

I GAS : LA LEGGE DI BOYLE

LO STATO GASSOSO

Lo stato gassoso ideale è uno stato della materia in cui atomi o molecole sono ritenute puntiformi e non sono sottoposte a forze di attrazione o di repulsione di alcun genere. Se i gas si trovano in uno stato tale da essere lontani dalla liquefazione e siano sufficientemente rarefatti, essi tendono a comportarsi quasi tutti allo stesso modo, indipendentemente dalla natura del gas. Questo ha permesso di considerare un gas "perfetto" se si trova in condizioni di bassa pressione ed alta temperatura. In un gas perfetto, le forze interatomiche o intermolecolari tra le singole particelle di una sostanza gassosa sono così piccole che non c'è più un'effettiva coesione per cui gli atomi o le molecole del gas sono liberi di muoversi con una certa velocità ed in forma caotica e ne consegue che le particelle atomiche o molecolari del gas si urtano continuamente l'una con l'altra. Il gas, quindi, non ha un volume proprio definito ma tende ad occupare tutto lo spazio del recipiente in cui è contenuto e assume la forma del contenitore. Quando studiamo i **gas dobbiamo considerare** :

1. **la pressione**
2. **la temperatura**
3. **la massa**
4. **il volume**
5. numero di moli

in quanto queste proprietà sono in relazione tra loro e determinano lo stato del gas.

LA PRESSIONE DI UN GAS

Consideriamo un gas ideale cioè un gas costituito da particelle puntiformi e che tra esse non vi siano attrazioni o repulsioni (gas ideale). Esse si muovono caoticamente con una certa velocità cioè possiedono una quantità di moto data da $MASSA \times VELOCITA' = mV$.

Quando le molecole di gas si scontrano con le pareti di un contenitore, come mostrato a sinistra della figura, le molecole producono una forza perpendicolare alla parete. La somma delle forze che tutte le molecole esercitano sulla superficie della parete è definita **PRESSIONE**. Matematicamente

$$\text{PRESSIONE} = P = \frac{F}{S}$$

Assumendo che le collisioni molecole-parete siano elastiche, cioè che dopo l'urto sia conservata la quantità di moto, la velocità V delle 1,2,3...N molecole di gas lungo un solo asse (ad es. l'asse x) è data da:

$$V_x = v_{1x} + v_{2x} + v_{3x} + \dots + v_{Nx}$$

supponiamo che sia L la distanza tra 2 pareti quindi la variazione del momento mv che indichiamo con P sarà $\Delta p = 2 mV_x$

se Δt è il tempo impiegato dalle N molecole per collidere con due pareti allora $F \Delta t = 2mV_x$

essendo $\Delta t = 2L / V_x$ sostituendo avremo:

$$F = 2mV_x 2LV_x$$

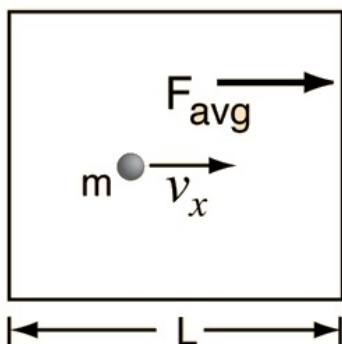
per cui

$$F = mv^2L$$

ricordando che $V_x = V_{1x} + V_{2x} \dots V_{Nx}$

$$F = mNV_x^2 / L$$

la velocità che qui appare è la media del quadrato delle velocità da non confondere con la velocità quadratica media delle molecole.



$$F_{average} = \frac{mN\overline{v_x^2}}{L}$$

$$\overline{v^2} = \overline{v_x^2} + \overline{v_y^2} + \overline{v_z^2} = 3\overline{v_x^2}$$

$$P = \frac{F_{avg}}{A} = \frac{mN\overline{v_x^2}}{3LA} = \frac{mN\overline{v^2}}{3V} = \frac{N}{3V} m\overline{v^2}$$

che in termini di Energia cinetica media è :

$$P = \frac{2N}{3V} \left[\overline{\frac{1}{2}mv^2} \right]$$

$$PV = NmV_x^2$$

dove V_x è la media delle velocità delle molecole.

cioè $3PV = NmV_x^2$ se dividiamo ambedue i membri per 2 si ha

$$3/2 PV = NmV_x^2$$

e ricordando che $E_{cin} = 1/2 mV^2$ si può scrivere

$$3/2 PV = N E_{cin}$$

sapendo inoltre che $PV = NkT$ allora $3/2 NkT = N E_{cin}$ da cui

$$E_{cin} = 3/2 kT$$

k è la costante di Boltzman e T la temperatura assoluta.

Bisogna però mettere in evidenza che questo risultato è valido solo per i gas monoatomici.

LA LEGGE DI BOYLE (A t =K)

Un'osservazione attenta mostra che **Pressione e Volume** sono correlate l'una all'altra ed i valori di queste proprietà determinano lo stato del gas. A metà del 1600, Robert Boyle studiò la relazione tra la pressione p e il volume V di un gas in un recipiente mantenuto ad una temperatura costante. L'osservazione che fece Boyle è che in un recipiente di volume V che contiene un gas ad una pressione P, se si raddoppia la pressione il volume diminuisce

sino a divenire la metà, se la pressione diventa 3 volte quella iniziale il Volume diminuisce e diviene 1/3 di quello iniziale.

La figura mostra che quando la pressione è 1 atm il volume del gas è 4 litri e quando la pressione è 1,33 il volume diventa 3 litri se la pressione è $P=2$ allora $V=2$ se la pressione è 3 allora $V=1,33$. Se in questo esempio si moltiplicano tra loro P e V si ottiene sempre lo stesso valore 4, infatti $1 \times 4 = 4$ $1,33 \times 3 = 3,999=4$ $2 \times 2 = 4$ $3 \times 1,33 = 4$. Si può generalizzare dicendo che il prodotto $PV=K$ che è la forma generale della legge di Boyle che si può anche scrivere $P = k/V$ cioè la pressione è inversamente proporzionale al volume e viceversa.

Se rappresentiamo in un grafico la P sulle ordinate ed il volume sulle ascisse otteniamo un'iperbole

La figura successiva mostra l'animazione di ciò che avviene comprimendo un gas (comprimere significa aumentare la pressione):

LA PRESSIONE ED IL VOLUME DI UN GAS IN DUE CONDIZIONI DIVERSE

Se consideriamo un gas a $T=k$ con pressione P_1 e volume V_1 avremo $P_1 \times V_1 = K$ e se modifichiamo la pressione da P_1 a P_2 dovremo avere $P_2 \times V_2 = K$

e quindi possiamo scrivere

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

da cui è possibile ottenere il nuovo volume occupato dal gas alla pressione P_2 infatti

$$P_2 = P_1 V_1 / P_2$$

Conoscendo 3 dei parametri è quindi possibile ottenere il quarto.

FACCIAMO UN ESEMPIO::

Un gas si trova alla pressione di 2,5 atmosfere ed occupa un volume di 2 litri. Quale sarà la pressione se il volume diviene 1,5 litri?

quindi $P_1 = 2,5 \text{ atm}$ $V_1 = 2,5 \text{ litri}$ $P_2 = ?$ $V_2 = 1,5$ pertanto

essendo $P_1 V_1 = P_2 V_2$ allora $P_2 = P_1 V_1 / V_2$ $P_2 = 2,5 \times 2 / 1,5 = 3,3 \text{ atm}$