

FT II – Test 2020.1 Resolution

Felipe B. Pinto 61387 – MIEQB

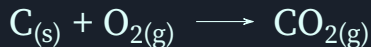
20 de julho de 2024

Conteúdo

Questão 1 2

Questão 1

Uma partícula de carvão queima numa atmosfera gasosa (21 % de percentagem molar em oxigénio) a 1200 K, à pressão atmosférica ($1.013 \text{ E}^5 \text{ Pa}$). O processo é limitado pela difusão de O_2 em sentido oposto ao do CO_2 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 $1280 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.



Considere

$$\mathcal{D}_{\text{O}_2, \text{mist gas}} = 1 \text{ E}^{-4} \text{ m}^2/\text{s};$$

$$R = 8.206 \text{ m}^3 \cdot \text{Pa}/\text{mol} \cdot \text{K}$$

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

Q1 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.

Resposta

$$\begin{cases} A : \text{O}_2 \\ B : \text{Mist gasosa} \end{cases}$$

$$\begin{aligned} \mathcal{D}_{A,B,1500\text{ K},2 P_1 \text{ atm}} &= \mathcal{D}_{A,B,1200\text{ K},P_1 \text{ atm}} \frac{P_1}{P_2} \left(\frac{T_2}{T_1} \right)^{3/2} = \\ &= 1 \text{ E}^{-4} \frac{P_1}{2 P_1} \left(\frac{1500}{1200} \right)^{3/2} \cong 6.988 \text{ E}^{-5} \text{ m/s} \end{aligned}$$

Q1 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 explicita as condições fronteira que considerou.

Resposta

$$\begin{cases} A : \text{O}_2 \\ B : \text{CO} \\ N_{\text{CO}} = -N_{\text{O}_2} \quad \text{Reação Instantanea} \end{cases}$$

$$N_{A,r} = -\frac{C \mathcal{D}_{A,B}}{1 - \Theta y_A} \frac{dy_A}{dr};$$

$$\Theta = 1 + N_B/N_A = 1 - N_A/N_A = 0;$$

$$\therefore N_{A,r} = -C \mathcal{D}_{A,B} \frac{dy_A}{dr} \quad \begin{cases} r_0 = R \\ r_1 = \infty \\ y_{A,0} = 0 \\ y_{A,1} = 0.21 \end{cases} \quad \begin{array}{l} \text{(Atmosfera)} \\ \text{(Reação instantanea)} \\ \text{(\%O}_2 \text{ na atmosfera)} \end{array}$$

Q1 c.

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

Resposta

$$\begin{aligned} Q &= -N_{A,r} S_r = C \mathcal{D}_{A,B} \frac{dy_A}{dr} (4\pi r^2) \implies \\ \implies \int_{r_0}^{\infty} Q \frac{dr}{r^2} &= Q \int_{r_0}^{\infty} \frac{dr}{r^2} = -Q (0 - r_0^{-1}) = \\ &= \int_{y_{A,r_0}}^{y_{A,\infty}} C \mathcal{D}_{A,B} 4\pi dy_r = C \mathcal{D}_{A,B} 4\pi \int_0^{0.21} dy_{A,r} = \\ &= \left(\frac{P}{RT} \right) \mathcal{D}_{A,B} 4\pi 0.21 \implies \\ \implies Q &= \frac{P \mathcal{D}_{A,B} 4\pi 0.21 r_1}{RT} \end{aligned}$$

Q1 d.

Calcule o valor da velocidade de difusão do oxigénio.

Resposta

$$\begin{aligned} Q &= \frac{P \mathcal{D}_{A,B} 4 \pi 0.21 r_1}{RT} = \\ &= \frac{1.013 \text{ E}^5 * (1 \text{ E}^{-4}) * 4 \pi * 0.21 * 0.1 \text{ E}^{-3}}{8.314 * 1200} \approx \\ &\cong 2.679 \text{ E}^{-7} \text{ mol/s} \end{aligned}$$

Q1 e.

Quanto tempo demora uma partícula de carvão a arder completamente?

Resposta

$$-C_{A,L} \frac{dV}{dt} = -C_{A,L} \frac{d(4\pi r^3/3)}{dt} = -C_{A,L} 4\pi r^2 \frac{dr}{dt} = Q = \frac{P \mathcal{D}_{A,B} 4\pi 0.21 r}{RT} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \int_{r_0}^{r_1} -C_{A,L} 4\pi r \, dr = -C_{A,L} 4\pi \int_r^0 r \, dr = -C_{A,L} 4\pi(0^2 - r^2)/2 =$$

$$= \int_0^t \frac{P \mathcal{D}_{A,B} 4\pi 0.21}{RT} \, dt = \frac{P \mathcal{D}_{A,B} 4\pi 0.21}{RT} \int_0^t dt = \frac{P \mathcal{D}_{A,B} 4\pi 0.21}{RT} t \Rightarrow$$

$$\Rightarrow t = \frac{C_{A,L} r^2 RT}{P \mathcal{D}_{A,B} 2 * 0.21} = \frac{(1280 \text{ E}^3/12) * (0.1 \text{ E}^{-3})^2 * 8.314 * 1200}{(1.013 \text{ E}^5) * 1 \text{ E}^{-4} * 2 * 0.21} \cong$$

$$\cong 2.501 \text{ s}$$

Q1 f.

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

Resposta

$$Q = \frac{N}{t} \implies$$

$$\implies t = \frac{N}{Q} = Q^{-1} \frac{V \rho}{M} = \frac{(4 \pi r^3 / 3) \rho}{M Q} \cong \frac{(4 * \pi (0.1 \text{ E}^{-3})^3 / 3) 1280}{12 \text{ E}^{-3} 2.679 \text{ E}^{-7}} \cong$$

$$\cong 1.668 \text{ s}$$