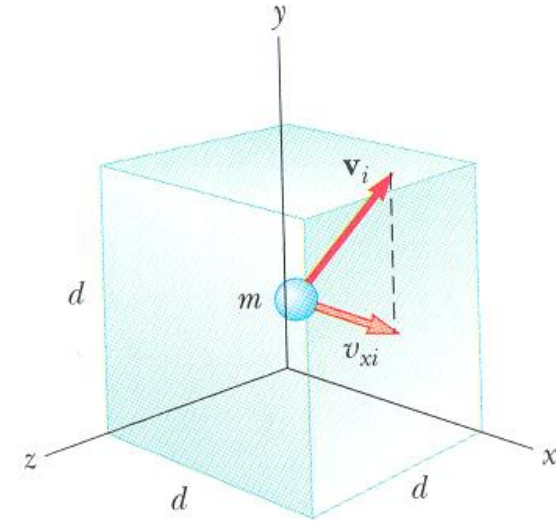


Gás ideal

1. O número de moléculas no gás é grande e a separação média entre elas é grande quando comparada com suas dimensões.
2. As moléculas obedecem às leis do movimento de Newton, mas como um todo se movem aleatoriamente.
3. As moléculas interagem somente por meio de forças de curto alcance durante colisões elásticas.
4. As moléculas fazem colisões elásticas com as paredes do recipiente.
5. Todas as moléculas são idênticas entre si (substância pura).

Colisão elástica de uma molécula do gás com a parede (análise de $\Delta\vec{p}_i$)

Uma das moléculas (i) de um gás ideal, de massa m move-se em uma caixa cúbica de lado d , com uma velocidade v_{xi} na direção do eixo x .



Antes da colisão elástica (condição 4 do gás ideal), a componente p_{xi} do momento da molécula é mv_{xi} . Assim, a variação no momento da molécula na direção x é:

$$\Delta p_{xi} = \text{momento linear final} - \text{momento linear inicial}$$

$$\Delta p_{xi} = -mv_{xi} - (mv_{xi}) = -2mv_{xi}$$

Colisão elástica de uma molécula do gás com a parede (análise de \vec{F}_i)

Pelo Teorema do Impulso:

$$F_{i \text{ sobre a molécula}} \cdot \Delta t_{\text{colisão}} = \Delta p_{xi} = -2mv_{xi}$$

O intervalo de tempo entre duas
colisões com a mesma parede $\longrightarrow \Delta t = \frac{2d}{v_{xi}}$

$$\bar{F}_{i \text{ sobre a molécula}} \cdot \Delta t = -2mv_{xi}$$

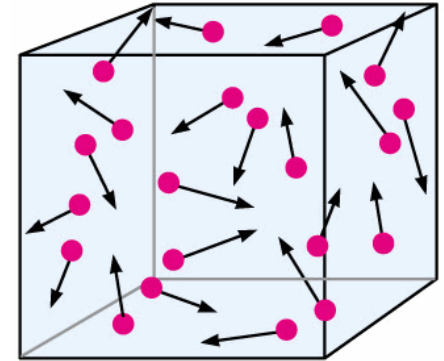
$$\bar{F}_{i \text{ sobre a molécula}} = \frac{-2mv_{xi}}{\Delta t} = \frac{-2mv_{xi}}{2d / v_{xi}} = \frac{-mv_{xi}^2}{d}$$

Assim, pela terceira lei de Newton a componente da força
que a molécula exerce sobre a parede é:

$$\bar{F}_{i \text{ sobre a parede}} = -\bar{F}_{i \text{ sobre a molécula}} = -\left(\frac{-mv_{xi}^2}{d}\right) = \frac{mv_{xi}^2}{d}$$

Colisão elástica do conjunto das moléculas do gás com a parede

Consideremos, agora, as N moléculas do gás ideal (condição 1 para o gás ideal) no recipiente de volume V .



A força média total \bar{F} exercida sobre a parede do recipiente pelo gás



$$\bar{F} = \sum_{i=1}^N \frac{mv_{xi}^2}{d} = \frac{m}{d} \sum_{i=1}^N v_{xi}^2$$

A força constante, F , sobre a parede devido às colisões moleculares tem o valor



$$F = \frac{m}{d} \sum_{i=1}^N v_{xi}^2$$

Pressão exercida pelo gás sobre a parede

$$\overline{v_x^2} = \frac{\sum_{i=1}^N v_{xi}^2}{N} \Rightarrow F = \frac{m}{d} N \overline{v_x^2}$$

Pelo teorema de Pitágoras: $v_i^2 = v_{xi}^2 + v_{yi}^2 + v_{zi}^2$ e $\overline{v^2} = 3\overline{v_x^2}$

A força total sobre a parede é, portanto: $F = \frac{m}{d} N \left(\frac{\overline{v^2}}{3} \right) = \frac{N}{3} \left(\frac{m\overline{v^2}}{d} \right)$

$$P = \frac{F}{A} = \frac{F}{d^2} = \frac{1}{3} \frac{N}{V} \left(m\overline{v^2} \right) = \frac{2}{3} \frac{N}{V} \left(\frac{1}{2} m\overline{v^2} \right)$$

Interpretação molecular da temperatura de um gás ideal

$$PV = nRT = \frac{N}{N_A} RT = Nk_B T$$

$$(N_A = 6.022 \times 10^{23}; \text{Avogrado})$$

$$(k_B = R / N_A = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}; \text{Boltzman})$$

$$PV = \frac{2}{3} N \left(\frac{1}{2} \overline{mv^2} \right)$$

$$\frac{1}{2} \overline{mv^2} = \frac{3}{2} k_B T \quad \longrightarrow \quad T = \frac{2}{3k_B} \left(\frac{1}{2} \overline{mv^2} \right)$$

Teorema da equipartição da energia

$$\frac{1}{2} m \overline{v^2} = \frac{3}{2} k_B T$$

$$\overline{v_x^2} = \frac{1}{3} \overline{v^2}$$

$$\frac{1}{2} m \overline{v_x^2} = \frac{1}{2} k_B T$$

$$\frac{1}{2} m \overline{v_y^2} = \frac{1}{2} k_B T$$

$$\frac{1}{2} m \overline{v_z^2} = \frac{1}{2} k_B T$$

A energia de um sistema em equilíbrio térmico está igualmente dividida entre todos os graus de liberdade.

Energia interna

$$E_{\text{total}} = N \left(\frac{1}{2} m \overline{v^2} \right) = \frac{3}{2} N k_B T = \frac{3}{2} nRT$$



Gás monoatômico

$$E_{\text{int}} = \frac{3}{2} nRT$$

Velocidade média quadrática

$$v_{mq} = \sqrt{\overline{v^2}} = \sqrt{\frac{3k_B T}{m}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$$

Algumas Velocidades Moleculares à Temperatura Ambiente ($T = 300 \text{ K}$)^a

Gás	Massa molar ^b (g/mol)	v_{rms} (m/s)
Hidrogênio	2,02	1.920
Hélio	4,0	1.370
Vapor d'água	18,0	645
Nitrogênio	28,0	517
Oxigênio	32,0	483
Dióxido de carbono	44,0	412
Dióxido de enxofre	64,1	342

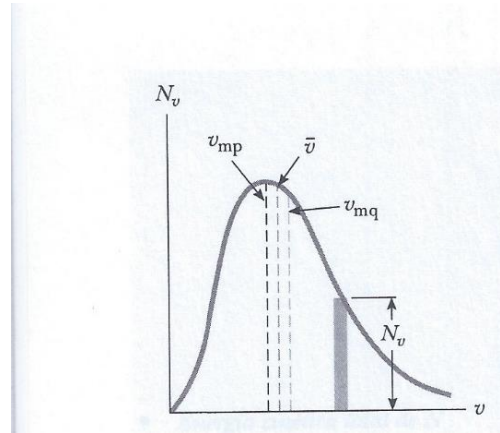
^aPor conveniência, frequentemente consideramos a temperatura ambiente igual a 300 K, embora (a 27°C ou 81°F) isto signifique um aposento bastante quente.

^bEmbora as massas molares sejam frequentemente expressas em g/mol, a unidade SI é o kg/mol.

TMDZ3

Teoria cinética dos
gases

Distribuição das velocidades moleculares



$$N_v = 4\pi N \left(\frac{m}{2\pi k_B T} \right)^{3/2} v^2 e^{-mv^2/2k_B T}$$

