

2) Convezione

Calore trasferito movimento

macroscopico della materia

correnti convettive

3) irraggiamento

i corpi emettono calore onde

elettromagnetiche

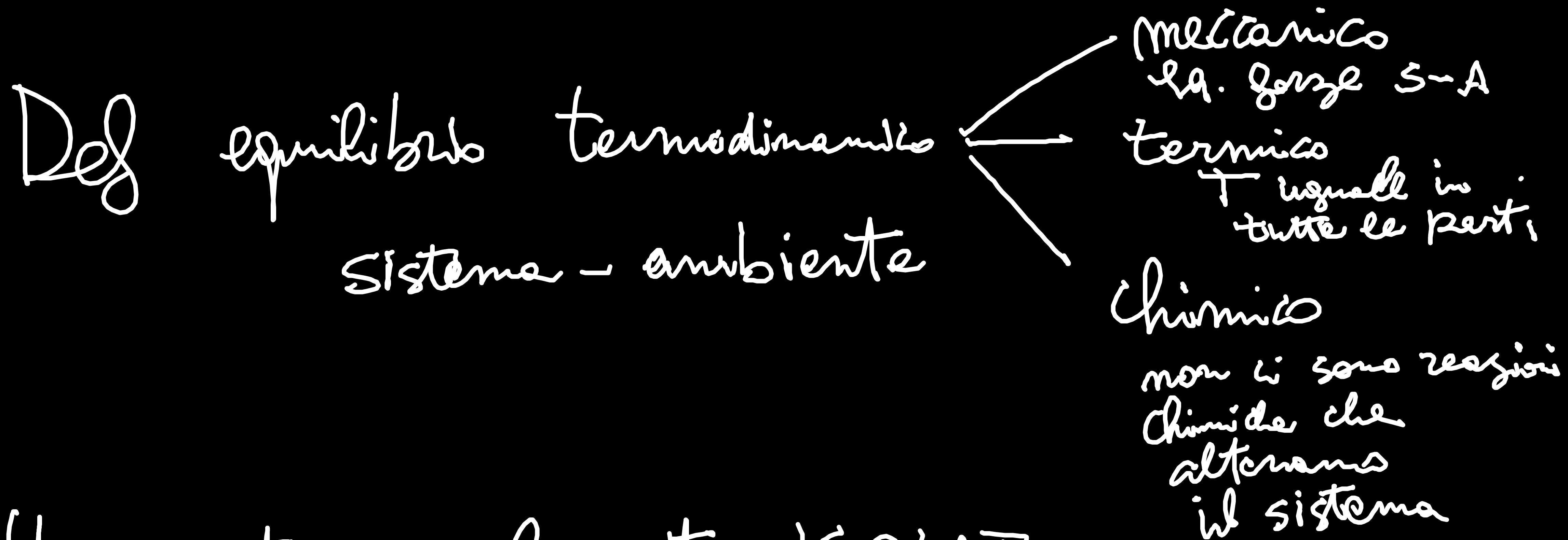
in certi casi visibile

Non c'è contatto materiale \rightarrow vuoto

Oltre ad emettere, le superfici
assorbono radiazione e.m.

Vedi Fig 16.12

Primo Principio Termodinamica Cap. 17



Un sistema lasciato ISOLATO

dopo Δt suff. lungo raggiunge eq. termodin.

Trasformazioni termodinamiche

VARI TIPI

- Trasf. fra stati di equilibrio

Stato di partenza
iniziale

e stato di arrivo
finale

- Trasf. cicliche st. iniziale = stato finale

- Trasf. adiabatiche: senza scambio di calore con l'ambiente

- Transf. Quasi-Statiche evoluzione da uno stato all'altro attraverso stati di equilibrio

- Transf. reversibili: sistema evolve in modo che sistema e suo ambiente che hanno inter-agito possa essere ricondotto ai rispettivi stati iniziali senza cambiamenti in tutti gli altri sistemi dell'universo.

SONO UTILE IDEALIZZAZIONE

Equazione di stato

eq. che correla le variabili (coordinate) termodin.

Dipende dalla struttura della materia del sistema

I sistemi descritti p, V, T idrostatici

Per gas a bassa densità

- 1) n e T fissi $pV = \text{costo}$ Legge di Boyle
- 2) n e V " $\frac{p}{T} = \text{costo}$ $p \propto T$ T in K
- 3) V e T " $\frac{p}{n} = \text{costo}$ $p \propto n$

$$\frac{pV}{nT} = \text{cost}$$

Costo la stessa
per tutti i gas

appross vale molto bene
x gas rarefatti

Cost.
universale
dei Gas

$$R = 8.31 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

3 cifre sign.

1.7 ppm

Eq. di stato
dei gas perfetti $pV = nRT$

per tener conto - Volume proprio (non nullo)
- interazioni fra molecole

Eq. di
State

$$\left(P + \frac{a n^2}{V^2} \right) (V - n b) = n R T$$

Van der Waals

(fate correz. al libro)

a e b dipendono
dallo specifico gas

Per un gas di massa fissata

le variabili indipendenti 2

In generale per un sist. t.d. il num.

di var. ind.

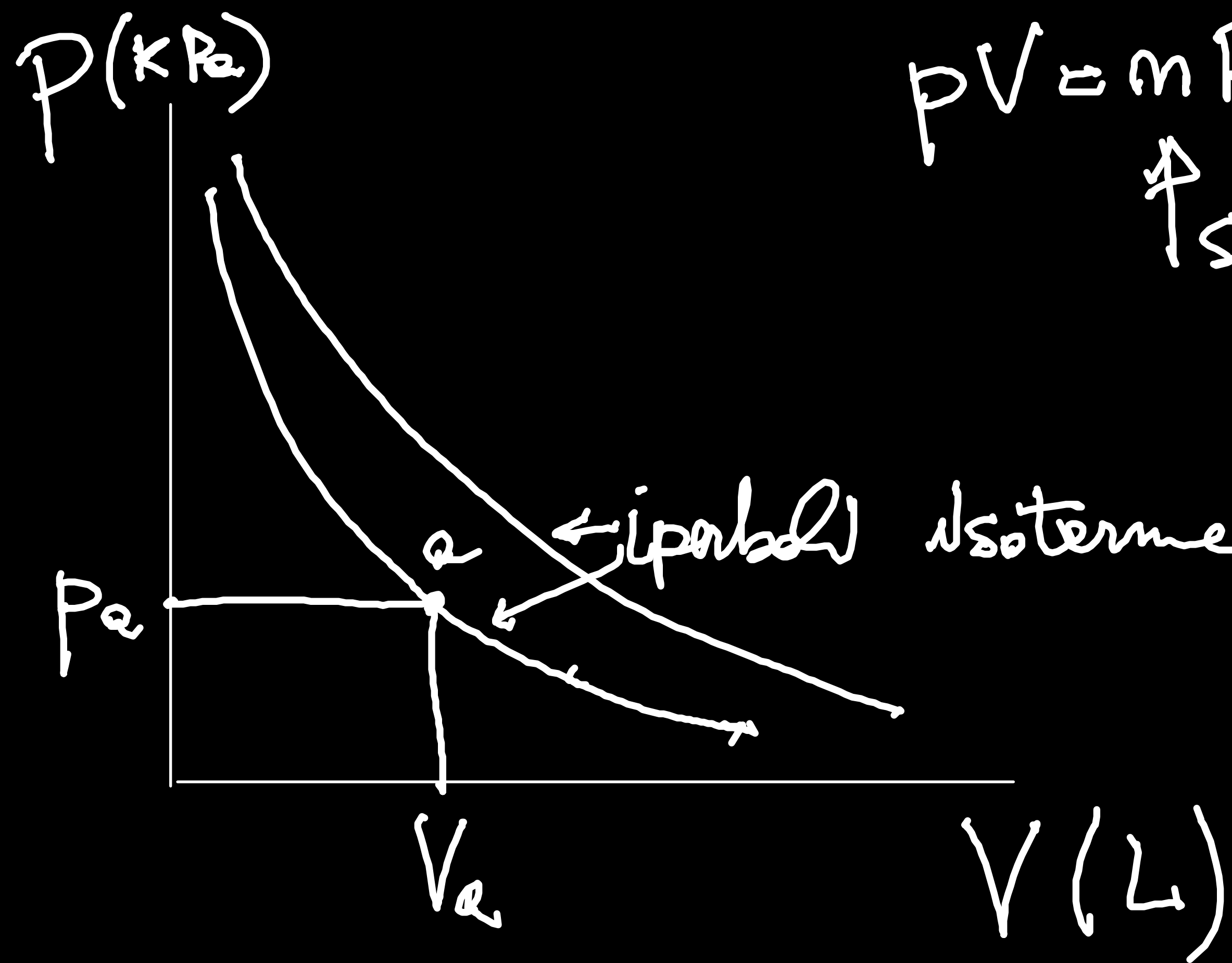
$$N = S + 2 - F$$

REGOLA
DELLE FASI
DI GIBBS

↑
numero di
specie chimiche

↙
numero di
fasi presenti
nel sistema

Diagramma $P-V$



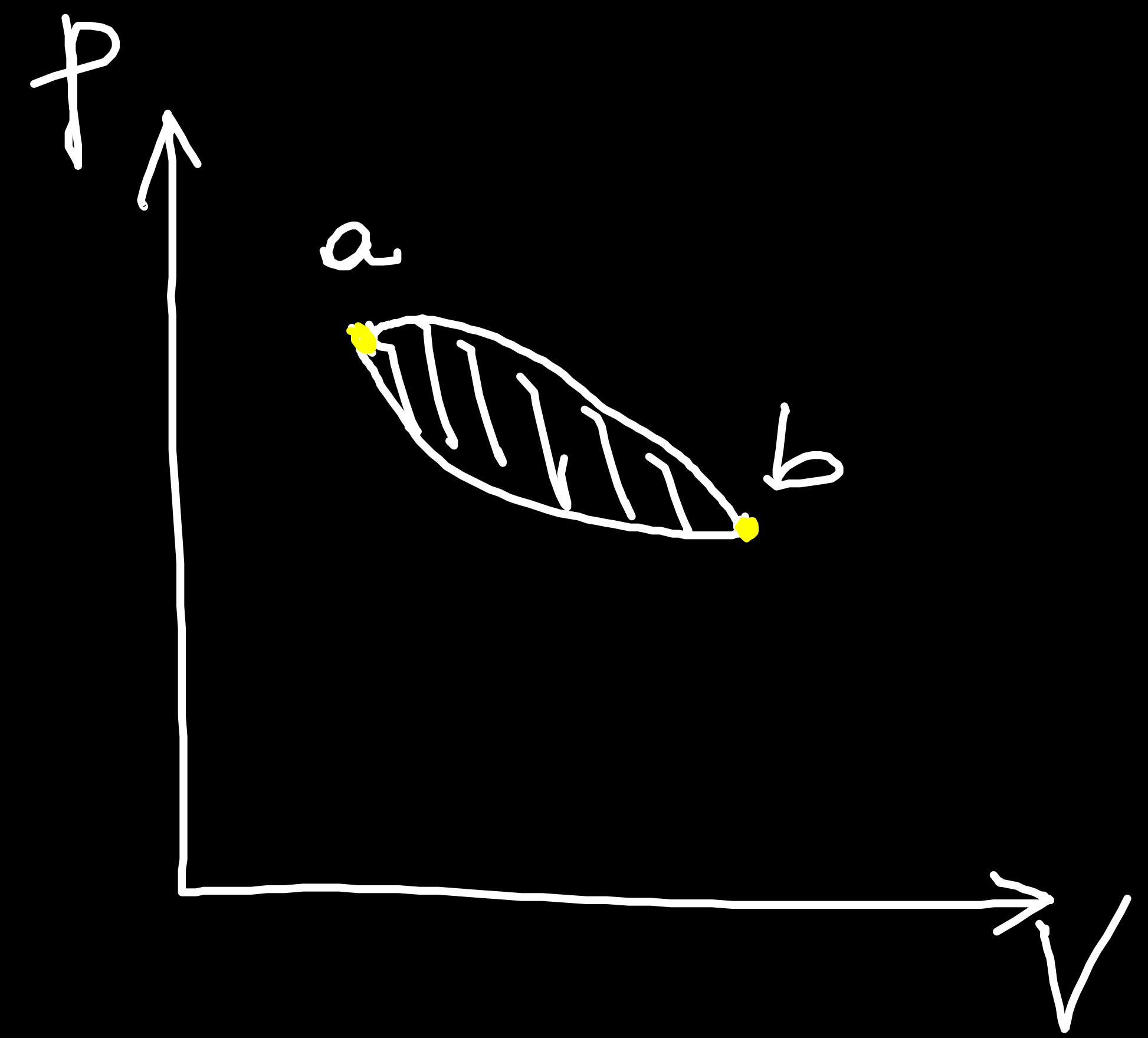
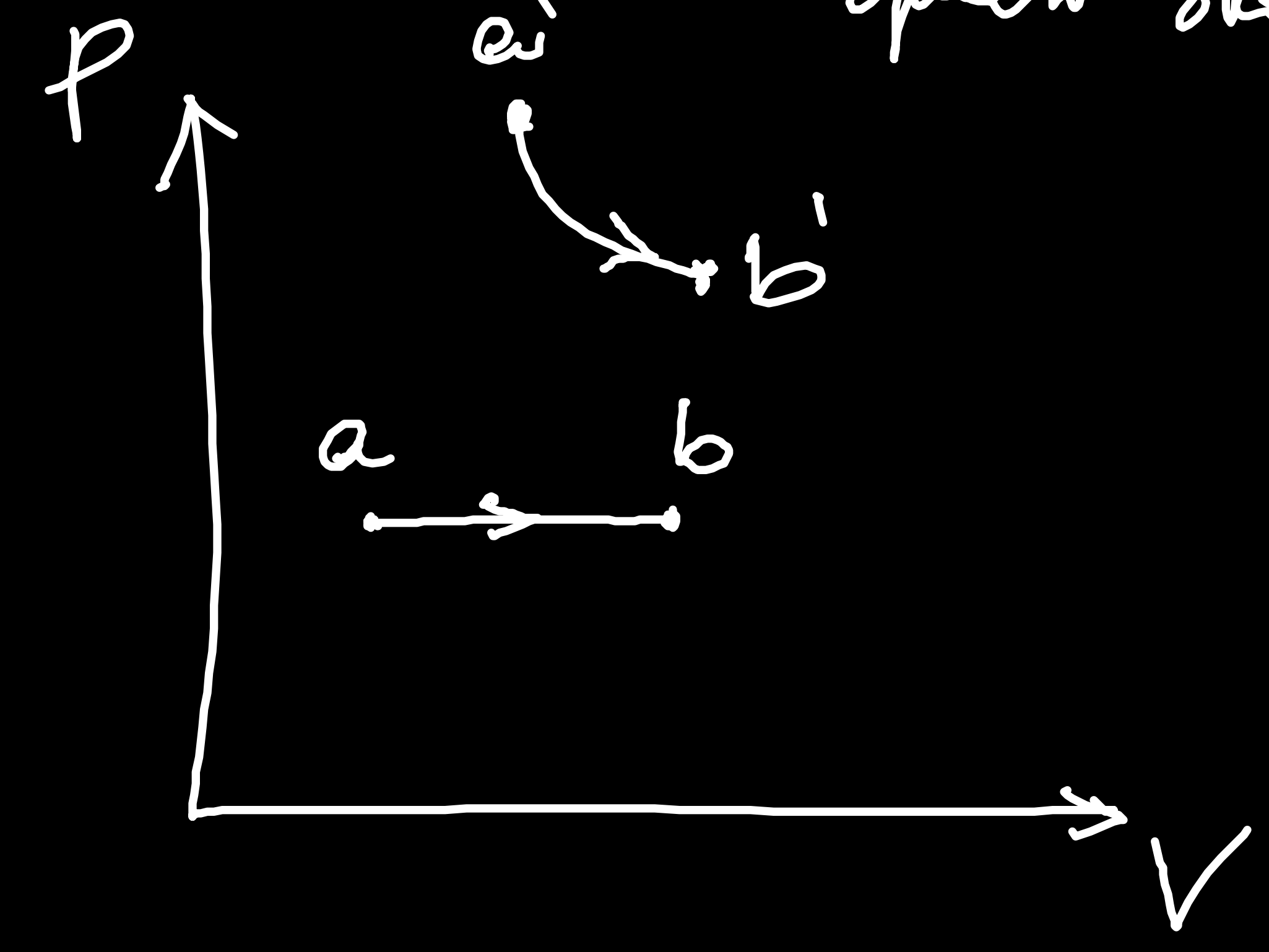
$$PV = nRT$$

↑ se fissa n

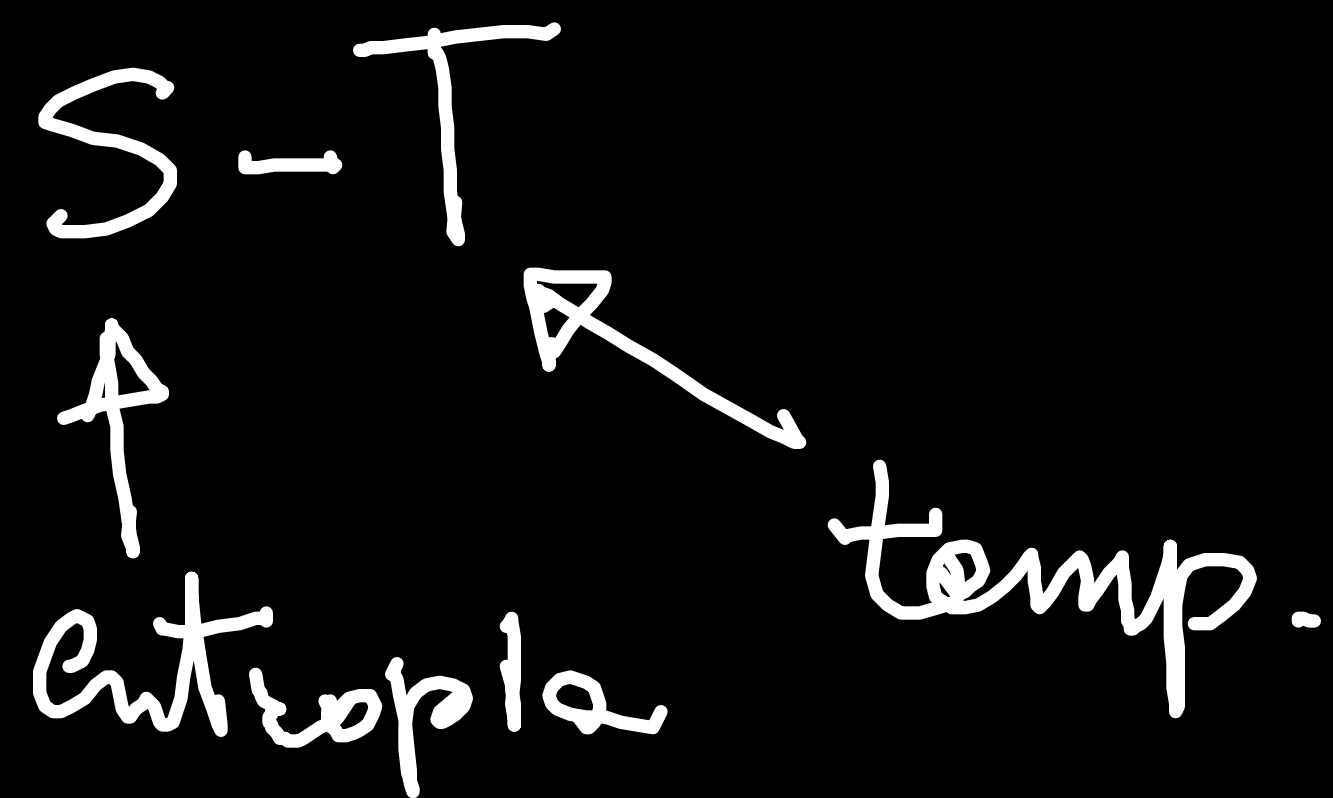
un punto del
diagramma $P-V$
rappresenta lo
STATO del
sistema

Rappresentazione utile x Trasformazioni

Quasi-Statik



Sono usate anche altre rappresentazioni
bidimensionali tra variabili di stato



Anche multidimensionali, meno intuitive

Trattazione scambi di calore
sistema e ambiente

$$Q \propto m \Delta T$$

attenzione
quantità $\times Q$
variazione $\times T$

a pressione cost.

$$\delta Q_p = m c_p dT$$

↑ calore specifico
a pressione costante

a volume cost.

$$\delta Q_v = m c_v dT$$

↑
" " " " " "
" " " " " "

capacità termiche molarì:

invece della massa, specifico il numero di moli

$$n = \frac{m}{M}$$

M massa
molecolare

$$\int Q_p = n C_p dT$$

$$\int Q_v = n C_v dT$$

$$C_p \text{ e } C_v \quad \text{J mol}^{-1} \text{K}^{-1}$$

Caloria

unità energia originariamente def.

acqua in fase liquida

per l'acqua $C_p \equiv 1 \text{ cal g}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

leggera dip. da T 0° e 100°

$$1 \text{ cal} \equiv 4.186 \text{ J}$$

$$C_p = 1.00 \text{ cal g}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

Nel Sist. Anglosassone

Btu (British thermal unit)

$$1 \text{ Btu} = 1055 \text{ J}$$

Calore latente

alla $p_0 = 1.01 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

punto di fusione dell'acqua

0.00°C

273.15 K

OK x fusione
vaporizzazione

$$Q = m L$$

$L_f = 0.335 \text{ MJ Kg}^{-1}$ \nearrow calore latente J Kg^{-1}

$L_v = 2.260 \text{ MJ Kg}^{-1}$

Esempio 17.3 i f

0.50 kg di ghiaccio $\xrightarrow{\hspace{2cm}}$ vapore
 $T_i = 0.00^\circ\text{C}$ $T_f = 100^\circ\text{C}$

alle $p_0 = 1.01 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

3 contributi $Q_{\text{Tot}} = m L_f + m c_f \Delta T + L_v m$

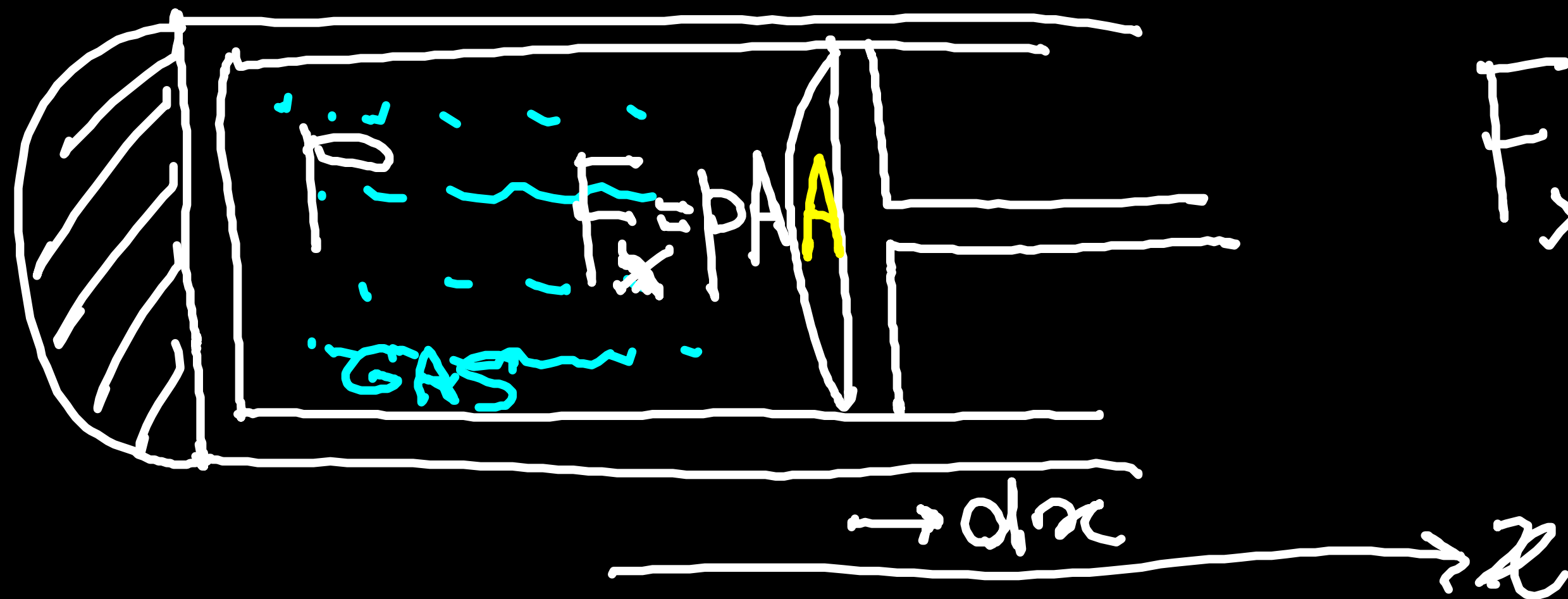
$$\left. \begin{array}{l} 0.17 \text{ MJ} \\ 0.21 \text{ MJ} \\ 1.13 \text{ MJ} \end{array} \right\} = (0.50 \text{ kg}) \cdot (0.335 \text{ MJ kg}^{-1}) + \\ (0.50 \text{ kg}) \cdot (4186 \text{ J kg}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}) (100 \text{ }^\circ\text{C}) + \\ (0.50 \text{ kg}) \cdot (2.26 \text{ MJ kg}^{-1}) = \\ = 1.51 \text{ MJ} = 1.5 \text{ MJ}$$

Lavoro e transf. t. d.

Scambio di energie \rightarrow lavoro compiuto
dal sistema sull'ambiente (e viceversa)

\rightarrow moto dell'ambiente

Pistone con parete mobile



$$F_x dx = \underbrace{pA dx}_{dV}$$

$$\delta W = p dV$$

lavoro
infinitesimo
x spost. dx

compiuto dal sistema gas

per espansione $dV > 0$

$$\delta W > 0$$

compressione $dV < 0$

$$\delta W < 0$$

Per transf. t.d. a vol. cost \equiv ISOCORE V_f $\delta W = 0$

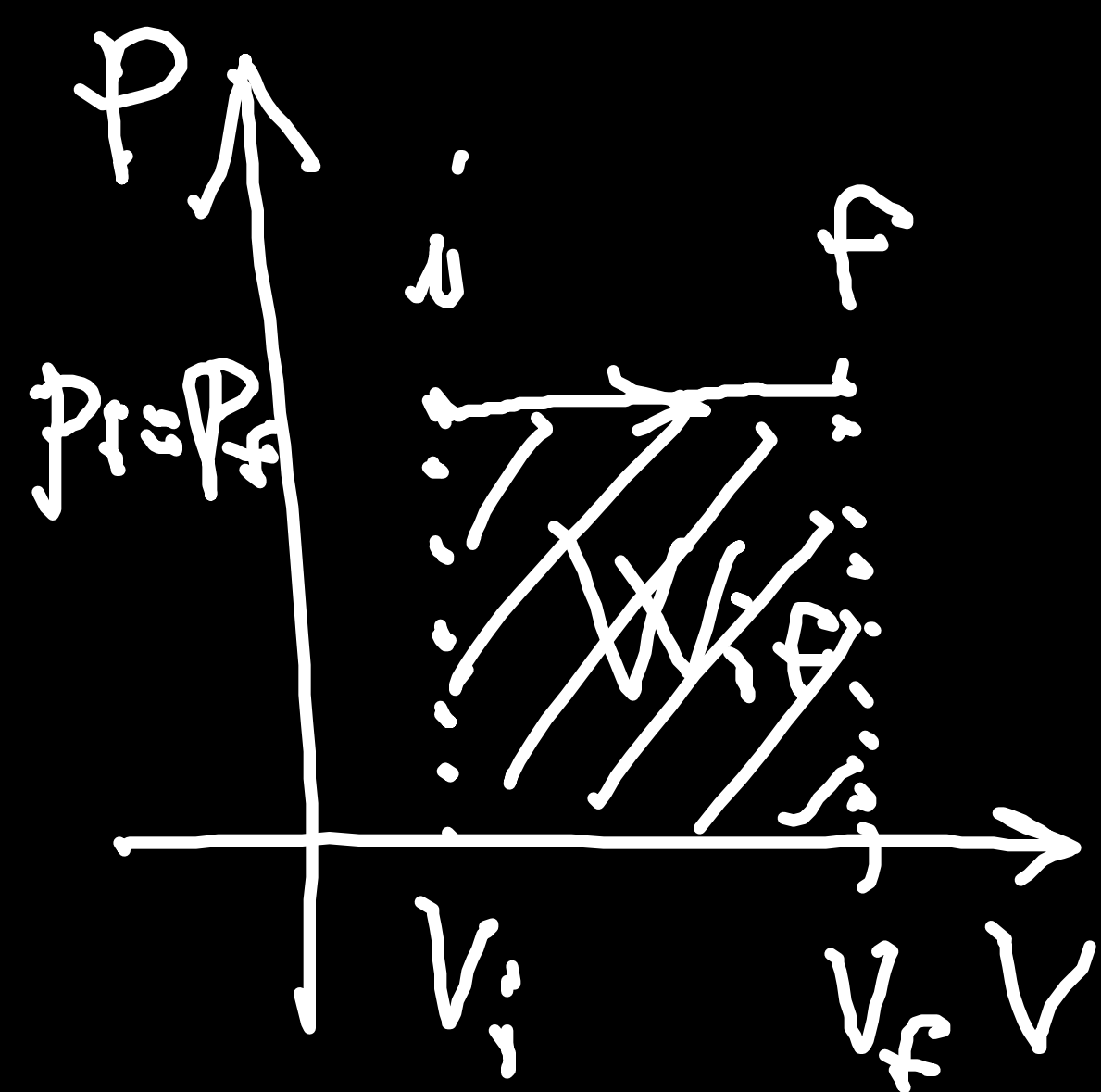
Per transf. t.d. quasi-statiche $W_{if} = \int_{V_i} p dV$

Per risolvere l'integrale devo conoscere

sempre variabile p in funzione V

Per transf. quasi-statica ISOBARE

$$W_{i \rightarrow f} = p_i \underbrace{\Delta V}_{V_f - V_i}$$

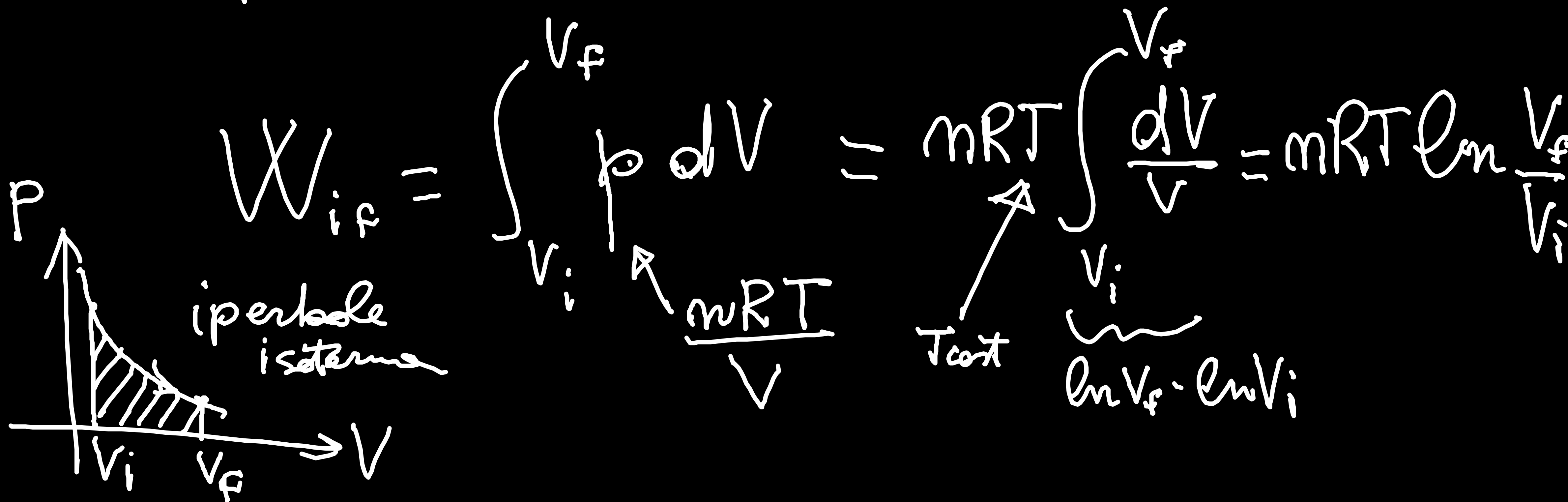


Per transf. quasi statiche



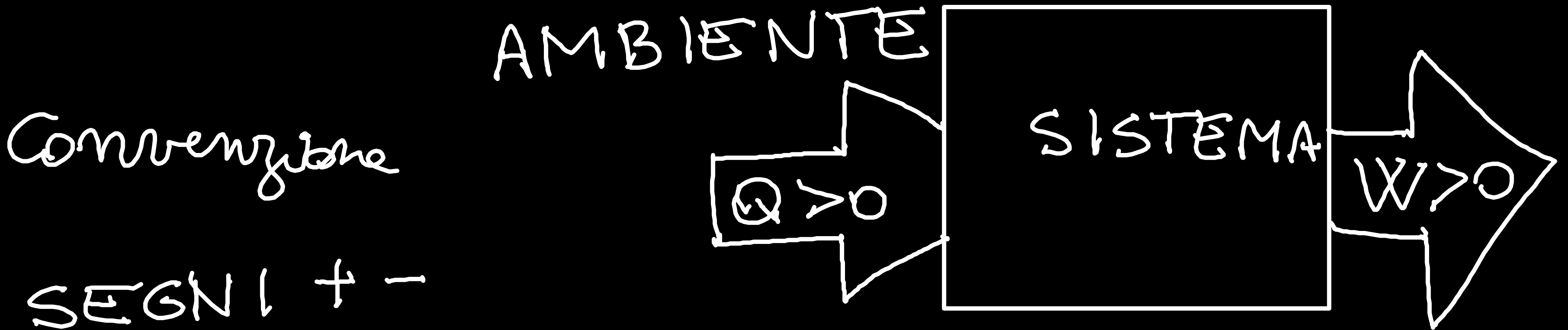
$$W_{i \rightarrow f} = \int_{V_i}^{V_f} p dV$$

Espansione Isoterma di gas perfetti



Trasf. adiabatica $pV^\gamma = \text{cost}$

Primo Principio della Termodinamica



Con questa convenzione l'energia netta
(= totale) trasferita dall'ambiente al sistema

$$Q - W$$

Sperimentalmente osservo che
 $Q - W$ non dipende dalla
particolare transf. $i \rightarrow f$.

Sebbene separatamente Q e W
dipendano dalla transf. $i \rightarrow f$.

→ introduco allora funzione
di stato ENERGIA INTERNA
 $\Delta U = Q - W$

