

Introduzione

Termodinamica macroscopica - richiami

- **Insufficienza della meccanica macroscopica**

attrito, calore → lavoro, scambi di calore, diffusione, ...

- **Equilibrio termodinamico**

equilibrio meccanico + termico + chimico
stati di equilibrio e di non equilibrio

- **Variabili di stato macroscopiche**

def. operativa: **p, V, ...** mutuate dalla meccanica
 T, U, S ... definite ad hoc

- **Principi della termodinamica**

0 transitività dell'equilibrio termico → def. di **T**

1 def. operativa di **U** e **Q**
 conservazione dell'energia nei sistemi isolati

2 irreversibilità dei processi naturali
 temperatura termodinamica assoluta
 def. operativa di **S**
 verso naturale dei processi, degrado dell'energia

3 irraggiungibilità dello zero assoluto - S assoluta

- **Proprietà delle sostanze**

equazioni di stato
funzioni risposta (calori specifici, compressibilità, etc.)

- **Processi termodinamici**

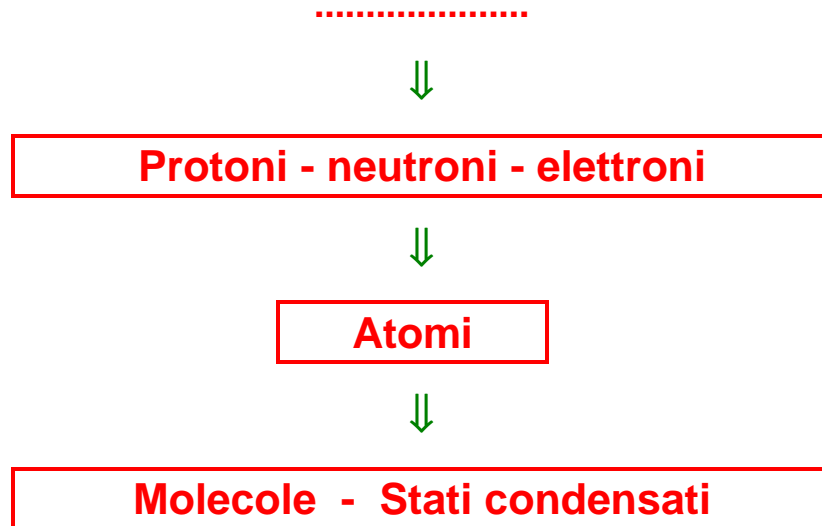
[equilibrio] → processo → **[equilibrio]**
scambi di energia tra sistemi
transizioni di fase
processi di mescolamento
reazioni chimiche

Interpretazione microscopica

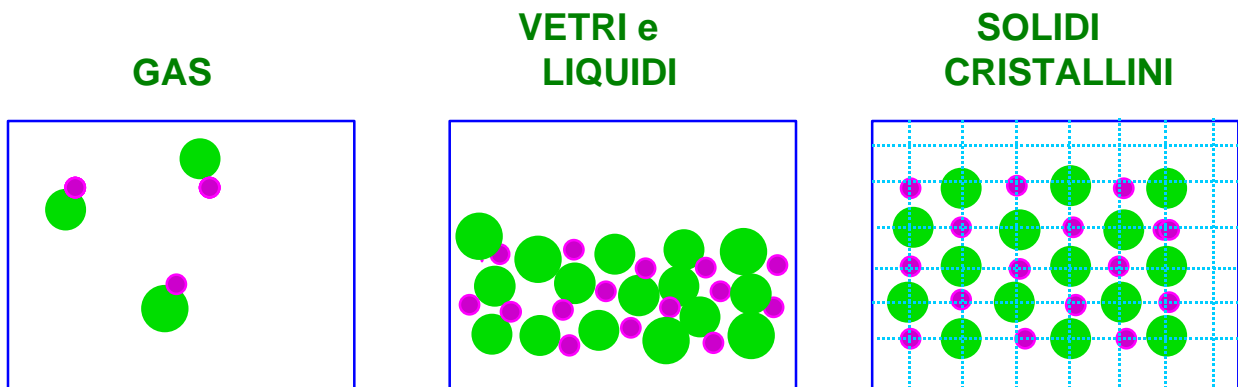
Struttura atomica \Rightarrow termodinamica statistica

- **Significato microscopico di
EQUILIBRIO TERMODINAMICO**
- **Interpretazione delle
GRANDEZZE DI STATO T, U, S**
- **Deduzione dei
PRINCIPI DELLA TERMODINAMICA
a partire da:
principi della meccanica
leggi della statistica**
- **Giustificazione microscopica delle
PROPRIETA' DELLE SOSTANZE**
- **Descrizione microscopica dei
PROCESSI TERMODINAMICI
(anche fuori equilibrio)**

Struttura microscopica della materia



Stati di aggregazione della materia



Il moto di “agitazione termica”

**Le proprietà termodinamiche della materia
sono legate ai
MOVIMENTI ATOMICI**

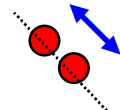
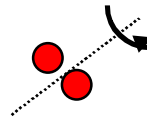
- **Gas mono-atomici**

traslazioni



- **Gas molecolari**

traslazioni
rotazioni
vibrazioni

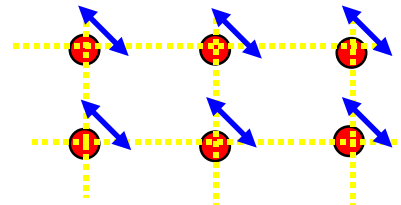


- **Liquidi e vetri**

traslazioni + rotazioni + vibrazioni

- **Solidi cristallini**

vibrazioni reticolari



⇒ **Studio della dinamica microscopica**

**Forze di interazione tra atomi
Energia cinetica e potenziale**

Oltre all' agitazione termica

- a basse temperature: proprietà magnetiche
- termodinamica della radiazione elettromagnetica

.....

Dinamica microscopica

- Interazione tra atomi e molecole

ATTRAZIONE a grandi distanze

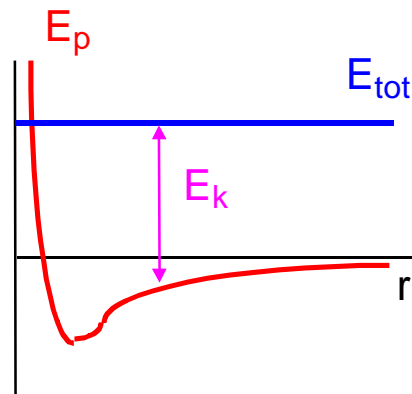
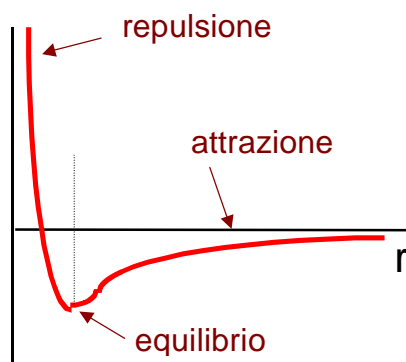


REPULSIONE a piccole distanze



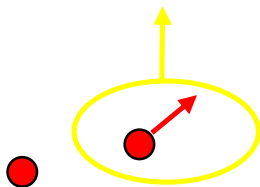
- Energia potenziale d'interazione
pendenza del grafico → forza

$E_p(i,j)$

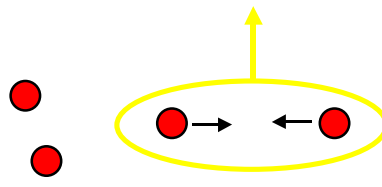


- Energia totale di un sistema termodinamico
(relativa al suo CM)

$$U = \sum E_k(i) + \sum E_p(i,j) + \sum E_{str}$$



Energia
cinetica



Energia pot.
d'interazione



Energia della
struttura interna

Grandi numeri

- **Un esempio**

<u>1 cm³ di aria:</u>	2.7×10^{19} molecole	
	5×10^9	urti/secondo per molecola
	500 m/s	velocità media
	10^{-7} m	libero cammino medio

- **Un confronto interessante**

6×10^9 = popolazione mondiale
 molecole di aria in un cubo di lato $6 \mu\text{m}$

- **Il numero di Avogadro**

$$N_A \approx 6 \times 10^{23}$$

numero di atomi in 12 g di Carbonio 12
 22.4 litri di gas (@ 300 K, 1bar)

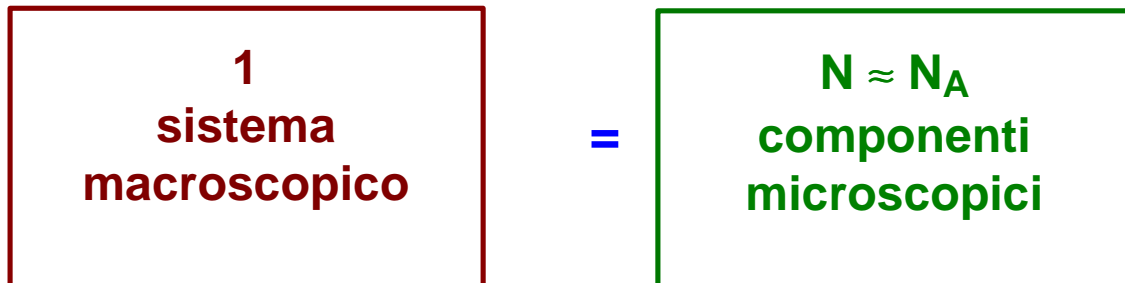


1 mole

$$N_A \approx 6.0221367 \times 10^{23} \quad [\pm 0.59 \text{ ppm}]$$

± 36

Micro → macro: il metodo



- Descrizione dinamica completa

(N equazioni del moto + condizioni iniziali)

IMPOSSIBILE (e comunque INUTILE !)

- Descrizione statistica

☛ singola particella

⇒ casualità dei parametri

☛ N particelle (N molto grande)

⇒ valori medi e distribuzioni stabili



Grandezze termodinamiche

Confronto micro - macro

	Termodinamica classica	Termodinamica statistica
Grandezze di stato	Def. operativa	Media di proprietà microscopiche
Principi	Postulati	Dedotti
Strumenti	Sperimentali Matematici (calcolo differ.)	Prevalentemente matematici (probabilità, statistica)
Vantaggi	Semplicità formale Applicaz. tecniche	Intuitiva Derivaz. eq. di stato
Svantaggi	Poco intuitiva	Complessità formale