

PQI 3303: FENÔMENOS DE TRANSPORTE III
LISTA DE EXERCÍCIOS: SEPARAÇÃO POR MEMBRANAS

1) Estime a difusividade de dióxido de carbono a 30°C para as seguintes situações:

- a) difusão em membrana de borracha butílica;
- b) difusão em membrana de polibutadieno;
- c) difusão em membrana de poli(dimetil butadieno).

2) Sabendo que a energia de ativação difusional do isobutano, quando este se difunde em silicalita, é 3280 cal/gmol, avalie o valor da constante D_0 a 297K.

3) Estime o coeficiente efetivo de difusão do O_2 a 25°C e 250°C nas membranas feitas com os seguintes materiais:

- a) borracha butílica;
- b) polibutadieno;
- c) poli(dimetil butadieno);
- d) poli(metil pentadieno).

4) Refaça o exercício 3, considerando como soluto o N_2 . Qual a primeira estimativa de membrana mais adequada para se separar Oxigênio de Nitrogênio? Falta alguma informação para definir a melhor membrana? Qual? Justificar.

5) Num processo de separação por membranas, deseja-se recuperar um soluto A de uma solução diluída em que a concentração de A é $2,0 \times 10^{-2} \text{ kgmol A/m}^3$. Será empregado o processo de diálise por uma membrana para uma solução dialisadora em que a concentração de A é $0,3 \times 10^{-2} \text{ kgmol A/m}^3$. A espessura da membrana é de $1,59 \times 10^{-5} \text{ m}$, o coeficiente de distribuição é $K' = 0,75$, a difusividade de A na membrana é $3,5 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$. Os coeficientes de transferência de massa são: para a solução diluída, $3,5 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ e para solução dialisadora, $2,1 \times 10^{-5} \text{ m/s}$.

- a) calcular as resistências individuais, a resistência total e a porcentagem de contribuição de cada resistência no processo de transferência de massa.
- b) calcular o fluxo em estado estacionário e a área total de membrana, em m^2 , para se transferir $0,01 \text{ kgmol/h}$ de soluto. $\text{Fluxo} = 2,50 \times 10^{-8} \text{ kgmol/s.m}^2$; $\text{Área} = 111 \text{ m}^2$
- c) aumentando-se a velocidade de ambos os líquidos que passam pela superfície da membrana, os coeficientes de transferência de massa aumentam em proporção aproximada a $v^{0,6}$, em que v é a velocidade. Se as velocidades forem dobradas, calcular a porcentagem total da resistência composta pelos dois filmes e a porcentagem no aumento de fluxo.

6) Experimentos estão sendo conduzidos para se determinar a adequação da membrana de celofane com espessura de 0,029mm para uso num equipamento que funcionará como um rim artificial. No experimento a 37°C, empregando NaCl como a substância difundente, a membrana separa duas soluções de NaCl com as seguintes composições: $1,0 \times 10^{-4} \text{ gmol/cm}^3$ e $5,0 \times 10^{-7} \text{ gmol/cm}^3$. Os coeficientes de transferência de massa são estimados em $5,24 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ para os dois lados da membrana. Dados experimentais fornecem um fluxo de NaCl igual a $8,11 \times 10^{-4} \text{ gmol/s.m}^2$ em estado pseudo-estacionário.

- a) calcular a permeabilidade e o produto entre a difusividade e o coeficiente de distribuição de equilíbrio para essa membrana. $P_M = 1,183 \times 10^{-5} \text{ m/s}$
- b) calcular a porcentagem da resistência dos dois filmes líquidos ao processo de transferência de massa.

TABELA: COEFICIENTE EFETIVO DE DIFUSÃO E ENERGIA DE ATIVAÇÃO

SOLUTO	ZEÓLITA	T(K)	D_{AZE0} (cm ² /s)
CH ₄	Modernita-H	333	$0,48 \times 10^{-8}$
CH ₄	Modernita-H	383	$1,8 \times 10^{-8}$
CH ₄	Modernita-H	423	$2,75 \times 10^{-8}$
Metanol	4A	288	$5,17 \times 10^{-12}$
Metanol	4A	303	$6,49 \times 10^{-12}$
n-Hexano	Erionita	483	$1,92 \times 10^{-12}$
n-Dodecano	Offretita	423	$2,07 \times 10^{-14}$
n-Butano	Silicalita	297	$5,7 \times 10^{-8}$
n-Butano	Silicalita	334	11×10^{-8}
Iso-Butano	Silicalita	297	$1,9 \times 10^{-8}$
Iso-Butano	Silicalita	334	$5,5 \times 10^{-8}$

SOLUTO	POLÍMERO	D_0 (cm ² /s)	Q(cal/mol)
H ₂	Polipropileno (isotático)	2,4	8300
H ₂	Polipropileno (atático)	15	8800
H ₂	Borracha butílica	1,36	8100
H ₂	Polibutadieno	$5,3 \times 10^{-2}$	5100
H ₂	Poli(dimetil butadieno)	1,3	7500
He	Isopreno-acrilonitrila 74/26	$3,1 \times 10^{-2}$	4900
CO ₂	Isopreno-acrilonitrila 74/26	$1,15 \times 10^3$	14400
CO ₂	Borracha butílica	36	12000
CO ₂	Polibutadieno	0,24	7300
CO ₂	Poli(dimetil butadieno)	$1,6 \times 10^2$	12800
O ₂	Isopreno-acrilonitrila 74/26	70	12700
O ₂	Borracha butílica	43	11900
O ₂	Polibutadieno	0,15	6800
O ₂	Poli(dimetil butadieno)	20	11100
O ₂	Poli(metil butadieno)	8,5	9800
N ₂	Isopreno-acrilonitrila 74/26	34	12100
N ₂	Borracha butílica	34	12100
N ₂	Polibutadieno	0,22	7200
N ₂	Poli(metil pentadieno)	42	11100
N ₂	Poli(dimetil butadieno)	$1,05 \times 10^2$	12400