

**Gas perfetti**

# Termodinamica

---

- Gas perfetti
- Temperatura
- Calore

# Sistemi a molti corpi

---

- Sistemi a **molti corpi** ( $N \gg 1$ )
  - livello **microscopico**:  $\mathbf{r}(t)$  di *ogni singola* particella
    - ↳ soluzione di un **enorme** numero di equazioni accoppiate
  - livello **macroscopico**: studio del sistema nel suo insieme
    - ↳ evoluzione nel tempo di variabili *macroscopiche*


# Sistemi a molti corpi

---

- **Mole:** peso atomico in grammi
  - es. : 1 mol  $O_2$  = 32 g di  $O_2$  ( $A = 16$ )
  - es. : 1 mol Ar = 40 g di Ar ( $A = 40$ )
- 1 mole contiene

$6.022 \cdot 10^{23}$  particelle

Numero di Avogadro

  - es. : 1 ng ( $1 \cdot 10^{-9}$  g) di  $O_2$  =  $1.88 \cdot 10^{13}$  molecole di  $O_2$  
- Non è pensabile poterle seguire una a una

# Sistema termodinamico

---

- Porzione di **materia**
  - occupa una zona **ben definita** dello spazio
  - è **separata** da “**pareti**” dal resto dell'Universo
- Le “pareti” possono essere
  - **fisiche** (es. le pareti di un contenitore riempito di un fluido)
  - **ideali** (fin dove arriva l'influenza del sistema)
    - » es: il Sole  $\equiv$  sistema termodinamico che si estende fin dove arriva la sua influenza (gravitazionale, radiazione, ecc.)

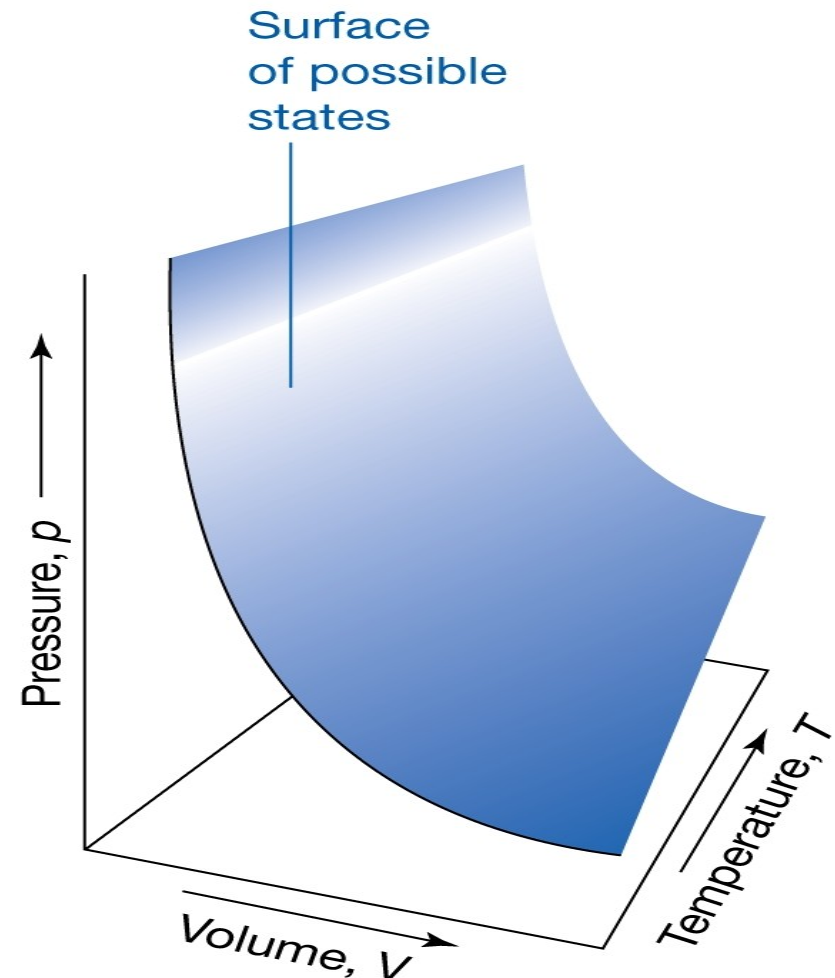
# Variabili termodinamiche

---

- **Stato** di un sistema: descritto da **variabili termodinamiche**
  - parametri macroscopici che descrivono lo stato del sistema
  - es.: per i gas:  $p$ ,  $V$ ,  $T$
- **Costanti** in  $t \Rightarrow$  sistema **in equilibrio**
- **Variazione** in  $t \Rightarrow$  **trasformazione**
- **Equazione di stato**:  $f(\text{variabili termodinamiche}) = 0$ 
  - per i gas:  $f(p, V, T) = 0$

# Equazione di stato

- Nel spazio  $p$ - $V$ - $T$  l'equazione di stato descrive una **superficie**
  - tutti gli stati possibili



# Gas perfetti

---

- Gas perfetti (o ideali)
  - le molecole vengono considerate puntiformi
  - le molecole non interagiscono fra loro
- Idealizzazione dei gas reali
  - sono senza attrito
  - sono comprimibili in un volume comunque piccolo
  - restano gas a qualunque temperatura



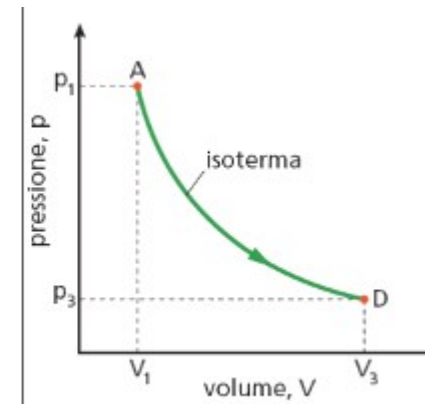
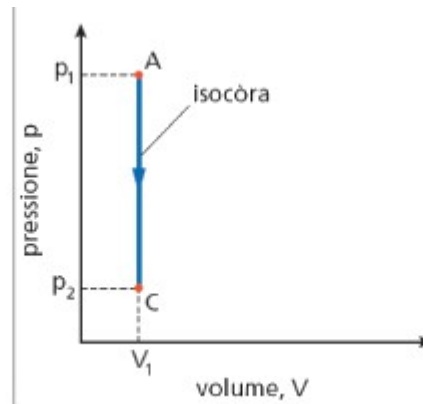
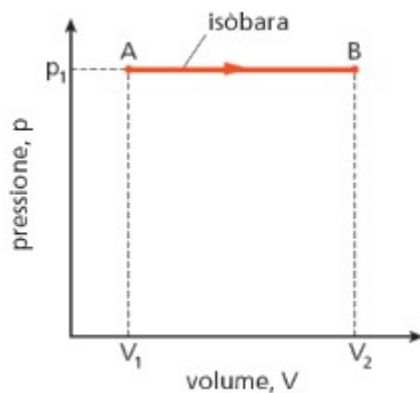
# Gas perfetti

---

- I gas perfetti **approssimano** i gas reali
  - $p$  basse,  $T$  alte
  - si trascurano dimensioni delle molecole e loro interazioni
- Moltissimi sistemi sono, in prima approssimazione, dei **gas ideali**
  - ad esempio il Sole

# Trasformazioni

- $T$  costante  $\rightarrow$  **isoterma**
- $V$  costante  $\rightarrow$  **isocora**
- $p$  costante  $\rightarrow$  **isobara**
- Rappresentazione 3D  $\Rightarrow$  rappresentazione 2D
  - **piano di Clapeyron**  $V$ - $p$



# Leggi dei gas perfetti

---

- I gas perfetti seguono **leggi** determinate *sperimentalmente*
- Legge di Avogadro  
volumi **uguali** di gas **diversi**, alla stessa temperatura e pressione, contengono lo **stesso** numero di molecole
- In particolare se  $n = 1$ ,  $p_0 = 1 \text{ atm}$  e  $T_0 = 0 \text{ °C}$

$$V_0 = 22.4 \text{ dm}^3$$

# Leggi dei gas perfetti

---

- Legge di Boyle

a **temperatura costante**, pressione e volume sono  
**inversamente** proporzionali

$$T = \text{cost} \quad \Rightarrow \quad p V = \text{cost}$$

# Leggi dei gas perfetti

---

- I legge di Gay-Lussac

a **volume costante**, la pressione è **direttamente** proporzionale alla temperatura

$$V = \text{cost} \Rightarrow p = p_0 \propto T$$

- II legge di Gay-Lussac

a **pressione costante**, il volume è **direttamente** proporzionale alla temperatura

$$p = \text{cost} \Rightarrow V = V_0 \propto T$$

# Leggi dei gas perfetti

---

- $T$ : temperatura assoluta
- $\alpha$  costante: coefficiente di dilatazione termica
  - praticamente la stessa per tutti i gas

$$\alpha = \frac{1}{273.15} K$$

# Temperatura

---

- Percezione basata su sensazioni fisiche
  - distinguiamo tra un *corpo caldo* ed un *corpo freddo*, anche se è una sensazione **non assoluta**
- **Equilibrio termico**: quando due corpi a *contatto termico* fra di loro cessano di avere uno scambio di energia
- Allora
  - due sistemi in equilibrio termico con un terzo sistema sono in equilibrio termico **tra di loro**

(Principio zero della Termodinamica)

# Temperatura

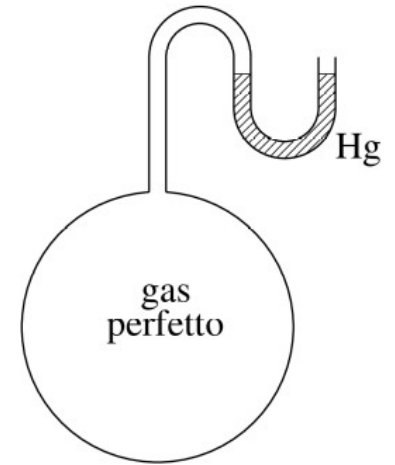
---

- **Temperatura**: grandezza fisica che descrive l'equilibrio termico
- Sperimentalmente si osserva che molte caratteristiche di un sistema (lunghezza, volume, resistenza elettrica, energia irradiata, ...) dipendono dallo **stato termico** del sistema
  - ➡ se ne può usare una per una *definizione operativa* della temperatura



# Temperatura

- Definizione operativa: **gas perfetto** rinchiuso in un contenitore
  - gas perfetto a **volume costante** → misura della **pressione** mediante manometro a mercurio
- Si mette **a contatto** il bulbo con due corpi
  - si misura l'**altezza** della colonnina di mercurio
  - se è **uguale** → *per definizione* hanno la **stessa** temperatura
  - altrimenti ha temperatura **maggiore** il corpo che fa salire **di più** la colonnina di mercurio
- Presi  $\geq 2$  sistemi → si crea una **scala di temperature**



# Scale di temperatura

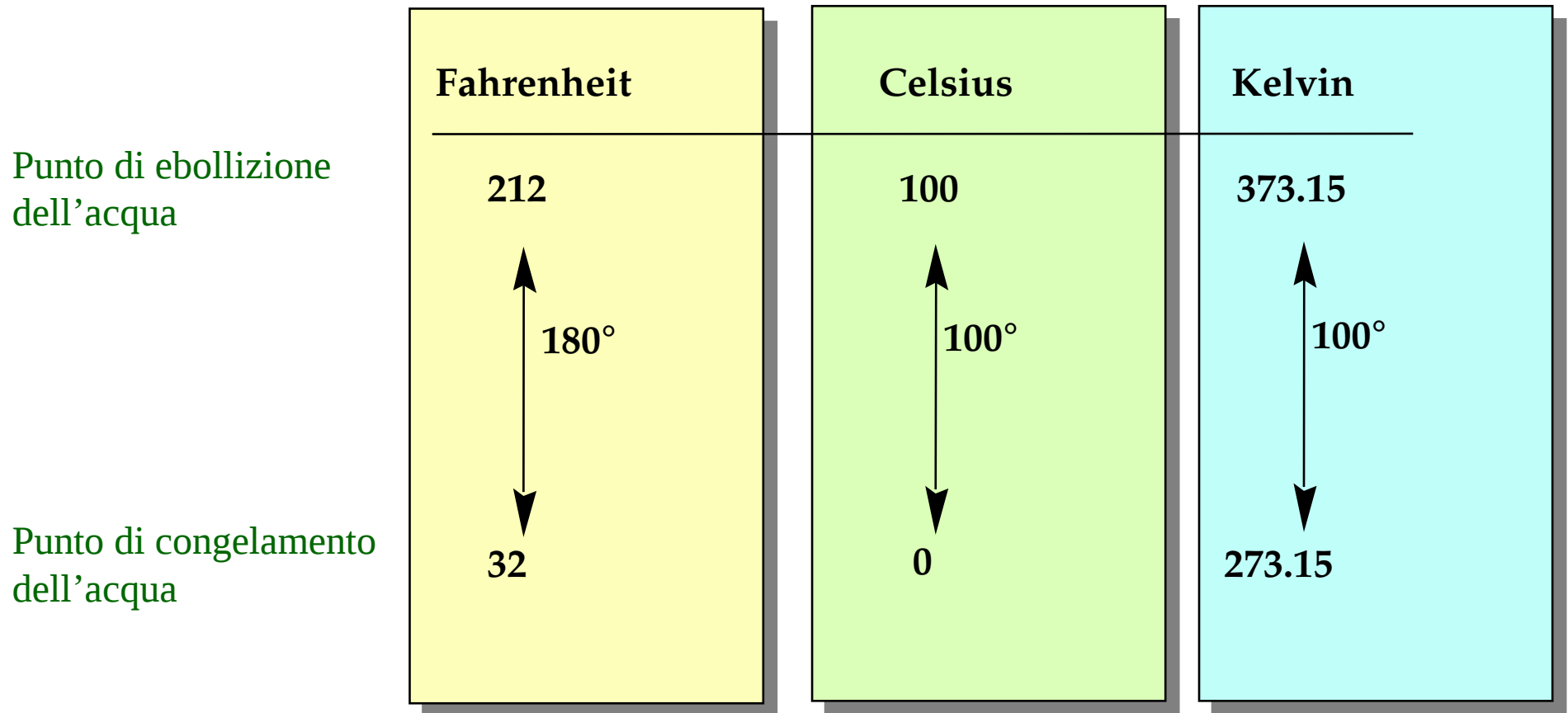
---

- Esistono diverse scale, tra cui
  - ghiaccio in fusione:  $0^\circ$ , acqua in ebollizione:  $100^\circ$ , 100 gradi  $\Rightarrow ^\circ\text{C}$
  - ghiaccio in fusione:  $0^\circ$ , acqua in ebollizione:  $80^\circ$ , 80 gradi  $\Rightarrow ^\circ\text{R}$
  - ghiaccio in fusione:  $32^\circ$ , acqua in ebollizione:  $212^\circ$ , 180 gradi  $\Rightarrow ^\circ\text{F}$

$$t_F = \frac{9}{5} t_C + 32$$

- Nel SI: grandezza **fondamentale**
  - $[T] = \text{K}$
  - $\Delta T_K = \Delta T_C$
  - $0 \text{ K} = -273.15 ^\circ\text{C}$
  - $T_K$  : *temperatura assoluta*

# Scale di temperatura



# Dilatazione di solidi e liquidi

---

- La maggior parte dei corpi **aumenta di volume** se **aumenta la temperatura**
  - come conseguenza dell'aumento dei *moti vibrazionali* degli atomi
    - » quando aumenta  $T$  gli atomi vibrano con ampiezze più grandi ed il solido si dilata
- Se l'aumento di volume è **piccolo** rispetto alle dimensioni iniziali, allora con buona approssimazione l'**aumento** in ogni dimensione è **lineare**

$$\Delta l = \lambda l \Delta T$$

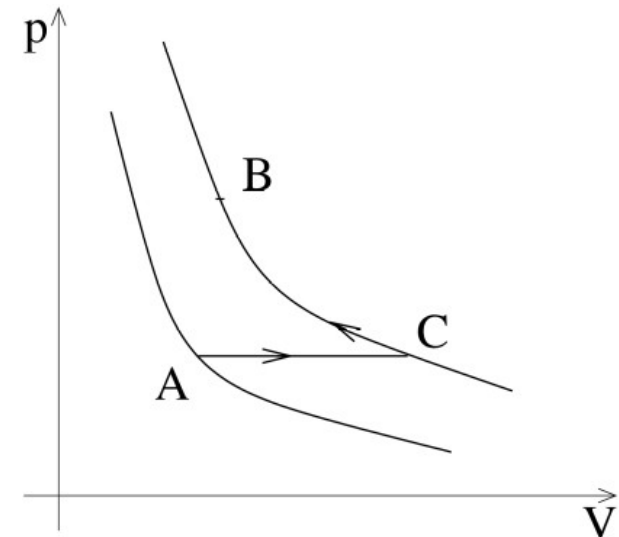
$\lambda$  **coefficiente di dilatazione lineare**

$$\Delta V = \omega V \Delta T$$

$\omega$  **coefficiente di dilatazione volumica**

# Equazione di stato dei gas perfetti

- Si faccia passare 1 mol di gas perfetto da uno stato  $A(p_0, V_0, T_0)$  ad uno stato  $B(p, V, T)$ 
  - $A(p_0, V_0, T_0) \rightarrow$  **isobara**  $\rightarrow C(p_0, V_C, T)$
  - $C(p_0, V_C, T) \rightarrow$  **isoterma**  $\rightarrow B(p, V, T)$



isobara  $\rightarrow V_C = V_0 \alpha T$

isoterma  $\rightarrow pV = p_C V_C = p_0 V_C = p_0 V_0 \alpha T$

# Equazione di stato dei gas perfetti

---

- Per la legge di Avogadro

$$p_0 V_0 \alpha = R \quad \rightarrow \quad R = 8.31 \text{ J/mol K}$$

Costante dei gas perfetti

$$pV = RT$$

- Per  $n$  moli

$$pV = nRT$$

Equazione di stato dei gas perfetti

# Equazione di stato dei gas perfetti

---

- Descrive il comportamento di un **gas perfetto** per una **generica trasformazione**
- Contiene in sè tutte le leggi “particolari”
  - se  $T = \text{cost} \Rightarrow pV = \text{cost} \leftarrow$  legge di Boyle
  - se  $V = \text{cost} \Rightarrow p = (nR/V)T \leftarrow$  I legge di Gay-Lussac
  - se  $p = \text{cost} \Rightarrow V = (nR/p)T \leftarrow$  II legge di Gay-Lussac