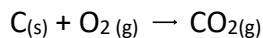


Fenómenos de Transferência II

Teste – 13 de Abril de 2020

O enunciado do teste é composto por duas páginas.

- I. Uma partícula de carvão queima numa atmosfera gasosa (21% de percentagem molar em oxigénio) a 1200 K, à pressão atmosférica ($1,013 \times 10^5$ Pa). O processo é limitado pela difusão de O₂ em sentido oposto ao do CO₂ que se forma, através de uma reacção instantânea com o carvão à sua superfície. O carvão, constituído por esferas com diâmetro de 0,2 mm, consiste em carbono puro com uma massa específica de 1280 kg.m⁻³.



Considere:

$$D_{O_2\text{-mistura gasosa}} = 1 \times 10^{-4} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$$

$$R = 8,314 \text{ Pa.m}^3.\text{mole}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

- a) Faça uma estimativa do coeficiente de difusão do oxigénio no ar se a pressão for o dobro da pressão atmosférica e a temperatura for 1500 K.

Nas alíneas seguintes, de b) a e) assuma que o processo de difusão ocorre em estado estacionário.

- b) Voltando às condições referidas no enunciado, faça um esquema do processo que está a ocorrer, apresente a respectiva equação de conservação de massa e explicite as condições fronteira que considerou.

- c) Com base na sua resposta à alínea b) deduza uma expressão para a velocidade de difusão do oxigénio.

- d) Calcule o valor da velocidade de difusão do oxigénio.

- e) Quanto tempo demora uma partícula de carvão a arder completamente?

- f) **Assuma agora que o processo de difusão ocorre em estado pseudo-estacionário.** Nestas circunstâncias, quanto tempo demora uma partícula de carvão a arder completamente. Compare com o resultado obtido na alínea e) e comente.

II. Pretende-se transferir oxigénio para o meio aquoso de um reactor biológico, através da utilização de um “manto” de gás contendo oxigénio, o qual cobre toda a superfície do meio aquoso.

A concentração inicial de oxigénio no meio aquoso é de 1 kg/m^3 . Se a concentração do oxigénio no meio aquoso for subitamente elevada à superfície para 9 kg/m^3 , calcule quanto tempo deverá decorrer para que o fluxo de oxigénio a 1 cm de profundidade seja 50% do fluxo de oxigénio à superfície. $D_{\text{O}_2\text{-água}} = 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$.

$$J_A^* = -D \frac{\partial c_A}{\partial z} = \sqrt{D/\pi t} e^{-z^2/4Dt} (c_{As} - c_{A0})$$

$$J_A^* \Big|_{z=0} = \sqrt{D/\pi t} (c_{As} - c_{A0})$$

Obs.: se não conseguir resolver este problema de acordo com o enunciado, assuma um valor à sua escolha para o fluxo de oxigénio à superfície.

Cotação:

I.

- a) 2 valores
- b) 2 valores
- c) 3 valores
- d) 1,5 valores
- e) 3 valores
- f) 5 valores

II.

3,5 valores

I. Uma partícula de carvão queima numa atmosfera gasosa (21% de percentagem molar em oxigénio) a 1200 K, à pressão atmosférica ($1,013 \times 10^5$ Pa). O processo é limitado pela difusão de O₂ em sentido oposto ao do CO₂ que se forma, através de uma reacção instantânea com o carvão à sua superfície. O carvão, constituído por esferas com diâmetro de 0,2 mm, consiste em carbono puro com uma massa específica de 1280 kg.m⁻³.



Considere:

$$D_{O_2\text{-mistura gasosa}} = 1 \times 10^{-4} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$$

$$R = 8,314 \text{ Pa.m}^3\text{.mole}^{-1}\text{.K}^{-1}$$

a) Faça uma estimativa do coeficiente de difusão do oxigénio no ar se a pressão for o dobro da pressão atmosférica e a temperatura for 1500 K.

Nas alíneas seguintes, de b) a e) assuma que o processo de difusão ocorre em estado estacionário.

b) Voltando às condições referidas no enunciado, faça um esquema do processo que está a ocorrer, apresente a respectiva equação de conservação de massa e explice as condições fronteira que considerou.

c) Com base na sua resposta à alínea b) deduza uma expressão para a velocidade de difusão do oxigénio.

d) Calcule o valor da velocidade de difusão do oxigénio.

e) Quanto tempo demora uma partícula de carvão a arder completamente?

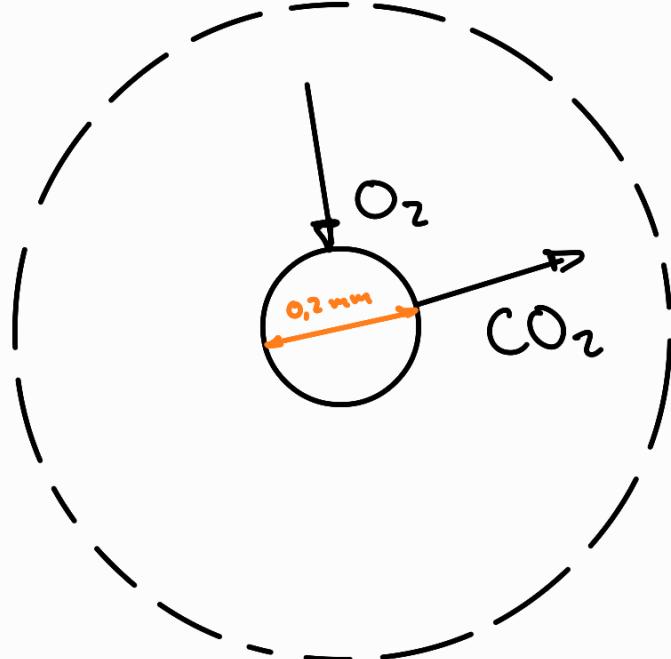
f) **Assuma agora que o processo de difusão ocorre em estado pseudo-estacionário.** Nestas circunstâncias, quanto tempo demora uma partícula de carvão a arder completamente. Compare com o resultado obtido na alínea e) e comente.

a) $D_{O_2} = \left(\frac{1500}{1200} \right)^{3/2} \left(\frac{1}{2} \right)$

(1×10^{-4})

$= 6,988 \times 10^{-5} \frac{m^2}{s}$

b)



$$P = 1,013 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$T = 1200 \text{ K}$$

$$P_c = 1280 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$N_{CO_2} = -N_{O_2} \quad [N_{O_2,r} r^2 = N_{O_2} r_1^2]$$

Corte

$$N_{O_2,r} = Y_{O_2} (N_{O_2} + N_{CO_2}) - c D_{O_2-\text{vis}} \frac{dy_{O_2}}{dr}$$

$$N_{O_2,r} = -c D_{O_2} \frac{dy_{O_2}}{dr}$$

C.F

$$R_1 = R_2 \rightarrow y_{O_2} = 0 \rightarrow \text{Reagente Instantâneo}$$

$$\underline{R_2 = 00} \rightarrow Y_{O_2} = 0,21$$

Atmosfera gessosa, assumindo que é infinito

↑ Compressão de O₂ no ar

$$c) N_{O_2} r^2 \leftarrow N_{O_2,1} r_1^2$$

$$Q = N_{O_2} S. = N_{O_2} r_1^2 4\pi$$

$$N_{O_2} = \frac{Q}{4\pi r^2}$$

Substituindo na eq. de conserv. de massa:

$$\frac{Q}{4\pi} \int_{R_1}^{\infty} \frac{1}{r^2} dr = - \frac{PD_{O_2-\text{mis}}}{RT} \int_0^{r_1} dy_{O_2}$$

$$\frac{Q}{4\pi} \left(\frac{1}{0} - \frac{1}{R_1} \right) = - \frac{PD_{O_2-\text{mis}}}{RT} (0,25 \cdot 6)$$

$$Q = \frac{4\pi R_1 P D_{O_2-\text{mis}} S_{O_2}}{RT}$$

$$d) Q = \frac{4\pi (0,1 \times 10^{-3})(1,013 \times 10^5)(1 \times 10^{-4}) 0,21}{(8,314)(1200)}$$

$$\approx 2,679 \times 10^7 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

e)

$$Q = -C_{AL} \frac{dV}{dt} = -C_{AL} \pi r_s^2 \frac{dr_s}{dt}$$

$$-C_{AL} R_s \frac{dR_s}{dt} = \frac{P D_{O_2-\text{mist}} y_{O_2}}{RT}$$

$$t=0 \rightarrow R_0 : R_s$$

$$t=t \rightarrow R_f = 0$$

$$-C_{AL} \int_{R_0}^0 R_s dR_s = \frac{P D_{O_2-\text{mist}} y_{O_2}}{RT} \int_c^t dt$$

$$-\frac{C_{AL}}{2} (-R_s^2) = \frac{P D_{O_2-\text{mist}} y_{O_2} \cdot t}{RT}$$

$$t = \frac{C_{AL} \cdot R^2 \cdot R \cdot T}{2 \cdot P \cdot D_{oxygen} \cdot g_{O_2}}$$

$$t = \frac{\left(\frac{1280}{12 \times 10^{-3}}\right) \left(0.1 \times 10^{-3}\right)^2 (8.314) (1200)}{(2)(1.013 \times 10^5) (1 \times 10^{-1}) (0.21)}$$

$$t = 2.5 \text{ s}$$

$$F) Q = \frac{n}{t}$$

$$t = \frac{n}{Q}$$

$$n = \frac{V \cdot P}{R} = \frac{\frac{1}{3} \pi r_s^3}{R} \cdot P$$

$$n = \frac{(4)(\pi)(1 \times 10^{-4})^3 (1280)}{(3)(12 \times 10^{-3})}$$

$$= 4.468 \times 10^{-7} \text{ mol}$$

$$\left(\frac{2.678 \times 10^{-7} \text{ mol}}{1.968 \times 10^{-7} \text{ mol}} \right)^2 = 1.668 \text{ s}$$

