

# Primo Principio della termodinamica

$$Q - L = \Delta E_{\text{int}}$$

Il calore è una forma di energia

Calore e Lavoro hanno stesse unità di misura

è una generalizzazione della conservazione dell'energia

Nel caso dell'energia meccanica valeva solo per forze conservative

# Primo Principio della termodinamica

$$Q - L = \Delta E_{\text{int}}$$

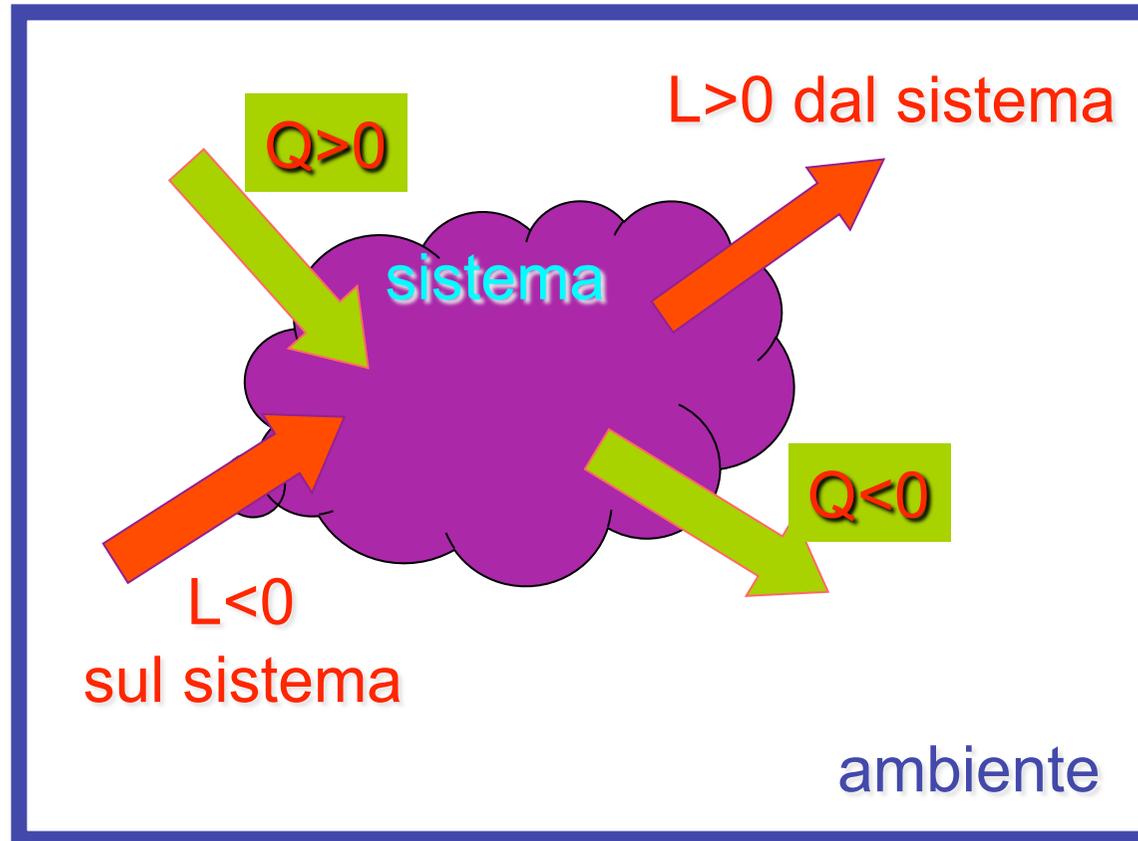
è una generalizzazione della conservazione dell'energia

Se il s.t. compie una trasformazione per cui si ha uno sbilanciamento finale della quantità  $Q-L$ , allora questo sbilanciamento viene compensato da una variazione dell'energia interna accumulata nel sistema.

Se  $Q-L > 0$  allora si avrà un corrispondente aumento di  $E_{\text{int}}$

Se  $Q-L < 0$  allora si avrà una corrispondente diminuzione di  $E_{\text{int}}$

Se  $Q-L = 0$  allora si non avrà una variazione di  $E_{\text{int}}$

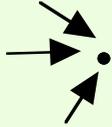


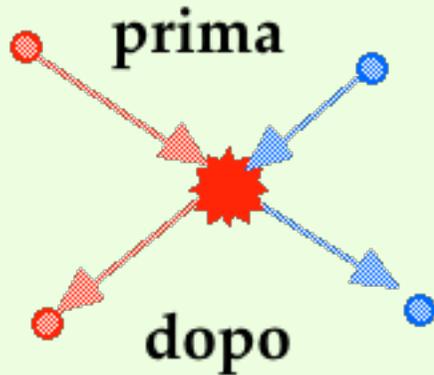
# STATO GASSOSO

- GAS PERFETTI
- GAS REALI

Lucidi del Prof. D. Scannicchio

# GAS PERFETTI

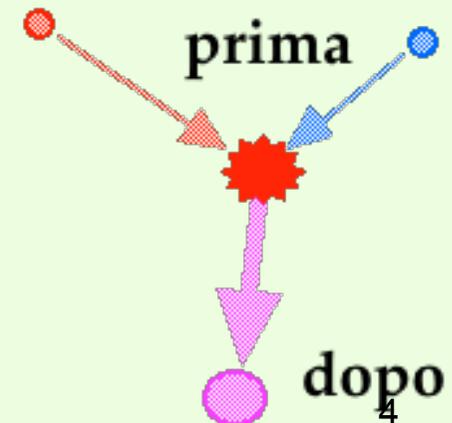
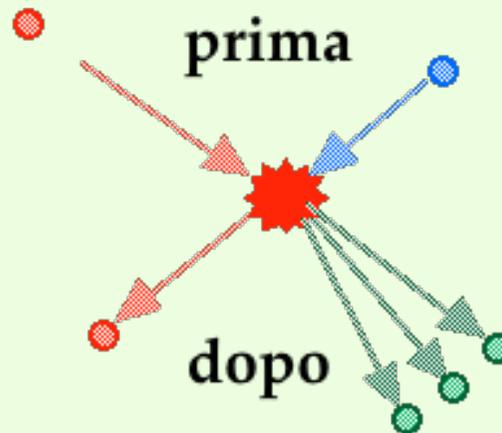
- **molecole puntiformi**  (volume proprio nullo)
- **urti elastici** (stesse particelle prima e dopo l'urto)



parametri termodinamici :  $p, V, t$

*(sistema termodinamico semplice)*

- **urti non elastici**  
(anelastici)



# GAS PERFETTI

## LEGGI dei GAS PERFETTI

legge di Boyle :

$$t = \text{costante} \quad pV = \text{costante}$$

I<sup>a</sup> legge di Gay-Lussac:

$$p = \text{costante} \quad V_t = V_o(1 + \alpha t)$$

II<sup>a</sup> legge di Gay-Lussac:

$$V = \text{costante} \quad p_t = p_o(1 + \beta t)$$

$$\alpha = \beta = \frac{1}{273^\circ}$$

legge di Avogadro : gas 1 e gas 2

$$V_1 = V_2, \quad p_1 = p_2, \quad t_1 = t_2 \longrightarrow N_1 = N_2$$

# GAS PERFETTI

condizioni iniziali

$p_0$     $V_0$     $0^\circ\text{C}$



dopo un'isoterma

$p'$     $V$     $0^\circ\text{C}$

$$p_0 V_0 = p' V$$



dopo un'isocora  
(condizioni finali)

$p$     $V$     $t^\circ\text{C}$

$$p = p' (1 + \alpha t)$$

$$pV = p_0 V_0 (1 + \alpha t)$$

equazione di stato dei gas perfetti

## GAS PERFETTI

- legge di Avogadro : **grammolecola (mole)**  
 $n = 1 \text{ mole} \longrightarrow N_0 = 6.02 \cdot 10^{23} \text{ molecole}$
- u.m.a.  $^{12}\text{C} \longrightarrow 12.000 \text{ u.m.a.}$
- $p_0 = 1 \text{ atm} \longrightarrow V_0 (1 \text{ mole}) = 22.41 \text{ litri}$
- **NTP = condizioni normali di temperatura e pressione (1 atmosfera, 0°C)**

# GAS PERFETTI

- temperatura assoluta

$$T = t (^{\circ}\text{C}) + 273^{\circ}$$

$$V = V_0 \left(1 + \frac{t}{273^{\circ}}\right)$$

$$t = -273^{\circ}\text{C} \rightarrow V = 0$$

$$t < -273^{\circ}\text{C} \rightarrow V < 0 \text{ non reale}$$

$$t = -273^{\circ}\text{C}$$

**limite in natura**

T

$$pV = p_0 V_0 (1 + \alpha t) \rightarrow pV = p_0 V_0 \frac{273^{\circ} + t}{273^{\circ}}$$

## GAS PERFETTI

$$pV = \frac{p_0 V_0}{273^\circ} T = n R T$$

$$n = n^\circ \text{ moli}$$

**R** = costante dei gas perfetti

  $n = 1 \text{ mole}$

$$\begin{aligned} R &= \frac{p_0 V_0}{273^\circ} = \frac{1 \text{ atm } 22.4 \text{ l}}{273 \text{ K mole}} = \frac{0.082 \text{ l atm}}{\text{K mole}} = \\ &= \frac{10^5 \text{ Pa } 22.4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}{273 \text{ K mole}} = \frac{8.325 \text{ J}}{\text{K mole}} \end{aligned}$$

# GAS PERFETTI

miscuglio di gas perfetti  $p = p_1 + p_2 + p_3 + \dots$

$$p_1 = \frac{n_1}{V} RT, \quad p_2 = \frac{n_2}{V} RT, \quad p_3 = \frac{n_3}{V} RT, \quad \dots\dots\dots$$

legge di Dalton

$$n_{\text{totale}} = n = n_1 + n_2 + n_3 + \dots$$

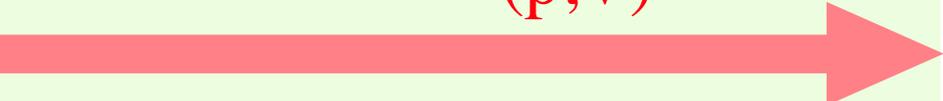
$$\begin{aligned} p &= p_1 + p_2 + p_3 + \dots = \\ &= \frac{(n_1 + n_2 + n_3 + \dots)}{V} RT = \frac{n}{V} RT \end{aligned}$$



# GAS REALI

- molecole occupano **volume proprio** (V)
- urti **elastici e non elastici**

gas reale ● condensazione (fase liquida)  
● solidificazione (fase solida)

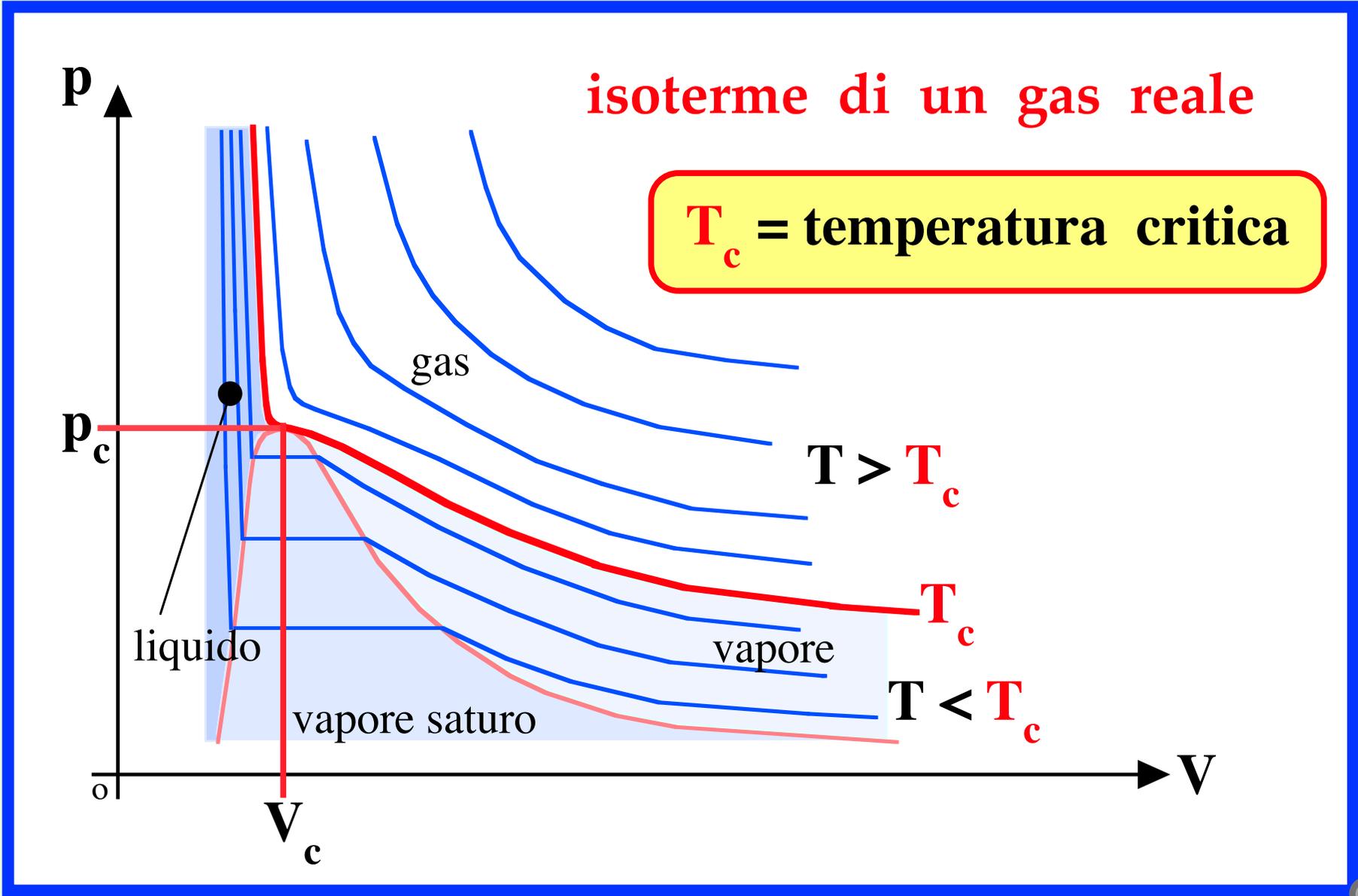
isoterme di un gas reale  (p,V)

$T > T_c$  gas **non** può in alcun modo passare alla fase liquida (causa agitazione termica)

$T_c$  = temperatura critica



# GAS REALI



# GAS REALI

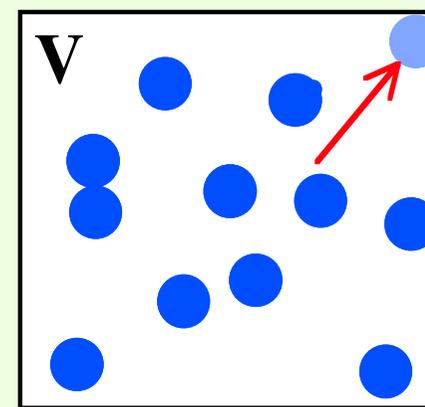
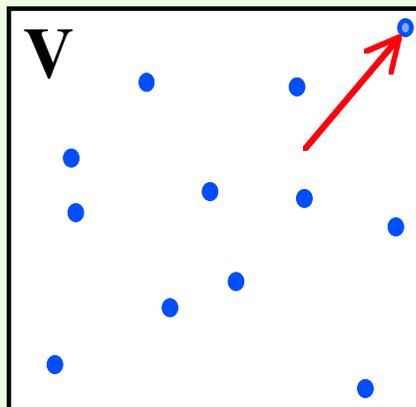
equazione di stato dei gas reali  
equazione di Van der Waals

$$(V - b_i) \left( p + \frac{a_i}{V^2} \right) = R T \quad n = 1 \text{ mole}$$

gas i-esimo

covolume  $- b_i$

gas perfetto  $\longrightarrow$  gas reale



volume disponibile singola molecola =  $V - b_i$

# GAS REALI

gas reale  $\equiv$  gas perfetto quando :

- a) temperatura  $t \gg T_c$
- b) lontano dalle condizioni di condensazione  
(bassa pressione e grandi volumi)

## gas fisiologici e di impiego medico

$T_c$

azoto	N <sub>2</sub>	- 147.1°C
ossigeno	O <sub>2</sub>	- 118.8°C
anidride carbonica	CO <sub>2</sub>	+ 31.3°C
acqua	H <sub>2</sub> O	+374.1°C
protossido d'azoto	N <sub>2</sub> O	+ 39.5°C

# GAS REALI

**ARIA :**

$\text{N}_2, \text{O}_2 \equiv$  gas perfetti a  $t = + 37^\circ\text{C}$

$\text{CO}_2 \approx$  gas perfetto a  $t = + 37^\circ\text{C}$   
(in aria presente in tracce )

$\text{H}_2\text{O}, \text{N}_2\text{O} \equiv$  **gas reali**



# GAS REALI

$\text{N}_2\text{O}$  = gas anestetico in bombole ad alta pressione  
(fase liquida + fase vapore saturo)

