

LEZIONE 7

Termodinamica. Gas perfetto.

Trasformazioni termodinamiche e primo principio. Cicli termodinamici.

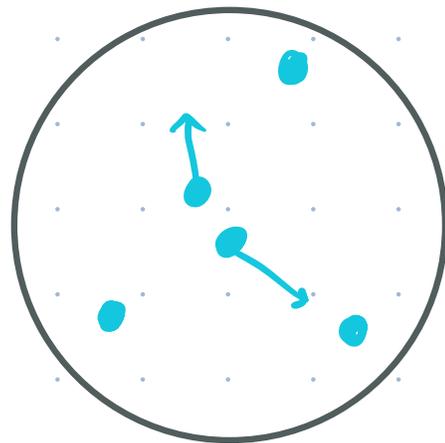
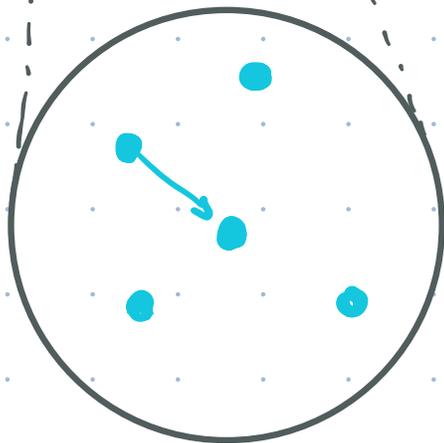
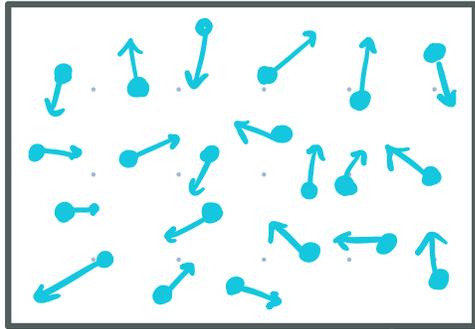
Materia nello stato gassoso.

Ma non guarderemo alle grandezze fisiche delle singole particelle che compongono il gas, bensì a grandezze macroscopiche, ovvero che interessano e sono misurabili sul sistema nel suo insieme.

- Nei solidi, atomi e molecole sono ordinati in strutture (simmetriche) spaziali: legami tra atomi e molecole sono forti
↳ forme definite, poca comprimibilità
- Nei liquidi, atomi e molecole hanno legami più deboli
↳ più libertà di movimento che nei solidi ma sono ancora mantenute l'una vicino all'altra
→ ancora poca comprimibilità

- Nei gas, i legami tra particelle sono molto deboli

↳ esse si muovono liberamente nello spazio, finché non urtano altre particelle oppure le pareti del contenitore



URTO!

Temperature

La temperatura di un sistema è associata al moto dei suoi costituenti :
moto di agitazione termica.

- energia cinetica media \Leftrightarrow temperatura
- Strumento di misura : termometro
- Zero assoluto : $0 \text{ K} = -273.15 \text{ }^\circ\text{C}$
 - Temperature minima raggiungibile da un qualsiasi sistema (teoricamente)
 - ↳ corrisponde alle quiete assolute.
 - ↳ in realtà impossibile da raggiungere, anche se ci si va vicino
- Scale Celsius : gradi centigradi
 - ↳ "0" è la temperatura a cui acqua ghiaccia a pressione atmosferica
 - ↳ "100" è la temperatura di ebollizione dell'acqua a pressione atmosferica
 - ↳ 1°C è la centesima parte di questo intervallo.

Legge dei gas ideali (o perfetti)

Per pressioni e temperature non estreme, le leggi che governano il comportamento

dei gas sono sostanzialmente indipendenti dal particolare gas.

Grandezze:

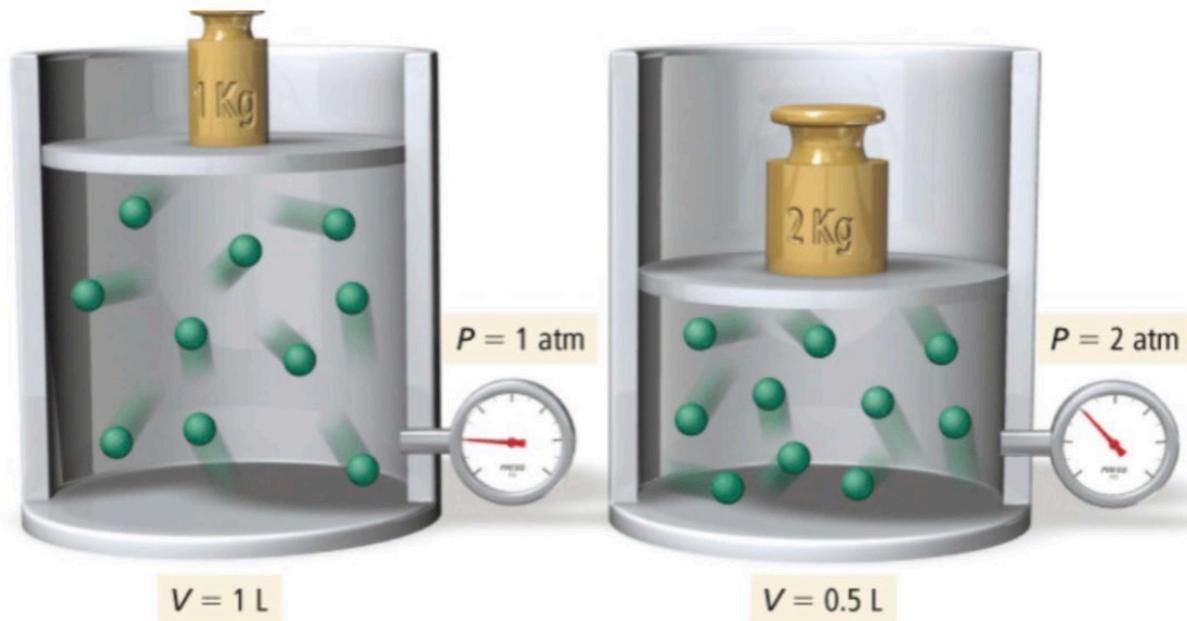
- estensive, ovvero additive: V, u, E
- intensive, ovvero non additive: ρ, P, T

Variabili termodinamiche: T, p, V

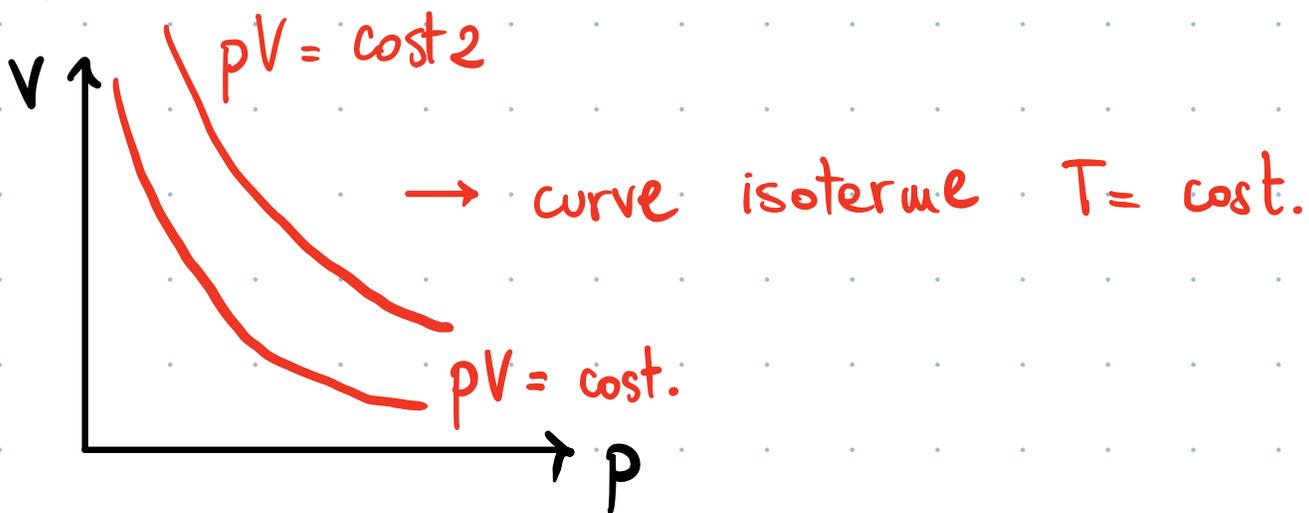
• Legge di Boyle $p \cdot V = \text{cost.} \Big|_{T = \text{cost.}}$

A Temperature costante, il prodotto di pressione e volume è costante.

• Gas come idrogeno, aria, elio a temperature ordinarie seguono la legge di Boyle con precisione $< 1\%$ fino a $p = 10 \text{ atm}$.



Se rappresentiamo queste leggi in un piano i cui assi sono pressione e volume (piano di Clapeyron), la curva $P \cdot V = \text{cost.}$ è una iperbole:



• Legge di Gay-Lussac (1^a)

$$p = \text{cost.} \quad \rightarrow \quad V_2 - V_1 = \beta V_1 (T_2 - T_1)$$

β : coeff. di espansione termica

$V_2 - V_1 = \Delta V$: variazione di volume

↳ La variazione di volume a pressione costante è proporzionale al volume iniziale ed alla variazione di temperatura.

• Considerando $T_1 = 0^\circ\text{C}$, $V_1 = V(p, 0^\circ\text{C})$

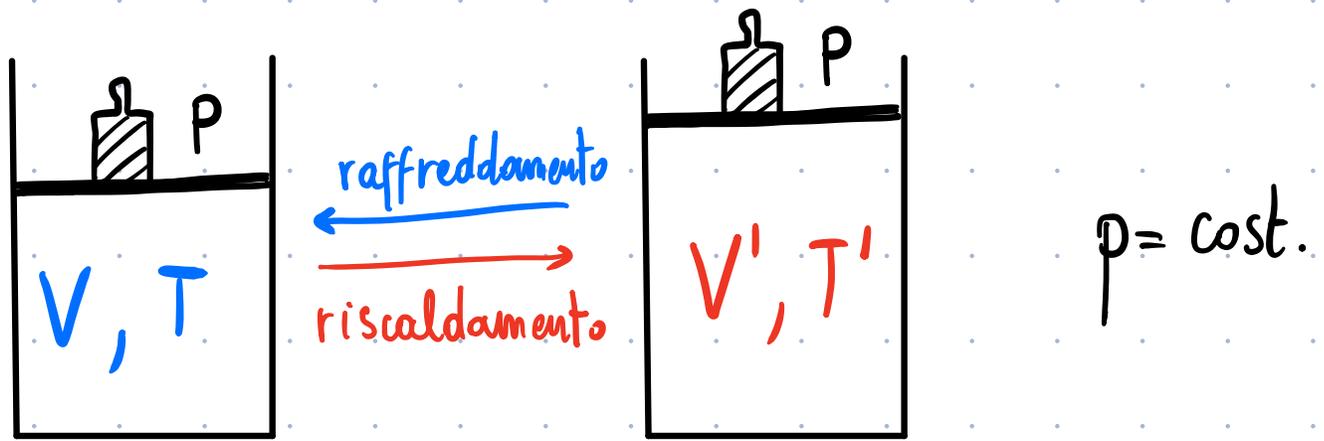
$$V = V_0 (1 + \beta T)$$

• β è circa uguale per tutti i gas

$$\beta = \frac{1}{273.15^\circ\text{C}}$$

↳ coeff. di espansione dei gas perfetti.

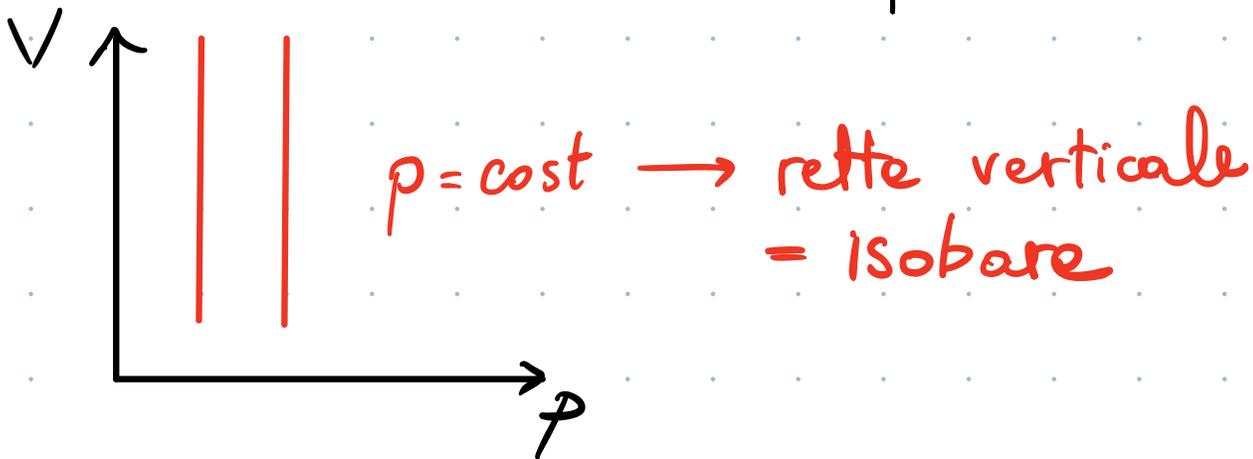
↳ se aumenta la temperatura a pressione costante, il volume deve aumentare



$$V' > V$$

$$T' > T$$

↳ Es: palloncino
scaldato, perché
P esterna è costante



Legge di Gay-Lussac (2°)

$$p_2 - p_1 = \beta p_1 (T_2 - T_1)$$

$$p_1 = p_0 (1 + \beta T) \quad \text{per } T_1 = 0^\circ\text{C}$$

• β è lo stesso coefficiente di espansione
termica $\beta = \frac{1}{273.15^\circ\text{C}}$



$$P' > P$$

$$T' > T$$

$$V = \text{cost.}$$

↳ curve isocora

Equazione di stato dei gas perfetti

↳ legge che lega tra di loro p, V, T

- Quantità di sostanze in un volume:
volumi uguali di gas contengono lo stesso numero di particelle in condizioni di uguale temperatura e pressione → principio di Avogadro

Es: raddoppiando il volume per $p, T = \text{cost.}$
si raddoppia il numero di particelle.

Abbiamo che:

(i) pressione inv. proporz. volume: $p \propto \frac{1}{V}$

(ii) volume e pressione sono dirett.
proporz. a temperatura: $p \propto T$, $V \propto T$

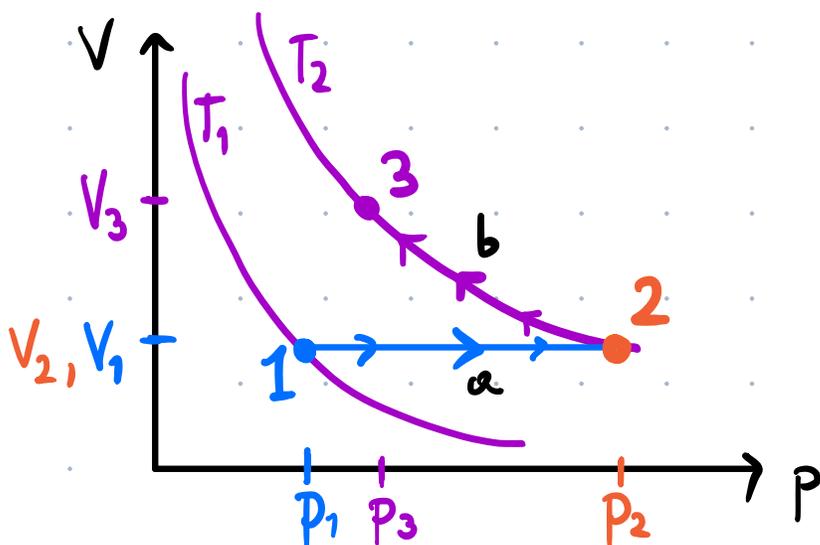
(iii) Volume è dirett. proporzionale alle
quantità di sostanze: $V \propto n$

$$p \cdot V = nRT$$

\hookrightarrow costante universale dei gas

$$R = 8.31 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 / \text{K}$$

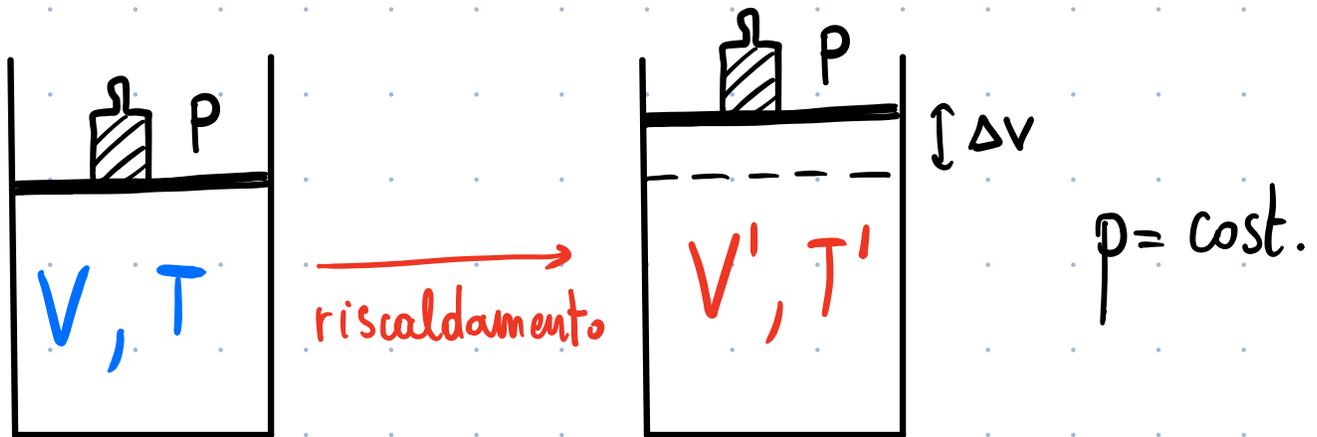
Trasformazione termodinamica



- Possiamo andare da uno stato 1 con p_1, V_1, T_1 ad uno stato 3 con p_3, V_3, T_3 passando attraverso uno stato 2 con p_2, V_2, T_2

↳ prima isocora (volume costante)
da 1 a 2, poi isoterma (temperatura
costante) da 2 a 3

Lavoro termodinamico



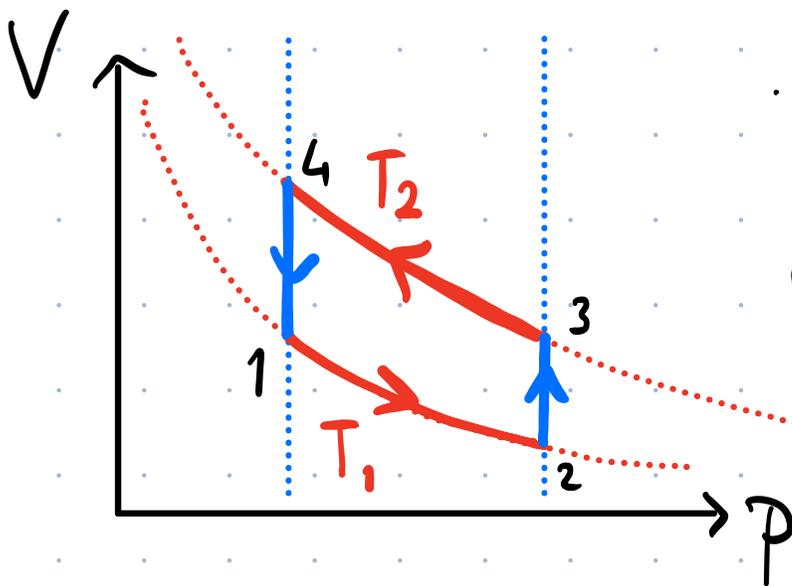
$$\underline{L} = F \cdot \Delta x = \frac{F}{A} \cdot \Delta x \cdot A = \underline{P \cdot \Delta V}$$

Lavoro proporzionale alle variaz. di volume.

→ Compressione: lavoro negativo, gas acquiste energia dall'ambiente. Espansione: viceversa.

→ Nelle trasform. isocore il lavoro è nullo.

Ciclo termodinamico



Sequenze di transf. termodinamiche che portano il sistema allo stato di partenza

Dopo un ciclo termodinamico, le proprietà del sistema sono le stesse che prima di eseguire il ciclo

→ proprietà dipendono solo da stato p, V, T

Primo principio della termodinamica

Legge di conservazione dell'energia

$$\Delta U = Q - L$$

variazione di energia interna

calore assorbito dall'ambiente

lavoro compiuto dal sistema

Es: corpo che scorre con attrito
su un piano

- $E_k = \frac{1}{2} M v^2$ (energia cinetica)

- F_e : forza di attrito lo porta a fermarsi

- Lavoro di F_e : $L_e = F_e \cdot s = -\frac{1}{2} M v^2$

- Riscaldamento del blocco e del piano
 $\Delta T > 0$

$$\rightarrow \Delta U = -L = \frac{1}{2} M v^2$$

- Se il corpo e il piano fossero stati a temperature diverse \rightarrow oltre e scambio di energia meccanica, anche passaggio di calore dal corpo piú caldo a quello piú freddo.

- Entalpia \neq energie interne

$$H = U + pV$$

$$\hookrightarrow \Delta H = Q + V \Delta p$$

- isocora $\Delta U = Q$
- isobara $\Delta H = Q$

$H = \text{entalpie}$
 $U = \text{energie interne}$

Calori specifici

$$C_p : \quad Q = n C_p \Delta T \quad (\text{per } p = \text{cost.})$$

$$C_v : \quad Q = n C_v \Delta T \quad (\text{per } V = \text{cost.})$$

$$C_p \neq C_v$$

cioè la quantità di energia (calore) necessaria per ottenere una certa variazione di temperatura ΔT dipende dalle trasformaz.