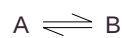
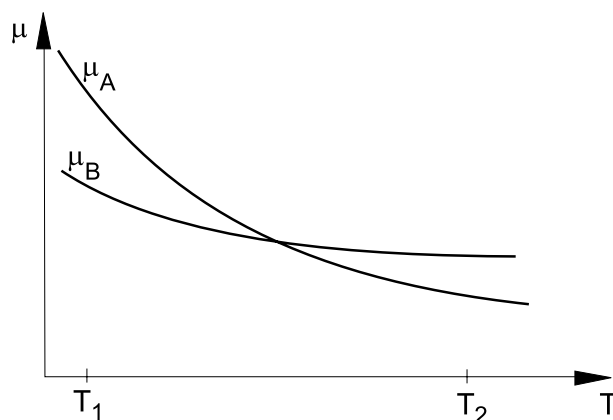


1

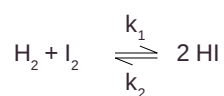
Verifique a viabilidade termodinâmica da reação reversível em fase líquida, no sentido da obtenção de B,



na faixa de temperatura entre T_1 e T_2 . O potencial químico dos participantes da reação varia com a temperatura conforme o gráfico abaixo. Justifique a sua resposta. **(valor: 10,0 pontos)**

**2**

Calcule a constante de equilíbrio a 350 °C para a reação



a partir dos dados abaixo.

Reação	E (kJ mol ⁻¹)	A (L mol ⁻¹ s ⁻¹)
Sentido 1	165,1	1,6 x 10 ¹¹
Sentido 2	186,0	1,2 x 10 ¹⁰

E é a energia de ativação e A é o fator de frequência ou pré-exponencial. (R = 8,314 J mol⁻¹ K⁻¹).

(valor: 10,0 pontos)

3

Um critério de segurança para tubulações que podem ser tocadas por operadores indica que a sua temperatura superficial não deva ultrapassar 50 °C, de modo a evitar queimaduras.

Uma tubulação com um diâmetro de 0,05 m e espessura de parede desprezível, transporta vapor saturado a uma temperatura de 130°C através de um ambiente cuja temperatura é de 30°C. Esta tubulação encontra-se isolada termicamente com uma camada de 0,04 m de espessura de um isolante de condutividade térmica igual a 1,5 W m⁻¹ K⁻¹.

Verifique se o critério de segurança apresentado é satisfeito determinando a temperatura da superfície externa da camada de isolante.

Considere que:

- a superfície externa do isolante é coberta por uma película com baixa emissividade, de tal forma que os efeitos da radiação térmica podem ser desprezados no equacionamento da taxa de transferência de calor presente no sistema;

- nos cálculos, a resistência térmica convectiva no interior da tubulação é desprezível, e o coeficiente de transferência de calor (coeficiente de película) na superfície externa da tubulação é igual a 10 W m⁻² K⁻¹.

Informações adicionais:

$$\text{Resistência térmica convectiva: } R_{\text{conv}} = \frac{1}{hA}$$

Resistência térmica condutiva, parede cilíndrica:

$$R_{\text{cond}} = \frac{\ln\left(\frac{D_e}{D_i}\right)}{2\pi k L}$$

onde A é a área superficial; D_e e D_i, os diâmetros interno e externo da parede cilíndrica através da qual há a transferência de calor; k, a condutividade térmica e L, o comprimento da parede cilíndrica, na direção axial. **(valor: 10,0 pontos)**

4

Uma regra prática diz que para cada dez graus Celsius de aumento na temperatura a velocidade de reação é duplicada. Na verdade, essa afirmação é válida somente para certas combinações de energia de ativação e faixas de temperatura. Com base nestas observações:

(a) calcule o percentual de diminuição de volume de reator, caso fosse possível aumentar de 100 °C para 120 °C a temperatura de operação de um reator de escoamento contínuo ideal isotérmico, mantendo a conversão e as outras condições de operação constantes; **(valor: 5,0 pontos)**

(b) calcule a energia de ativação para essa reação. **(valor: 5,0 pontos)**

Dados / Informações Adicionais:

Lei de Arrhenius: $k(T) = Ae^{-E/RT}$

Constante universal dos gases ideais: $R = 8,314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

$(-r_A)$ = velocidade de consumo do reagente A

X = conversão do reagente A

Reator tubular	Reator de mistura
$\frac{V_t}{F_{Ao,t}} = \int_0^X \frac{dX}{(-r_A)}$	$\frac{V_m}{F_{Ao,m}} = \frac{X_m - X_o}{(-r_A)}$
V_t = volume do reator tubular	V_m = volume do reator de mistura
$F_{Ao,t}$ = vazão molar de alimentação do reator tubular	$F_{Ao,m}$ = vazão molar de alimentação do reator de mistura

5

Na fábrica de processamento de óleos vegetais Processol S.A., a etapa de clarificação do óleo é seguida por uma etapa de filtração que utiliza dois filtros-prensa para a separação do adsorvente. Um representante comercial da Adsorptiva do Brasil Ltda garante que a sua terra de adsorção, mesmo custando mais por quilograma, é economicamente mais vantajosa quando utilizada para o “branqueamento” do óleo e também como auxiliar de filtração (coadjuvante de filtração), pois pode até mesmo eliminar a necessidade do segundo filtro-prensa utilizado pela Processol.

Ensaio comparativos realizados na fábrica forneceram os seguintes dados:

TABELA 1 ENSAIOS DE FILTRAÇÃO

Tempo (s)	Volume de Filtrado (m ³)	
	Adsorptiva	Convencional
0	0	0
150	0,25	0,12
450	0,50	0,25

TABELA 2 ENSAIOS DE ADSORÇÃO COM 1% DE TERRA A 25°C

Tempo (min)	Absorbância Relativa do Óleo a 420 nm	
	Adsorptiva	Convencional
0	1	1
10	0,30	0,60
20	0,20	0,45
30	0,15	0,40

Enumere três possíveis razões que poderiam justificar a afirmação do representante da Adsorptiva do Brasil Ltda. (valor: 10,0 pontos)

6

Razões econômicas e ambientais indicam a necessidade de recuperar uma corrente de gás contendo 35% de amônia e 65% de ar, em volume. Para tal, um engenheiro químico pretende utilizar uma torre de absorção que opera em contracorrente com água limpa, a uma pressão de 1 bar. Considerando os dados da figura abaixo, calcule o número mínimo de moles de água necessário, para cada 100 moles de gás de entrada, para recuperar 99% da amônia. (valor: 10,0 pontos)

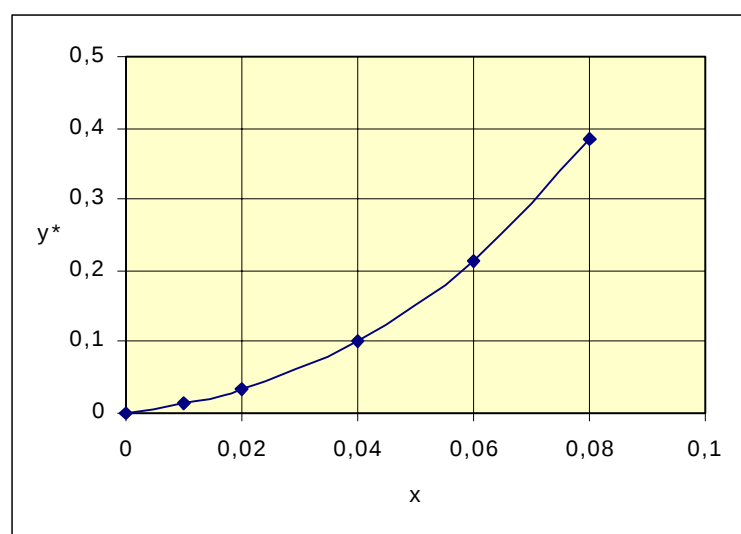


Figura 1 – Fração molar de amônia para a mistura NH₃ – ar, y*, em função da fração molar na fase líquida, x.

A teoria da camada limite, desenvolvida no início do século XX, é, segundo alguns autores, um dos últimos grandes avanços teóricos no campo da Mecânica dos Fluidos. A possibilidade de previsão teórica da força de arrasto em corpos submersos com diversas geometrias forneceu uma maior consistência aos projetos envolvendo este parâmetro. Uma geometria típica neste tipo de problema é a placa plana, cujos procedimentos de cálculo podem ser adaptados a outras geometrias.

Determine a força de arrasto F_A em uma placa plana (3,0 m x 1,5 m), de espessura desprezível, quando o ar (fluido newtoniano com $\rho = 1,2 \text{ kg m}^{-3}$ e $\mu = 2,0 \times 10^{-5} \text{ kg m}^{-1} \text{ s}^{-1}$) se desloca a uma velocidade de 5 m s^{-1} , na direção normal à aresta de 3,0 m.

Considere que o escoamento sobre as duas superfícies da placa (ver Figura) ocorre em regime laminar e pode ser descrito por:

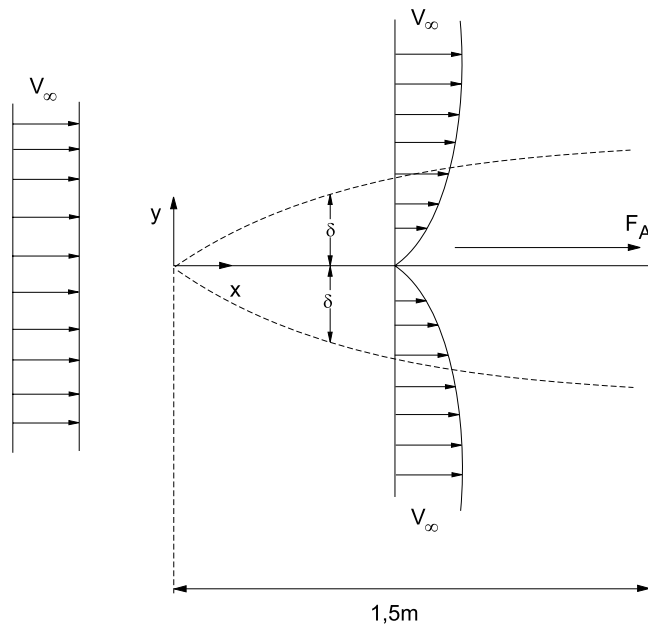
$$\frac{v_x}{V_\infty} = 2 \left(\frac{y}{\delta} \right) - \left(\frac{y}{\delta} \right)^2$$

$$\frac{\delta}{x} = \frac{5,48}{\text{Re}_x^{0,5}}$$

$$\text{Re}_x = \frac{\rho V_\infty x}{\mu}$$

onde V_∞ é a velocidade do escoamento em região afastada da placa; δ é a espessura da camada limite; Re_x é o Número de Reynolds local; ρ e μ são, respectivamente, a densidade e a viscosidade do fluido escoando.

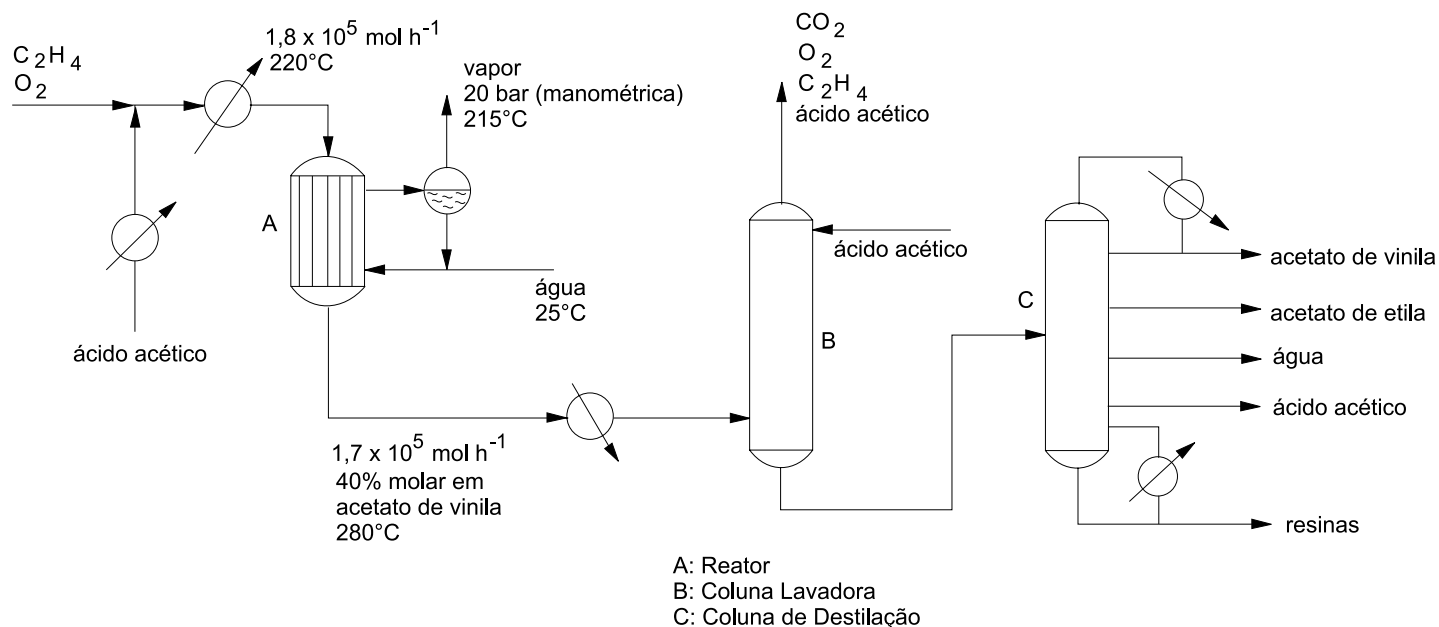
Lembre-se de que a tensão cizalhante local na superfície da placa é dada por: $\tau_p = \mu \left. \frac{\partial v_x}{\partial y} \right|_{y=0}$



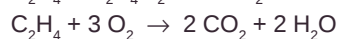
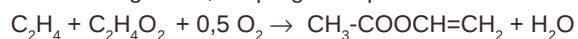
(valor: 10,0 pontos)

ATENÇÃO: AS QUESTÕES 8, 9 e 10 SE REFEREM AO PROCESSO DESCRITO EM SEGUIDA

O fluxograma abaixo representa, de modo simplificado, um processo para produção de acetato de vinila, a partir de etileno (C_2H_4) e ácido acético ($C_2H_4O_2$):



O reator opera em fase gasosa, empregando paládio como catalisador. As duas principais reações que ali ocorrem são:



Reações secundárias, não descritas, produzem acetato de etila e compostos de elevada massa molar (resinas) gerados pela polimerização do acetato de vinila, na descarga do reator.

Os gases que deixam o reator são resfriados e alimentados a uma coluna lavadora, que separa os componentes condensáveis (água, acetatos, resinas e ácido acético) dos incondensáveis (dióxido de carbono, etileno e oxigênio). A solução obtida no fundo da lavadora é fracionada em uma coluna de destilação.

8

O conjunto de reações que se desenvolve no reator é globalmente exotérmico. Para o controle da temperatura do reator o mesmo deverá ser resfriado, aproveitando-se a energia liberada para a geração de vapor. Considerando as informações constantes no fluxograma e os dados abaixo, calcule a quantidade de vapor gerada no processo.

- entalpia global de reação (considerando os efeitos combinados de todas as reações), a 25 °C e na pressão de operação: $\Delta H_r = - 217,6 \text{ kJ mol}^{-1}$ de acetato de vinila produzido.
- capacidade calorífica molar média das correntes gasosas (admitida constante):
- na alimentação do reator: $C_p = 110 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$
- na saída do reator: $C_p = 140 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$
- entalpia do vapor saturado, relativa à água de alimentação a 25°C: $2.701,5 \text{ kJ kg}^{-1}$ **(valor: 10,0 pontos)**

9

No processo descrito na página anterior, a coluna de destilação fraciona a solução que deixa o fundo da lavadora. Além do produto principal (acetato de vinila), obtêm-se:

- acetato de etila: tem valor comercial, segue para tancagem e é vendido.
- ácido acético: é reciclado para o processo.

A corrente de água e o produto de fundo da coluna devem ser descartados.

- a) Determinar uma destinação adequada, do ponto de vista ambiental, para o produto de fundo que contém compostos orgânicos poliméricos de ponto de ebulição elevados. **(valor: 5,0 pontos)**
- b) A corrente de água contém ainda 1% molar de ácido acético como contaminante. A neutralização do ácido torna-se imperativa antes do seu descarte. Supondo a utilização de um tanque de neutralização de operação contínua, esquematize a instrumentação necessária à sua operação automática. **(valor: 5,0 pontos)**

10

No processo descrito na página anterior, a fase gasosa que deixa o topo da coluna lavadora contém etileno e oxigênio que não reagiram, dióxido de carbono formado no reator e ácido acético, que satura a fase gasosa em função do contato com a fase líquida na coluna.

Considerando que o processo de separação dos constituintes da mistura gasosa por compressão e condensação parcial é economicamente inviável, esquematize um fluxograma de operação que permita a recuperação e o reciclo do etileno para o reator, assim como o descarte adequado para a atmosfera da fase gasosa restante.

Observações:

- O dióxido de carbono é altamente solúvel em soluções alcalinas.
 - O ácido acético é solúvel em água em qualquer proporção.
- (valor: 10,0 pontos)**

IMPRESSÕES SOBRE A PROVA

As questões abaixo visam a levantar sua opinião sobre a qualidade e a adequação da prova que você acabou de realizar e também sobre o seu desempenho na prova.

Assinale as alternativas correspondentes à sua opinião e à razão que explica o seu desempenho nos espaços próprios (parte inferior) do Cartão-Resposta.

Agradecemos sua colaboração.

1

Qual o ano de conclusão deste seu curso de graduação?

- (A) 2000.
- (B) 1999.
- (C) 1998.
- (D) 1997.
- (E) Outro.

2

Qual o grau de dificuldade desta prova?

- (A) Muito fácil.
- (B) Fácil.
- (C) Médio.
- (D) Difícil.
- (E) Muito difícil.

3

Quanto à extensão, como você considera a prova?

- (A) Muito longa.
- (B) Longa.
- (C) Adequada.
- (D) Curta.
- (E) Muito curta.

4

Para você, como foi o tempo destinado à resolução da prova?

- (A) Excessivo.
- (B) Pouco mais que suficiente.
- (C) Suficiente.
- (D) Quase suficiente.
- (E) Insuficiente.

Como você explicaria o seu desempenho em cada questão da prova?

Números referentes ao CARTÃO-RESPOSTA.		10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	Números das questões da prova.	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10
	O conteúdo ...										
(A)	não foi ensinado; nunca o estudei.										
(B)	não foi ensinado; mas o estudei por conta própria.										
(C)	foi ensinado de forma inadequada ou superficial.										
(D)	foi ensinado há muito tempo e não me lembro mais.										
(E)	foi ensinado com profundidade adequada e suficiente.										

5

As questões da prova apresentam enunciados claros e objetivos?

- (A) Sim, todas apresentam.
- (B) Sim, a maioria apresenta.
- (C) Sim, mas apenas cerca de metade apresenta.
- (D) Não, poucas apresentam.
- (E) Não, nenhuma apresenta.

6

Como você considera as informações fornecidas em cada questão para a sua resolução?

- (A) Sempre excessivas.
- (B) Sempre suficientes.
- (C) Suficientes na maioria das vezes.
- (D) Suficientes somente em alguns casos.
- (E) Sempre insuficientes.

7

Como você avalia a adequação da prova aos conteúdos definidos para o Provão/2000 desse curso?

- (A) Totalmente adequada.
- (B) Medianamente adequada.
- (C) Pouco adequada.
- (D) Totalmente inadequada.
- (E) Desconheço os conteúdos definidos para o Provão/2000.

8

Como você avalia a adequação da prova para verificar as habilidades que deveriam ter sido desenvolvidas durante o curso, conforme definido para o Provão/2000?

- (A) Plenamente adequada.
- (B) Medianamente adequada.
- (C) Pouco adequada.
- (D) Totalmente inadequada.
- (E) Desconheço as habilidades definidas para o Provão/2000.

9

Com que tipo de problema você se deparou mais frequentemente ao responder a esta prova?

- (A) Desconhecimento do conteúdo.
- (B) Forma de abordagem do conteúdo diferente daquela a que estou habituado.
- (C) Falta de motivação para fazer a prova.
- (D) Espaço insuficiente para responder às questões.
- (E) Não tive qualquer tipo de dificuldade para responder à prova.