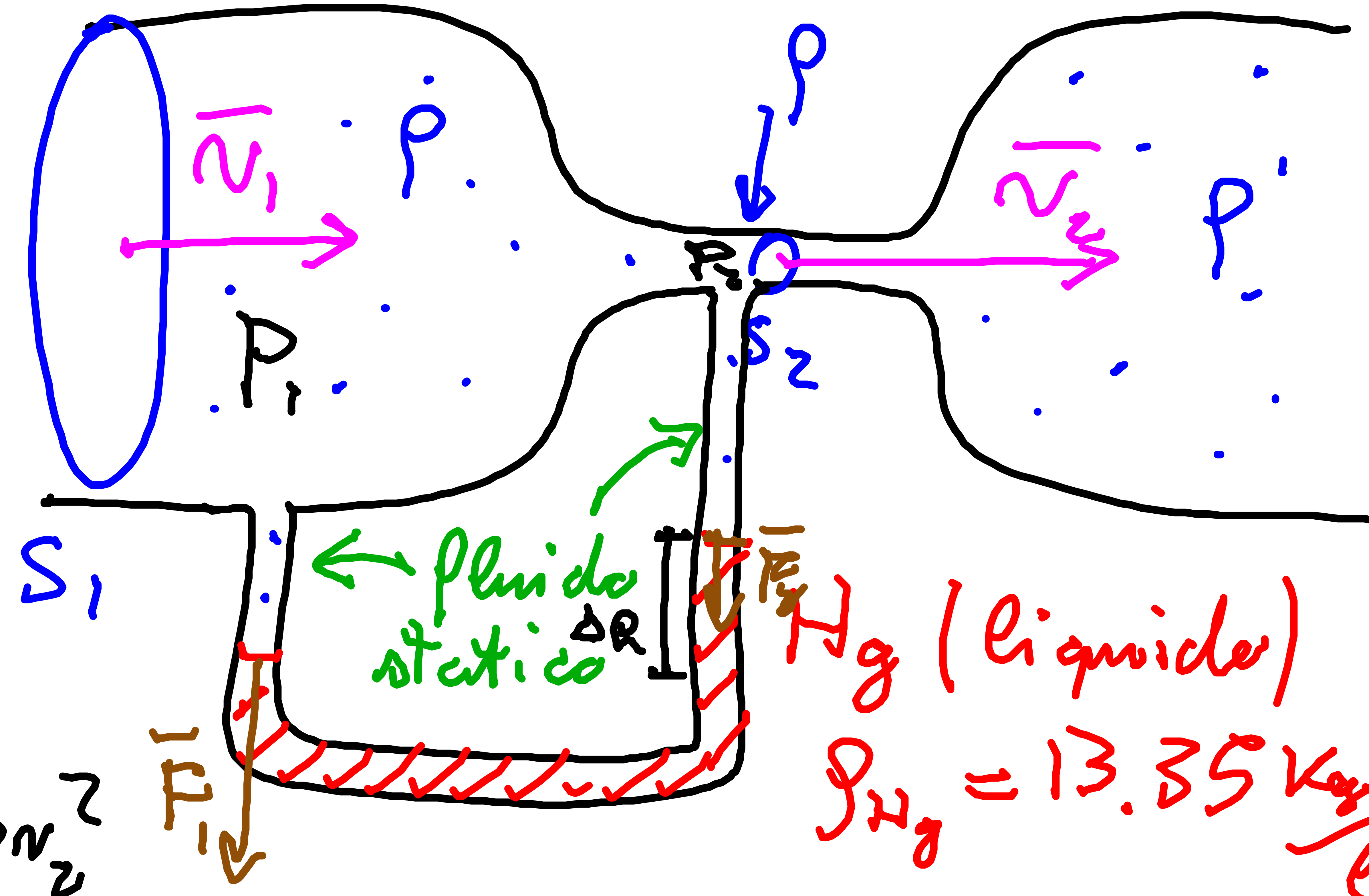
Tubo di Venturi

2 circuiti, uno principale con fluido in movimento e uno secondario con liquido denso



Principale:

$$\begin{cases} P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 \\ v_1 S_1 = v_2 S_2 \quad \text{(conserv. portata)} \longrightarrow v_1 = v_2 \frac{S_2}{S_1} \end{cases}$$

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho\left(\frac{S_2}{S_1}\right)^2 v_1^2 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2$$

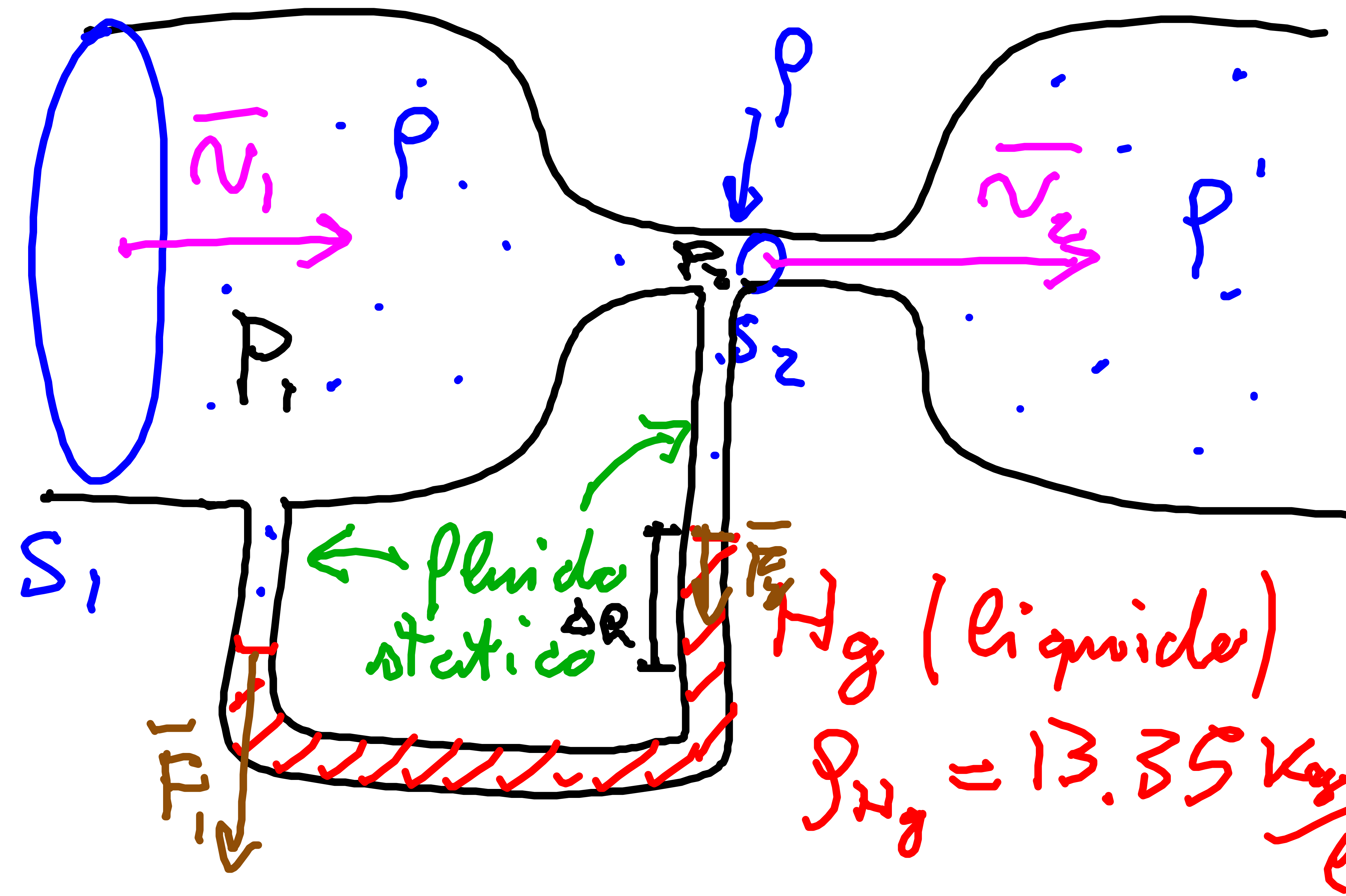
$$P_1 - P_2 = \frac{1}{2}\rho\left(1 - \frac{S_2^2}{S_1^2}\right)v_2^2$$

Secondario: $P_1 = P_2 + \rho_{Hg}\, g\, \Delta R$

$$\rho_{Hg}\, g\, \Delta h = \frac{1}{2}\rho\left(1 - \frac{S_2^2}{S_1^2}\right)v_2^2$$

Tubo di Venturi

2 circuiti, uno principale con fluido in movimento e uno secondario con liquido denso



$$v_2 = \sqrt{\frac{2\rho_{Hg}\, g\, \Delta h}{\rho} \cdot \frac{1}{1 - \frac{S_2^2}{S_1^2}}} = \sqrt{\frac{2\rho_{Hg}\, g\, \Delta h}{\rho} \cdot \frac{S_1^2}{S_1^2 - S_2^2}}$$

misuro Δh e ottengo v_2

ottengo $v_1 = v_2 \frac{S_2}{S_1}$

Lavoro e trasformazioni termodinamiche

In generale $dW = p\,dV$

per avere lavoro mi deve variare il volume

$dW > 0$ espansione

$dW < 0$ compressione

- trasf. ISOCORA $\longrightarrow dW = 0$ $\qquad dU = \delta Q - \cancel{dW} = \delta Q$

  (V costante)

- trasf. ISOBARA $\longrightarrow dW = p\,dV$

  (p costante)

$$W = \int_i^f p\,dV = p\int_i^f dV = p(V_f - V_i) = p\,\Delta V$$

Lavoro e trasformazioni termodinamiche

In generale $dW = p\,dV$

per avere lavoro mi deve variare il volume

$dW > 0$ espansione

$dW < 0$ compressione

- trasf. ISOTERMA (T costante)

SOLO gas perfetto

$pV = nRT \leftarrow$ eq. di stato

$$W = \int_i^f p\,dV = \int_i^f \frac{nRT}{V}\,dV = nRT\int_i^f \frac{dV}{V} = nRT \ln\frac{V_f}{V_i}$$

Lavoro e trasformazioni termodinamiche

In generale $dW = p\,dV$

per avere lavoro mi deve variare il volume

$dW > 0$ espansione

$dW < 0$ compressione

- trasformazione ADIABATICA $\rightarrow$ $\delta Q = 0$ $\rightarrow$ $dU = -dW$

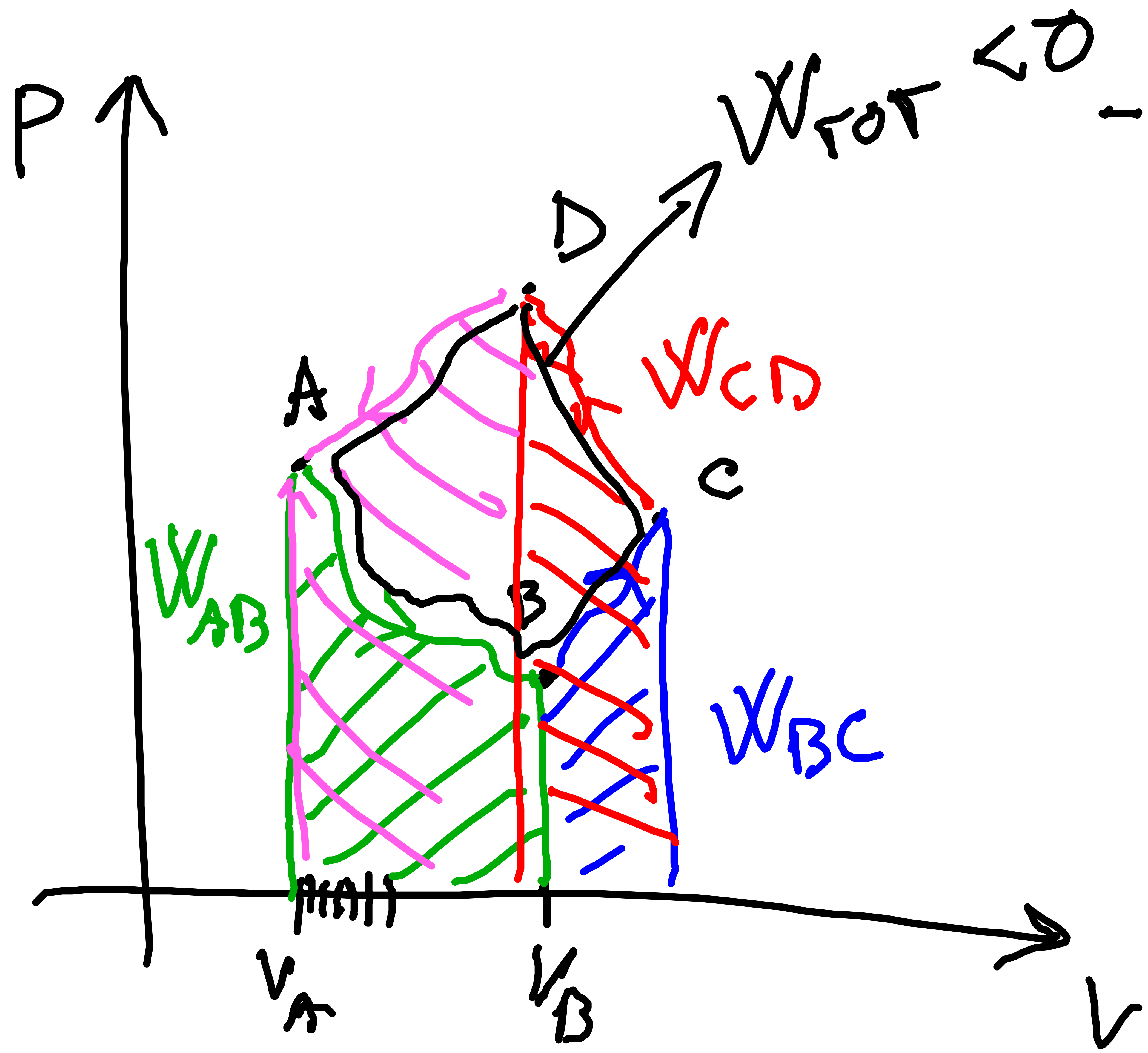
eq. di stato $pV^{\gamma} = \text{cost}$ $\quad p_1 V_1^{\gamma} = p_2 V_2^{\gamma}$

γ è una qualità del gas $\longrightarrow$ $\gamma = \dfrac{c_p}{c_v}$

$$W = \frac{p_i V_i}{\gamma - 1}\left[1 - \left(\frac{V_i}{V_f}\right)^{\gamma - 1}\right]$$

Lavoro e trasformazioni termodinamiche

In generale le trasformazioni possono essere concatenate per formare dei CICLI CHIUSI



- Il lavoro è $W = \int p\,dV$, quindi per ogni trasformazione è l'area sotto al "percorso" della trasformazione nel piano pV

$W_{AB} > 0$ perché è un'espansione (V aumenta)

$W_{BC} > 0$

$W_{CD} < 0$

$W_{DA} < 0$

$W_{TOT} = W_{AB} + W_{BC} + W_{CD} + W_{DA}$

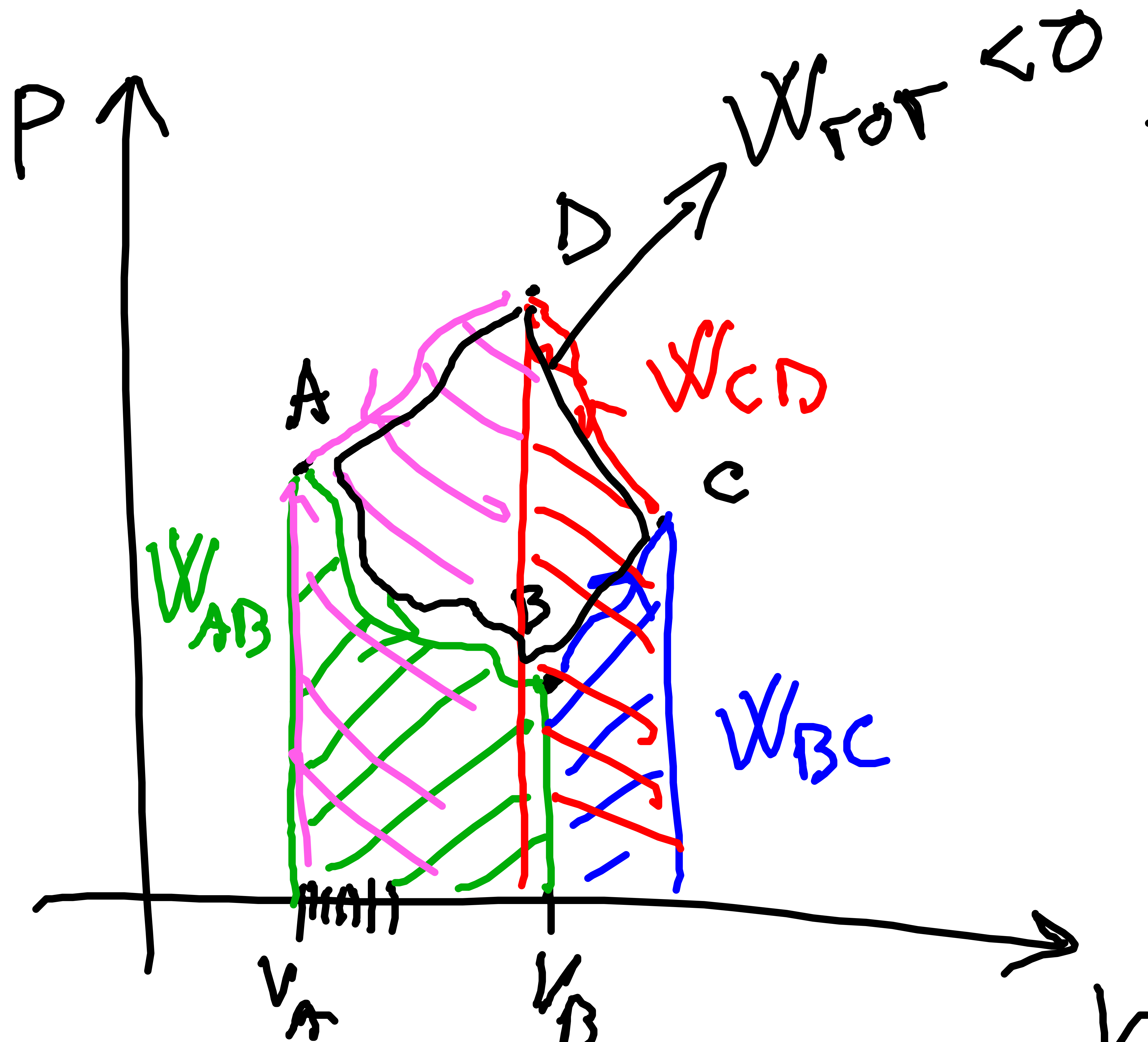
$W_{TOT} < 0$

ORARIO: $W > 0$

ANTIORARIO: $W < 0$

Lavoro e trasformazioni termodinamiche

In generale le trasformazioni possono essere concatenate per formare dei CICLI CHIUSI



- In un ciclo ritorno al punto di partenza $\longrightarrow \Delta U = U_f - U_i = 0$

$$A \to B \to C \to D \to A$$

$$\Delta U = U_A - U_A = 0$$

$$\Longrightarrow Q = W$$

Calore che fornisco AL sistema

lavoro compiuto DAL sistema

TRASF. REVERSIBILI!

Esempio 17.9 libro – Relazione di Mayer

Ho un gas perfetto con n moli
- calcolare C_V in funzione dell'energia interna
- calcolare C_p in funzione dell'energia interna
- trovare una relazione

ISOCORA $V = \text{cost}$ $dW = 0$

$$\delta Q = n C_V \, dT = dU$$

$$\rightarrow C_V = \frac{1}{n} \frac{dU}{dT}$$

"quanto bene riesco ad accomodare il calore sotto forma di energia interna"

$$U = \int dU = n C_V T + \text{cost}$$

ISOBARA $p = \text{cost}$ $dU = \delta Q - dW$

$$\delta Q = n C_p \, dT$$

$$C_p = \frac{1}{n} \frac{\delta Q}{dt} = \frac{1}{n} \frac{dU + dW}{dt}$$

$$= \frac{1}{n} \frac{dU}{dt} + \frac{1}{n} \frac{dW}{dt}$$

$dW = p\,dV$

$$\boxed{C_p = C_V + \frac{1}{n} p \frac{dV}{dT}}$$

$C_p > C_V$ se $\frac{dV}{dT} > 0$

Esempio 17.9 libro – Relazione di Mayer

Ho un gas perfetto con n moli
- calcolare c_V in funzione dell'energia interna
- calcolare c_p in funzione dell'energia interna
- trovare una relazione

se ho un gas perfetto

$$PV = nRT$$

ISOCORA p costante $\to dP = 0$

$$nR\,dT = d(PV) = V\,dP + p\,dV$$

$$nR\,dT = p\,dV \qquad p\frac{dV}{dT} = nR$$

Relazione di Mayer:
per un gas perfetto

$$c_p = c_V + \frac{1}{n}nR$$

$$c_p = c_V + R$$

$$\boxed{c_p > c_V}$$

Adiabatica su gas perfetto

1 mole, $\gamma = 1.4$

si espande adiabaticamente

$V_f = 2 V_i$

$T_i = 127\,^\circ C \longrightarrow \boxed{400K}$

$T_f = ?$

gas perfetto $\longrightarrow$ $\begin{cases} pV = nRT \\ p_i V_i^{\gamma} = p_f V_f^{\gamma} \end{cases}$

adiabatica $\longrightarrow$

$$(p_i V_i) V_i^{\gamma-1} = (p_f V_f) V_f^{\gamma-1}$$

$$\cancel{n}R T_i V_i^{\gamma-1} = \cancel{n}R T_f V_f^{\gamma-1}$$

$$T_f = T_i \left(\frac{V_i}{V_f}\right)^{\gamma-1} = T_i \left(\frac{V_i}{2V_i}\right)^{\gamma-1} = T_i\, 2^{1-\gamma} = 400 \cdot 2^{-0.4} = 303\,K$$

Strozzamento nel gas

il gas transita attraverso la strozzatura molto velocemente

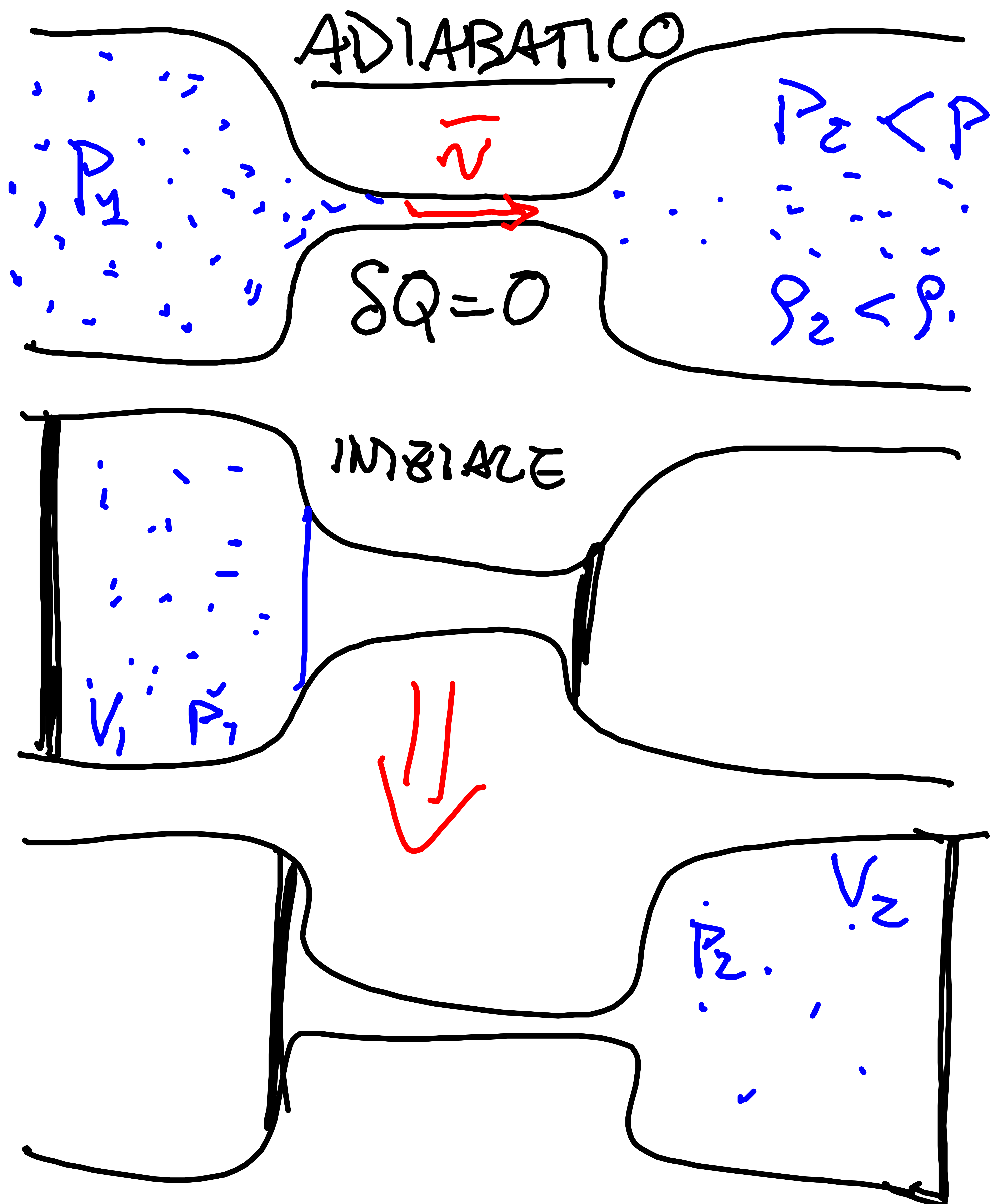
$\delta Q = 0 \qquad dU = -dW$

viene compiuto lavoro perché in un certo lasso di tempo ha una certa quantità di gas che passa attraverso la strozzatura

① $W_1 = \int_{V_1}^{0} p_1\, dV = p_1(0 - V_1) = -p_1 V_1$

② $W_2 = \int_{0}^{V_2} p_2\, dV = p_2(V_2 - 0) = p_2 V_2$

$\Delta W = W_1 + W_2 = p_2 V_2 - p_1 V_1 = -\Delta U$



Strozzamento nel gas

il gas transita attraverso la strozzatura molto velocemente

$\delta Q = 0 \qquad dU = -dW$

$p_2V_2 - p_1V_1 = -(U_2 - U_1)$

$p_2V_2 - p_1V_1 = U_1 - U_2$

$U_1 + p_1V_1 = U_2 + p_2V_2$

$$\boxed{U + pV = COST}$$

EQUAZIONE DI STATO

ENTALPIA