

Termodinamica:

- Studio del bilancio energetico COMPLESSIVO di un processo fisico, estendendo l'indagine a scambi di energia non meccanici (nel senso macroscopico trattato in precedenza) come il calore.
- Sistema Termodinamico: Porzione di mondo, costituita da una o più parti (e.g. volume di gas, un liquido in equilibrio con il suo vapore, o un insieme di blocchi solidi) oggetto dello studio delle sue proprietà fisiche MACROSCOPICHE e le loro eventuali variazioni.
- Ambiente: L'insieme costituito da una (e.g. l'aria o il fluido in cui è immerso il sistema) o più parti (e.g. diversi corpi a contatto con il sistema) con cui il sistema può interagire.
- Universo: L'insieme di sistema + ambiente

Equilibrio Termodinamico:

Un sistema si dice in equilibrio termodinamico, se le variabili termodinamiche che lo descrivono (e.g. densità, pressione, temperatura) sono costanti nel tempo.

Un sistema in equilibrio termodinamico rimane invariato se non cambiano le condizioni esterne.

Perché ci sia equilibrio termodinamico è necessario:

- 1) EQUILIBRIO MECCANICO (equilibrio di forze e momenti)
- 2) EQUILIBRIO TERMICO (stessa temperatura ovunque)
- 3) EQUILIBRIO CHIMICO (non avvengono reazioni chimiche)

17

Principio Zero della Termodinamica:

Se due corpi A e B si trovano in equilibrio termico con un terzo corpo C - i.e. $T(A)=T(C)$ e $T(B)=T(C)$ allora A e B sono in equilibrio termico tra loro: $T(A)=T(B)$

Temperatura:

v.d.m. Kelvin [K]

- Definizione & Misura:

1) $T_{pt} = 273,16 K$

2) Grandezza fisica X che varia con la temperatura

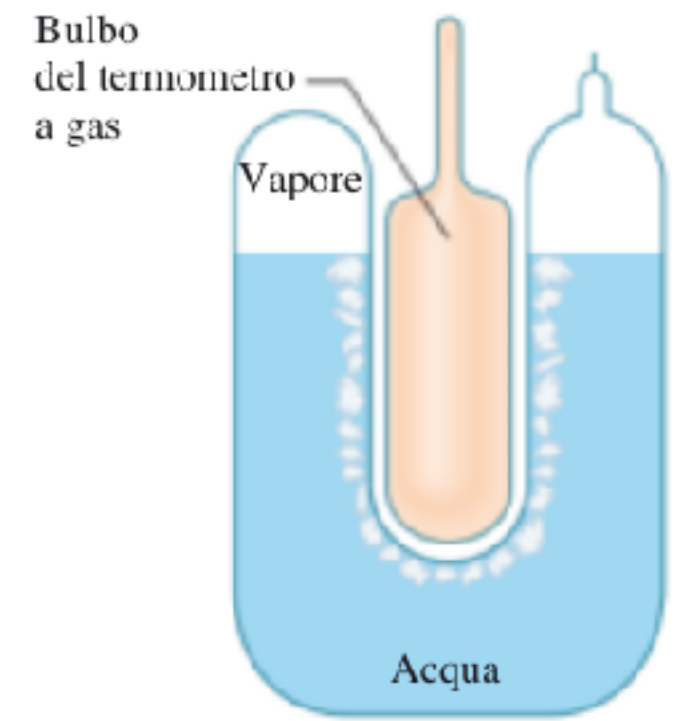


Figura 18.4 Una cella a punto triplo, nella quale ghiaccio solido, acqua liquida e vapore acqueo coesistono all'equilibrio termico. Secondo un accordo internazionale, la temperatura di questo insieme è stata fissata convenzionalmente a 273,16 K. All'interno della cella è mostrato il bulbo di un termometro a gas a volume costante.

Temperatura:

$$T(x) = a \cdot x \quad a = \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

$$T(x_{pt}) = a \cdot x_{pt} = 273,16$$

$$a = \frac{273,16}{x_{pt}} \longrightarrow T = 273,16 \frac{x}{x_{pt}} \text{ [K]}$$

Termometro a gas a volume costante:

$$P = P_0 - \rho g h$$

$$T = \frac{P}{P_{IT}} 273,16 [K]$$

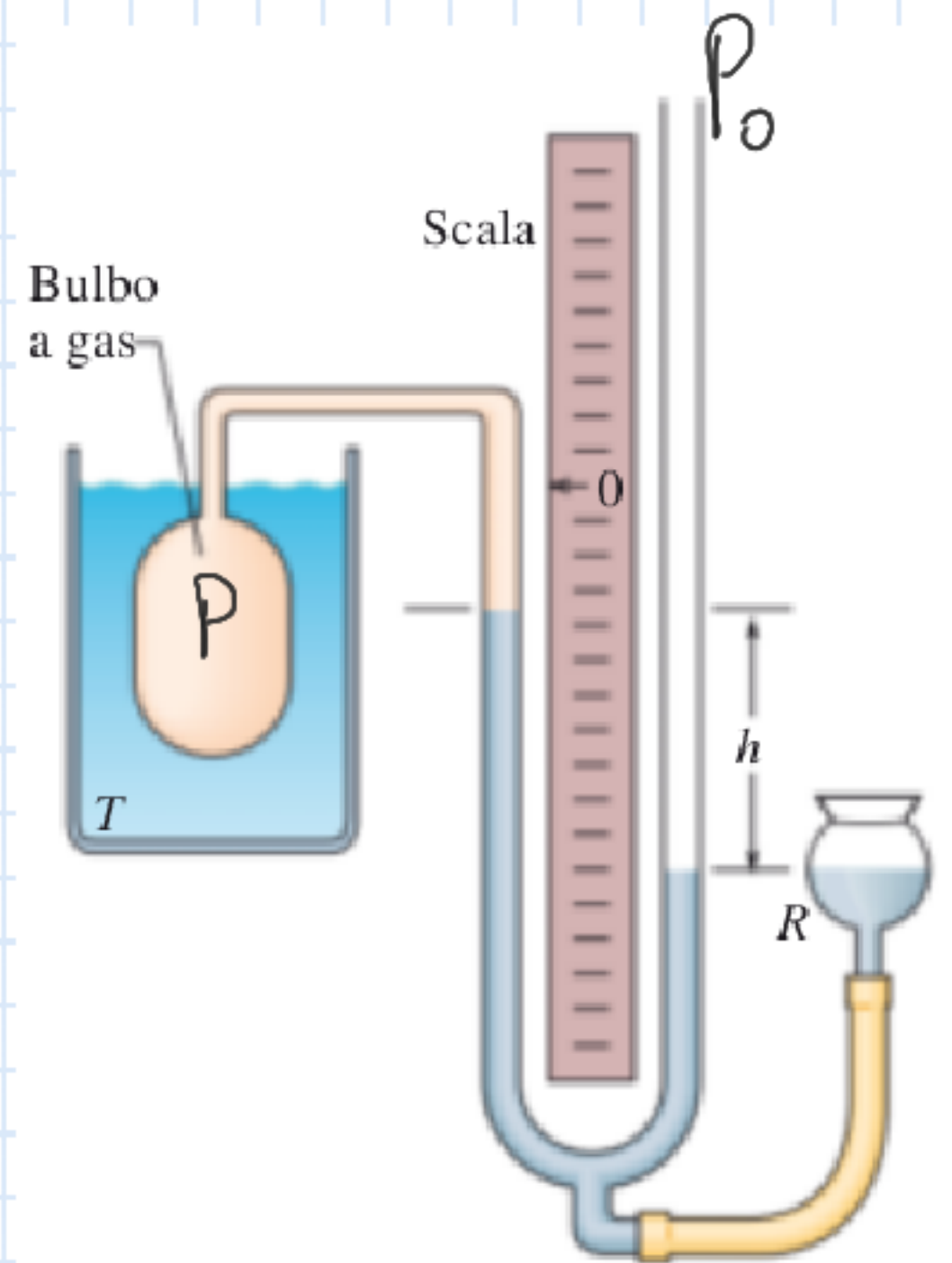


Figura 18.5 Un termometro a gas a volume costante; il suo bulbo viene immerso in un bagno di cui si vuole misurare la temperatura T .

Termometro a gas a volume costante:

$$T = 273,16 \lim_{p \rightarrow 0} \frac{p}{p_{pt}}$$

• Scala Celsius:

$$T(^{\circ}\text{C}) = T(\text{K}) - 273,15$$

• Scala Fahrenheit

$$\begin{aligned} T(^{\circ}\text{F}) &= \frac{9}{5} T(\text{K}) - 459,67 \\ &= \frac{9}{5} T(^{\circ}\text{C}) + 32 \end{aligned}$$

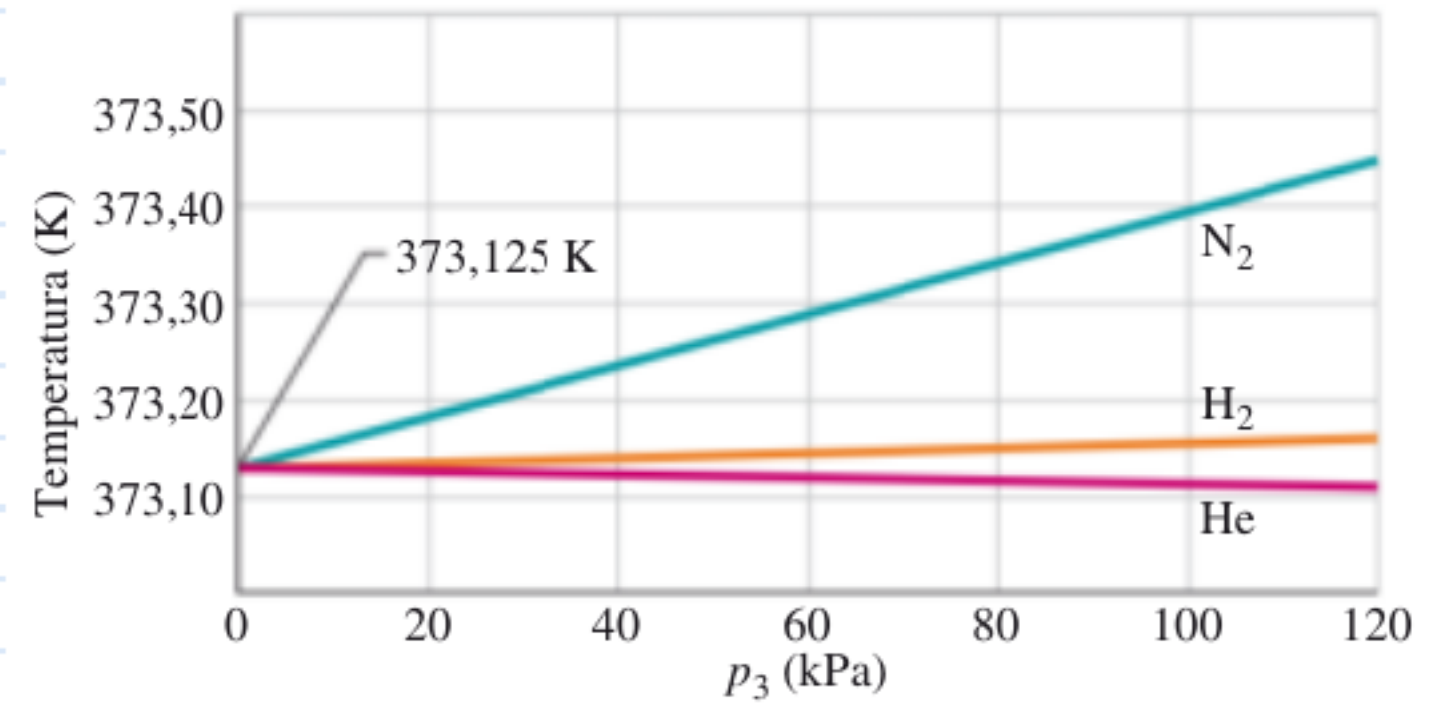
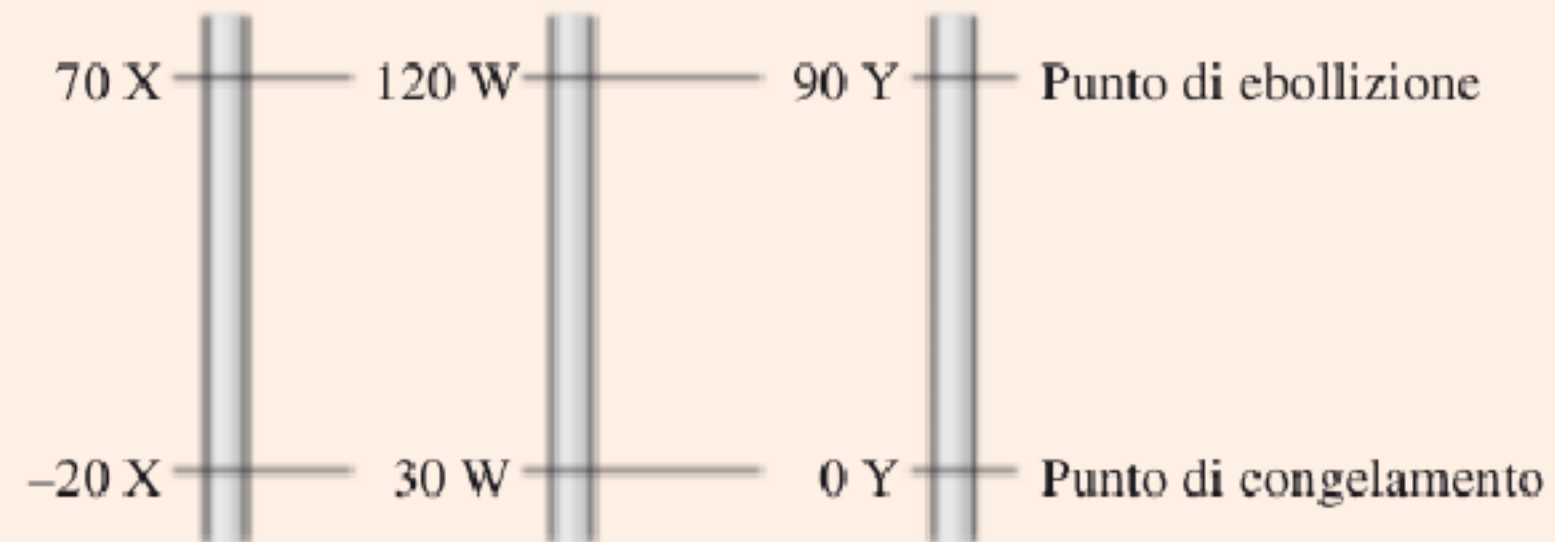


Figura 18.6 Temperature misurate con un termometro a gas a volume costante il cui bulbo è immerso in acqua bollente. Per i calcoli delle temperature mediante l'equazione 18.5 la pressione p_3 è stata misurata al punto triplo dell'acqua. Tre gas diversi sono stati utilizzati nel bulbo, ciascuno con massa volumica differente. Si osservi che tutte le registrazioni convergono a una temperatura di 373,125 K, quando la massa del gas tende a zero (insieme a p_3).

Esempio: trasformazione scale

La figura mostra tre scale di temperatura con l'indicazione dei punti di congelamento ed ebollizione dell'acqua. (a) Ordinate le scale secondo i valori decrescenti dell'entità unitaria di 1 grado. (b) Mettete in ordine decrescente le seguenti temperature: 50°X , 50°W , 50°Y .



Equivalenza Calore-Lavoro: Esperimenti di Joule

$$W \propto \Delta T$$

$$(i) W_{ad} = -\Delta U = U_{in} - U_{fin}$$

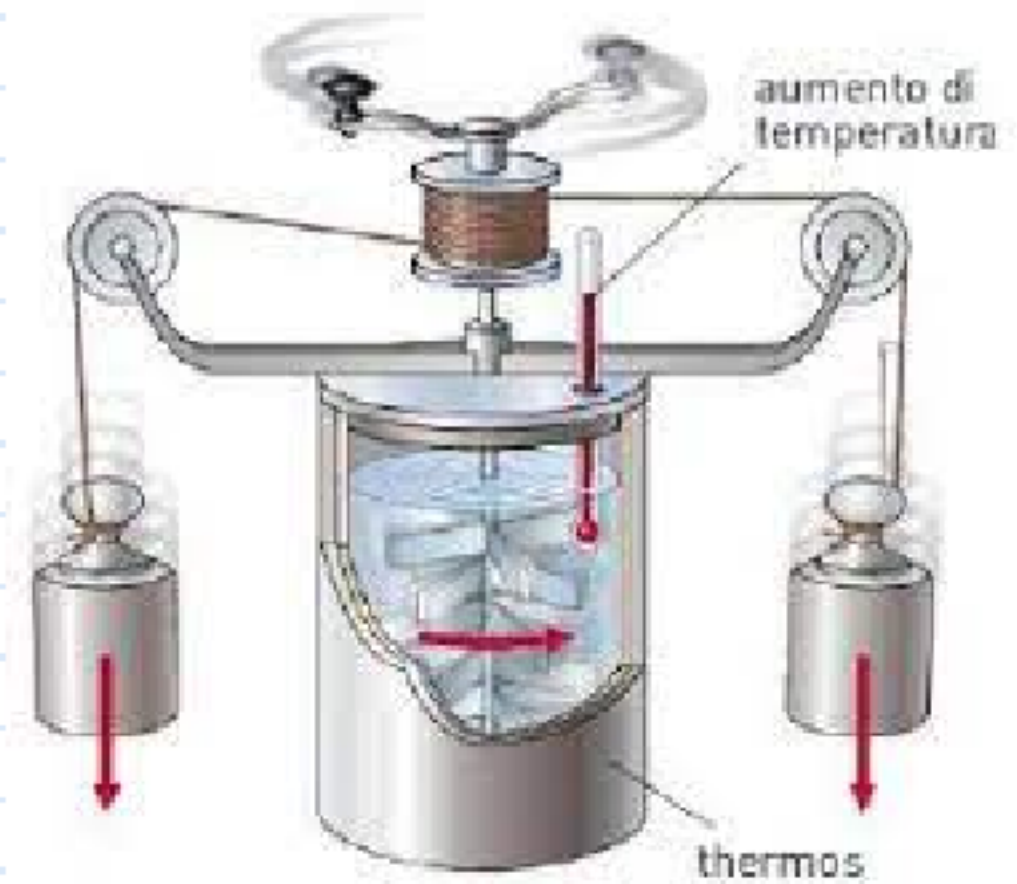
$$(ii) Q = \Delta U$$

$W = 0$

$$Q_{W=0} = -W_{ad} \Rightarrow \text{u.d.m. [J]}$$

$$1 \text{ caloria [kcal]} = 4186,8 \text{ J}$$

$$1 [\text{cal}] = 4,1868 \text{ J}$$



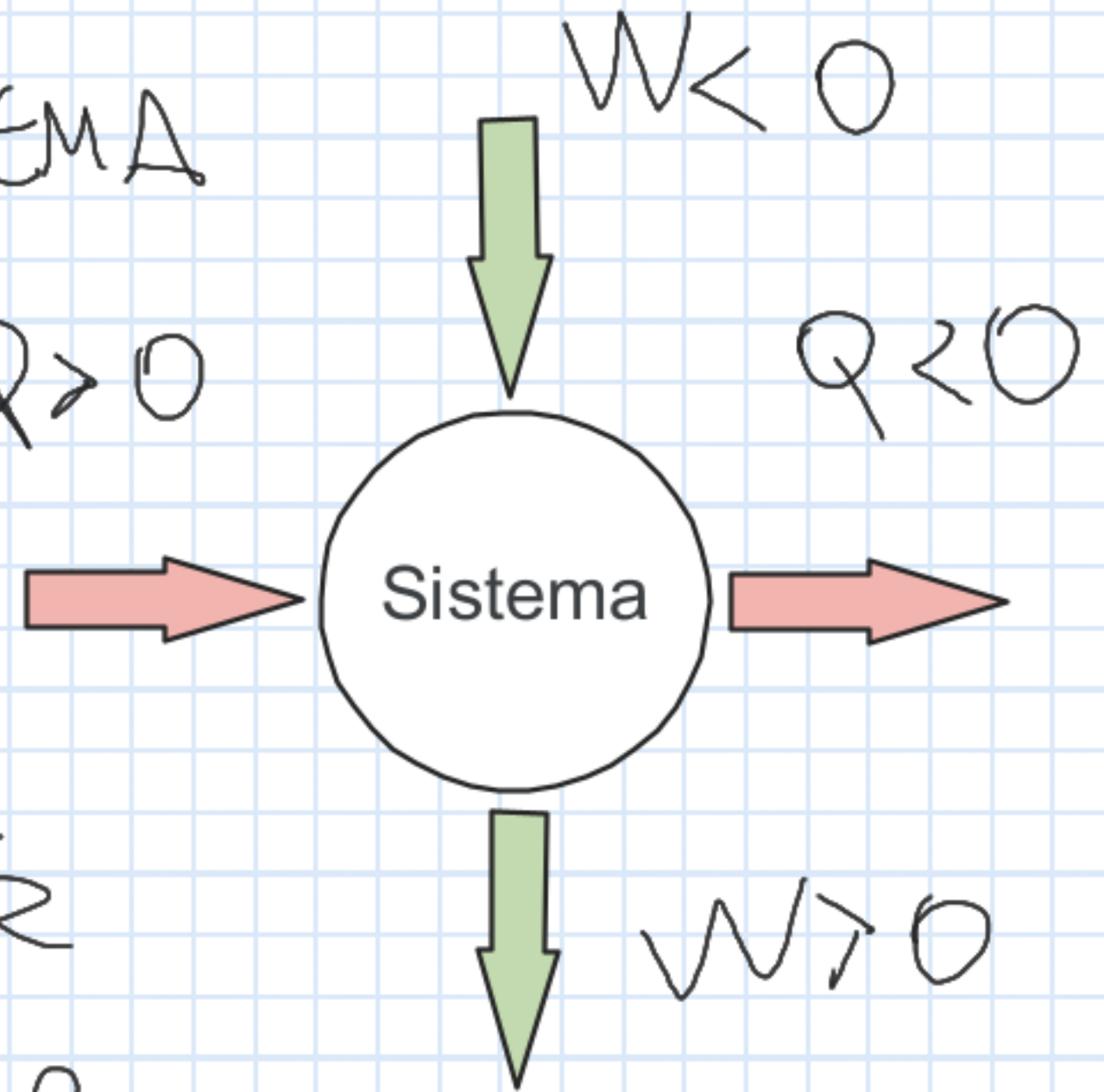
Convenzione Segni:

$Q > 0$ Se ASSORBITO dal SISTEMA

$Q < 0$ Se ceduto dal sistema $Q > 0$

$W > 0$ Se il sistema compie lavoro sull'ambiente

$W < 0$ Si compie lavoro sul sistema



Equivalenza Lavoro-Calore

$$Q = -W_{\text{cal}}$$

Equivalenza Lavoro-Calore
U.d.m. del Q [J]

→ Sia calore che lavoro sono scambi di energia che avvengono tra sistema ed ambiente ~~che avvengono~~ durante le trasformazioni termodinamiche

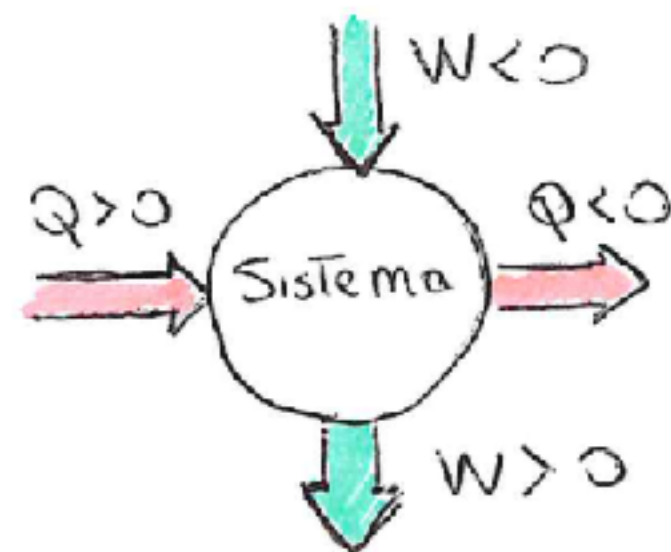
• Convenzione Segni:

$Q > 0$ se assorbito dal sistema

$Q < 0$ se ceduto dal sistema

$W > 0$ se sistema fornisce lavoro

$W < 0$ se si compie lavoro sul sistema



Lavoro in un sistema termodinamico:

$$dW = \vec{F} \cdot d\vec{s} = p S ds = p dV$$

Rimuovendo tutti i pallini passeremo
 $V_i \rightarrow V_f$

$$W = \int dW = \int_i^f p(V) dV$$

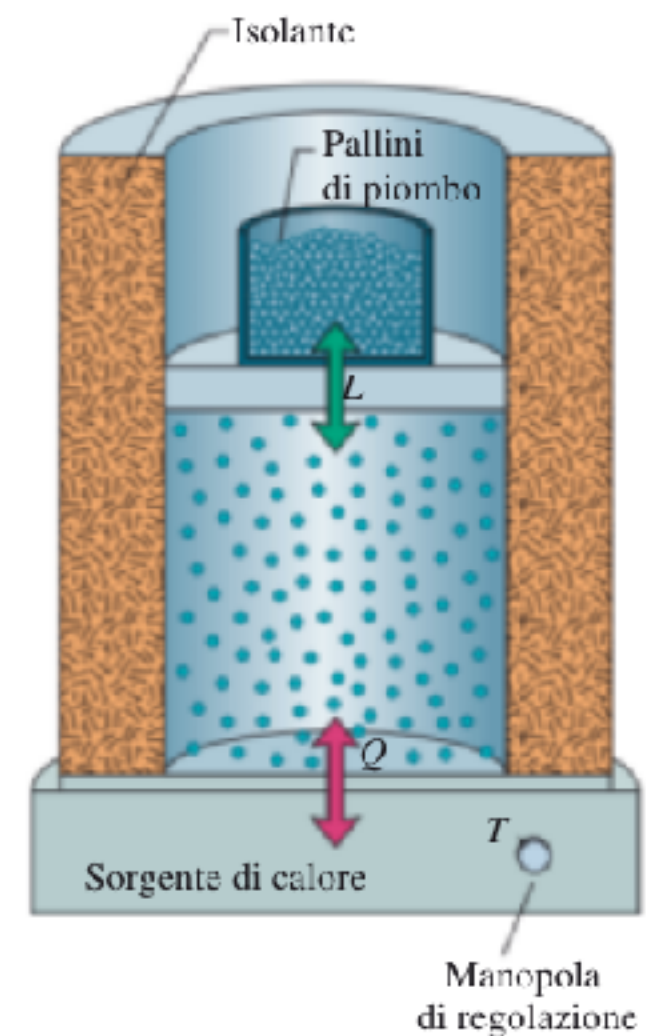
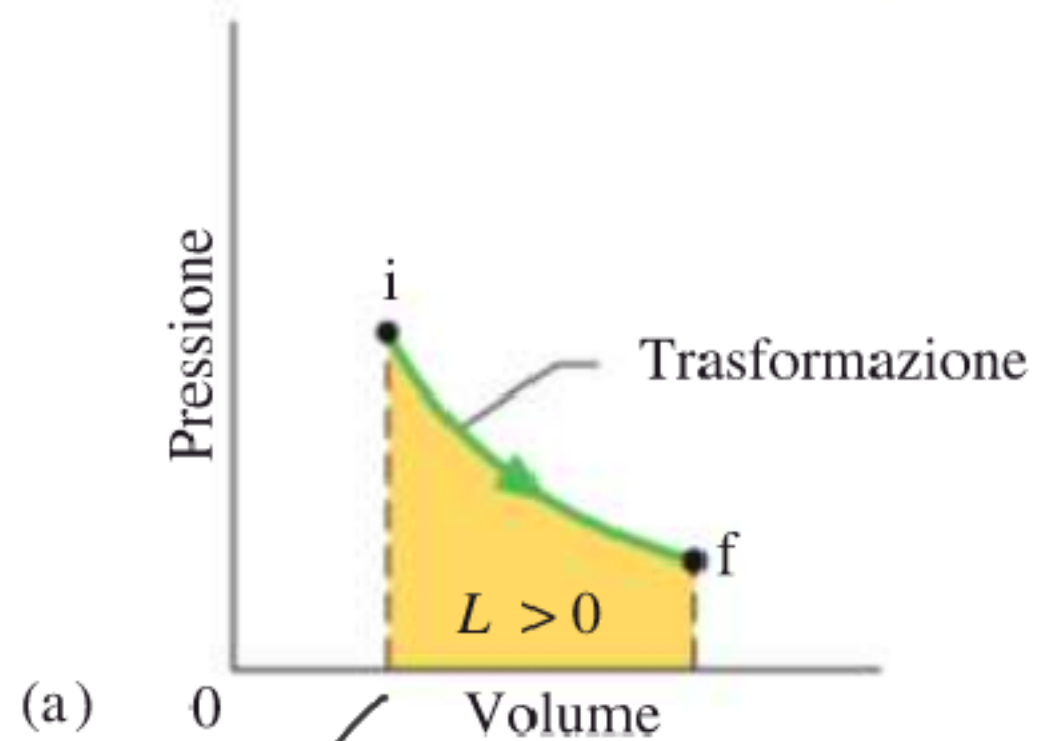
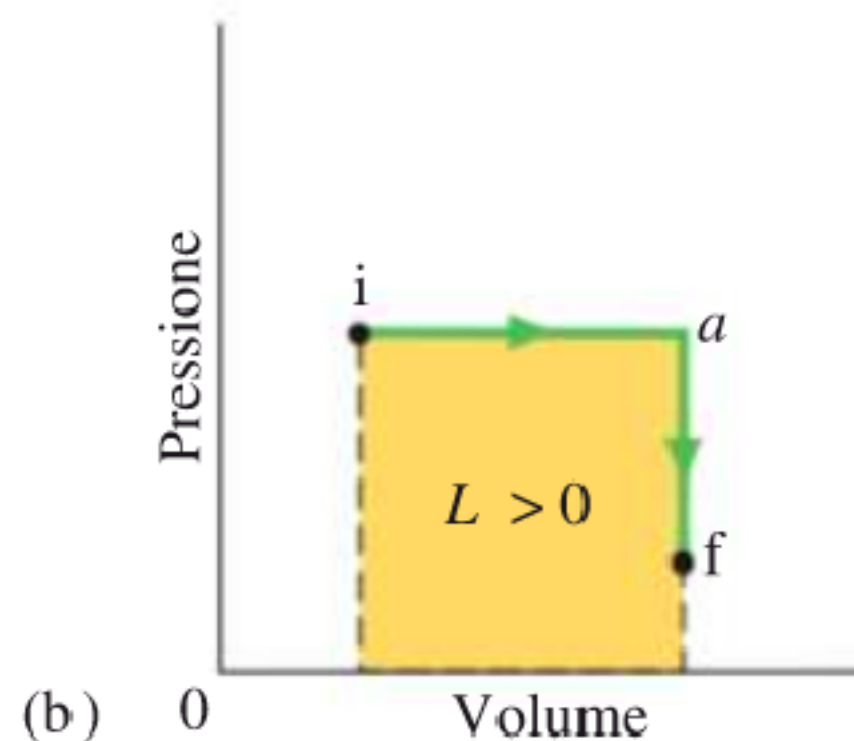


Grafico p-V (piano di Clapeyron)

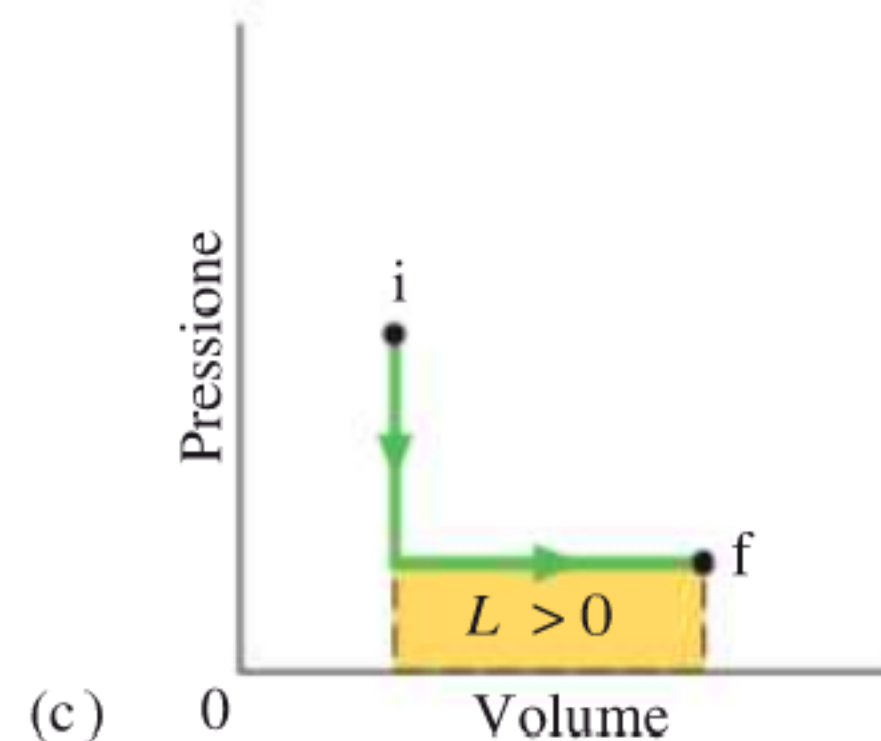
Il gas va da «i» a «f»
svolgendo lavoro positivo



Va ancora da «i» a «f»,
ma ora svolge più lavoro



Va sempre da «i» a «f»,
ma svolge meno lavoro



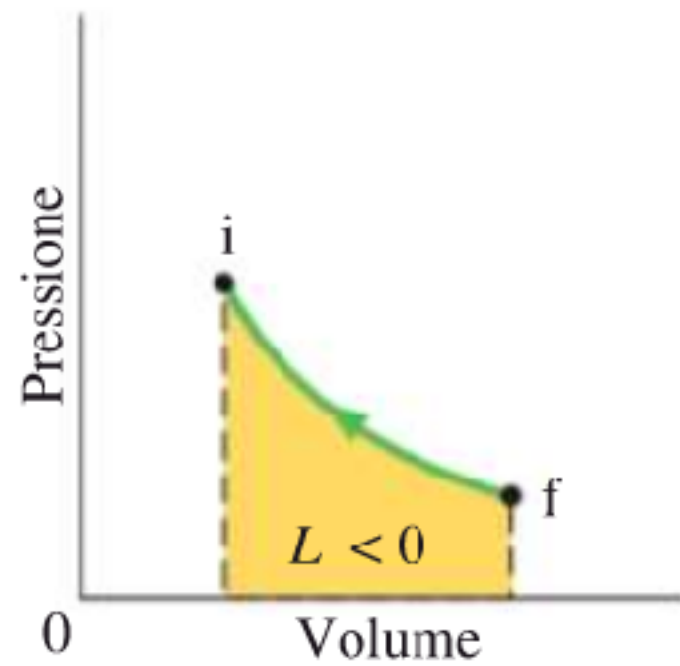
$$W = \int_i^f p(V) dV$$

$$W_B > W_A$$

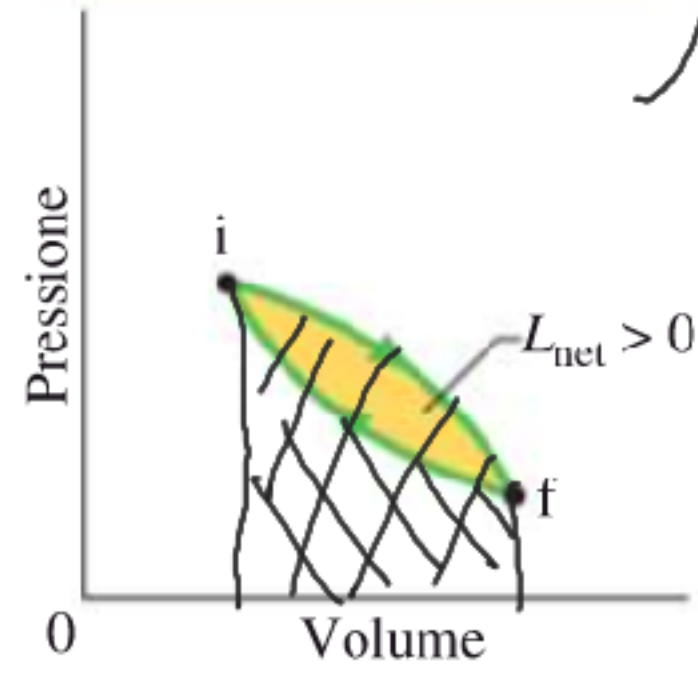
$$W_C < W_A < W_B$$

Grafico p-V (piano di Clapeyron)

Andando da f a i svolge lavoro negativo



Percorrendo un ciclo in senso orario il lavoro totale è positivo



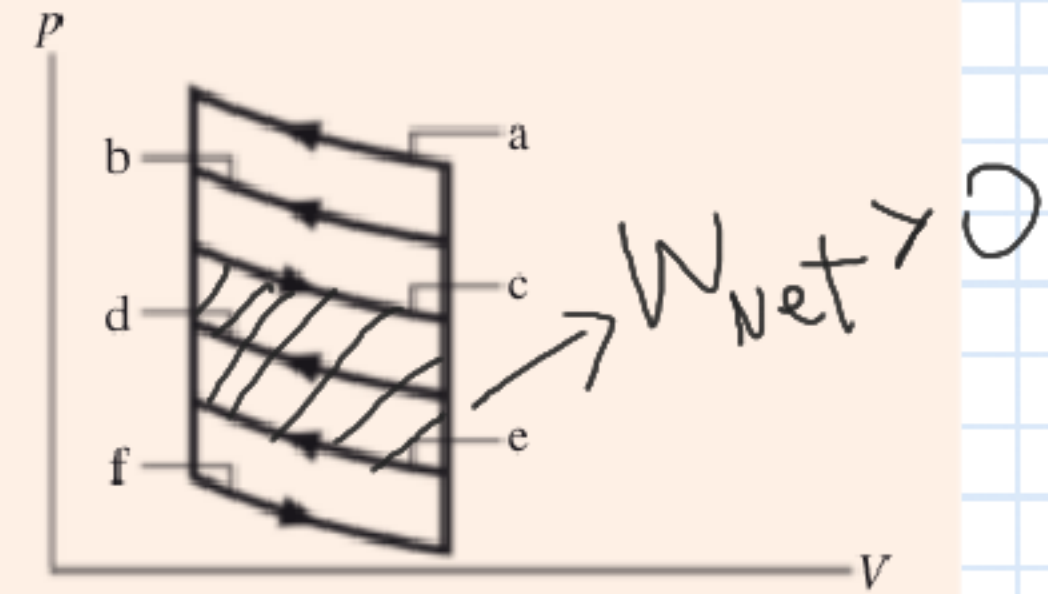
Ciclo:
$$W_f = W_{if} + W_{fi}$$

$$W_e = \int_f^i p(V) dV = - \int_i^f p(V) dV = W_a$$



VERIFICA 4

Il diagramma p - V qui illustrato presenta sei percorsi curvi (collegati da due percorsi verticali) che costituiscono possibili trasformazioni di un gas. Di questi quali sono i due che entrano a far parte del ciclo chiuso corrispondente a un lavoro netto massimo svolto dal gas?



TRASFORMAZIONE Reversibile: Trasformazione quasi statica in assenza di qualsiasi forza dissipativa. Gli stati attraversati dal sistema in tale trasformazione sono di equilibrio, e le coordinate termodinamiche che lo descrivono sono definite lungo la trasformazione.

TRASFORMAZIONE Irreversibile: Trasformazione in cui sono presenti forze dissipative e il sistema passa attraverso stati di non equilibrio. \rightarrow In pratica in natura tutte le trasformazioni sono Irreversibili.