



NOME : \_\_\_\_\_ Nº USP : \_\_\_\_\_

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA

PQI 3303 Fenômenos de Transporte III

Prova P1 - escrita/duração total: 180 min. 18/06/2020

NOME :								
						a	b	c

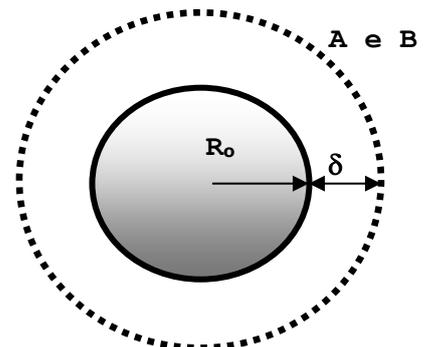
$\min(a,b,c)+1 = \mathbf{C} =$  ;  $a+b+c-A-C+6 = \mathbf{B} =$  ;  $\max(a,b,c)+3 = \mathbf{A} =$  ;

- A CONSULTA AO MATERIAL DO CURSO ESTÁ AUTORIZADA.
- A PROVA É INDIVIDUAL, SENDO VEDADA QUALQUER COMUNICAÇÃO OU PARTICIPAÇÃO INTERNA OU EXTERNA DURANTE A REALIZAÇÃO DA PROVA.
- EXPLICITE CLARAMENTE AS HIPÓTESES ADMITIDAS PARA A RESOLUÇÃO DAS QUESTÕES.
- A RESOLUÇÃO MANUSCRITA DA PROVA, COM NO MÁXIMO QUATRO PÁGINAS, DEVE SER ENTREGUE ATÉ 17H00 NO SISTEMA MOODLE.

### 1ª QUESTÃO

Considere um sistema gasoso binário (A/B), com comportamento de gás ideal, em pressão e temperatura constantes, respectivamente 1 atm e 27 °C. O gás A difunde-se através de um filme de gás estagnado em direção à superfície de um sólido, onde reage. Na superfície do sólido tem-se a reação irreversível  $A \rightarrow 2 B$ , cuja velocidade é expressa por  $kC_{AS}$ , onde  $C_{AS}$  é a concentração molar de A ( $\text{mol}/\text{cm}^3$ ) na fase gasosa, junto à superfície do catalisador, e  $k$  é a constante cinética da reação, em (cm/s). A espessura do filme de gás é  $\delta$ . A concentração de A em  $r = R_0 + \delta$  é  $C_{A\delta}$ , conhecida e  $x_{A\delta} \ll 1$ .

- Obtenha uma expressão de  $\tilde{N}_A$  em função das concentrações  $C_{AS}$  e  $C_{A\delta}$ .
- Calcule  $C_{AS}$ , sabendo-se que:  $x_{A\delta} = 0,05$ ,  $D_{AB} = 0,05 \text{ cm}^2/\text{s}$ ,  $k = (\mathbf{B}/100) \text{ cm/s}$ ,  $R_0 = 2\mathbf{A} \text{ cm}$  e  $\delta = (\mathbf{A}/4) \text{ mm}$ .
- O processo é limitado pela difusão, pela reação ou por ambos? Analise e comente brevemente.



## 2ª QUESTÃO

O ozônio é solubilizado em água, num tanque contendo 1 m<sup>3</sup> de água, borbulhando-se **ozônio puro** por meio de um distribuidor localizado no fundo do tanque (figura a). Considere que a fase líquida é bem agitada. Sabe-se que o coeficiente de transferência de massa da fase líquida é  $k_{\tilde{\rho}} = A \cdot 10^{-5}$  m/s e que a área específica de contato bolha/água é de 100.B m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup> de água. Como a bolha passa muito rapidamente pelo sistema, pode-se considerar que a bolha é esférica com diâmetro constante de 3 mm. Dados: Pressão = 1 atm, T = 27 °C, densidade da água = 1000 kg/m<sup>3</sup>, constante de Henry do ozônio em água  $H_{O_3} = 2,88 \cdot 10^3$  atm e  $MM_{O_3} = 48$  kg/kmol.

- Qual o valor de m, da relação de equilíbrio ( $\tilde{y}_{O_3} = m\tilde{x}_{O_3}$ ) ?
- Apresente um gráfico qualitativo (figura b) indicando o perfil da fração molar de ozônio em função da distância r, a partir do centro da bolha.
- Calcule o fluxo de transferência de massa ozônio, em kmol/(m<sup>2</sup>.s), logo no início da operação?
- Faço um gráfico qualitativo expressando a concentração de ozônio dissolvido na água em função do tempo.
- Qual o tempo necessário para saturar o líquido com ozônio?

Figura a

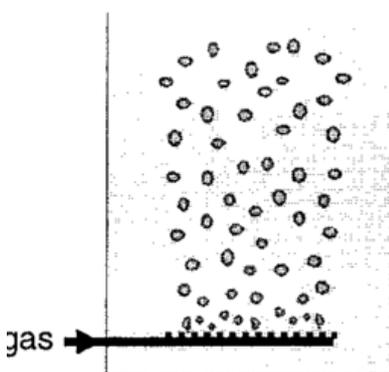
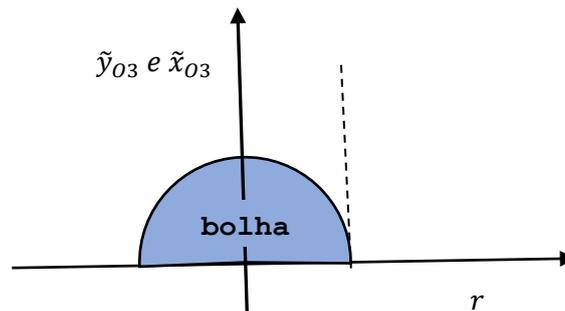


Figura b



**Equações:**  $R = 0,0820$  atm.L/(gmol. K) ;

$$\vec{N} = \vec{N}_A + \vec{N}_B; \vec{N}_A = \vec{I}_A + \tilde{x}_A \vec{N}; \vec{I}_A = -\tilde{\rho} D_{AB} \text{grad} \tilde{x}_A$$

$$\tilde{\rho} \frac{d\tilde{x}_A}{dt} = \frac{\partial \tilde{\rho}_A}{\partial t} + \text{div}(\tilde{\rho}_A \vec{v}) = \text{div} \vec{I}_A + \tilde{r}_A$$

$$\frac{\partial \tilde{\rho}_A}{\partial t} + \text{div} \vec{N}_A = \tilde{r}_A$$

$$\text{div} \vec{N}_A = \frac{\partial}{\partial x} (\tilde{N}_{A,x}) + \frac{\partial}{\partial y} (\tilde{N}_{A,y}) + \frac{\partial}{\partial z} (\tilde{N}_{A,z})$$

$$\text{div} \vec{N}_A = \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} (r^2 \tilde{N}_{A,r}) + \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} (\tilde{N}_{A,\theta} \sin \theta) + \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \varphi} (\tilde{N}_{A,\varphi})$$