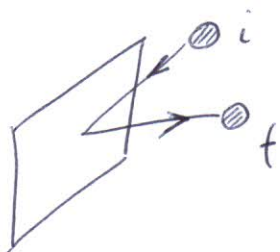


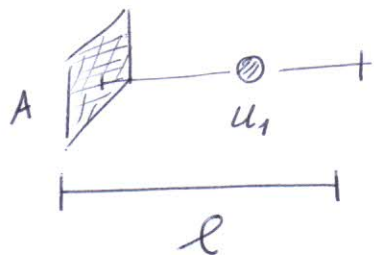
TEORIA CINÉTICA DOS GASES IDEAIS

- ① RELAÇÃO ENTRE PRESSÃO E VELOCIDADE MOLECULAR DE UM GÁS
- ② ENERGIA CINÉTICA MÉDIA E TEMPERATURA
- ③ DISTRIBUIÇÃO DE VELOCIDADES MOLECULARES
- ④ CAPACIDADES TÉRMICAS C_v e C_p
- ⑤ EFUSÃO, DIFUSÃO, PROPAGAÇÃO SOM EM GASES (IDEAIS)

1 RELAÇÃO ENTRE P e $\langle C^2 \rangle$



$$P = \frac{F}{A} \quad (1)$$



$$F_1 = \frac{\Delta(mu_1)}{\Delta t} = \frac{2mu_1}{2e/u_1}$$

A FORÇA MÉDIA

$$\langle F_1 \rangle = \frac{mu_1^2}{l}$$

$$P_1 = \frac{\langle F_1 \rangle}{A} = \frac{mu_1^2}{A \cdot l}$$

mas $A \cdot l = V$ (Volume)

Assim: $P_1 = \frac{mu_1^2}{V} \quad (2) \quad (1 \text{ partícula c/}$

colisão perpendicular a área A)

Para n partículas

$$P = \frac{m}{V} (u_1^2 + u_2^2 + \dots) = \left(\frac{m}{V} \right) \sum_{i=1}^N u_i^2 \quad (3)$$

VALOR MÉDIO

$$\langle u^2 \rangle = \frac{u_1^2 + u_2^2 + \dots}{N} \quad (4)$$

$$\text{ou } \langle u^2 \rangle = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N u_i^2 \quad (5)$$

3

Assim (5) $\rightarrow$ (3)

$$P = \frac{Nm}{V} \langle u^2 \rangle \quad \text{GÁS UNIDIMENSIONAL}$$

CASO TRIDIMENSIONAL $C(u, v, w)$

$$C^2 = u^2 + v^2 + w^2$$



$$\langle C^2 \rangle = \langle u^2 \rangle + \langle v^2 \rangle + \langle w^2 \rangle$$

Como o centro de massa do gás não se desloca $\langle u^2 \rangle = \langle v^2 \rangle = \langle w^2 \rangle$

$$\langle u^2 \rangle = \frac{1}{3} \langle C^2 \rangle$$

FINALMENTE

$$P = \frac{Nm \langle C^2 \rangle}{3V} \quad (6)$$

RELAÇÃO ENTRE A PRESSÃO (P) e
A VELOCIDADE QUADRÁTICA MÉDIA $\langle C^2 \rangle$

② ENERGIA CINÉTICA MÉDIA $\langle E_c \rangle$

Gás ideal vale $PV = nRT$

Assim $P = \frac{Nm \langle c^2 \rangle}{3V}$ ou $PV = \frac{Nm \langle c^2 \rangle}{3}$

Então

$$nRT = \frac{Nm \langle c^2 \rangle}{3} \quad n = \frac{N}{\bar{N}}$$

$\bar{N}$: N° de AVOGADRO

$$RT = \frac{\bar{N}m \langle c^2 \rangle}{3} \quad (7)$$

A energia cinética média de uma partícula de massa m é dada por:

$$\langle E_c \rangle = \frac{1}{2} m \langle c^2 \rangle \quad (8)$$

(8) $\rightarrow$ (7)

$$\frac{3}{2} RT = \bar{N} \langle E_c \rangle \quad \text{mas} \quad \bar{N} \langle E_c \rangle = \langle E_c \rangle$$

$\uparrow$
Energia cinética
de 1 mol

CONCLUINDO

$$\langle E_c \rangle = \frac{3}{2} RT$$

A Temperatura T KELVIN

A energia cinética média de um mol gás ideal é diretamente proporcional a T

CAPACIDADES TERMICAS (C_V e C_P)

C_V (volume constante)

CALOR TROCADO

por

C_P (pressão constante)

intervalos de T

$$C_V = \left(\frac{dE}{dT} \right)_{V=\text{const}} ; \quad C_P = \left(\frac{dH}{dT} \right)_{P=\text{const}}$$

GAS IDEAL MONOATÔMICO ($P\bar{V} = RT$)

$$\bar{C}_V = \frac{3}{2} R$$

$$\bar{C}_P = \frac{5}{2} R$$

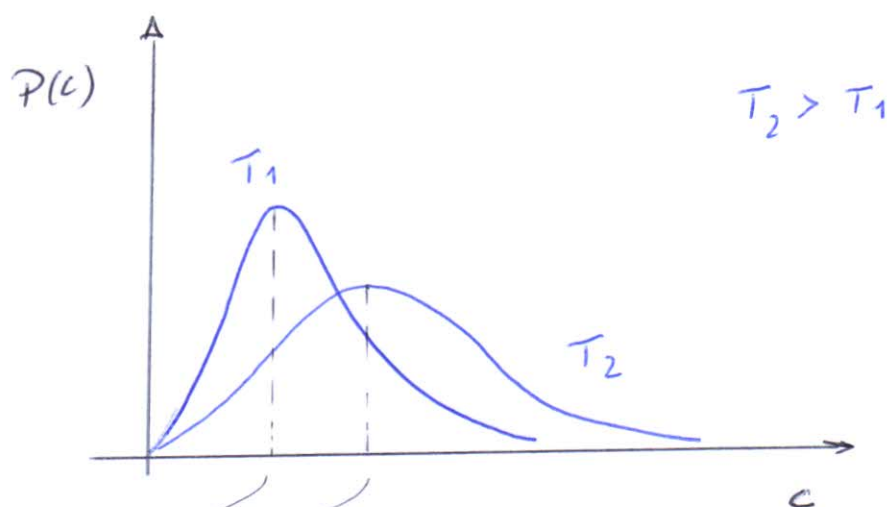
$$E = \langle E_c \rangle = \frac{3}{2} RT$$

$$H = E + P\bar{V} = E + RT$$

DISTRIBUIÇÃO VELOCIDADES MOLECULARES

Distribuições de Maxwell - Boltzmann

$$P(c) = 4\pi \left(\frac{m}{2\pi kT} \right)^{3/2} c^2 \exp[-mc^2/2kT]$$



Velocidade mais provável

 $v_{mp} \rightarrow$ máximo

$$v_{mp} = \left(\frac{2kT}{m} \right)^{1/2}$$

$$\langle c \rangle = \int_0^{\infty} c P(c) dc$$

 $\Rightarrow$

$$\langle c \rangle = \left(\frac{8kT}{\pi m} \right)^{1/2}$$

$$\langle c^2 \rangle = \int_0^{\infty} c^2 P(c) dc$$

 $\Rightarrow$

$$\langle c^2 \rangle = \frac{3kT}{m}$$

Lembrando $R = \bar{N} k$

$$\langle c \rangle = \left(\frac{8RT}{\pi \bar{M}} \right)^{1/2}$$

$$\left\{ \begin{array}{ll} R & 8,314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \\ T & \text{Kelvin absoluta} \\ \bar{M} & \text{massa molar} \\ & \text{em Kg/mol} \end{array} \right.$$

Exemplo O_2 ; $T = 27^\circ C$

7

$$\underline{T} = 300 K$$

$$\bar{M} = 32 g/mol = 0,032 \underline{kg/mol}$$

$$\langle C \rangle_{O_2} = \left(\frac{8RT}{\pi \bar{M}} \right)^{1/2}$$

$$\underline{R} = 8,314 J K^{-1} mol^{-1}$$

$$\langle C \rangle_{O_2} = \left(\frac{8 \cdot 8,314 \cdot 300}{\pi \cdot 0,032} \right)^{1/2} = 445,5 m/s$$

FENÔMENOS DE TRANSPORTEGÁS IDEALEFUSÃO

Velocidade de efusão $v_e = v_{\text{colisão}} \cdot A$

A = Área do orifício

$$v_e = \frac{1}{4} \left(\frac{N}{V} \right) \langle c \rangle \cdot A \quad \langle c \rangle = \left(\frac{8RT}{\pi \bar{M}} \right)^{1/2}$$

Para dois gases em quantidades
equimolares

$$\frac{v_e(1)}{v_e(2)} = \sqrt{\frac{m_2}{m_1}} = \sqrt{\frac{\bar{M}_2}{\bar{M}_1}} \quad \begin{array}{l} \text{LEI DE} \\ \text{GRAHAM} \end{array}$$

A efusão de um gás é inversamente
proporcional a sua massa molecular

COEFICIENTE DE DIFUSÃODE UM GÁS (D ; cm^2/s)

$$D = \frac{3\sqrt{2}}{64} \pi \langle c \rangle \lambda$$

$$\begin{cases} \lambda = 10^{-5} \text{ cm} \\ \langle c \rangle = 500 \text{ m/s} = 5 \times 10^4 \text{ cm/s} \\ D \sim 0,1 \text{ cm}^2/\text{s} \end{cases}$$

 λ : PERCURSO LIVRE MÉDIO

DISTÂNCIA MÉDIA ENTRE DUAS

COLISÕES SUCESSIVAS

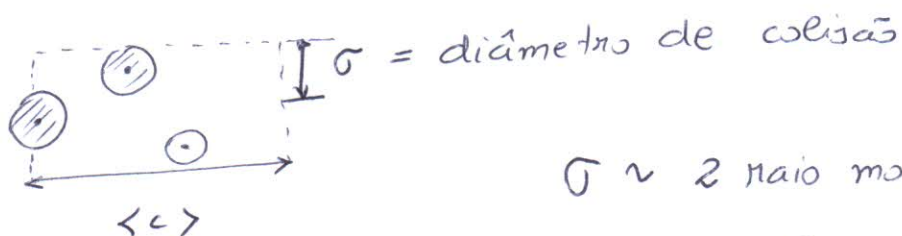
$$\lambda = \frac{RT}{\sqrt{2} \pi \sigma^2 \bar{N} P}$$

$$(\text{SISTEMA SI}) \left\{ \begin{array}{l} P \text{ Pascal} \\ R \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \\ m \end{array} \right.$$

$$\lambda (\text{cm}) = \frac{1000 RT}{\sqrt{2} \pi \sigma^2 \bar{N} P}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} P \text{ atm} \\ R \text{ atm L K}^{-1} \\ 0,082 \text{ atm L K}^{-1} \end{array} \right.$$

$$\langle c \rangle = \left(\frac{8RT}{\pi M} \right)^{1/2}$$

 $\sigma \sim 2 \text{ raio molecular}$

$$P = 1 \text{ atm} \quad \sigma = 3 \text{ Å} = 3 \times 10^{-8} \text{ cm} \quad \bar{N} = 6,02 \times 10^{23}$$

$$\lambda = 10^{-5} \text{ cm} \quad \text{ou} \quad 1000 \text{ Å}$$

PROPAGAÇÃO DO SOM

Velocidade do som gases (ideal) V_s

$$V_s = \left(\frac{\gamma R T}{\bar{M}} \right)^{1/2} \quad \gamma = c_p / c_v$$

Por exemplo $\underbrace{O_2, N_2}_{Ar} \quad \gamma \sim 1.4$

$$\langle c \rangle = \left(\frac{8 R T}{\pi \bar{M}} \right)^{1/2}$$

$$\frac{8}{\pi} = \frac{8}{3.14} = 2.55$$

$$V_s = \left(\frac{\gamma \pi}{8} \right)^{1/2} \langle c \rangle$$

velocidade molecular
média

$$V_s \cong 0.74 \langle c \rangle$$