

# Stati dinamici e stati termodinamici di un sistema

in dinamica :



stato di un sistema



conoscenza delle equazioni  
vettoriali del moto di ciascuno  
dei punti costituenti il sistema



conoscenza dei microstati



per un gas conoscenza della posizione,  
velocità ed accelerazione di tutte  
le molecole del gas

in termodinamica :



stato di un sistema



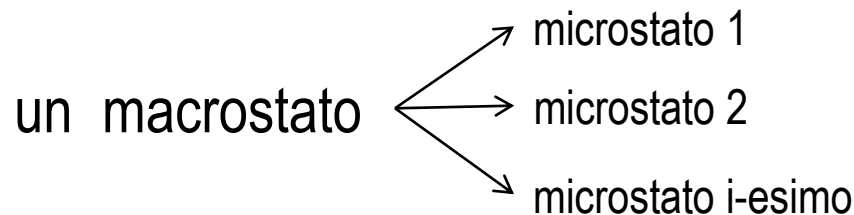
conoscenza di alcune  
variabili globali del  
sistema termodinamico



conoscenza dei macrostati



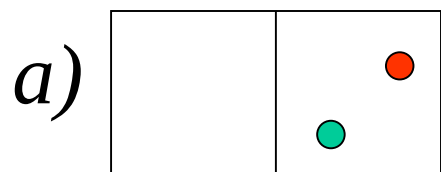
per un gas conoscenza della pressione  
temperatura e volume del gas



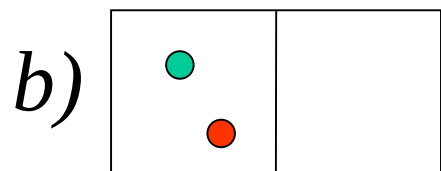
# Entropia e probabilit  termodinamica

in generale uno stato macroscopico corrisponde a molti stati dinamici microscopici

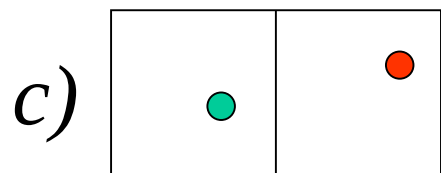
siano date due sole particelle, *distinguibili*, tra loro collocate in due scatole uguali



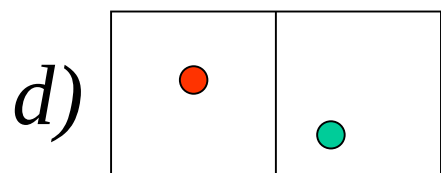
in totale vi sono quattro possibili configurazioni diverse



le particelle sono *distinguibili* quindi

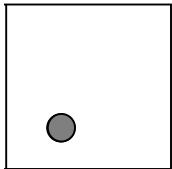
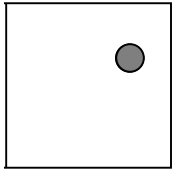
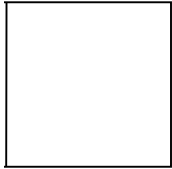
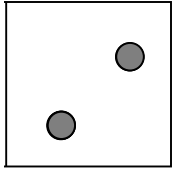


gli stati *c)* e *d)* sono diversi tra loro,



le quattro possibili configurazioni costituiscono

i “*micro stati*” accessibili al sistema



ma se fossimo interessati a sapere solamente in quanti modi possibili si possono avere 0, 1 o 2 particelle nella scatola di destra, *indipendentemente* dal loro colore ( o equivalentemente in quella di sinistra ) si avrebbe

| <i>destra</i> | $N$ |
|---------------|-----|
| 2             | 1   |
| 1             | 2   |
| 0             | 1   |

i possibili stati della tabella costituiscono i cosiddetti “*macro stati*” del sistema

mentre gli  $N_i$  sono detti “*numeri di occupazione*” dei macrostati

ripetendo il conto con  $n = 6$  si avrebbero 64 diverse configurazioni da

disegnare ma il problema si riduce a conteggiare il numero di combinazioni

distinte di  $N$  oggetti a  $k$  a  $k$  perciò conviene usare

la formula matematica: 
$$N \equiv \binom{n}{k} = \frac{n!}{k!(n-k)!}$$

dove  $n! = n \cdot (n-1) \cdot (n-2) \cdots 3 \cdot 2 \cdot 1$

e dove  $0! = 1$  e  $1! = 1$

ad es. con  $n = 6$  si avrebbe la seguente tabella :

| <i>Sinistra</i> | <i>Destra</i> | $N$ |
|-----------------|---------------|-----|
| 0               | 6             | 1   |
| 1               | 5             | 6   |
| 2               | 4             | 15  |
| 3               | 3             | 20  |
| 4               | 2             | 15  |
| 5               | 1             | 6   |
| 6               | 0             | 1   |

$$\sum N_i = 64$$

da notare come il numero totale di *micro stati* sia 64

mentre il numero  $i$  dei *macro stati*

e dei numeri di occupazione dei macrostati,  $N_i$

sia limitato a 7

il numero  $N_i$  di macro stati disponibili ad un sistema *normalizzato*

al numero totale di stati possibili e' detto “ *probabilita' termodinamica* ”  $\Omega_i$

| <i>Sinistra</i> | <i>Destra</i> | $N$ | $\Omega_i$               |
|-----------------|---------------|-----|--------------------------|
| 0               | 6             | 1   | $1/64 = \mathbf{0.016}$  |
| 1               | 5             | 6   | $6/64 = \mathbf{0.094}$  |
| 2               | 4             | 15  | $15/64 = \mathbf{0.234}$ |
| 3               | 3             | 20  | $20/64 = \mathbf{0.313}$ |
| 4               | 2             | 15  | $15/64 = \mathbf{0.234}$ |
| 5               | 1             | 6   | $6/64 = \mathbf{0.094}$  |
| 6               | 0             | 1   | $1/64 = \mathbf{0.016}$  |

$$\sum N_i = 64$$

$$\Omega_i = \frac{N_i}{\sum N_i}$$

← lo stato in cui le particelle sono **equipartite** e' quello che si presenta piu' di frequente e dunque e' il piu' probabile

Principio di equipartizione :

lo stato piu' probabile corrisponde all' *equipartizione*

# Entropia e probabilita' termodinamica

in meccanica statistica si perviene alla relazione :

$$S = k \ln \Omega + cost$$

equazione di Boltzmann

$k$  e' la costante di Boltzmann

# Entropia e disordine

e' piu' probabile uno stato termodinamico macroscopico cui compete il *maggior* numero possibile di stati dinamici microscopici

allo stato equiripartito compete la massima probabilita' termodinamica  $\Omega$   
e dato che  $S \propto k \ln \Omega$  anche la massima entropia  $S$

ma lo stato equiripartito e' anche lo stato piu' "*disordinato*"

→ entropia e disordine



# Backup Slides