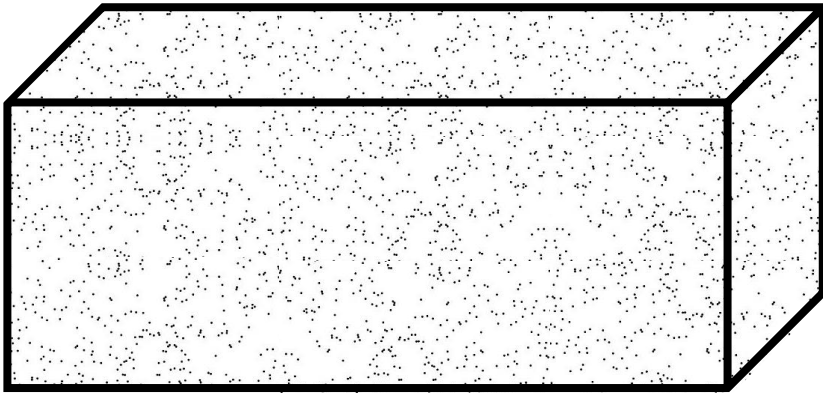


Fisica Generale 1

Termodinamica

Teoria Cinetica dei Gas

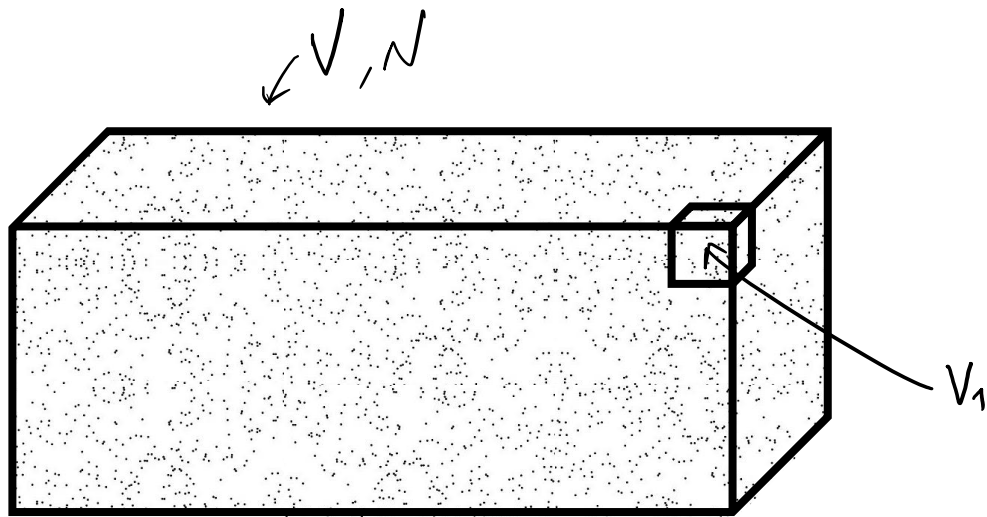
Interpretazione microscopica della PRESSIONE



- 1) probabilità che una molecola urti la parete
- 2) Forza molecole $\leftrightarrow$ parete

Teoria Cinetica dei Gas

Interpretazione microscopica della PRESSIONE



V N omogeneo

* quante molecole trovo nel volume V_1 ?

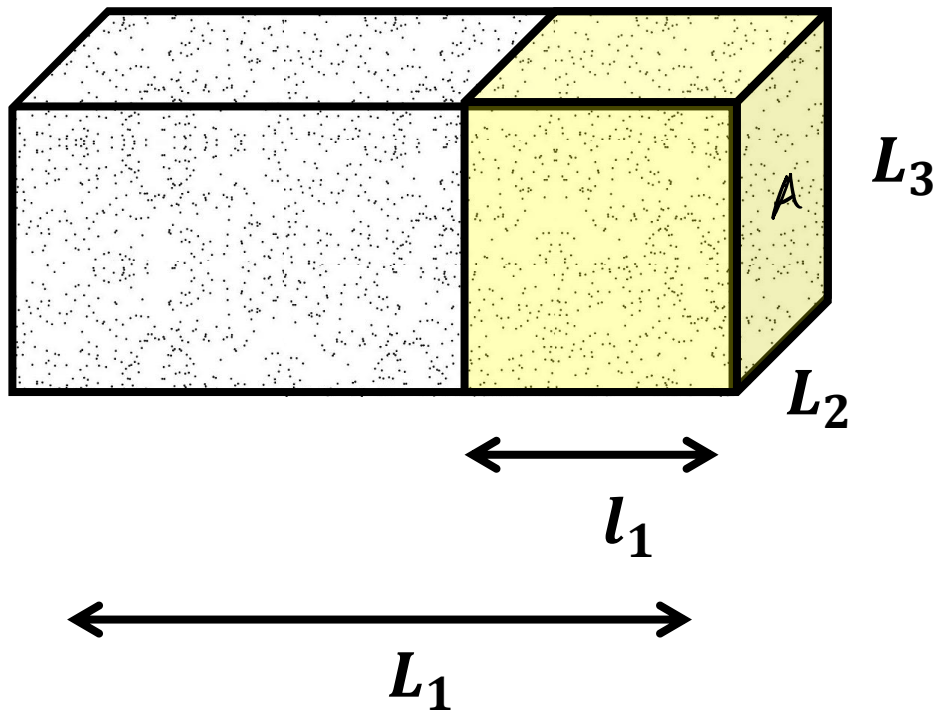
$$N_1 = \frac{V_1 \cdot N}{V}$$

* qual è la probabilità che una molecola si trovi nel volume V_1 ?

$$P = \frac{N_1}{N} = \frac{V_1}{V}$$

Teoria Cinetica dei Gas

Interpretazione microscopica della PRESSIONE

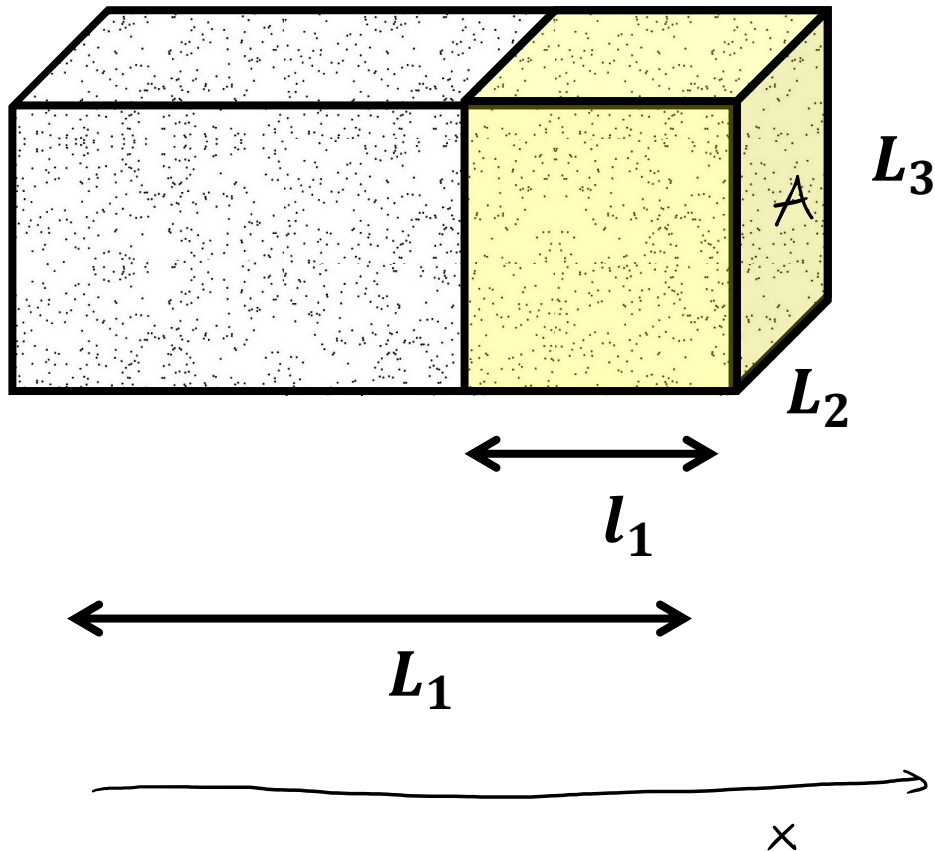


★ qual è la prob. che una molecola si trovi a distanza l_1 dalla parete A?

$$P = \frac{V_1}{V} = \frac{l_1 \cdot \cancel{L_2} \cdot \cancel{L_3}}{L_1 \cdot \cancel{L_2} \cdot \cancel{L_3}} = \frac{l_1}{L_1}$$

Teoria Cinetica dei Gas

Interpretazione microscopica della PRESSIONE



* qual è la prob. che una molecola di velocità v_x urti la parete in un intervallo di tempo Δt ?

$$P = \frac{l_1}{L_1} \rightarrow \frac{1}{2} \frac{v_x \Delta t}{L_1}$$

Teoria Cinetica dei Gas

Interpretazione microscopica della PRESSIONE

2) $(\bar{F})$

teor. impulso

$$\rightarrow \vec{J} = \int \vec{F} dt \underset{\substack{\uparrow \\ \vec{F} \text{ costante}}}{=} \vec{F} \Delta t$$

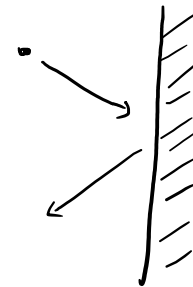
$$\rightarrow \vec{J} = \Delta \vec{p}$$

$$J_x = m(-v_x^{(i)}) - m v_x^{(i)} = -2m v_x^{(i)}$$

$$J_x = 2m v_x^{(i)}$$

molecola $\rightarrow$ parete

parete $\rightarrow$ molecola



iniziale

$$v_x^{(i)} = -v_x^{(f)}$$

Teoria Cinetica dei Gas

Interpretazione microscopica della PRESSIONE

$$P_i \cdot J_{ix} = \underbrace{\frac{1}{L_1} v_{ix} \Delta t}_{P_i (1)} \cdot \underbrace{m v_{ix}}_{J_{ix} (2)} = \frac{m v_{ix}^2 \Delta t}{L_1} = \langle J_{ix} \rangle$$

$\uparrow$
i-esima
molecola

$$\langle J_x \rangle = \sum_{i=1}^N \frac{m v_{ix}^2 \Delta t}{L_1} = \frac{m \Delta t}{L_1} \sum_{i=1}^N v_{ix}^2$$

$$\langle F_x \rangle = \frac{\langle J_x \rangle}{\Delta t} = \frac{m \Delta t}{L_1} \sum_{i=1}^N v_{ix}^2 \cdot \frac{1}{\Delta t} = \frac{m}{L_1} \sum_{i=1}^N v_{ix}^2$$

$$p = \frac{F}{A} = \frac{m}{L_1 \cdot L_2 \cdot L_3} \sum_{i=1}^N v_{ix}^2 \rightarrow pV = \frac{m}{N} \left(\sum_{i=1}^N v_{ix}^2 \right) \cdot N$$

$\underbrace{L_1 \cdot L_2 \cdot L_3}_V$

$$\langle v_x^2 \rangle + \langle v_y^2 \rangle + \langle v_z^2 \rangle = \langle v^2 \rangle$$

$$\downarrow \qquad \qquad \qquad \uparrow$$

$$\langle (v_x^2 + v_y^2 + v_z^2) \rangle$$

$$3 \langle v_x^2 \rangle = \langle v^2 \rangle$$

$$pV = Nm \frac{\langle v^2 \rangle}{3}$$

$$\langle v_x^2 \rangle = \langle v_y^2 \rangle = \langle v_z^2 \rangle$$

Teoria Cinetica dei Gas

Interpretazione microscopica della PRESSIONE

$$pV = \frac{Nm\langle v^2 \rangle}{3}$$

$$pV = nRT$$



Teoria Cinetica dei Gas

Interpretazione microscopica della TEMPERATURA

GAS PERFETTO MONOATOMICO

He

~~$N/2$~~ ~~$Q/2$~~

$U \leftrightarrow$ energia cinetica

$$U = \sum_{i=1}^N \frac{1}{2} m v_i^2 = \frac{1}{2} m N \left(\frac{\sum_{i=1}^N v_i^2}{N} \right) = \frac{N}{2} m \langle v^2 \rangle$$

$$\langle K \rangle = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{1}{2} m v_i^2 = \frac{1}{2} m \left(\frac{\sum_{i=1}^N v_i^2}{N} \right) = \frac{1}{2} m \langle v^2 \rangle$$

$$U = N \langle K \rangle$$

Teoria Cinetica dei Gas

Interpretazione microscopica della TEMPERATURA

$$U = N \langle k \rangle = \frac{1}{2} \boxed{N m \langle v^2 \rangle}$$

$$pV = \boxed{\frac{N \cdot m \langle v^2 \rangle}{3}}$$

$$\boxed{U = \frac{3}{2} pV}$$

$$pV = nRT$$

$$\boxed{U = \frac{3}{2} nRT}$$

$$\langle k \rangle = \frac{U}{N} = \frac{1}{N} \cdot \frac{3}{2} nRT = \frac{3}{2} \underbrace{\left(\frac{n}{N} \right)}_{\frac{1}{N_A}} RT = \frac{3}{2} \underbrace{\left(\frac{R}{N_A} \right)}_{k_B}, \quad T = \frac{2}{3} k_B T$$

$k_B = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$

Teoria Cinetica dei Gas

Interpretazione microscopica della TEMPERATURA



Teoria Cinetica dei Gas

Interpretazione microscopica della TEMPERATURA



Teoria Cinetica dei Gas

Interpretazione microscopica della TEMPERATURA



Teoria Cinetica dei Gas

Interpretazione microscopica della TEMPERATURA

$$T \leftrightarrow \langle K \rangle$$

$T \rightarrow 0K$ atomi si fermano

Def. VELOCITA' QUADRATICA MEDIA

$$v_{qm} = \sqrt{\langle v^2 \rangle}$$

$$\langle K \rangle = \frac{1}{2} m v_{qm}^2$$

Teoria Cinetica dei Gas

Equipartizione dell'Energia

$$\star \quad \langle K \rangle = \frac{3}{2} K_B T$$

equivalenza delle
direzioni spaziali

$$\langle v_x^2 \rangle = \langle v_y^2 \rangle = \langle v_z^2 \rangle = \frac{1}{3} \langle v^2 \rangle$$

↑

$$\star \quad \langle K \rangle = \frac{1}{2} m \langle v^2 \rangle = \frac{1}{2} m \left[\underbrace{\langle v_x^2 \rangle}_{=} + \underbrace{\langle v_y^2 \rangle}_{=} + \langle v_z^2 \rangle \right]$$

$$= \frac{1}{2} m \cdot 3 \langle v_x^2 \rangle$$

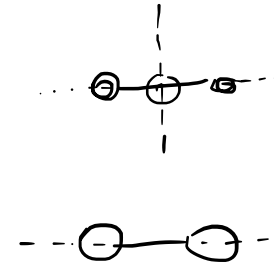
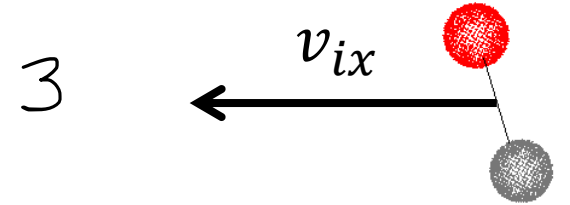
$$\frac{3}{2} K_B T = \frac{3}{2} m \langle v_x^2 \rangle = 3 \cdot \left(\frac{1}{2} m \langle v_x^2 \rangle \right)$$

ogni "direzione" contribuisce all'energia totale con $\frac{1}{2} K_B T$

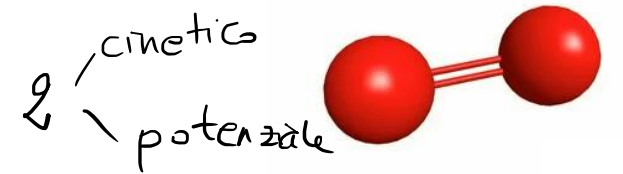
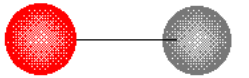
Teoria Cinetica dei Gas

Equipartizione dell'Energia

$$\langle E \rangle = n_e \cdot \frac{1}{2} k_B T$$



2



Teoria Cinetica dei Gas

Capacità Termiche molar

$$E \rightarrow U$$

$$dU = n C_v dT \rightarrow C_v = \frac{1}{n} \left(\frac{dU}{dT} \right)_v$$

$$U = n_e \left(\frac{1}{2} k_B T \right) \cdot N$$
$$= n_e \left(\frac{1}{2} n R T \right)$$

$$C_v = \frac{1}{n} n_e \cdot \frac{1}{2} n R = \frac{n_e}{2} R$$

$$C_v = \frac{n_e}{2} R$$

gas perfetto monatomico $C_v = \frac{3}{2} R$

$$C_p = C_v + R = \frac{5}{2} R$$

" " biatomico (300 K) $C_v = \frac{5}{2} R$

$$C_p = \frac{7}{2} R$$

Teoria Cinetica dei Gas

Capacità Termiche molari

