jgc@campus.fct.unl.pt

João Crespo

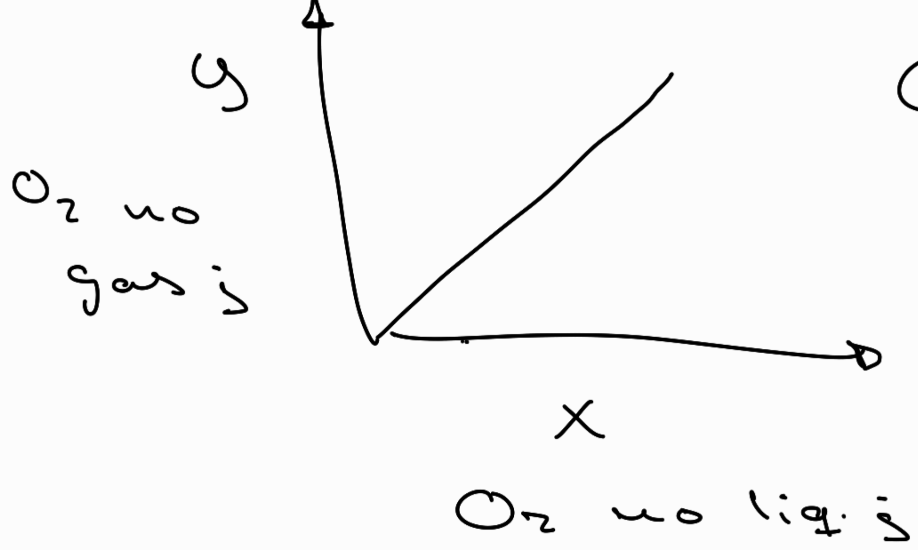
03.03.23

So transferência de massa.

Difusão: Dá-se para anular o gradiente de concentração. Movimento individual das moleculas (Não há pacotes de fluido)

Convexão: Pacotes de fluido a movimentar-se (Mistura dum café)

transferência de massa entre fases: É dadá pela afinida entre os compostos e depende da temperatura



Graf. Força motriz da fase receptora

extender a roupa → Superfície específica

Sol → Pressão de vapor da H_2O maior

Baixa humidade →

- Concentração mássica: $\rho_A = \frac{m_A}{V}$

$$\rho = \sum_i \rho_i$$

- Concentração molar:

$$C_A = \frac{\rho_A}{MM_A} = \frac{n_A}{V} = \frac{P_A}{RT}$$

- Fracção molar:

$$x_A = \frac{C_A}{C} \qquad y_A = \frac{C_A}{C}$$

$$y_A = \frac{P_A / RT}{P / RT} = \frac{P_A}{P}$$

$T = 273\,K \qquad P = 1{,}5 \times 10^5\,Pa$

$O_2 = 7\% \qquad CO = 10\% \qquad CO_2 = 15\%$

$N_2 = 68\%$

a) Comp. massica → base de cálculo

b) Massa especifica da mistura → (ρ)

↳ $\underline{n}\ \bar{M} = \underline{P\ \bar{M}}$

$V \qquad\qquad RT$

→ comp. molar

$$\bar{M} = \sum x_i \cdot M_i$$

Velocidade media massica:

$$v = \frac{\sum_i^n \rho_i v_i}{\sum_i^n \rho_i} = \frac{\sum_i^n \rho_i v_i}{\rho}$$

↳ concentração massica total

Velocidade media molar:

$$N = \frac{\sum_i^n c_i v_i}{c}$$

↳ concentração molar total

$$\left.\begin{array}{l} (v_i - v) \\ (v_i - V) \end{array}\right\} \text{Velocidade de } i \text{ relativa}$$

Lei de Fick (Velocidade media molar)

$$\boxed{J_A = -D_{AB} \nabla C_A}$$

D_{AB} → coef. de difusão → depende do ambiente em que está a acontecer e a determinada temperatura

Sist. unidireccional

$$J_{A,z} = -D_{AB} \frac{dC_A}{dz}$$

→ Usando apenas uma coordenada espacial

Sist. Isobárico e Isotermico

$$J_{A,z} = -c D_{AB} \frac{\partial y_A}{\partial z}$$

Fluxo massico (molar) de i

$$J_{A,z} = C_A (V_{A,z} - V_z)$$

V_z → Velocidade media molar

$$\underbrace{C_A V_{A,z} = -cD_{AB}\frac{\partial y_A}{\partial z} + y_A\left(C_A V_{A,z} + C_B V_{B,z}\right)}_{\text{sistema binário (A e B)}}$$

$$\boxed{N_{A,z} = -cD_{AB}\frac{\partial y_A}{\partial z} + y_A(\underbrace{N_{A,z} + N_{B,z}}_{\text{Contributo de movimento do fluxo}})}$$

Fluxo molar da espécie A relativo

$D = f(P, T, \text{natur. comp.})$

Valores típicos

gas: $(1\times10^{-5} - 1\times10^{-4})\ \frac{m^2}{s}$

liq: $(0{,}5\times10^{-9} - 2\times10^{-9})\ \frac{m^2}{s}$

sol: $(1\times10^{-24} - 1\times10^{-12})\ m^2/s$

10-30-23

Energia de Hidratação de Íões

Parecida a difusão

mobilidade do Ião

Carga do Ião

Potencial eletrostático

$$V_i = -U_i \left(\nabla \mu_1 + z_i F \nabla \psi \right)$$

Potencial químico

Cte de Faraday

$$U_i = \frac{1}{6 \pi \eta R_0}$$: propriedade física do Ião

Raio efetivo (Efeito de solvatação)

Distancia radial onde a atração eletrostática do Ião é efetiva

$$\boxed{D_i = U_i R T}$$

Relação de Stokes-Einstein

$$D_{K^+} > D_{Na^+} > D_{Li^+}$$

Porque a densidade eletronica é maior no litio do que Na^+ e K^+

ordem de grandeza de $D_i \approx 10^{-5}$ cm^2/s

$\hookrightarrow$ O que faz que o lítio reter mais H_2O à sua volta.

Fluxo do Ião

Soluções diluídas:

$$\boxed{a_i = c_i}$$

$-J_i = D_i \nabla c_i \Rightarrow$ A lei de Fick não considera o efeito eletrostático.

Equ. Nernst-Planck

$$-J_i = D_i \left(\nabla c_i + c_i z_i \frac{F \nabla \psi}{RT} \right) \Rightarrow \text{Considera o efeito eletrostático}$$

$\hookrightarrow$ $mol \cdot \frac{m^2}{s}$

H^+ e OH^-: têm o maior coef. de difusão, porque a transferências destes iões é praticamente

Instantaneas, porque as moléculas de H_2O estão todas Interligadas:

$$H^+ \rightarrow H \diagdown O - H \diagdown H - O \diagdown H - H \diagdown O^- \rightarrow H^+$$

Ex: $D_{NaCl} = ?$

$$D_{Cl^-} > D_{Na^+}$$

$$\boxed{C_{Na^+} = C_{Cl^-} \Rightarrow \nabla C_{Na^+} = \nabla C_{Cl^-}}$$

Fluxo de Iões

$$\boxed{J_1 - J_2 = \frac{i}{|Z| F}}$$

i → densidade de corrente

$|Z|$ → Módulo da Carga Iónica

F → Ctt de Faraday

1: catião

2: anião

Aplicando a eq Nernst-Plank

$$\boxed{J_1 = -\frac{2 D_1 D_2}{D_1 + D_2} \nabla C_1 + \frac{i}{|Z|} \frac{D_1}{D_1 + D_2}}$$

- Se não houver corrente $i=0$

$$J_1 = -\frac{2D_2D_1}{D_1+D_2}\nabla C_1 = -D\nabla C_1 = -D\nabla C_2 = J_2$$

$$\boxed{D = \frac{2}{1/D_2 + 1/D_1}}$$

- Se a sol. for bem agitada $\nabla C = 0$

Ex: $D_{H^+} = 9{,}31 \times 10^{-5} \frac{cm^2}{s}$

$D_{Cl^-} = 2{,}03 \times 10^{-5} \frac{cm^2}{s}$

$$D = \frac{2}{\frac{1}{D_1} + \frac{1}{D_2}} \Rightarrow D_{HCl} = \frac{2}{\frac{1}{D_{Cl^-}} + \frac{1}{D_{H^+}}}$$

$$= 3{,}3 \times 10^{-5} \frac{cm^2}{s}$$

O íão mais lento domina

D_{HCl} mais proximo a D_{Cl^-}

Eletrolitos forte não (1:1)

$z_1 C_1 + z_2 C_2 = 0$

$z_1 j_1 + z_2 j_2 = 0$

$$-J_1 = D\nabla C_1 = \left(\frac{D_2 D_1 (z_1^2 C_1 + z_2^2 C_2)}{D_1 z_1^2 C_1 + D_2 z_2^2 C_2} \right) \nabla C_1$$

$$J_1 = J_2 = \ldots$$

$$\frac{P}{RT} = \frac{n}{V}$$

---

fluxo de A

concentração de A total

$$\boxed{N_A = y_A (N_A + N_B) - C D_{AB} \frac{d y_A}{d z}}$$

eq. geral do fluxo

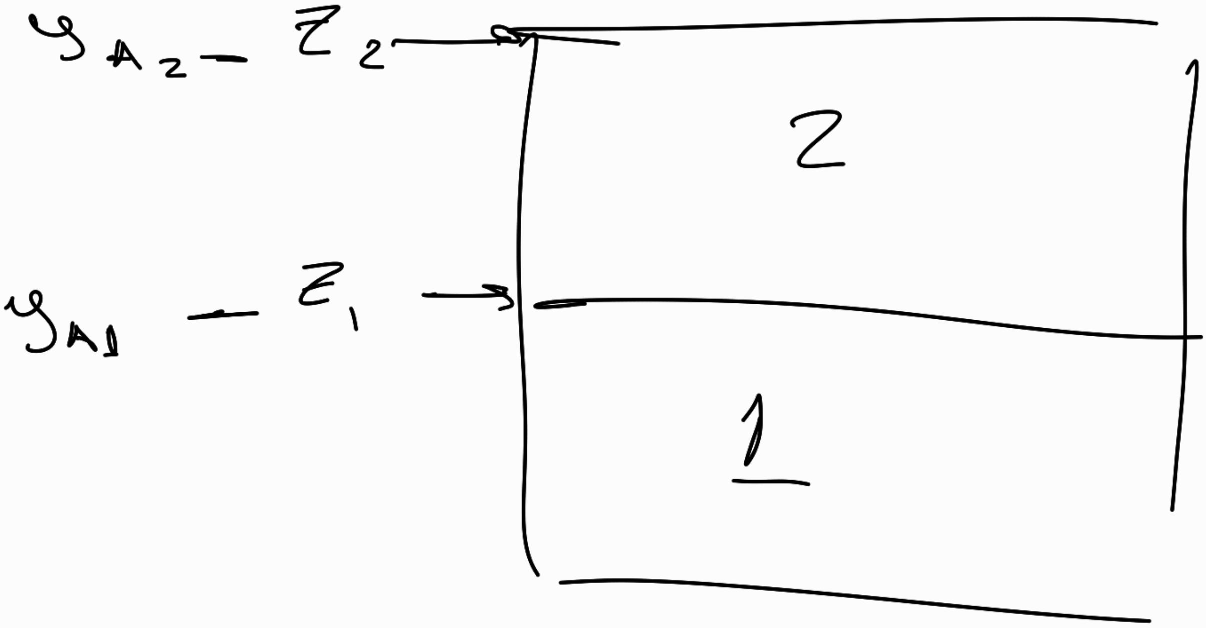
Superfície Plana:

$$N_{A1} \cdot S_1 = N_{A2} \cdot S_2 \quad (\text{sem reação})$$

$$N_A = \text{cte ao longo de } zz$$

condições fronteira

$$C.f \begin{cases} z = z_1 \Rightarrow y_A = y_{A1} \\ z = z_2 \Rightarrow y_A = y_{A2} \end{cases}$$



$$\Theta = \frac{N_A + N_B}{N_A}$$

Pegando na eq. geral e substituindo do Θ:

$$= \Theta . N_A$$

$$N_A - y_A (N_A + N_B) = - c D_{AB} \frac{d y_A}{d z}$$

$$N_A - y_A \Theta N_A = - c D_{AB} \frac{d y_A}{d z}$$

$$N_A (1 - y_A \Theta) = - c D_{AB} \frac{d y_A}{d z}$$

$$\int_{z_1}^{z_2} N_A \, dz = \int_{y_{A_1}}^{y_{A_2}} \frac{c D_{AB}}{y_A \Theta - 1} \, d y_A$$

$$N_A(z_2 - z_1) = \frac{cD_{AB}}{\Theta} \ln\left(\frac{y_{A_2}\Theta - 1}{y_{A_1}\Theta - 1}\right)$$

$$\boxed{N_A = \frac{cD_{AB}}{\Theta(z_2 - z_1)} \ln\left(\frac{y_{A_2}\Theta - 1}{y_{A_1}\Theta - 1}\right)}$$

Superficie cilindrica:

$$N_A \cdot r = cte$$

$$N_A \cdot r = N_{A_1} \cdot r_1 \Rightarrow N_A = \frac{r_1 \cdot N_{A_1}}{r}$$

$$\text{c.f.} \begin{cases} r = r_1 \Rightarrow y_A = y_{A_1} \\ r = r_2 \Rightarrow y_A = y_{A_2} \end{cases}$$

Fazer igual que os planos

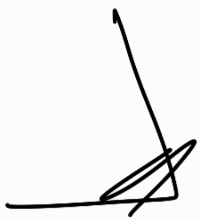
Superfície esférica:

Sfera $= 4\pi r^2$

$$N_A \cdot r^2 = ctte$$

$$N_A r^2 = N_{A1} r_1^2$$

$$N_A = N_{A1} r_1^2 \frac{1}{r^2}$$



CF $\left\{ \right.$ Igual às cilíndricas

17/03/23

Difusão em Estado Estacionário

Ex:

A difunde numa camada em repouso de um componente B de espessura Z.

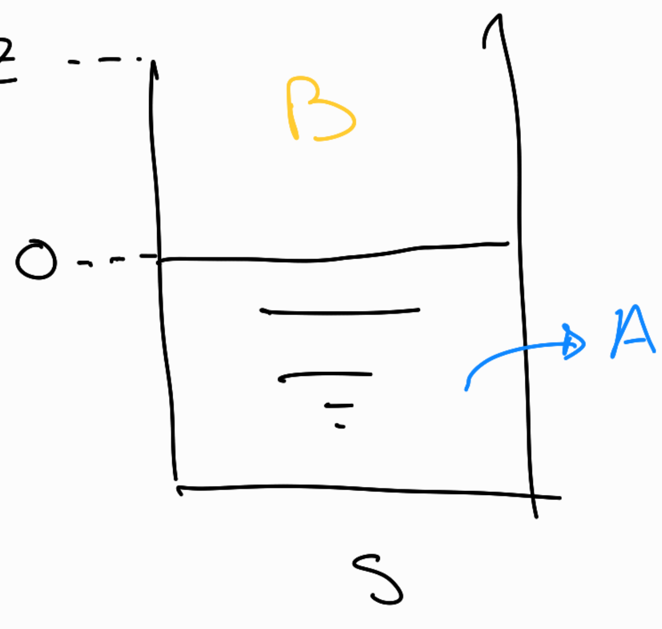
A pressão parcial de A num dos lados da camada é P_{A1} e no outro lado $P_{A2} < P_{A1}$.

Mostrar que o fluxo máximo possível de A através dessa camada é dada por:

$$N_{AB_{máx}} = \frac{DP}{RTZ} \ln\left(\frac{P}{P - P_{A1}}\right)$$

Supor: A: H_2O

B = Ar



Eq. de conservação

$(N)(S) = ctte$ se $S = ctte \Rightarrow N_A = ctt$

Eq. cinética:

$$N_A = -cD \frac{dy_A}{dz} + y_A(N_A + N_B)$$

o porque não está a movimentar-se

A se movimenta em B

$$N_A(1 - y_A) = -cD \frac{dy_A}{dz}$$

$$N_A \int_0^z dz = -cD \int_{y_{A_1}}^{y_{A_2}} \frac{1}{1 - y_A} dy_A$$

$$\boxed{P_A = y_A . P}$$

Não é mesmo necessário depende se queremos pressão ou y_A

$P = P_{total}$

$\frac{P}{RT}$

$$N_A(z - 0) = cD \ln\left(\frac{1 - y_{A2}}{\quad}\right)$$

$$\left(1 - y_{A_1}\right)$$

$$N_A = \frac{PD}{RTZ} \ln\left(\frac{P - \cancel{P_{A_2}}}{P - P_{A_1}}\right)$$

$\rightarrow 0 \rightarrow$ Para o fluxo ser máximo a pressão do componente A no fim é muito baixa ($P_{A_2} \rightarrow 0$) para ter a força motriz máxima

$$\boxed{N_A = \frac{P.D}{R.T.Z} \cdot \ln\left(\frac{P}{P - P_{A_1}}\right)}$$

4. Moldou-se naftaleno sob a forma dum cilindro de R_1 que se deixou sublimar no ar em repouso.

Mostre que a velocidade de sublimação é dada por:

$$Q = \frac{2\pi L D P}{RT}\left(\ln\left(\frac{1 - y_{A_2}}{1 - y_{A_1}}\right) \Big/ \ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)\right)$$

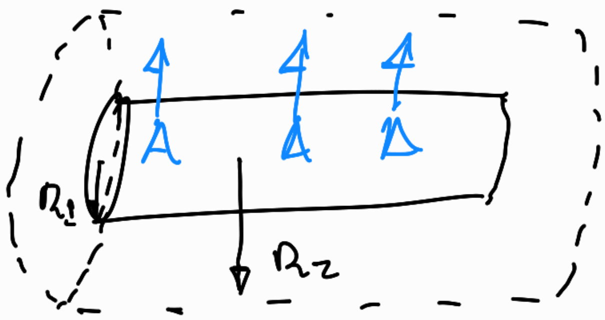
Sendo y_A^* a fração molar correspondente a pressão de vapor de naftaleno e y_{A2} a fração molar correspondente a R_2.

Explique o que sucede à velocidade de sublimação quando R_2 se torna muito grande

2.. E se a geometria por esférica?

R#1:

A: Naftaleno B: Ar



Eq. Conservação:

$$N_A . S = ctt = \boxed{N_{A_r} 2\pi r l = Q}$$

Eq. cinética:

$$N_{A_r} = -cD\frac{dy_A}{dr} + y_A(N_{A_r} + \cancel{N_{B_r}})$$

0

Porque o ar não difunde está a servir como meio.

$$N_{A_r}(1-y_A)\,dr = -cD\,dy_A$$

$$N_{A_r}\,dr = -cD\int_{y_{A1}=y_A^*}^{y_{A2}} \frac{dy_A}{1-y_A}$$

$$\int_{R_1}^{R_2} \frac{Q}{2\pi r L}\,dr = cD\ln\left(\frac{1-y_{A2}}{1-y_A^*}\right)$$

$$\frac{Q}{2\pi L}\int_{R_1}^{R_2}\frac{dr}{r} = cD\ln\left(\frac{1-y_{A2}}{1-y_A^*}\right)$$

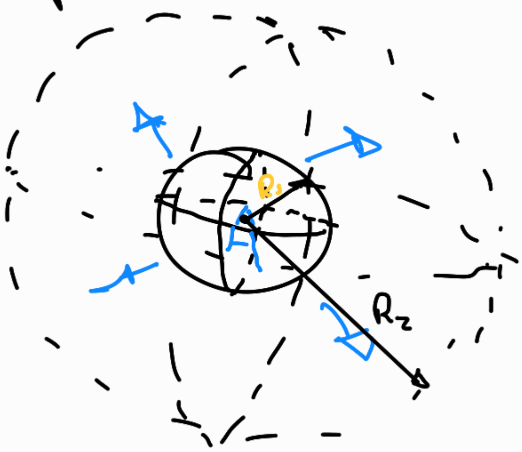
$$\frac{Q}{2\pi L}\ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right) = cD\ln\left(\frac{1-y_{A2}}{1-y_A^*}\right) \qquad c \to \frac{P}{RT}$$

$$Q = \frac{PD2\pi L}{R.T.\ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)}.\ln\left(\frac{1-y_{A2}}{1-y_A^*}\right)$$

$R_2 \to \infty$

$Q \to 0$

#7 A: Naftaleno B: Ar



Eq. Conservação:

$$N_A \cdot S = ctt = \boxed{N_{A_r} 4\pi r^2 = Q_A}$$

Eq. cinética:

$$N_{A_r} = -cD \frac{dy_A}{dr} + y_A(N_{A_r} + \cancel{N_{B_r}})$$

0 Porque o ar não difunde está a servir como meio

$$N_{A_r}(1-y_A)\,dr = -cD\,dy_A$$

$$N_{A_r}\, dr = -cD \int_{y_A^*}^{y_{A2}} \frac{dy_A}{1-y_A}$$

$$\int_{R_1}^{R_2} \frac{Q}{4\pi r^2}\,dr = cD \ln\left(\frac{1-y_{A2}}{1-y_A^*}\right)$$

$$\frac{Q}{4\pi}\int_{R_1}^{R_2} \frac{dr}{r^2} = cD \ln\left(\frac{1-y_{A2}}{1-y_A^*}\right)$$

$$\frac{P}{RT}$$

$$\frac{Q}{4\pi}\left(\frac{1}{R_2}-\frac{1}{R_1}\right) = cD \ln\left(\frac{1-y_{A2}}{1-y_A^*}\right)$$

$$Q = \frac{P D 2\pi L}{R \cdot T \cdot \ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)} \cdot \ln\left(\frac{1-y_{A2}}{1-y_A^*}\right)$$

$$\boxed{\begin{array}{l} R_2 \longrightarrow \infty \\ Q \longrightarrow Q_{min} \end{array}}$$

Um tubo com 1 cm de diâmetro e 20 cm de comprimento está cheio com uma mistura de CO2 e H2 a uma pressão total de 2 atm e a uma temperatura de 0ºC. O coeficiente de difusão do CO2 – H2 nestas condições é 0.275 cm2 /sec. Se a pressão parcial do CO2 for 1.5 atm num dos lados do tubo e 0.5 atm no outro extremo, calcule a velocidade de difusão para:

i) Contradifusão equimolar (NCO2 = - NH2)

ii) A seguinte relação entre os fluxos NH2 = -0.75 NCO2

$R_1 = 0,5\ cm$ $\quad P = 2\ atm$

$L = 20\ cm$ $\quad T = 0\ °C$

$D_{CO_2-H_2} = 0,275\ \frac{cm^2}{s}$ $\quad P_{CO_{2,1}} = 1,5\ atm$

$P_{CO_{2,2}} = 0,5\ atm$

$Q = ?$

i)

$P_{CO_2} = 0,5\ atm$ $\quad P_{CO_2} = 1,5\ atm$

De maior a menor

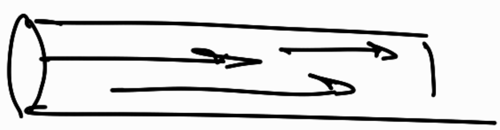
fechado

$P_{H_2} = 1,5\ atm$ $\quad P_{H_2} = 0,5\ atm$

De maior a menor

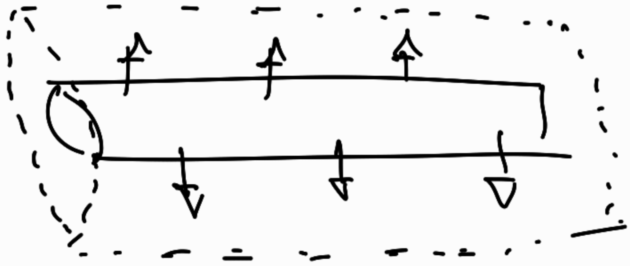
$$\boxed{N_{CO_2} = -N_{H_2}}$$

Geometria plana



Neste exercicio

Geometria cilindrica



$$N_{CO_2} = -cD\frac{dy_{CO_2}}{dz} + \cancel{\left(N_{CO_2} + N_{H_2}\right)}$$

$$N_{CO_2}\int_0^L dz = -\frac{PD}{RT}\int_{y_{CO_2}=\frac{1,5}{2}}^{y_{CO_2}=\frac{0,5}{2}} dy_{CO_2}$$

$$N_{CO_2}.L = -\frac{P}{RT}\left(\frac{1}{4}-\frac{3}{4}\right)$$

$$N_{CO_2} = \left(\frac{(2\times10^5\ Pa)\left(0,275\times10^{-4}\ \frac{m^2}{s}\right)}{(273K)\left(8,314\ \frac{J}{mol\cdot K}\right)}\right)\frac{(0,75-0,25)}{20\times10^{-2}\ m}$$

$$= 6,05\times10^{-3}\ mol\ m^{-2}s^{-1}$$

$$Q = N_{CO_2}\cdot\pi r^2 = 4,75\times10^{-7}\ mol\cdot s^{-1}$$

ii)

$$N_{CO_2} = -cD\frac{dy_{CO_2}}{dz} + \overbrace{(N_{CO_2} + N_{H_2})}^{1-0{,}75 N_{CO_2}}$$

$$N_{CO_2}\int_0^L dz = -\frac{PD}{RT}\int_{y_{CO_2}=\frac{1{,}5}{2}}^{y_{CO_2}=\frac{0{,}5}{2}} \frac{1}{1-0{,}25\, y_{CO_2}}\, dy_{CO_2}$$

$$N_{CO_2}\cdot L = -\frac{PD}{RT}\ln\left(\frac{1-(0{,}25)(0{,}25)}{1-(0{,}25)(0{,}75)}\right)\cdot\frac{1}{(-0{,}25)}$$

$$N_{CO_2} = \left(\frac{(2\times10^5\ Pa)(0{,}275\times10^{-4}\ \frac{m^2}{s})}{(273K)(8{,}314\ \frac{J}{mol\cdot K})}\right)\frac{\ln\left(\frac{1-(0{,}25)(0{,}25)}{1-(0{,}25)(0{,}75)}\right)}{(2\times10^{-2})(0{,}25)}$$

$$= \quad \times10^{-3}\ mol\ m^{-2}s^{-1}$$

$$Q = N_{CO_2}\cdot\pi r^2 = \qquad mol\cdot s^{-1}$$

21/03/23

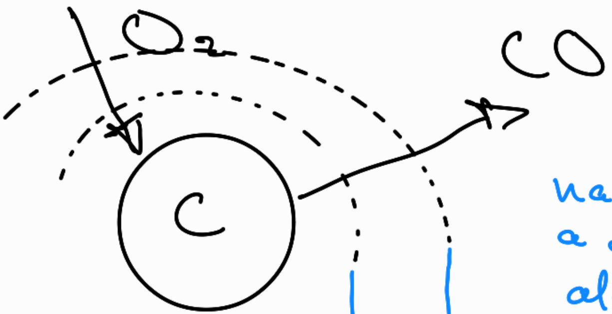
Catalise heterogenea

↳ Envolvem enzimas, carbão, ...

Catalise homogenea (Mais complexo)

↳ Catalisador disolvido

Ex:



Como só há reação na particula de carbono a difusão dá-se a partir de ali.

Não há reação

$$2C + \boxed{O_2} \longrightarrow \boxed{2CO}$$

$$\boxed{N_{CO_r} = -2N_{O_{2r}}}$$

$$N_A \cdot 4\pi r^2 = cte$$

$$N_{A_r} = y_A(N_A + N_B) - cD_{AB}\frac{dy_A}{dr}$$

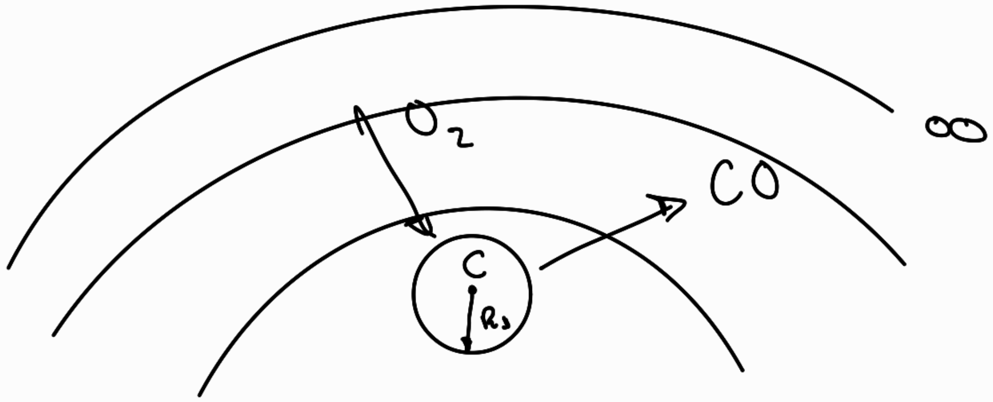
$$N_{O_{2r}} = y_{O_2}(N_{O_{2r}} + N_{CO_r}) - cD_{O_2-CO}\frac{dy_{O_2}}{dr}$$

$$\boxed{w = Q : \text{Velocidade}}$$

Se a reação é Instantanea

$r = R_1 \qquad y_{O_2} = 0$

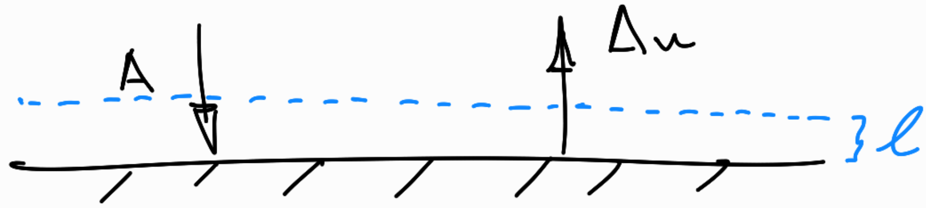
$r = \infty \qquad y_{O_2} = 0{,}21$ {composição do ambiente



Ex:

1 $z = 0 \rightarrow y_A = y_{A_0}$

$z = l \rightarrow y_A = 0$



$$nA \longrightarrow A_n$$

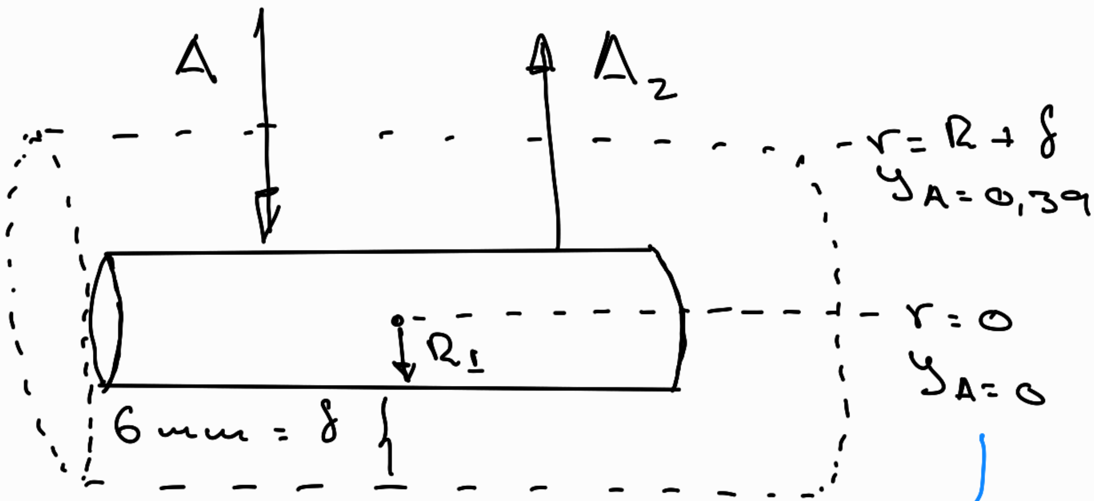
$$N_{A_z} = y_A\left(N_{A_z} + N_{A_{n_z}}\right) - c D_{A-A_n} \frac{dy_A}{dz}$$

$$\boxed{N_{A_n} = -\frac{1}{n} N_A}$$ → Relação do fluxo (Fazer sempre)

$$N_A - y_A N_A\left(1-\frac{1}{n}\right) = -cD_{A-An}\frac{dy_A}{dz}$$

$$N_A\left(1 - y_A\left(1-\frac{1}{n}\right)\right) = -cD_{A-An}\frac{dy_A}{dz}$$

$$N_A = \frac{P}{RTl\left(1-\frac{1}{n}\right)} \cdot D_{A-An} \cdot \ln\left(\frac{1}{1-y_A\left(1-\frac{1}{n}\right)}\right)$$



Reação Instantaneo

$P = 1$ atm

$T = 50°C$

$P_A = 0{,}39$ atm

$$P_A = y_A . P_t$$

$$y_A = \frac{P_A}{P_t} = \frac{0{,}39}{1} = 0{,}39$$

$$\boxed{N_{A_r} \times r = N_{A_1} \cdot R_1}$$ → Superfície cilíndrica

$$\boxed{Q = N_{A_1} \cdot 2\pi r l}$$ → Eq. Velocidade

$$\boxed{N_{A_r} = y_A\left(N_{A_r} + N_{A_{2_r}}\right) - cD_{A-A_2} \frac{dy_A}{dr}}$$

→ lei de difusão

$$\boxed{N_{A_{2_r}} = -\frac{1}{2} N_{A_r}}$$

→ Relação de fluxos

$$\boxed{N_{A_r} = \frac{N_A \cdot R_1}{r}}$$

$$N_{A_r}\left(1 + \frac{1}{2} y_A\right) = -cD_{A-A_2} \frac{dy_A}{dr}$$

$$N_A \cdot R_1 \int_{R_1}^{R_1+\delta} \frac{dr}{r} = \frac{-P}{RT} \int_0^{0,39} \frac{1}{1 + \frac{1}{2} y_A} dy_A$$

$$N_A = \frac{-P}{R \cdot T \cdot R_1} \cdot \frac{\ln\left(\frac{1 + 1/2(0,39)}{1}\right)}{\ln\left(\frac{R_1 + \delta}{R_1}\right)}$$

24/03/23

Difusão em Estado pseudo-Estacionário

Geometria Plana

$$N_A = f(z) = f(t)$$

$$z = g(t)$$ por isso

Velocidade

$$Q_A = -C_{AL} \frac{dV}{dt}$$

Volume

concentração molar de espécie que está a difundir

$$N_A = C_{AL} \frac{dz}{dt}$$

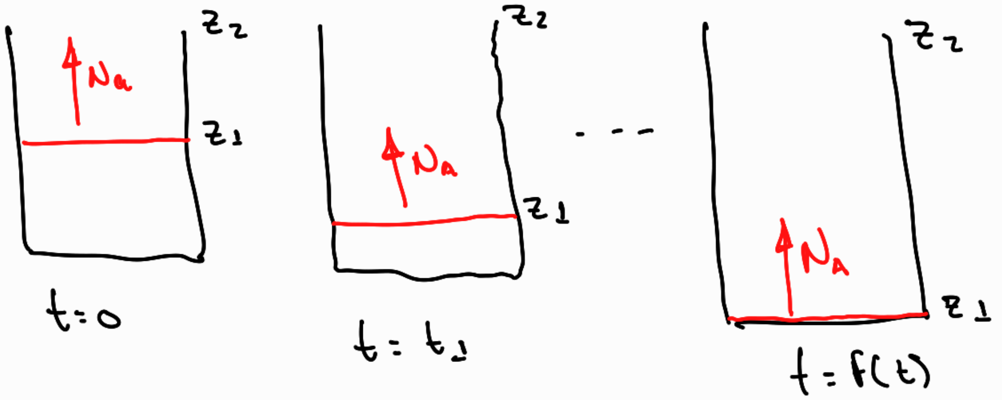
$$Q_A : \frac{mol}{s} = \frac{mol}{\cancel{m^3}} \cdot \frac{\cancel{m^3}}{s}$$

C_{AL} $\qquad \frac{dV}{dt}$

$$N_A = \frac{Q_A}{S} : \frac{mol}{m^2 \cdot s}$$

secção

gas B $\Rightarrow N_B = 0$



$$\bar{N}_{A_z} = ctte$$

$$\bar{N}_{A_z} = y_A(\bar{N}_{A_z} + \cancel{\bar{N}_{B_z}}^{\,0}) - cD_{AB} \cdot \frac{dy_A}{dz}$$

Integração como estado estacionario e fica:

$$\bar{N}_{A_z} = \frac{c D_{A_z}}{z} \ln\left(\frac{1 - y_{A_2}}{1 - y_{A_1}}\right)$$

t calcula-se tomando uma base de cálculo $b = 1\,m^2$

logo $N_A : \frac{mol}{\cancel{m^2} \cdot s} \cdot \cancel{m^2} = \frac{mol}{s}$

$$t = n_{(t)} \cdot \left(\frac{1}{N_A \cdot A}\right) : (s)$$

$\rightarrow$ Área

Cálculo de tempo no estado estacionario

Logo para estado pseudo-estacionario: $N_{A_z} = C_{AL} \frac{dz}{dt}$ então fica:

$$C_{AL} \frac{dz}{dt} = \frac{c D_{AB}}{z} \ln\left(\frac{1 - y_{A_2}}{1 - y_{A_1}}\right)$$

$$C_{AL} \int_{z_{t_0}}^{z_t} z\, dz = c D_{AB} \ln\left(\frac{1 - y_{A_2}}{1 - y_{A_1}}\right) \int_{t=0}^{t=t} dt$$

$$C_{AL}\left(\frac{z^2}{2}\right)_{z_{t0}}^{z_t} = c\,D_{AB}\ln\left(\frac{1-y_{A2}}{1-y_{A1}}\right)t$$

$$t = \frac{C_{AL}\left(\frac{z_t}{2} - \frac{z_{t0}}{2}\right)}{c\,D_{AB}\ln\left(\frac{1-y_{A2}}{1-y_{A1}}\right)t}$$

$\rightarrow$ $1\,m^3$ de H_2O $\rightarrow$ 1 ton de H_2O $= 10^6$ g de H_2O

$$C_{AL} = \frac{10^6}{18} = 5{,}56\times10^3\ \frac{mol}{m^3}$$

massa molar $\leftarrow$

$\rightarrow$ Porque é S.I.

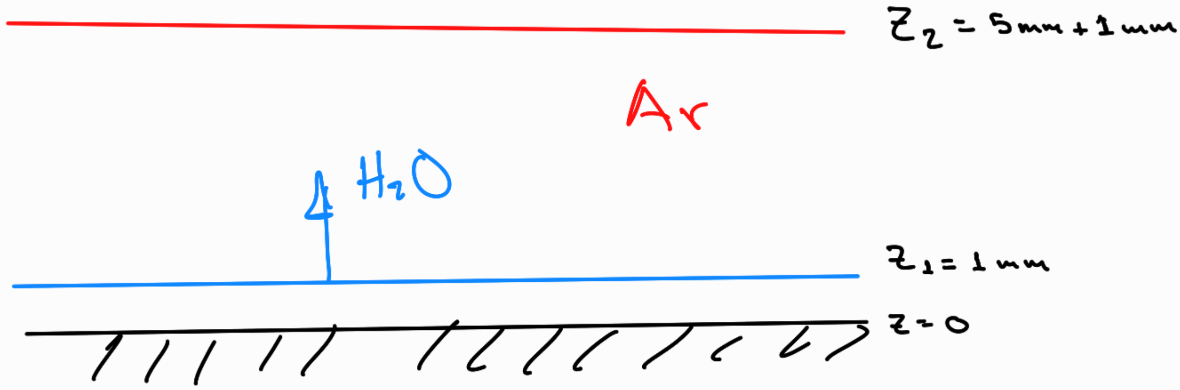
Geometria esférica

1° Resolvemos como estado estacionario e o fluxo $(\overline{W}_{A,r})$ fica:

Deducir depois...

—— // —— // ——

Ex: (slides)



$$\begin{cases} z = z_1 \rightarrow y_{A_1} = \dfrac{P_A}{P_t} = \dfrac{P_A^*}{P} = \dfrac{0{,}0234}{1} \\ \\ z = z_2 \rightarrow y_{A_2} = 0 \end{cases}$$

$\bar{N}_{A_z} =$ ctte porque geometria plana a secção é ctte o fluxo é ctte.

$\bar{N}_{A_r}$ ctte o fluxo pela secção

$N_A \cdot r = \bar{N}_{A_r} \cdot r_1$

$N_A \cdot r^2 = \bar{N}_{A_r} \cdot r_1^2$

$N_B = 0$

$$N_A = y_A(N_A + \cancel{N_B}^{\,0}) - \frac{P D_{AB}}{RT}\frac{dy_A}{dz}$$

$$N_A = \frac{P D_{AB}}{R T \underbrace{(z_2 - z_1)}_{\delta}} \cdot \ln\left(\frac{1}{1 - y_A^*}\right)$$

Estado estacionario

$$Q_A = -C_{AL}\frac{dV}{dt}, \text{ trazando } z_2 - z_1 = \delta$$

$$\frac{dV}{dt} = -S\frac{d\delta}{dt}$$

Logo :

$$Q_A = C_{AL} \cdot S\frac{d\delta}{dt}$$

Como :

$$N_A = \frac{Q_A}{S}$$

Vem:

$$N_A = C_{AL} \cdot \frac{d\delta}{dt}$$

$$C_{AL} \frac{d\delta}{dt} = \frac{P D_{AB}}{R T \delta} \cdot \ln\left(\frac{1}{1 - y_A^*}\right)$$

$$\delta . d\delta = \frac{P D_{AB}}{R T C_{AL}} \cdot \ln\left(\frac{1}{1 - y_A^*}\right) dt$$

$$\begin{cases} t = t_0 \longrightarrow \delta_0 = 5 \times 10^{-3} m \\ t = t \longrightarrow \delta_t = 6 \times 10^{-3} m \end{cases}$$

$$\int_{\delta_0}^{\delta_t} \delta \, d\delta = \frac{P D_{AB}}{R T C_{AL}} \ln\left(\frac{1}{1 - y_A^*}\right) \int_0^t dt$$

$$t = \left(\frac{\delta_t^2}{2} - \frac{\delta_0^2}{2}\right) \cdot \frac{R.T.C_{AL}}{P.D_{AB}} \cdot \frac{1}{\ln\left(\frac{1}{1 - y_A^*}\right)}$$

Substituindo valores

$t = 11936{,}9 \text{ s} = 3{,}32 \text{h}$

$\Rightarrow t = 3\text{h } 19 \text{min}$

28/03/23

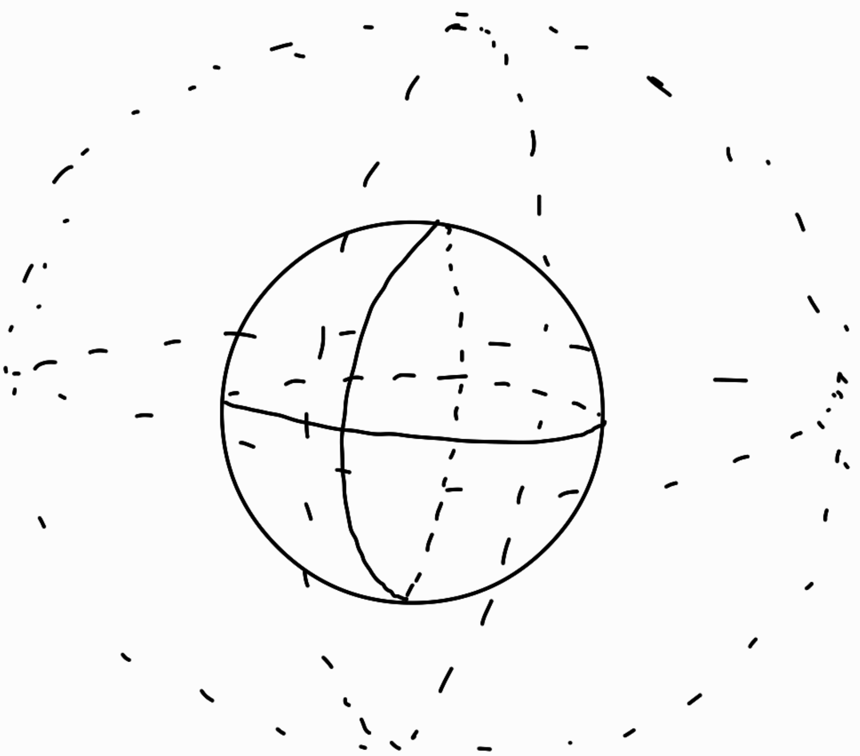
2..

$D_i = 1 \text{cm}$ Ar $T = 318 \text{K}$

$P^*(\text{naft}) = 0{,}106 \text{ atm} = 0{,}106 \times 10^5 \text{ Pa}$

$\rho(\text{naft}) = 1140 \dfrac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

$D_{\text{naft-ar}} = 6{,}9 \times 10^{-7} \dfrac{\text{m}^2}{\text{s}}$



R

$$N_A \cdot r^2 = N_{A_r} \cdot R_1^2$$

$$Q = N_{A_r} \cdot 4\pi r^2 \Rightarrow N_{A_r} = \frac{Q}{4\pi r^2}$$

$$\begin{cases} R_0 = R_1 \longrightarrow y_{1\,naf} = \dfrac{0{,}106 \times \cancel{10^5}}{1 \times \cancel{10^5}} \\ R_f = \infty \longrightarrow y_{2\,naf} = 0 \end{cases}$$

$$N_{naf\,r} = y_{naf}\left(\bar{N}_{r\,naf} + \cancel{\bar{N}_{ar_r}}^{\,0}\right) - C D_{naf\text{-}ar} \frac{dy_A}{dr}$$

$$N_{naf_r}(1 - y_A) = -\frac{PD}{RT}\frac{dy_A}{dr}$$

$$\frac{Q}{4\pi}\int_{R_1}^{R_2} \frac{dr}{r^2} = -\frac{PD}{RT}\int_{y_A^*}^{0} \frac{dy_A}{(1 - y_A)}$$

$$\frac{Q}{4\pi}\cdot\left(\cancel{\frac{1}{\infty}}^{0}-\frac{1}{R_1}\right)=-\frac{PD}{RT}\ln\left(\frac{1}{1-y_A^*}\right)$$

$$\frac{Q}{4\pi}\cdot\frac{1}{R_1}=\frac{PD}{RT}\ln\left(\frac{1}{1-y_A^*}\right)$$

$$Q=-\frac{\rho}{M_A}\frac{dV}{dt}$$

volume

Começa estado pseudo-estacionário

Sempre assim

$$=-\frac{\rho}{M_A}\cdot\boxed{4\pi R_1^2\frac{dR_1}{dt}}$$

$$\frac{dV}{dt}=\left(\frac{4}{3}\pi R^3\right)'\frac{dR_1}{dt}$$

Substituindo na eq:

$$-\frac{\rho R_1}{M_A}\cdot\frac{dR_1}{dt}=\frac{PD}{RT}\ln\left(\frac{1}{1-y_A^*}\right)$$

$$-\frac{\rho}{MM}\int_{R_{1_0}}^{0} R_1\, dR_1 = \frac{PD}{RT}\ln\left(\frac{1}{1-y_A^*}\right)\int_0^t dt$$

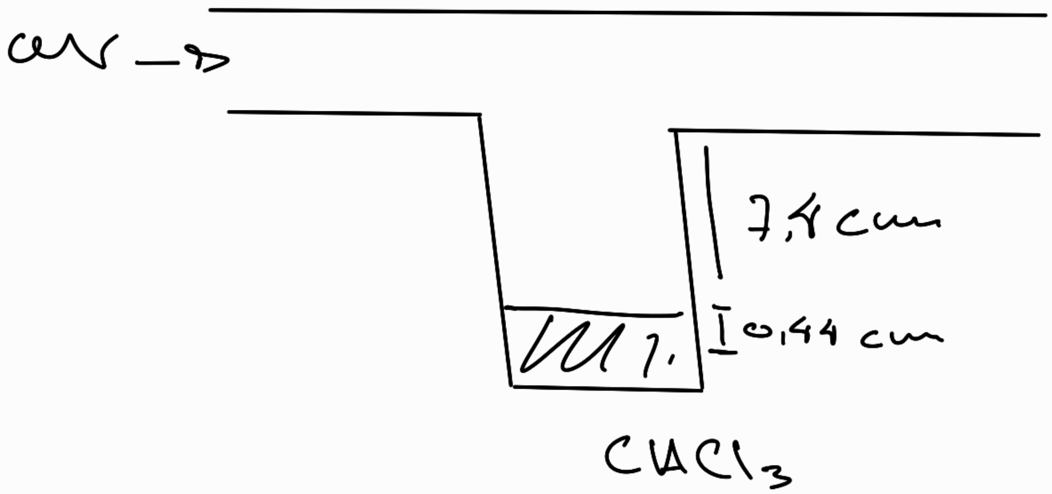
$$t = \frac{(\rho)(R_{1_0})^2 RT}{(MM)(P)(D)\cdot\ln\left(\frac{1}{1-y_A^*}\right)}$$

$$t = \frac{(1140)(0,5\times10^{-2})^2(8,314)(318)}{(2)(128\times10^{-3})(1\times10^{5})(6,9\times10^{-7})\ln\left(\frac{1}{1-0,106}\right)}$$

$$t = 38070\ s \rightarrow 10,57\ h$$

3..

Celula de Arnold



$T = 298\ K$

$P: 1\times10^{5}\ Pa$

$\rho_{CHCl_3} = 1,485\ \frac{g}{cm^3}\cdot\frac{1\ Kg}{1000\ g}\cdot\frac{(100\ cm)^3}{(1\ m)^3}$

$P^*_{CHCl_3} = 200\ mmHg$

$$N_a = ctte$$

$$\begin{cases} z_2 = 7.4 \times 10^{-2}\, m \rightarrow y_A = 0 \\ z_1 = 0 \rightarrow y_A^* = \frac{200}{760} = 0{,}263 \end{cases}$$

$$N_A = y_A(N_A + \cancel{N_B}^{\,0}) - CD \frac{dy_A}{dz}$$

$$N_A(1 - y_A) = -\frac{PD}{RT}\frac{dy_A}{dz}$$

$$N_A \int_0^{z_2} dz = \frac{PD}{RT} \ln\left(\frac{1}{1 - y_A^*}\right)$$

$$N_A = \frac{PD}{RTz} \ln\left(\frac{1}{1 - y_A^*}\right)$$

$$\boxed{N_A = C_{AL} \frac{dz}{dt}}$$

→ começa estado pseudo-estacionário

$$C_{AL}\,\frac{dz}{dt} = \frac{PD}{RTz}\ln\left(\frac{1}{1-y_A^*}\right)$$

$$C_{AL}\int_{z_i}^{z_f} z\,dz = \frac{PD}{RT}\ln\left(1/1-y_A^*\right)\int_0^t dt$$

$$\frac{C_{AL}}{2}\left(z_f^2 - z_i^2\right) = \frac{PD\ln\left(\frac{1}{1-y_A^*}\right)}{RT}\,t$$

$$z_i = 7{,}4\times10^{-2}\,m$$

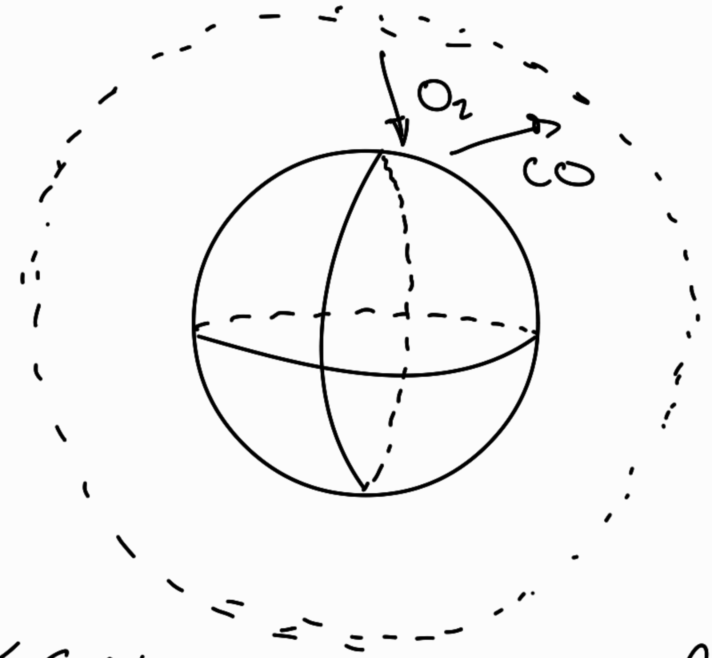
$$z_f = z_i + \underbrace{\Delta z}_{0{,}44} = 7{,}84\times10^{-2}\,m$$

$$D = \frac{\frac{1{,}485\times10^{3}}{119{,}9\times10^{-3}}\left(\left(7{,}84\times10^{-2}\right)^2-\left(7{,}4\times10^{-2}\right)^2\right)(8{,}314)(298)}{2\left(1\times10^{5}\right)\ln\left(\frac{1}{1-0{,}26}\right)\cdot(36000)}$$

$$= 9{,}5229\times10^{-6}\,\frac{m^2}{s}$$

4.- TPC

5..



$T = 1145\,K$

$P = 1 \times 10^5\,Pa$

$\rho_c = 1280\,\frac{kg}{m^3}$

$D_i = 0{,}015\,cm$

$$2C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{(g)}$$

$$Q_{O_2} = N_{O_2} \cdot 4\pi r^2$$

Não Intervem

$$N_{O_2} = -\frac{PD}{RT}\frac{dy_A}{dr} + y_A\left(N_{O_2} + \cancelto{0}{N_{N_2}} + \cancelto{-2N_{O_2}}{N_{CO}}\right)$$

$$-N_{O_2} = \frac{1}{2} N_{CO}$$

$$\begin{cases} R_0 = R_1 \longrightarrow y_{O_2} = 0 \\ R_f = \infty \longrightarrow y_{O_2} = 0{,}21 \end{cases}$$

Reação Instantânea

$\hookrightarrow$ Ambiente

$$N_{O_2}(1 + y_A) = -\frac{PD}{RT}\frac{dy_A}{dr}$$

$$\frac{Q_{O_2}}{4\pi}\int_{R_1}^{\infty}\frac{dr}{r^2} = -\frac{PD}{RT}\int_0^{0{,}21}\frac{1}{1+y_A}\,dy_A$$

$$\frac{Q_{O_2}}{4\pi}\left(\cancelto{0}{\frac{1}{\infty}} - \frac{1}{R_1}\right) = \frac{PD}{RT}\ln(1{,}21)$$

$$Q_{O_2} = -\frac{4\pi PD}{RT}\cdot R_1 \ln(1{,}21)$$

$$Q_C = -\frac{\rho}{MM}\cdot 4\pi R_1^2\frac{dR_1}{dt}$$

$$\frac{Q_c}{2} = \frac{Q_{O_2}}{1}$$

$$Q_c = 2 Q_{O_2}$$

$$-\frac{\rho}{M} \cancel{4\pi} R_1^2 \frac{dR_1}{dt} = 2\left(\frac{\cancel{4\pi} \cdot P \cdot D \cdot R_1 \ln(1.21)}{RT}\right)$$

$$-\frac{\rho}{M}\int_{R_{1_0}}^{R_{1_f}} R_1 \, dR_1 = \frac{2PD}{RT}\ln(1.21)\int_0^t dt$$

$$\frac{\rho}{\cancel{2}M} \cdot \left(R_{1_0}^2 - R_{1_f}^2\right) = \frac{\cancel{2}PD}{RT}\ln(1{,}21)\, t$$

$t = ? \Rightarrow R_{1_f} = 0$

$$t = \frac{\rho \cdot R \cdot T \; (R_{1_0})^2}{4M \cdot P \cdot D \ln(1{,}21)}$$

$t = 0{,}749\ s \Rightarrow 0{,}75\ s$

b) O_2 puro $\rightarrow t_2 = 0,28$ s

$$\frac{t_2}{t_1} = \frac{\ln(2)}{\ln(1,21)}$$

Assumindo $D_{O_2\text{-mistura}} \approx D_{O_2\text{-}O_2}$

$t_2 = 0,20$ s

14-04-23

Convecção

Analise dimensional e Correlação

$$N_A = \underbrace{K_c}_{\left(\frac{m}{s}\right)\text{ coef. de transf. de massa}} \left(C_{As} - C_A\right) \left(\frac{mol}{m^2 \cdot s}\right)$$

C_{As}: concentração de A na superfície

Analise dimensional

Nº adimensionais: Servem para agrupar experiencias com propriedados diferentes e classificar de uma forma determinada.

Teorema de π Buckingham

$$i = n - k$$

k → nº de dimensões fundamentais

i → nº de grupos adim.

n → nº de dimensões derivadas

Para 1º nº adim

$$\pi_1 : D_{AB}^{a} \cdot \rho^{b} D^{c} K_c$$

$$1 = \left(\frac{L^2}{t}\right)^a \left(\frac{M}{L^3}\right)^b (L)^c \left(\frac{L}{t}\right)$$

$L: \ 0 = 2a - 3b + c + 1$

$t: \ 0 = -a - 1$

$M: \ 0 = b$

$$\pi_1 = \frac{K_c \cdot d}{D_{AB}} \quad K_c \quad \Big\}\ \text{Sherwood}$$

$$\vdots \quad \frac{\rho \cdot v \cdot d}{\mu} \quad \Big\}\ \text{Reynolds}$$

$$\frac{\mu}{\rho\, D_{AB}} \quad \Big\}\ \text{Schmith}$$

→ Reynolds → Schmith

$$Sh = \Psi(Re, Sc) \rightarrow \text{transferência de massas}$$

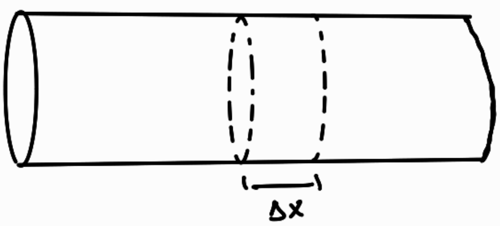
↳ Gillian and Sherwood

$$Nu = \Psi(Re, Pr) \rightarrow \text{transferência de calor}$$

$$Re = \Psi(\varnothing, \varepsilon/\varepsilon_0) \rightarrow \text{transferencia de momento}$$

---

teor - Concentração



trasnsferencia lateral

$A_s = 2\pi r L$

$$\frac{dC_A}{dx} = \frac{4}{d}\frac{K_c}{v}(C_{As} - C_{A0})$$

Integrando:

$$\ln\left(\frac{C_{As} - C_{A0}}{C_{As} - C_{AL}}\right) = \frac{4}{d}\frac{K_c}{v} \cdot L$$

↳ comprimento de saída

$$W = v \frac{\pi d^2}{4} (C_{AL} - C_{A0}) \Big|$$ Velocidade de sublimação $\left(\frac{mol}{s}\right)$

Ex: $\nu = \frac{\mu}{\rho}$ Viscosidade cinemática

$$Re = \frac{v d}{\nu} = 1016,\bar{6} \checkmark$$

$$Sc = \frac{\nu}{D_{AB}} = 2,91 \checkmark$$

$$Sh = \frac{K_c d}{D_{AB}} \Rightarrow K_c = \frac{D_{AB} Sh}{d} = \frac{D_{AB}\left(1,86\left(Re . Sc . \frac{d}{L}\right)^{1/3}\right)}{d} = 1,3 \times 10^{-3} \frac{m}{s}$$

Regime laminar

$$C_{A0} = 0$$

$$C_{AS} = C_A^* = \frac{P_A^*}{RT} = \frac{\frac{0,0209}{760} \times 10^5}{(8,314)(283,15)} = 1,17 \times 10^{-3} \frac{mol}{m^3} \checkmark$$

$$\frac{C_{AS} - C_{A0}}{C_{AS} - C_{AL}} = e^{\frac{4}{d}\frac{K_c}{v} L}$$

$$C_{AS} - C_{A0} = e^{\int} C_{AS} - e^{\int} C_{AL}$$

$$C_{AL} = \frac{e^{\frac{4}{d}\frac{K_c}{v}L} C_{AS} - C_{AS} + C_{A0}}{e^{\frac{4}{d}\frac{K_c}{v}L}}$$

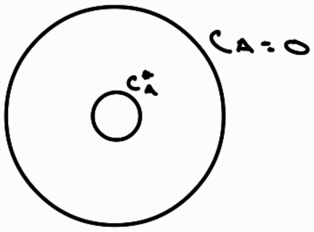
$$W = v \frac{\pi d^2}{4} \left(\frac{e^{\frac{4}{d}\frac{K_c}{v}L} C_{AS} - C_{AS} + C_{A0}}{e^{\frac{4}{d}\frac{K_c}{v}L}} - C_{A0} \right) =$$

$$= 1,63 \times 10^{-7} \frac{mol}{s}$$

Ex 2.

$Sh = 196{,}8 \Rightarrow K_c = 2{,}36 \times 10^{-5} \; \frac{m}{s}$

$Re = 750$



$Sc = 1667$

$W = K_c \left(\overset{C_A^*}{\cancel{C_{As}}} - \overset{0}{\cancel{C_A}} \right) \underbrace{A}_{4\pi r^2}$

$W = 5{,}56 \times 10^{-6} \; \frac{mol}{s}$

$\frac{1}{2} V = \frac{1}{2} \frac{4}{3} \pi R^3 \cdot \frac{\rho}{M} = 2{,}34 \times 10^{-4} \; mol$

$t = \frac{mol}{W} = 45{,}7 \; s$

18/04/23

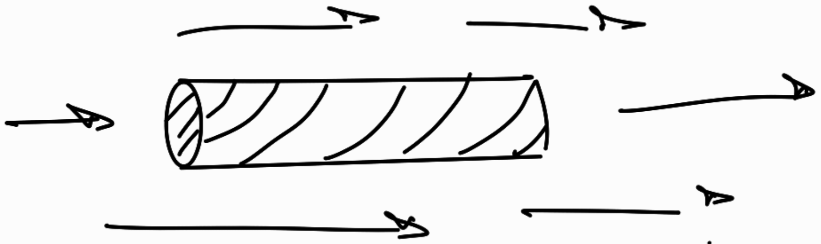
$\frac{h}{\rho V_m C_p} = \underbrace{St}_{\text{stanton}} = \frac{\overbrace{C_f}^{\text{coef. de atrito}}}{2}$

Chilton - Colburn

$$j_H = \frac{h}{\rho v_0 C_p} \cdot Pr^{2/3}$$

$$j_D = \frac{k_c}{v_\infty}$$

Exercício:



$$Nu = \frac{h\,d}{K}$$

h → Coef. de transferência de calor

K → condutividade térmica

→ nº Nusselt

→ Prandtl

$$Pr = \frac{\mu C_p}{K} \qquad Sc = \frac{\mu}{\rho D} \qquad Re = \frac{\rho v d}{\mu}$$

a)

$$Re = \frac{(1000)(10)(1{,}5\times10^{-2})}{1\times10^{-3}} = 1{,}5\times10^{5}$$

$$Nu = \left(0{,}506\, R^{0{,}5} + 0{,}00141\, Re\right) Pr^{1/3} = 407{,}5\, Pr^{1/3}$$

$$K_c = \frac{h\,\cancel{v}}{\rho\,\cancel{v}\,C_p}\cdot\frac{Pr^{2/3}}{Sc^{2/3}} = \frac{Nu\,.\,K}{d}\cdot\frac{K}{\rho\,C_p}\cdot\frac{Pr^{2/3}}{Sc^{2/3}}$$

$$Nu = \frac{h\,d}{K} \qquad h = \frac{Nu\,K}{d}$$

$$K_c = \frac{407.5\,\cancel{Pr^{1/3}}}{d\,.\,\rho\,\cancel{C_p}}\,\frac{\cancel{K}\,\cancel{Pr^{2/3}}}{Sc^{2/3}}\cdot\frac{\mu}{\cancel{\mu}}$$

$$K_c = \frac{(407.5)\,\mu}{d\,\rho\,Sc^{2/3}} = 3{,}72\times10^{-4}\ \frac{m}{s}$$

b) Cilindro vai disolver-se

$$W = K_c \cdot A \cdot (C^* - \cancel{C_0})$$

0 ao início do percurso

6000 $\frac{mol}{m^3}$

↳ solubilidade do sal

$2\pi r(r+l)$

Área do cilindro

↳ ou $\pi d l + \frac{1}{2}\pi d^2$

$$W = (3{,}72 \times 10^{-4}\ \tfrac{m}{s})(5{,}07 \times 10^{-3}\ m^2)(6000\ \tfrac{mol}{m^3})$$

$$W = 1{,}1 \times 10^{-2}\ \frac{mol}{s}$$

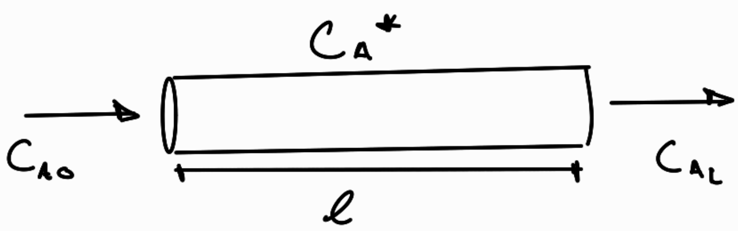
c) Não, porque $Sc \neq 1$

d) $W = K_c\ \frac{m}{s} \cdot \left(4\ (2 \times 10^{-2}\ m)(1{,}5 \times 10^{-2}\ m) + 2\ (1{,}5 \times 10^{-2})^2\right) \cdot 6000\ \frac{mol}{m^3}$

Ex 2:

$Nu = 0{,}023\ Re^{0{,}8} \cdot Pr^{0{,}33}$ para $Re > 10000$

$Nu = 4{,}1$, para $Re\ Pr\ \frac{d}{l} < 17$



$Re = 50172$

a) $K_c = ?$

$$Nu = 0,023 . Re^{0,8} . Pr^{0,33}$$

$$Pr = \frac{\mu . Cp}{K^T} = \frac{(1,74 \times 10^{-5})(1012)}{(0,0281)} = 0,7$$

$$Nu = (0,023)(50172)^{0,8}(0,7)^{0,33} = 117,8$$

$$h = \frac{Nu . K^T}{d} \Rightarrow h = 118,3 \ \frac{W}{m^2 K}$$

$$Sc = \frac{\mu}{\rho D_{Ab}} = \frac{1,74 \times 10^{-5}}{(1164)(6,2 \times 10^{-6})} = 2,41 \times 10^{-3}$$

$$Kc = \frac{h}{\rho . Cp} . \frac{Pr^{2/3}}{Sc^{2/3}} = 4,4 \times 10^{-2} \ \frac{m}{s}$$

b) A velocidade de sublimação e concentração de A a saída:

$W = ?$ $\quad C_{AL} = ?$

$$\frac{4 \, Kc}{v} . \frac{\ell}{d} = \ln \left(\frac{C^* - \cancel{C_{A0}}^{\,0}}{C^* - C_{AL}} \right)$$

$$e^{\frac{4 k \ell}{v d}} = \frac{C^*}{C^* - C_{AL}}$$

$$C_{AL} = \frac{C^* \left(e^{\frac{4 Kc \ell}{v d}} - 1 \right)}{e^{\frac{4 Kc \ell}{v d}}}$$

$$C^* = \frac{P^*}{RT} = \frac{\frac{4}{760} \times 10^5}{(8,314)(293,15)} = 0,22 \ \frac{mol}{m^3}$$

$$C_{AL} = 0,0824 \ \frac{mol}{m^3}$$

$C_{AL} < C^*$ sempre

$$W = v \, \frac{\pi}{4} d^2 \left(C_{AL} - \cancel{C_{A0}}^{\,0} \right)$$

$$W = (30)\frac{\pi}{4}(2{,}5\times10^{-2})^2(0{,}0824) = 0{,}00121 \ \frac{mol}{s}$$

$$\%\ Sat = \frac{C_{AL}}{C^*} \times 100 = 37{,}3\%$$

% de saturação

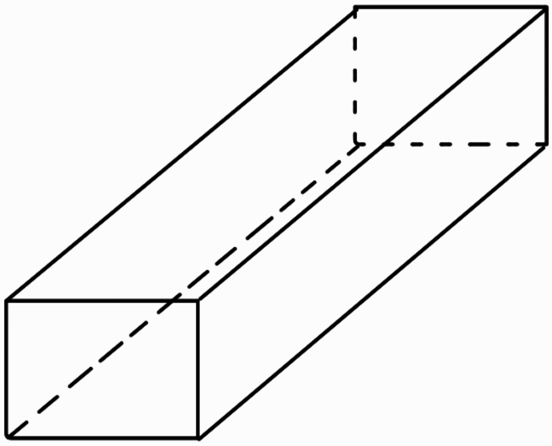
c) Não porque $Sc \neq 1$

d) $\cancel{C v} l^2 + Kc\, 4 l\, dx (C^* - C) = (\cancel{C} + dc) l^2 v$

$$K_c 4 \cancel{l} (C^* - C) dx = l^{\cancel{2}} v . dc$$

$$\frac{4 K_c}{l v}\int_0^L dx = \int_{C_{A0}}^{C_{AL}} \frac{dc}{(C^* - C)}$$

$$\frac{4 Kc}{l} \cdot \frac{L}{v} = \ln\left(\frac{C^* - C_{A0}}{C^* - C_{AL}}\right)$$



---

transferência de massa entre fases

Coef. Individuais de transferência de massa

$$N_{AZ} = K_G (P_{AG} - P_{Ai}) \to (Pa)$$

$$K_G \to \frac{mol}{m^2 s . Pa}$$

$$N_{AZ} = K_L (C_{Ai} - C_{AL}) \to \left(\frac{mol}{m^3}\right)$$

$$K_L \to \frac{m}{s}$$

$$N_{Az} = K_x (X_{Ai} - X_A)$$

$K_x \to \frac{mol}{m^2 \cdot s}$ $\qquad K_x \to K_L \cdot C_L$

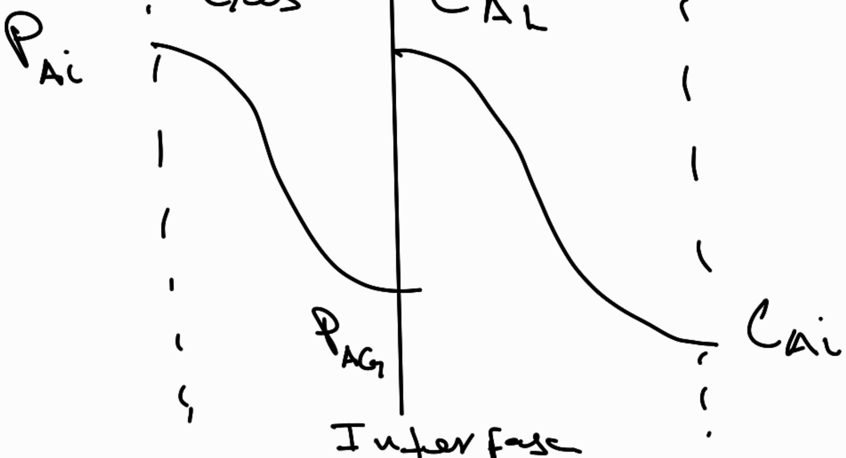
Fluxo é igual a Coef. de transf de massa vezes a força motriz (Força motriz pode ser: ΔC, ΔP, ΔX).

$$\boxed{K_x = K_L \cdot C_L} \qquad X_A = \frac{C_A}{C_L}$$

$$N_{Az} = K_G (P_{AG} - P_{Ai}) \qquad K \equiv \frac{m}{s}$$

$$N_{Az} = K_G (C_{AG} RT - C_{Ai} RT)$$

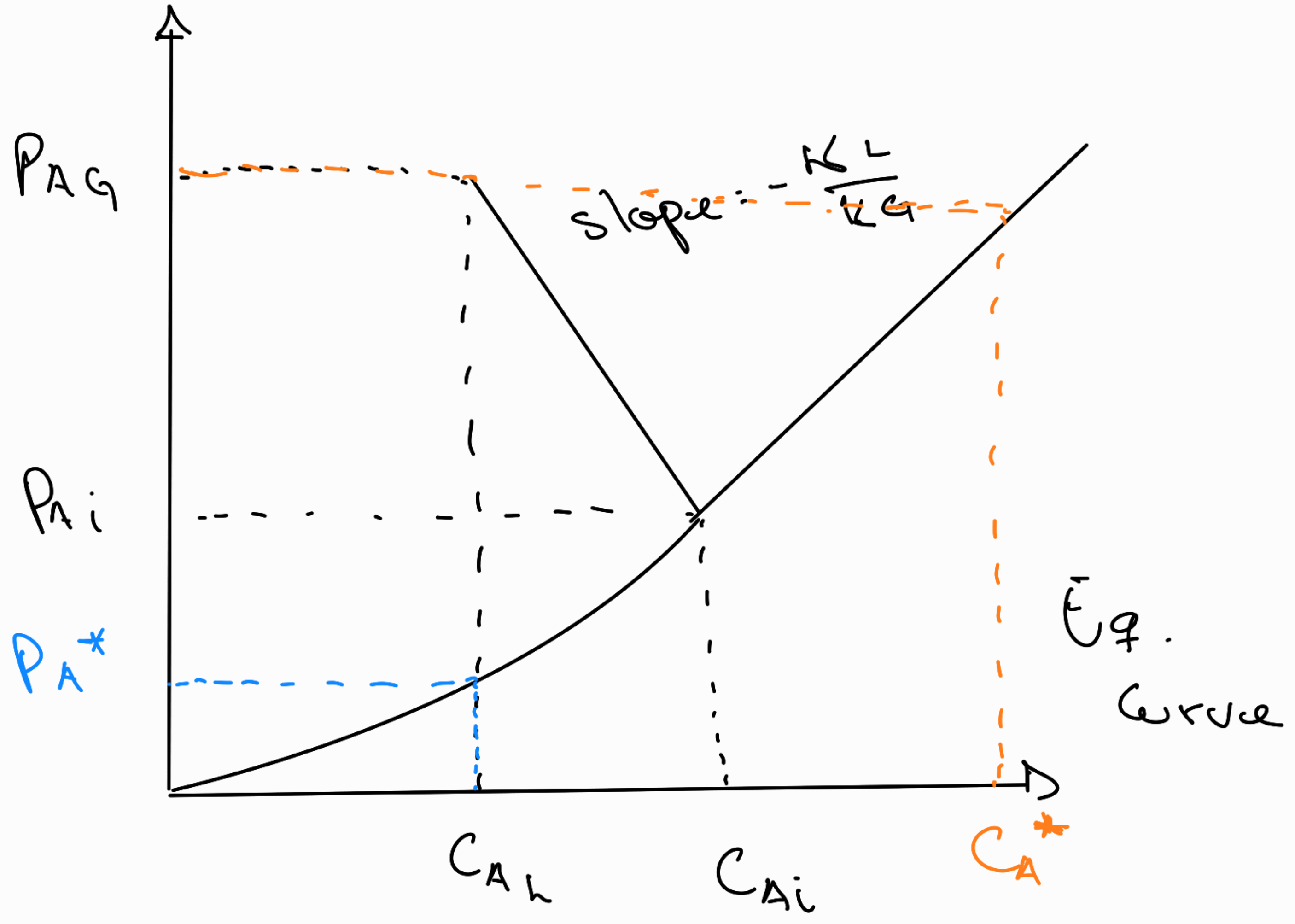
⋮



$$N_{Az} = K_y(y_A - y_{Ai})$$

$$\boxed{K_y = K_G P}$$

$$\boxed{K_c = K_G R T}$$



$$-\frac{K_L}{K_G} = \frac{P_{A,G} - P_{Ai}}{C_{AL} - C_{Ai}}$$

Coef. Global de massa entre fases

$$N_{Az} = K_G (P_{AG} - P_A^*)$$

↳ equil. com C_{AL}

$$N_{Az} = K_L (C_A^* - C_{AL})$$

Na curva para P_A^* pegamos no C_{AL} e vamos até a curva de equilíbrio

Para C_A^* é igual mas pegamos no P_{AG}

$$P \cdot y_A = H x_A$$

Lei de Henry

$$m = \frac{H}{C_L}$$

$$P_{Ai} = m C_{Ai}$$

$$P_{AG} = m C_A^* \qquad P_A^* = m C_{AL}$$

$$\frac{1}{K_G} = \frac{(P_{AG} - P_{Ai})}{N_{Az}} + \frac{m\,(C_{AL} - C_{Ai})}{N_{Az}}$$

Resistência global

Resistência da fase gasosa

Resistência da fase líquida

ou

$$\frac{1}{K_G} = \frac{1}{k_G} + \frac{m}{k_L}$$

$m \rightarrow \frac{H}{C_L}$

mol

Minúscula

$$m \ll \iff \frac{1}{K_G} \simeq \frac{1}{k_G}$$

minúscula

maiúscula

$$\frac{1}{K_L} = \frac{1}{k_L} + \frac{1}{m\,k_G}$$

$$m \gg \iff \frac{1}{K_L} \simeq \frac{1}{k_L}$$

Ex: Slide

$T = 60°C \quad P = 3 \text{ atm}$

$k_L = 1{,}1 \frac{m}{h} \quad k_G = 0{,}25 \frac{mol}{h.m^2.atm}$

$P^*_{NH_3} = 0{,}25\, C_{NH_3} \longrightarrow$ Dado

$P_{NH_3} = 0{,}25\, C^*_{NH_3}$

a) $k_y = k_G P = 0{,}25 \frac{mol}{m^2 h\, atm} \cdot (3\, atm)$

$= \frac{3}{4} \frac{mol}{m^2 . h} = 0{,}75$

b) $k_c = k_G R T = 0{,}25 \frac{mol}{m^2 h\, atm} \cdot 0{,}082 \frac{atm\, dm^3}{mol\, K}$

$(273{,}15 + 60) K \cdot \frac{(1\ m)^3}{(10\ dm)^3}$

$= 6{,}83 \times 10^{-3} \frac{m}{h}$

c) $\frac{1}{K_G} = \frac{1}{k_G} + \frac{m}{k_L}$

$$K_G = \left(\frac{1}{0,25} + \frac{0,25}{1,1} \right)^{-1}$$

$$= 0,236 \ \frac{mol}{h.m^2.atm}$$

d) $K_y = K_G \cdot P = (0,236) \frac{mol}{h.m^2 atm} (3) atm$

$$= 0,71 \ \frac{mol}{h.m^2}$$

e) $K_L = \left(\frac{1}{k_L} + \frac{1}{m \, k_G} \right)^{-1}$

$$= \left(\frac{1}{1,1} + \frac{1}{(0,25)(0,25)} \right)^{-1} = 0,059 \ \frac{m}{h}$$

f) $P_{NH_3} = 0,03 \ atm$

$$C_{AL} = 0,05 \ \frac{mol}{m^3}$$

$$N_A = K_G (P_{AG} - P_A^*) = K_L (C_A^* - C_{AL})$$

$$= 0{,}236(0{,}03 - (0{,}25)(0{,}05))$$

$$= 4{,}13 \times 10^{-3} \ \frac{mol}{h\, m^2}$$

$$0{,}059\left(\frac{0{,}03}{0{,}25} - 0{,}05\right)$$

$$\rightarrow 4{,}13 \times 10^{-3} \ \frac{mol}{h \cdot m^2}$$

9) $C_{Ai} = ?$ $\quad P_{Ai} = ?$

$$N_A = K_G (P_{AG} - P_{Ai})$$

$$P_{Ai} = P_{AG} - \frac{N_A}{K_G} = 0{,}03 - \frac{4{,}13 \times 10^{-3}}{0{,}25}$$

$$= 0{,}01348 \text{ atm}$$

$$0{,}01348 = 0{,}25\, C_{Ai}$$

$$C_{Ai} = 0{,}054 \ \frac{mol}{m^3}$$

C_{Ai} tem de ser sempre maior do que o C_{AL}.

h) % resist. fase gasosa $= \dfrac{\frac{1}{k_G}}{\frac{1}{K_G}} \times 100$

$= 94,4\%$

% resist. da fase liquida $= \dfrac{\frac{1}{k_L}}{\frac{1}{K_L}} \times 100$

$= 5,36\%$

∴ É um gas muito soluvel.
maior % de resistência de fase gasosa maior solubilidade na fase liquida e viceversa.

Calculo alternativo

% resist. na fase gasosa $= \dfrac{P_{AG} - P_{Ai}}{P_{AG} - P_A^*}$

$= \dfrac{0,03 - 0,0134}{0,03 - (0,25)(0,05)} \times 100 = 94,85\%$

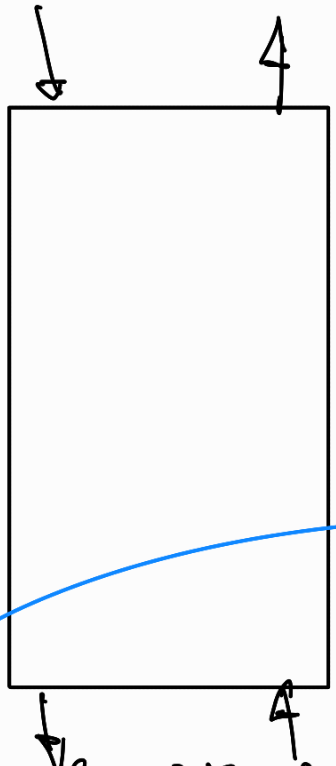
12-05-23

Transferência de massa entre fases

$C_{AL_2} = 18 \ \frac{mol}{m^3}$

Ar

$P_{AG_2} = 2{,}4 \ mmHg$



$P_{AG_1} = 11{,}9 \ mmHg = 0{,}016 \ atm$

H_2SO_4

$C_{AL_1} = 2{,}12 \ \frac{mol}{m^3}$

A = Vapor de H_2O

$$k_G = 2{,}09 \ \frac{mol}{h \cdot m^2 \cdot atm}$$

$$k_L = 0{,}068 \ \frac{m}{h}$$

$$k_G(P_{AG} - P_{Ai}) = k_L(C_{AL} - C_{Ai})$$

$$-\frac{K_L}{K_G} = \frac{P_{AG} - P_{Ai}}{C_{AL} - C_{ALi}}$$

$$\frac{P_{AG} - 0}{C_{AL} - C_{A0}} = -\frac{K_L}{K_G} \Rightarrow C_{AL_0} = 2{,}6 \frac{mol}{m^3}$$

Meter no gráfico para intersectar com P_{AG_1} e C_{AL_1}

$P_{Ai} = 0{,}0099$ atm

$C_{Ai} = 7{,}31 \frac{mol}{m^3}$

} tirados do gráfico

Não iniciais nem finais, é o topo da coluna ou a base da coluna

TPC: fazer para o topo

a) $W_A = N_A \cdot \underbrace{A}_{\hookrightarrow 1\,m^2}$

$N_A = \overset{\checkmark}{K_G} (\overset{\checkmark}{P}_{AG} - \overset{\checkmark}{P}_{Ai}) = 0{,}013 \ \frac{mol}{h.m^2}$

$W_A = 0{,}013 \ \frac{mol}{h}$

b) $\%\ \text{resist. fase gasosa} = \frac{\frac{1}{k_G}}{\frac{1}{K_G}} = \frac{\overset{\vee}{P}_{AG} - \overset{\vee}{P}_{Ai}}{\overset{\vee}{P}_{AG} - \underbrace{P_A^*}_{\text{gráfico}}} \times 100$

$\%\ \text{"} = 63\%$

c) $P_{Ai} = 0{,}0099$ atm

$C_{Ai} = 7{,}31 \ \frac{mol}{m^3}$

d) $\%\ \text{resist. fase gas} = \frac{\frac{1}{k_G}}{\frac{1}{K_G}} = 0{,}63$

% resist fase liq $= \dfrac{\frac{1}{K_L}}{\frac{1}{K_L}} = 0,37$

2..

$P_{AG} = 100$ mmHg

$C_{AL} = 1 \dfrac{Kg}{m^3} = 1 \dfrac{g}{L}$

$0,8 = \dfrac{C_{Ai} - C_{AL}}{C_A^* - C_{AL}}$

→ Interfacis

2º a) $C_{Ai} = 1,62 \, g/L$

1º b) $C_A^* = 1,773 \dfrac{g}{L}$ → Graficamente

$0,2 = \dfrac{P_{AG} - P_{Ai}}{P_{AG} - P_A^*}$

$P_A^* = ?$ Interpola e logo

Calcula o P_{ai}

1

16-05-23

Se as resistências são iguais

$$\frac{\frac{1}{K_{G SO_2}}}{\frac{1}{K_{G SO_2}}} = 0,5$$

$$K_G = A D_G^{\alpha}$$ → ?

D_G → coef. de difusão

SO_2 : $1{,}536 = A \; 0{,}041^{\alpha}$

NH_3 : $2{,}276 = A \; 0{,}083^{\alpha}$

Encontrados mediante os cálculos que não vi, porque cheguei tarde

$$\ln\left(\frac{1{,}536}{2{,}276}\right) = \cancel{\ln\left(\frac{A}{A}\right)}^{0} + \alpha \ln\left(\frac{0{,}041}{0{,}083}\right)$$

$\alpha = 0{,}5576$

2..

$$Sh = 0{,}023\, Re^{0.8}\, Sc_G^{0,44}$$

$$N_A = K_L (C_{Ai} - C_{AL}) = K_L \cdot \underset{\downarrow \left(\frac{\rho}{M}\right)_{H_2O}}{\rho_L} (X_{Ai} - X_A)$$

$$N_A = \underset{\underset{\frac{mol}{m^2 \cdot s \cdot Pa}}{\shortparallel}}{K_G} (P_{AG} - P_{Ai}) = \underbrace{K_G R T}_{K_{Gc}} (C_{AG} - C_{Ai})$$

$$\boxed{\frac{1}{K_{Gc}} = \frac{1}{k_{Gc}} + \frac{10^5 H}{k_L C_L R T}}$$

a) $K_{Gc\,NH_3} = ?$ $\quad k_{Gc\,NH_3} = ?$

$k_{L\,NH_3} = ?$

$$Sh = \frac{k_{Gc} \cdot d}{D_G} \qquad Re = \frac{\rho^{*} \, v^{\checkmark} \, d^{\checkmark}}{\mu^{\checkmark}}$$

* $PV = nRT \Rightarrow PV M_{ar} = m_{ar} RT$

$$\frac{m_{ar}}{V} = \frac{P M_{ar}}{RT} = \rho_{ar}$$

$$M_{ar} = (0{,}79)(28) + (0{,}21)(32)$$
$$= 29 \text{ g/mol}$$

$$\rho_{ar} = 5{,}95 \text{ Kg/m}^3$$

$$Re = \frac{(5{,}95)(0{,}4)(30\times10^{-3})}{1{,}84\times10^{-5}} = 3880$$

$Sc_G \rightarrow$ Pela tabela do exercicio

$$Sh = (0{,}023)(3880)^{0{,}8}(0{,}6)^{0{,}44} = 13{,}65$$

$$Sc_G = \frac{\mu}{\rho D_G} \Rightarrow D_G = \frac{1{,}84\times10^{-5}}{5{,}95(0{,}6)}$$

$$D_G = 5{,}15\times10^{-6}$$

$$k_{Gc} = \frac{Sh\, D_G}{d} = \frac{(13{,}65)(5{,}16\times10^{-6})}{30\times10^{-3}}$$

$= 2,35 \times 10^{-3}\ \frac{m}{s}$ ✓

$K_L \propto \sqrt{D_L}$

$K_{L\,O_2} = 0,2 \times 10^{-3}\ \frac{m}{s}$

$K_{L\,NH_3} = a \cdot \sqrt{D_{L\,NH_3}}$

$K_{L\,O_2} = a \sqrt{D_{L\,O_2}}$

Proporcionalidade

$$\frac{K_{L\,NH_3}}{K_{L\,O_2}} = \frac{\sqrt{D_{L\,NH_3}}}{\sqrt{D_{L\,O_2}}}$$

$D_{L\,NH_3} \rightarrow 1,6 \times 10^{-9}\ \frac{m^2}{s}$

$K_{L\,O_2} \rightarrow 0,2 \times 10^{-3}\ \frac{m}{s}$

$D_{L\,O_2} \rightarrow 2,1 \times 10^{-9}\ \frac{m^2}{s}$

$K_{L\,NH_3} = 1,75 \times 10^{-4}\ \frac{m}{s}$ ✓

$$K_{G\,NH_3} = \left(\frac{1}{k_{G\,c\,NH_3}} + \frac{10^5 H}{k_{L\,NH_3} C_L R T} \right)^{-1}$$

$\rightarrow$ Sempre mais pequeno do que

$k_G \rightarrow$ minúsculo

$K_G = 2{,}3 \times 10^{-3}$ m/s

3..

Caudal molar gás (G)

a) $G = 0{,}5 \frac{Kmol}{s} \longrightarrow K_G = ?$

$K_G = A \cdot Re_G^{0.8} \longrightarrow \rho \equiv ctte$

(0,23) (Sh) } A = ctte

$\mu \equiv ctte$

$d \equiv ctte$

} Só varia velocidade

Variar a velocidade é variar o caudal

Logo:

$$\boxed{K_G = A' \, G^{0,8}}$$

$$\frac{1}{K_G} = \frac{1}{A' G^{0,8}} + \frac{H}{K_L} = B$$

ctte também

$$\begin{cases} \dfrac{1}{8.4\times10^{-5}} = \dfrac{1}{A'(0{,}04)^{0.8}} + B \\ \\ \dfrac{1}{1\times10^{-4}} = \dfrac{1}{A'(0{,}1)^{0{,}8}} + B \end{cases}$$

$$\frac{1}{A'} = 279{,}2 \qquad B = 8{,}24\times10^{3}$$

$$A' = 3{,}58\times10^{-3}$$

$$\boxed{\begin{array}{l} Sh = 0{,}023\ Re^{0{,}8}\ Sc^{0{,}44} \\ k_G = A\ Re_G^{0{,}8} \end{array}}$$

$$K_G = \left(\frac{1}{(3{,}58\times10^{-3})(0{,}5)^{0{,}8}} + 8{,}24\times10^{3} \right)$$

$$K_G = 1{,}15\times10^{-4}\ \frac{kmol}{m^2 \cdot s \cdot Pa}$$

$$k_G = A' G^{0{,}8} = (3{,}58\times10^{-3})(0{,}5)^{0{,}8} = 2{,}06\times10^{-3}\ \frac{kmol}{m^2 \cdot s \cdot Pa}$$

$$\frac{H}{K_L} = 8.24 \times 10^3 \Rightarrow K_L = \frac{20}{8.24 \times 10^3} =$$

$H \rightarrow 20 \rightarrow$ Dado

$$= 2{,}42 \times 10^{-3} \ \frac{m}{s}$$

19/05/23

Eq. de conservação

$$v_A = -K C_A \qquad \frac{dN_{Az}}{dz} = -K_1 C_A$$

$$N_{Az} = -D_{AB} \frac{dC_A}{dz}$$

$$D_{AB} \cdot \frac{d^2 C_A}{dz^2} = K_1 C_A$$

EDO 2° ordem e fazendo

$$a = \sqrt{K_1 / D_{AB}}$$

$$C_A = A e^{az} + B e^{-az}$$

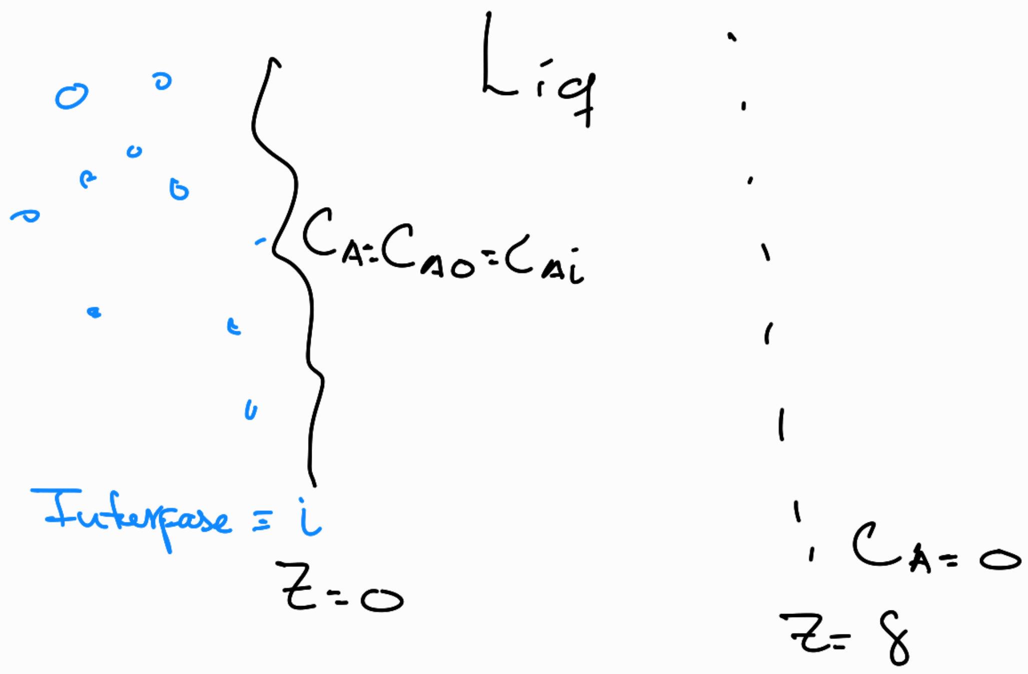
$z = 0 \quad C_A = C_{A0}$

$z = \delta \quad C_A = C_{A\delta} = 0$

$$\text{senh}\, x = \frac{e^{x} - e^{-x}}{2}$$

$$\boxed{C_A = C_{A0}\,\frac{\text{senh}\left[a(\delta - z)\right]}{\text{senh}(a\delta)}}$$

Dif. com reação química homogenea de 1° ordem



$$\boxed{N_{Az} = \frac{D_{AB} \cdot C_{A0} \cdot a}{\text{tangh}(a\delta)}}$$

$a\delta \equiv n^{o}$ de Hatta $= Ha$

$$Ha^2 = \frac{\delta^2/D_A}{1/k_1} = \frac{t_D}{t_R}$$

$$N_{Az} = \frac{D_{AB}\, C_{A0}}{\delta} \frac{Ha}{\tanh(Ha)}$$

Ctte. cinética sem reação

$$N_A = \underbrace{k_L^{o} \frac{a.\delta}{\tanh(a\delta)}}_{\text{faz um novo } k_L \text{ cineto, mas com o fator da reação}} \cdot (C_{Ai} - 0)$$

- $Ha > 3 \rightarrow$ Reação rápida
  $N_A = k_L^{o}\, Ha\, C_{Ai}$ $\quad \tanh(Ha) \rightarrow 1$
- $Ha < 0{,}2 \rightarrow$ Reação lenta

$N_A = K_L^{o} \cdot C_{Ai}$ $\quad \frac{Ha}{\tanh(Ha)} \rightarrow 1$

$$\frac{K}{K^{o}} = Ha$$

Ex:

Cte de Henry: relaciona a pressão com concentrações.

$$P_A^* = 0,5\, C_A \qquad P_A = 0,5\, C_A^*$$

$$k_G = 0,3 \frac{mol}{m^2 \cdot h \cdot atm}$$

$$k_L = 0,25 \frac{m}{h}$$

$y_A = 0,07 \Rightarrow P_{AG} = 0,07\ atm$

$x_A = 0 \Rightarrow C_{Al} = 0 \frac{mol}{m^3}$

a) $K_L = ?$

$$\frac{1}{K_L} = \frac{1}{k_L} + \frac{1}{H \cdot k_G}$$

$K_L = 0,034 \ \frac{m}{h}$

b) $N_A = ?$

$$N_A = K_L \left(C_A^* - C_{AL} \right)$$

$$C_A^* = \frac{0,07}{0,5} = 0,14 \ \frac{mol}{m^3}$$

$$N_A = (0,094)(0,14) = 0,013 \ \frac{mol}{h \cdot m^2}$$

$$N_A = k_L \left(C_{Ai} - \overset{\approx 0}{C_{AL}} \right)$$

$$C_{Ai} = 0,052 \ \frac{mol}{m^3}$$

$$P_{Ai} = \overset{\to 0,5}{H} \, C_{Ai} = 0,026 \ atm$$

c)

$$\%\ \text{resistencia transf. líq} = \frac{\frac{1}{k_L}}{\frac{1}{K_L}} = 37,6\%$$

$$\%\ \text{resistência transf. gas} = 100 - 37,6 = 63,4\%$$

d) Se $Ha > 3$ $\qquad D = 2\times10^{-5}\ \frac{cm^2}{s}$

Então $N_a = k_L^0\, Ha\, C_{Ai}$ $\qquad k_1 = 30\ s^{-1}$

$$k_L^0 = 0{,}25\ \frac{m}{h} = \frac{D}{\delta}$$

$$\delta = 3\times10^{-5}\ m$$

$$Ha = \sqrt{\frac{k_1}{D}}\cdot\delta = 3.6$$

Logo $k_L = k_L^0 \cdot Ha \Rightarrow (0{,}25)(3.6)$

$$k_L = 0{,}9\ \frac{m}{h}$$

K_L global com reação

$$K_L = \left(\frac{1}{\underbrace{k_L}_{0{,}9}} + \frac{1}{H\, k_G}\right)^{-1} = 0{,}129\ \frac{m}{h}$$

% resistência transf. liq $= \dfrac{\frac{1}{0{,}9}}{\frac{1}{0{,}129}} = 14{,}3\ \%$

% "

" gas = 85,6 %

$$N_A = k_G (P_{AG} - P_{Ai}) \quad P_{Ai} \rightarrow H C_{Ai}$$

$$N_A = k_L (C_{Ai} - C_{AL})$$

$$N_A = K_G (P_{AG} - P_A^*) \quad P_A^* \rightarrow H C_{AL}$$

$$C_A^{crítica} = \nu \frac{D_A}{D_B} \cdot \frac{k_G}{k_L} \cdot P_{AG} \left(\frac{mol}{dm^3} \right)$$

$$N_A = K_G (P_{AG} - \cancel{P_{Ai}}^{\,0})$$

0 pela reação
Imediata,
na interfase
a pressão parcial
é zero.

Ex:

$$K_G = 0{,}03 \ \frac{mol}{h.m^2.atm}$$

$$y_A = 0{,}1$$

$$C_{AL} = 10 \ \frac{g}{L} \Rightarrow X_A = \frac{\frac{10}{64} \frac{mol}{dm^3} \frac{1000.dm^3}{1 m^3}}{\frac{1000}{18\times10^{-3}} \frac{mol}{m^3}}$$

$$\frac{K_G}{K_G} = 0{,}6 = \frac{K_y}{K_y} \quad x_A = 2.8 \times 10^{-3}$$

$$y_A^* = 10 \, x_A \quad \text{linha de equilíbrio}$$

→ m em termos de composição molares

H para concentrações e pressões

$$K_y = K_G . P = 0{,}03 \ \frac{mol}{h.m^2}$$

a) $N_A = K_y \left(y_A - y_A^* \right)$

$$= 0{,}03 \left(0{,}1 - (10)(2.8\times10^{-3}) \right)$$

$$= 2{,}16 \times 10^{-3} \ \frac{mol}{h.m^2}$$

b) $K_y = \dfrac{0,03}{0,6} = 0,05 \ \dfrac{mol}{h.m^2}$

$\dfrac{\dfrac{m}{K_x}}{\dfrac{1}{K_y}} = 0,4 \Rightarrow K_x = \dfrac{K_y\, m}{0,4}$

$m \rightarrow$ declive

$K_x = \dfrac{(0.03)(10)}{0,4}$

$K_x = 0,75 \ \dfrac{mol}{h m^2}$

c) $\overset{\checkmark}{N_A} = \overset{\checkmark}{K_y} (\overset{\checkmark}{y_A} - y_{Ai})$

$y_{Ai} = 0,057$

$x_{Ai} = \dfrac{0,057}{10} = 0,0057$

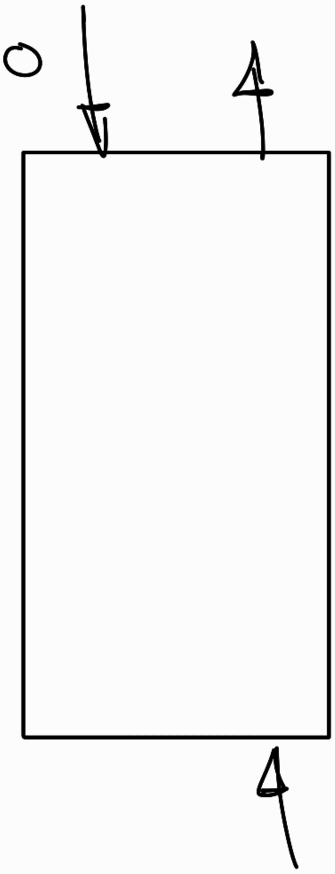
$x^{crit}_{NaOH} = \nu \dfrac{D_A}{D_B} \dfrac{K_y}{K_x} y_A$

$\nu \rightarrow$ coef. esteq

$C^{crit}_{NaOH} = x^{crit}_{NaOH} \cdot C_L$

1..

26-05-23



$P = 1\,atm$

$H = 1{,}5\,atm$

$\hookrightarrow p_A = H \cdot x_A \quad (p_A^*)$

$\hookrightarrow y_A^* \cdot P = H \cdot x_A$

$\hookrightarrow y_A^* = 1{,}5\, x_A$

$K'_y = 5 \times 10^{-5} \ \dfrac{kmol}{s \cdot m^2}$

$$0{,}2 = \frac{K_y}{k_y} \qquad \frac{1}{K'_y} = \frac{1}{k_y} + \frac{m}{k_x}$$

a) $k_y = ?$

$$0{,}8 = \frac{m \cdot K_y}{k_x} \quad \text{ou} \quad \frac{\frac{m}{k_x}}{\frac{1}{K_y}}$$

$k_x = 9{,}38 \times 10^{-5} \ \dfrac{kmol}{m^2 \cdot s}$

$$0{,}2 = \frac{\frac{1}{k_y}}{\frac{1}{K_y}} \dashrightarrow K_y = 2{,}5 \times 10^{-4} \ \frac{kmol}{m^2 \cdot s}$$

b) $N_a = k_y(y_A - y_{Ai})$

$N_a = k_x(x_{Ai} - x_A)$

$$k_y(y_A - y_{Ai}) = k_x(x_{Ai} - \underbrace{x_A}_{\to 0})$$

$y_{Ai} = m\, x_{Ai}$, $m = 1{,}5$

$x_{Ai} = 2{,}67 \times 10^{-2}$

$y_{Ai} = m\, x_{Ai} = 4 \times 10^{-2}$

c) $N_a = (9.38 \times 10^{-5})(2{,}67 \times 10^{-3} - 0)$

$= 2{,}5 \times 10^{-7} \ \frac{kmol}{m^2 \cdot s}$

ou

$$N_a = K_y(y_A - \cancel{y_A^*})$$

$y_A^* \to m\, \cancel{x_A} \to 0$

$N_a = 2{,}5 \times 10^{-7} \ \frac{kmol}{m^2 \cdot s}$

d) Sim, porque a resistência na fase líq. é muito elevada

e) Amina em água para adsorção de CO_2

$$\frac{K_x}{K_x^0} = 6 = \frac{Ha}{\tanh(Ha)} \cong Ha$$

supondo que tende para 1

$\tanh(6) \cong 1$

reação ácido-base é sempre rápido

$$Ha^2 = \frac{\delta^2 \cdot K_1}{D_A}$$

cte cinética

lembrando o modelo do filme $\Rightarrow K_L^0 = \frac{D}{\delta}$

$$K^0_x \rightarrow K^0_L = K^0_x / C_L$$

$$\frac{m}{s} \quad \frac{kmol}{s.m^2} \quad \frac{m^3}{kmol}$$

$$K^0_L = \frac{9.38 \times 10^{-5} \times 18}{1000} = 1,7 \times 10^{-6} \frac{m}{s}$$

$$\delta = \frac{D}{K^0_L} \Rightarrow Ha^2 = \left(\frac{D_A}{K^0 L}\right)^2 \cdot \frac{K_1}{D_A}$$

$$K_1 = \frac{Ha^2 \cdot K^0 L^2}{D_A} = 0,03468 \, s^{-1}$$

2..

$$y^*_A = 0,75 \, x_A$$

$$X_A = 0,9 \qquad K_y = 2 \frac{mol}{h.m^2}$$

$$y_A = 0,46$$

$$0.7 = \frac{\frac{1}{K_y}}{\frac{1}{K_y}}$$

a) $K_y = 1{,}4 \ \frac{mol}{h \cdot m^2}$

b) $N_A = K_y (y_A - y_A^*)$

$= (1.4)(0{,}45 - \underbrace{(0{,}75)(0{,}9)}_{0{,}675})$

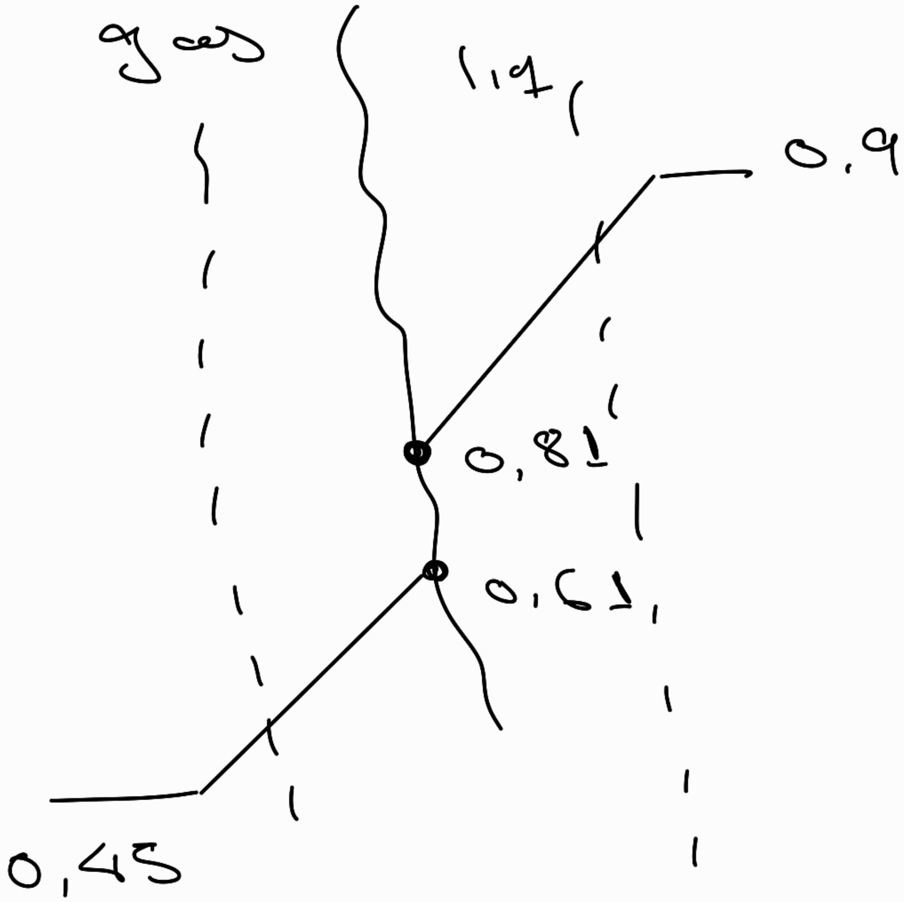
$N_A = -0{,}315 \ \frac{mol}{h \cdot m^2}$

O fluxo é negativo porque a transferencia de massa é do liquido para gas

c) $-0{,}315 = K_y (y_A - y_{Ai})$

$y_{Ai} = 0{,}61$

$x_{Ai} = \frac{y_{Ai}}{0{,}75} = 0{,}81$



3...

0.066 0,085

$$\frac{1}{K_G a} = \frac{1}{k_G a} + \frac{m}{C_L k_L a}$$

$$k_L a = 3.96 \times 10^{-3}\ s^{-1}$$

Calculo numerico

Ciencias dos materiais

operações sóli-fluido.

30-05-23

$C_{A0} \equiv$ à entrada do tubo

$C_{AL} \equiv$ à saída ou qualquer outro ponto que seja a entrada

$$C_{As} \equiv C^* = \frac{P^*}{RT}$$

$$\%\,Sat = \frac{C_{AL}}{C_A^*}$$

viscosidade cinemática

$$Re = \frac{\rho v d}{\mu} = \frac{v d}{\nu}$$

e) $$\Delta P = 4 \cdot C_f \cdot \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g}$$

II..

$P_{AG} = 125 \text{ mmHg}$

$C_{AL} = 14 \text{ mM}$

$$\frac{\frac{1}{K_L}}{\frac{1}{K_L}} = 0,8$$

a) $P_a^* =$ Interpolação com a tabela

$C_a^* =$

$P_a^* = 34,10 \text{ mmHg}$

$C_a^* = 28,5 \text{ mM}$

b) $$0,2 = \frac{P_{AG} - P_{Ai}}{P_{AG} - P_{A^*}}$$

$$P_{ai} = -(0,2)(125 - 34,1) + 125$$
$$= 106,8 \text{ mmHg}$$

$$0{,}8 = \frac{C_{Ai} - C_{AL}}{C_A^* - C_{AL}}$$

$C_{Ai} = 25{,}6\ mM$

c) K_G: ? $\Rightarrow$ $K_G = 3.3 \times 10^{-4}\ \dfrac{mol}{h\ m^2\ mmHg}$

$$0{,}2 = \frac{\frac{1}{k_G}}{\frac{1}{K_G}} \Rightarrow k_G = (0{,}2)(3{,}3 \times 10^{-4}) = 6.6 \times 10^{-5}\ \frac{mol}{h\ m^2\ mmHg}$$

d) $N_A = k_G (P_{AG} - P_{Ai})$

ou

$N_A = K_G (P_{AG} - P_A^*)$

$N_A = 6 \times 10^{-3}\ \dfrac{mol}{h \cdot m^2 \cdot mmHg}$

f) Sim porque o 80% da resistência na fase líquida

e) Pressão de vapor aumenta com a temperatura

aumenta

$N_A = K_G (P_{AG} - \cancel{P_A^*})$

Diminui o fluxo

aumenta a cte de Henry

$\hookrightarrow m = \frac{P_A^*}{P_t}$

quer dizer aumenta P_A^*