

① Un depósito de 3 l contiene 2 mols de un cierto gas diatómico a 25°C.

a) Si consideramos este sistema como un gas real de VDW con coordenadas críticas  $T_c = 304,2 \text{ K}$  y  $P_c = 72,9 \text{ atm}$ , ¿qué diferencia de presión con respecto al modelo de G.I. obtendremos para las condiciones dadas (25°C, 3 l)  $T_c = 304,2 \text{ K}$

$$P_c = 72,9 \text{ atm}$$

Ec. de VDW:  $\left(P + \frac{a}{V^2}\right)(V-b) = RT$ , necesito  $a$  y  $b$  para calcular  $P$ , aplicamos las

Condiciones del punto de inflexión:  $P = \frac{RT}{V-b} - \frac{a}{V^2}$

$$\left(\frac{\partial P}{\partial V}\right)_{T_c} = 0 \Rightarrow \frac{-RT_c}{(V_c-b)^2} + \frac{2a}{V_c^3} \rightarrow \frac{RT_c}{(V_c-b)^2} = \frac{2a}{V_c^3} \quad (1)$$

$$\left(\frac{\partial^2 P}{\partial V^2}\right)_{T_c} = 0 \Rightarrow \frac{2RT_c}{(V_c-b)^3} - \frac{6a}{V_c^4} \rightarrow \frac{2RT_c}{(V_c-b)^3} = \frac{6a}{V_c^4} \quad (2)$$

$$(1)/(2) \Rightarrow \frac{V_c-b}{2} = \frac{V_c}{3} \rightarrow V_c-b = \frac{2}{3}V_c \rightarrow \frac{1}{3}V_c = b \rightarrow [V_c = 3b]$$

$$\text{Ahora de (1) despejo } T_c \Rightarrow T_c = \frac{2a}{V_c^3} \frac{(V_c-b)^2}{R} = \frac{2a}{(3b)^3} \frac{(3b-b)^2}{R} = \frac{2a}{27b^3} \frac{(2b)^2}{R}$$

$$\left[ T_c = \frac{2a}{27b^3} \frac{4b^2}{R} = \frac{8a}{27Rb} \right], \text{ tengo 1 ec con 2 inc, necesito otra, que será}$$

con la  $P_c$  con la ec de VDW ya que la  $P_c$  es de lo:

$$P_c = \frac{RT_c}{V_c-b} - \frac{a}{V_c^2} = \frac{8aR}{27Rb} \frac{1}{\frac{3b-b}{2b}} - \frac{a}{9b^2} = \frac{8a}{27b} \frac{1}{\frac{2b}{2b}} - \frac{a}{9b^2} = \frac{4a}{27b^2} - \frac{a}{9b^2}$$

$$\left. \begin{array}{l} P_c = \frac{4a}{27b^2} \\ T_c = \frac{8a}{27Rb} \end{array} \right\} \frac{P_c}{T_c} = \frac{\frac{4a}{27b^2}}{\frac{8a}{27Rb}} = \frac{R}{8b} \rightarrow \left[ b = \frac{RT_c}{8P_c} \right]; a = [27b^2 P_c]$$

Entonces:

$$b = \frac{1}{8} \cdot 0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{l}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot \frac{304,2 \text{ K}}{72,9 \text{ atm}} \approx 0,042 \text{ l/mol}$$

$$a = 27 \left( 0,042 \frac{\text{l}}{\text{mol}} \right)^2 \cdot 72,9 \text{ atm} = 3,47 \text{ atm} \frac{\text{l}^2}{\text{mol}^2}$$

Ahora podemos calcular  $p$  para las condiciones dadas:

$$P_R = P = \frac{RT}{V-b} - \frac{a}{V^2} = \frac{0,08206 \frac{\text{atm} \cdot \text{l}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 298 \text{K}}{\frac{3 \text{ l}}{2 \text{ mol}} - 0,042 \frac{\text{l}}{\text{mol}}} - \frac{3,47 \text{ atm} \cdot \frac{\text{l}^2}{\text{mol}^2}}{\frac{9 \text{ l}^2}{4 \text{ mol}^2}} \approx 15,2 \text{ atm} \Rightarrow \text{Presión real}$$

Para un G.I.:  $PV = nRT \rightarrow P_I = \frac{nRT}{V} = \frac{2 \text{ mol} \cdot 0,08206 \frac{\text{atm} \cdot \text{l}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 298 \text{K}}{3 \text{ l}} \approx 16,3 \text{ atm}$

Por lo que la diferencia de presión es:  $\Delta P = P_I - P_R \approx 1,09 \text{ atm}$

9 b) Si: 8k gas, que se comporta ideal, se expande hasta duplicar su volumen, Compara los valores de  $\Delta U$ ,  $Q$ ,  $W$  en los 3 procesos siguientes: isoterma, adiabático, y politrópico de orden 2. Datos:  $\Delta V$ ,  $C_V = \frac{5}{2} R$ ,  $C_P = \frac{7}{2} R$

Isoterma:

$$W = -\int p dV = -\int_{V_i}^{V_f} \frac{nRT}{V} dV = nRT \ln \left( \frac{V_i}{V_f} \right) = 2 \text{ mol} \cdot 8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 298 \text{K} \ln \left( \frac{3 \text{ l}}{2 \text{ l}} \right) \approx -3433 \text{ J}$$

G.I.  $\rightarrow U = U(T)$ , como  $T = \text{cte} \rightarrow \Delta U = 0 \text{ J} = Q + W \Rightarrow Q = -W = 3433 \text{ J}$

adiabático:

$Q = 0 \text{ J}$ ;  $\Delta U = Q + W = n C_V \Delta T$ , no conocemos  $\Delta T$ , pero  $PV^\gamma = \text{cte}$

$$\gamma = \frac{C_P}{C_V} = \frac{7}{5} = 1,4, P_i V_i^\gamma = P_f V_f^\gamma \rightarrow P_f = P_i \left( \frac{V_i}{V_f} \right)^\gamma = P_i \left( \frac{V_i}{2V_i} \right)^\gamma = P_i \left( \frac{1}{2} \right)^\gamma = \frac{nRT_i}{V_i} \left( \frac{1}{2} \right)^\gamma$$

$$P_f = 2 \text{ mol} \cdot 0,08206 \frac{\text{atm} \cdot \text{l}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot \frac{298 \text{K}}{3 \text{ l}} \left( \frac{1}{2} \right)^\gamma \approx 6,17 \text{ atm}$$

$$T_f = \frac{P_f V_f}{nR} = \frac{6,17 \text{ atm} \cdot 6 \text{ l}}{2 \text{ mol} \cdot 0,08206 \frac{\text{atm} \cdot \text{l}}{\text{mol} \cdot \text{K}}} \approx 225,75 \text{ K}, \text{ luego } W = \Delta U = 2 \text{ mol} \cdot \frac{5}{2} \cdot 8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} (225,75 - 298 \text{K})$$

$$V_f = 2V_i$$

$W = \Delta U = -3033,15 \text{ J}$

Politrópico de  $n=2$ :

$$PV^n = \text{cte}, W = -\int_{V_i}^{V_f} p dV = -\int_{V_i}^{V_f} \frac{\text{cte}}{V^n} dV = \text{cte} \left[ \frac{V^{-n+1}}{-n+1} \right]_{V_i}^{V_f} = \frac{\text{cte}}{1-n} \left[ V_i^{1-n} - V_f^{1-n} \right]$$

$$= \frac{1}{1-n} \left[ P_i V_i^n V_i^{1-n} - P_f V_f^n V_f^{1-n} \right] = \frac{1}{1-n} \left[ P_i V_i - P_f V_f \right] = \frac{nR}{1-n} (T_i - T_f)$$

$$P_i V_i^n = P_f V_f^n \rightarrow P_f = P_i \left(\frac{V_i}{V_f}\right)^n = \frac{nRT_i}{V_i} \left(\frac{V_i}{2V_i}\right)^n = \frac{nRT_i}{V_i} \left(\frac{1}{2}\right)^n = 7 \text{ mol} \cdot 8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 298 \text{ K} \left(\frac{1}{2}\right)^n$$

$$P_f = 4,07 \text{ atm}; T_f = \frac{P_f V_f}{nR} = \frac{4,07 \text{ atm} \cdot 6 \text{ L}}{7 \text{ mol} \cdot 0,08206 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{mol} \cdot \text{K}}} = 1148,9 \text{ K}$$

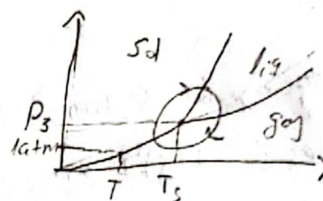
$$\text{Luego } \left[ W = \frac{nR}{1-n} (T_i - T_f) = 7 \text{ mol} \cdot \frac{8,314 \text{ J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot \frac{1}{1-2} (298,15 - 1148,9 \text{ K}) = -7478,042 \text{ J} \right]$$

$$\left[ \Delta U = nC_v \Delta T = 7 \text{ mol} \cdot \frac{5}{2} \cdot 8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot \Delta T = -6237,5 \text{ J} \right] \quad \boxed{Q = \Delta U - W = -3754,5 \text{ J}}$$

② Las curvas de equilibrio para el Hexafluoro de azufre en mmHg vienen dadas por:

$$\text{Curva de vapor: } \log_{10} P(\text{mmHg}) = 7,540 - \frac{1511}{T(\text{K})}$$

$$\text{Curva de sub: } \log_{10} P(\text{mmHg}) = 10,648 - \frac{2559}{T(\text{K})}$$



a) P y T en el punto triple.

$$\text{Igualamos las curvas: } 7,540 - \frac{1511}{T_3} = 10,648 - \frac{2559}{T_3} \Rightarrow 3,108 = \frac{1048}{T_3} \rightarrow T_3 \approx 337,2 \text{ K}$$

$$P_3 = 10^{\left(7,540 - \frac{1511}{T_3}\right)} \approx 1145,46 \text{ mmHg}$$

b) Si:  $P = 1 \text{ atm}$ , ¿a qué T se produce el eq. entre 2 fases? ¿cuáles son esas fases?

Como  $P_1 = 1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg} < P_3$  el equilibrio está entre las fases sólido-gas.

$$\text{de la curva de sublimación: } \frac{2559}{T} = 10,648 - \log_{10}(760) \rightarrow T = \frac{2559}{10,648 - \log_{10}(760)} = 309,4 \text{ K}$$

c) Determina los calores latentes (en  $\text{J} \cdot \text{g}^{-1}$ ) de fusión, vap, y sub. Sabiendo que  $M(\text{UF}_6) = 352 \text{ g/mol}$ . Encuentra que la fase de vapor se comporta como G.I

líquido  $\rightarrow$  vapor ( $l^v$ ):

$$\left. \begin{aligned} \text{(Laplace (Clausius): } \frac{dP}{dT} &= \frac{l^v}{T \Delta V} = \frac{l^v}{RT^2} \quad (1) \\ \frac{d \log_{10}(P)}{dT} &= \frac{d \log_{10}(P)}{dP} \cdot \frac{dP}{dT} = \frac{1}{P \cdot \ln(10)} \cdot \frac{dP}{dT} \rightarrow \frac{dP}{dT} = P \ln(10) \frac{d \log_{10}(P)}{dT} \quad (2) \end{aligned} \right\}$$

$$P = e^{\ln(P)} \rightarrow \log_{10}(P) = \log_{10}\left(e^{\ln(P)}\right) = \ln(P) \cdot \log_{10}(e)$$

$$(1) = (2) \Rightarrow \frac{P \ell}{RT^2} = P \ln(10) \frac{d \log_{10}(P)}{dT} \rightarrow \frac{\ell}{RT^2} = \ln(10) \frac{d \log_{10}(P)}{dT} = \ln(10) \frac{1511}{T^2}$$

$$\ell^v = 1511 \ln(10) R = 28912,2 \frac{\text{J}}{\text{mol}} \frac{1 \text{ mol}}{352 \text{ g}} = 82,13 \text{ J/g} //$$

Análogamente para sólido-gas:  $\ell^s = 2559 \ln(10) R = 48965,1 \frac{\text{J}}{\text{mol}} \frac{1 \text{ mol}}{352 \text{ g}} = 139,1 \text{ J/g} //$

luego:  $\ell^f + \ell^v - \ell^s = 0 \Rightarrow \ell^f = \ell^s - \ell^v = 70052,9 \frac{\text{J}}{\text{mol}} \frac{1 \text{ mol}}{352 \text{ g}} \approx 56,26 \text{ J/g} //$

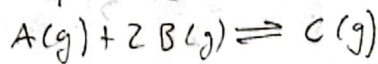
Para pasar a  $\frac{\text{J}}{\text{g}}$  usamos:  $M(\text{UF}_6) = 352 \text{ g/mol}$

## Segunda parte

① En un depósito rígido de  $10 \text{ m}^3$  se introducen  $2 \text{ kmol}$  de gas A y  $1 \text{ kmol}$  de gas B que reaccionan según  $A(g) + 2B(g) \rightleftharpoons C(g)$  manteniendo al sistema a  $500 \text{ K}$ , se alcanza el equilibrio a una presión de  $10 \text{ atm}$ .

a)  $K_p, K_c$

$$\eta_T(\text{eq}) = 3 \cdot 10^3 - 2\xi, \quad P_T V_T = \eta_T R T \rightarrow \eta_T = \frac{P_T V_T}{R T} = 2438,6$$



luego  $\xi = \frac{3 \cdot 10^3 - \eta_T(\text{eq})}{2} = 290$

$$\eta_0 \quad 2 \cdot 10^3 \quad 10^3 \quad -$$

$$\eta_{\text{eq}} \quad 2 \cdot 10^3 - \xi \quad 10^3 - 2\xi \quad \xi$$

$$K_p = P^{\Delta \nu} \prod_{i=1}^n (x_i^{v_i})_{\text{eq}} = P_{\text{eq}}^{-2} x_1^{-1} x_2^{-2} x_3$$

$$x_{\text{eq}} \quad \frac{2 \cdot 10^3 - \xi}{3 \cdot 10^3 - 2\xi} \quad \frac{10^3 - 2\xi}{3 \cdot 10^3 - 2\xi} \quad \frac{\xi}{3 \cdot 10^3 - 2\xi}$$

$$K_p = P_{\text{eq}}^{-2} \frac{0,11}{0,7 \cdot (0,19)^2} \approx 0,0485$$

$$x_{\text{eq}} \quad 0,7 \quad 0,19 \quad 0,11$$

$$K_p = K_c (RT)^{\Delta \nu} \rightarrow K_c = \frac{K_p}{(RT)^{-2}} = 3,37 \cdot 10^5$$

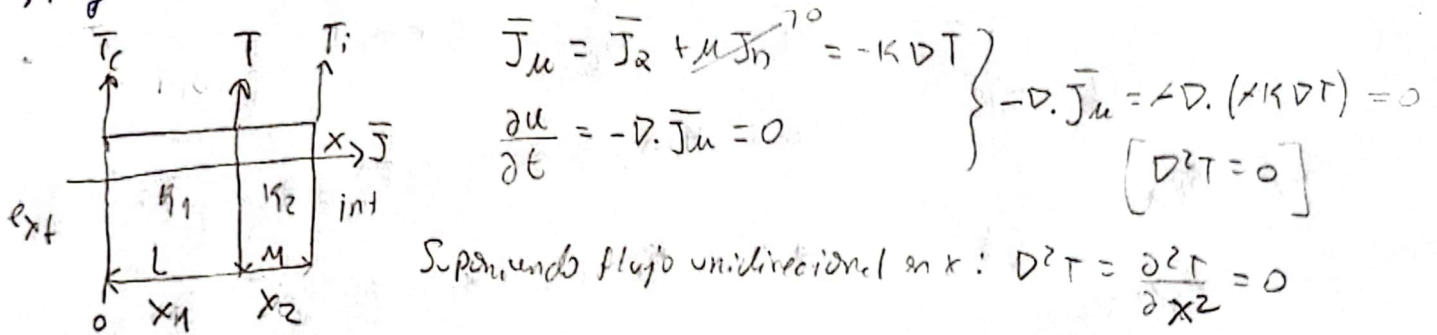
b) Si se duplica  $K_c$  al elevar la  $T$   $10 \text{ K}$ , suponiendo que en ese rango de  $T$  la  $\Delta \tilde{H}^\circ$  de dicha reacción se puede considerar cte, deduce si se trata de una reacción exot. o endot.

ecuación de Van't Hoff:  $\frac{\partial \ln(K_p)}{\partial T} = \frac{\Delta \tilde{H}^\circ}{RT^2} \rightarrow \frac{\partial \ln[K_c (RT)^{-2}]}{\partial T} = \frac{\Delta \tilde{H}^\circ}{RT^2}$

$$\rightarrow \frac{1}{K_c RT^{-2}} \cdot (-2 K_c RT^{-3}) = -\frac{2R^3}{RT^3} = \frac{\Delta \tilde{H}^\circ}{RT^2} \rightarrow \Delta \tilde{H}^\circ = -2R^3 T < 0 \rightarrow \text{exotérmica}$$

42 cm fresa por la parte interior un recubrimiento de mica ( $\lambda = 0,13 \text{ kcal/mh}^\circ\text{C}$ ) de espesor 2,6 cm. La superficie externa está al sol a una  $T$  de  $40^\circ\text{C}$  y la interna a  $20^\circ\text{C}$ .

a) flujo de calor a través del muro por minuto y  $\text{m}^2$ .



luego,  $T(x) = Ax + B$ , aplicamos condiciones de frontera:

$$\left. \begin{aligned} T(x=x_i) &= T_i = Ax_i + B \\ T(x=x_f) &= T_c = Ax_f + B \end{aligned} \right\} T_f - T_i = A(x_f - x_i) \rightarrow A = \frac{T_f - T_c}{x_f - x_i} = \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

entonces  $T(x) = \frac{\Delta T}{\Delta x} x + B$ ,  $D T = A = \frac{\Delta T}{\Delta x}$

$$\left. \begin{aligned} J_{q1} &= -k_1 D T = -k_1 \frac{\Delta T}{\Delta x} = -k_1 \frac{(T - T_c)}{x_1 - 0} = -\frac{k_1 (T - T_c)}{x_1} \\ J_{q2} &= -k_2 D T = -k_2 \frac{\Delta T}{\Delta x} = -k_2 \frac{(T_i - T)}{(x_1 + x_2) - x_1} = -\frac{k_2 (T_i - T)}{x_2} \end{aligned} \right\} \text{En el régimen estacionario } \bar{J}_{q1} = \bar{J}_{q2}$$

$$\Rightarrow \frac{k_1 (T - T_c)}{x_1} = \frac{k_2 (T_i - T)}{x_2} \Rightarrow \frac{(T - T_c)}{\frac{x_1}{k_1}} = \frac{(T_i - T)}{\frac{x_2}{k_2}} \Rightarrow J_q = \frac{T_i - T_c}{\frac{x_1}{k_1} + \frac{x_2}{k_2}}$$

$$J_q = \frac{20^\circ\text{C} - 40^\circ\text{C}}{\frac{0,42\text{m}}{0,6 \frac{\text{kcal}}{\text{mhc}}} + \frac{0,026\text{m}}{0,13 \frac{\text{kcal}}{\text{mhc}}}} = \frac{-20^\circ\text{C}}{0,7 \frac{\text{m}^2\text{hc}}{\text{kcal}} + 0,2 \frac{\text{m}^2\text{hc}}{\text{kcal}}} \quad \frac{A}{a} = \frac{B}{b} = \frac{A+B}{a+b}$$

$$J_q = \frac{-20^\circ\text{C}}{0,9 \frac{\text{m}^2\text{hc}}{\text{kcal}}} = -22,22 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{h}} \cdot \frac{1\text{h}}{60\text{min}} = -0,370 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{min}}$$

b) La T en la interfase de madera-ladrillo (superficie de separación) es homogénea y estacionaria.

En el régimen estacionario:  $J_{a1} = J_{a2} \Leftrightarrow \frac{T - T_e}{\frac{x_1}{k_1}} = \frac{T_i - T}{\frac{x_2}{k_2}}$

$\Rightarrow k_1 x_2 (T - T_e) = k_2 x_1 (T_i - T) \rightarrow k_1 x_2 T - k_1 x_2 T_e = k_2 x_1 T_i - k_2 x_1 T$

$T(k_1 x_2 + k_2 x_1) = k_2 x_1 T_i + k_1 x_2 T_e \rightarrow T = \frac{k_2 x_1 T_i + k_1 x_2 T_e}{k_1 x_2 + k_2 x_1}$

$T = \frac{\frac{0,13 \text{ kcal}}{\text{m h } ^\circ\text{C}} \cdot 0,42 \text{ m} \cdot 20^\circ\text{C} + \frac{0,6 \text{ kcal}}{\text{m h } ^\circ\text{C}} \cdot 0,076 \text{ m} \cdot 40^\circ\text{C}}{\frac{0,6 \text{ kcal}}{\text{m h } ^\circ\text{C}} \cdot 0,076 \text{ m} + \frac{0,13 \text{ kcal}}{\text{m h } ^\circ\text{C}} \cdot 0,42 \text{ m}} = 24,4^\circ\text{C} //$

Tercera parte

1) Para un G.I que obedece la ley de distribución de Maxwell-Boltzmann

a) Encontrar la velocidad que se comete si se aproxima  $\sqrt{\langle v^2 \rangle}$  por  $\langle v \rangle$

$\sqrt{\langle v^2 \rangle} = \sqrt{\frac{3 k_B T}{m}} \Rightarrow \frac{\sqrt{\langle v^2 \rangle}}{\langle v \rangle} = \frac{\sqrt{\frac{3 k_B T}{m}}}{\sqrt{\frac{8 k_B T}{\pi m}}} = \sqrt{\frac{3\pi}{8}} \approx 1,085 \rightarrow \text{Debería ser } \approx 1$

por lo tanto  $1,085 - 1 = 0,085$ , luego el error sería  $\approx 8,5\%$  //

b) Demuestra que  $\langle v \rangle \langle 1/v \rangle = \frac{4}{\pi}$

Sabemos que  $G(v) = 4\pi \left(\frac{B}{\pi}\right)^{3/2} v^2 e^{-Bv^2}$ ,  $B = \frac{m}{2k_B T}$

luego  $\langle 1/v \rangle = \int_0^\infty \frac{1}{v} G(v) dv = \int_0^\infty \frac{1}{v} \cdot 4\pi \left(\frac{B}{\pi}\right)^{3/2} v^2 e^{-Bv^2} dv = 4\pi \left(\frac{B}{\pi}\right)^{3/2} \int_0^\infty v e^{-Bv^2} dv$

de la tabla para  $n=1$ ,  $a=B$ ;  $F(n) = \int_0^\infty x^n e^{-ax^2} dx$ , para  $n=1 \rightarrow F(1) = \frac{1}{2a}$

$\Rightarrow \langle 1/v \rangle = 4\pi \left(\frac{B}{\pi}\right)^{3/2} \cdot \frac{1}{2B} = \frac{2\pi}{B} \left(\frac{B}{\pi}\right)^{3/2} = 2\sqrt{\frac{B}{\pi}} = 2\sqrt{\frac{m}{2\pi k_B T}} = \sqrt{\frac{2m}{\pi k_B T}}$

$$\text{entonces } \langle v \rangle \cdot \langle 1/v \rangle = \sqrt{\frac{8k_B T}{\pi M}} \cdot \sqrt{\frac{2M}{\pi k_B T}} = \sqrt{\frac{16}{\pi^2}} = \frac{4}{\pi} // \text{q.e.d}$$

(2) Sabiendo que el coeficiente de autodifusión del  $O_2$  a  $0^\circ C$  y  $1 \text{ atm}$  es  $0,19 \text{ cm}^2/\text{s}$

a) Coeficiente de autodifusión a  $0^\circ C$  y  $100 \text{ atm}$ ,  $M(O_2) = 32 \text{ g/mol} = 32 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$

$$D = \frac{2}{30n} \sqrt{\frac{k_B T}{m\pi}} \rightarrow \sigma = \frac{2}{30n} \sqrt{\frac{k_B T}{\pi M/N_A}} = \frac{2k_B T}{30P} \sqrt{\frac{k_B T N_A}{M\pi}} = \frac{2}{30P} \sqrt{\frac{k_B^3 T^3 N_A}{M\pi}}$$

$$n = \frac{N}{V} = \frac{P}{k_B T} \quad ; \quad m = M/N_A = \frac{M}{N_A}$$

$$D = 0,19 \frac{\text{cm}^2}{\text{s}} \frac{1 \text{ m}^2}{(100 \text{ cm})^2} = 19 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$Pv = nRT = \frac{N}{N_A} RT = N k_B T \rightarrow \frac{N}{V} = \frac{P}{k_B T}$$

$$P = 1 \text{ atm} = 101325 \text{ Pa}, \quad T = 273 \text{ K}$$

$$\sigma = 1,96 \cdot 10^{-19} \text{ m}^2$$

luego  $D$ , para  $273 \text{ K}$ ,  $100 \text{ atm} = 1,01 \cdot 10^7 \text{ Pa} \Rightarrow D = 19 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s} //$

b) Si se establece un gradiente de presión de  $0,2026 \text{ atm/m}$  en una tubería que contiene  $O_2$  a  $0^\circ C$  y  $1 \text{ atm}$ , ¿cuál es el flujo del gas debido a la difusión?

$$\text{Ley de Fick: } J_n = -D \nabla n = -D \nabla \left( \frac{P}{k_B T} \right) = \frac{-D}{k_B T} \nabla P = 1,034 \cdot 10^{20} \frac{\text{molec}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}}$$

$$\text{donde } D(0^\circ, 1 \text{ atm}) = 19 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$