 - T_3}{T_3 - T_2} = 1 - x^{1-\gamma} = 1 - \frac{1}{x^{\gamma-1}}$$

$\gamma - 1 > 0$, $\gamma - 1 = 0.4$

$x \to 1 \Rightarrow e \to 0$

$x \to \infty \Rightarrow e \to 1$

$x = 8 \Rightarrow e \approx 57\%$

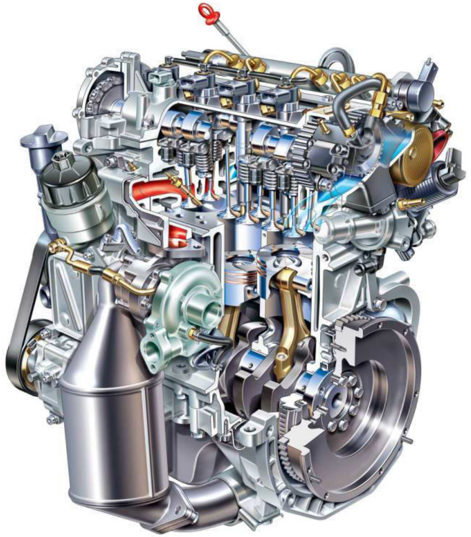


→ Diesel

→ additivi (Pb ...)

MOTORI

Macchina a vapore



Motore a combustione

FRIGORIFERI

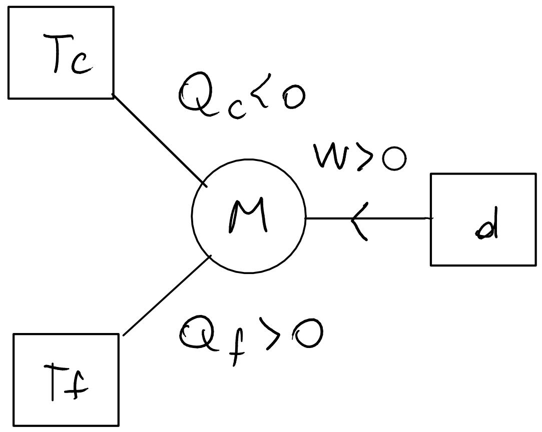
Climatizzatore

Frigorifero

Pompa di calore

- ricevo W
- ricevo Q_f (sottraggo alla sorgente fredda → interno frigo)
- cedo Q_c (all'ambiente esterno)

$\underbrace{\text{cedo } Q_c}_{\text{sostanza}}$



frigorifero

Efficienza: $e \equiv \dfrac{\text{utile}}{\text{speso}} = \dfrac{Q_f}{W}$ $\qquad T_f \to T_c \Rightarrow e \to \infty$

Su un ciclo:

$$\begin{cases} W + Q_c + Q_f = 0 \Rightarrow W = -Q_c - Q_f & (\text{I pr. per M}) \\ \dfrac{Q_c}{T_c} + \dfrac{Q_f}{T_f} \leq 0 & (\text{dis. Clausius II pr. isolato}) \end{cases}$$

$$e = -\frac{Q_f}{Q_c + Q_f} = -\frac{1}{1 + Q_c/Q_f} \leq \frac{1}{\frac{T_c}{T_f} - 1} = e_{max}$$

$$\frac{Q_c}{T_c} \leq -\frac{Q_f}{T_f} \rightarrow \frac{Q_c}{Q_f} \underset{\text{reversibile}}{\leq} -\frac{T_c}{T_f}$$

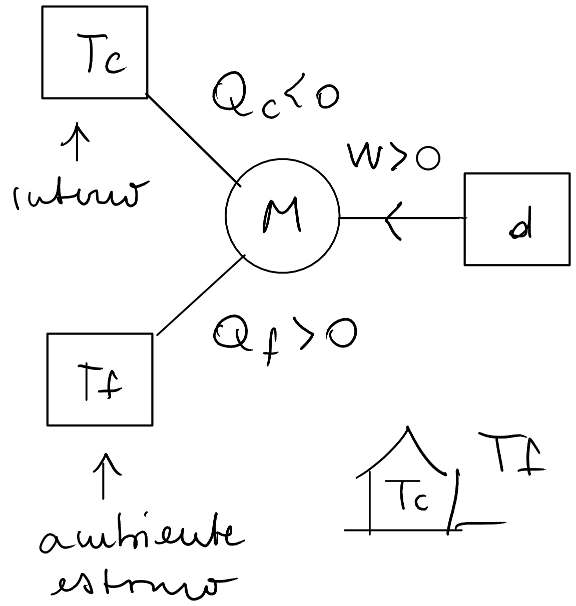
Es: $\left.\begin{array}{l} T_f = -5°C = 268\,K \\ T_c = 50°C = 327\,K \end{array}\right\} \rightarrow e_{max} = 4.8$

$$\frac{Q_c}{Q_f} \le -\frac{T_c}{T_f} \qquad \rightarrow \qquad -\frac{|Q_c|}{Q_f} \le -\frac{T_c}{T_f} \qquad |Q_c| \ge \underbrace{\frac{T_c}{T_f}}_{>1} Q_f \Rightarrow$$

riscaldo l'esterno più di quanto raffreddo l'interno

$$-3 \le -2$$
$$3 \ge 2$$

Pompe di calore



efficienza: $e = \frac{\text{utile}}{\text{speso}} = \frac{-Q_c}{W} \le \frac{1}{1 - \frac{T_c}{T_f}} = e_{max}$

Es: frigo, $P = 200\,W$ potenza, $T_f = -5\,°C$, $T_c = 50\,°C$

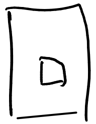
Ghiaccio prodotto per unità di tempo a partire da H_2O a °C ?

Durata di un ciclo: Δt - Trasf. reversibili -

$$e = \frac{1}{1 - \frac{T_c}{T_f}} = 4,8$$

calore latente solidificazione

$$L = 320\ J/g$$



$$e = \frac{Q_f}{W} \Rightarrow Q_f = eW = eP\Delta t$$

$$Q = \Delta m \cdot L$$

$$Q = Q_f$$

ghiaccio prodotto per unità di tempo

$$eP\Delta t = \Delta m\, L \Rightarrow \frac{\Delta m}{\Delta t} = \frac{eP}{L} = \frac{4.8 \times 200\, \cancel{J}/s}{320\, \cancel{J}/g} = 3\, \frac{g}{s}$$

$$L + c\Delta T$$