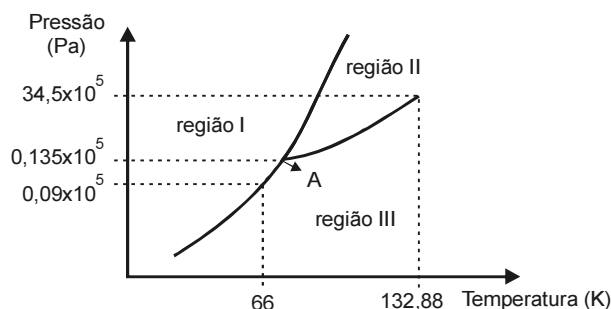


## CONHECIMENTOS ESPECÍFICOS

A primeira morte provocada por aquecedor a gás pode ter ocorrido na cidade. Pela manhã, foi encontrado o corpo de uma pessoa no banheiro do apartamento em que morava. A polícia suspeita que a morte tenha sido provocada por asfixia por falta de oxigenação. A necropsia feita no Instituto Médico Legal (IML) indicou traços de monóxido de carbono no corpo e exames complementares estão sendo realizados. O laudo deve ser emitido em 30 dias.

In: *Gazeta do Povo* em 26/06/2007 (com adaptações).

O monóxido de carbono, cujo diagrama de fase é apresentado na figura abaixo, é produzido na queima de um combustível como gás de cozinha, gasolina, querosene, carvão, madeira etc.



O monóxido de carbono tem uma entalpia de sublimação igual a  $8,0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ . A relação entre a pressão ( $P$ ) e a temperatura ( $T$ ) em que duas fases estão em equilíbrio é dada pela equação:  $\frac{dP}{dT} = \frac{\Delta H_t}{T \Delta V_m}$ , em que  $\Delta H_t$  representa a entalpia de transição e  $V_m$  o volume molar.

A equação de estado do virial representa um modelo importante para descrever o comportamento dos gases. A equação de estado do virial como apresentada abaixo expressa o fator de compressibilidade ( $Z$ ) como um polinômio dependente do volume molar ou da pressão:

$$Z = \frac{PV_m}{RT} = 1 + \frac{B_v}{V_m} + \dots$$

$$Z = \frac{PV_m}{RT} = 1 + B_p \times P + \dots$$

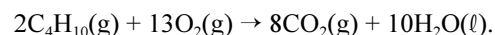
Nessas expressões, a temperatura está em Kelvin e  $R$  representa a constante dos gases. As constantes  $B_v$  e  $B_p$  são conhecidas como segundo coeficiente virial.

Com base no texto apresentado acima e sabendo que  $M(\text{O}) = 16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,  $M(\text{C}) = 12 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,  $R = 8,0 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$  e que 1 atm corresponde a  $1,314 \times 10^5 \text{ Pa}$ , julgue os itens de 51 a 55.

- 51 Considerando que o volume molar do gás é muito superior ao volume molar do sólido, que o gás segue a lei dos gases ideais e que  $\ln 1,5 = 0,405$ , então a temperatura do ponto triplo do CO é maior que 67,5 K e menor que 68,1 K.
- 52 Considerando que o oxigênio e o monóxido de carbono se comportam como previsto pelo modelo do gás ideal, é correto afirmar que um mol de oxigênio ocupando determinado volume tem a mesma densidade que um mol de monóxido de carbono ocupando esse mesmo volume, estando ambos sob mesma temperatura e pressão.
- 53 Sabendo-se que, à temperatura de 25 °C e pressão de 1 atm, o fator de compressibilidade  $Z$  do monóxido de carbono é igual a 1,0, é correto afirmar que o CO se comporta como um gás ideal.

- 54 Considerando as duas expansões de  $Z$  apresentadas até primeira ordem e que  $B_v = -10 \text{ cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$  para o CO a 300 K, então o volume molar real ocupado pelo CO a 300 K e 5 MPa é igual a  $49 \text{ cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$ .
- 55 Se a pressão devido ao ar atmosférico no interior do banheiro fosse igual a 1 atm e não ocorresse escape de gás desse ambiente, a quantidade de CO produzida no interior do banheiro aumentaria essa pressão em um valor igual à pressão que esse gás exerceria no interior do banheiro, caso apenas o CO estivesse presente no local.

Considere que um botijão de gás de cozinha tenha explodido em um posto de combustíveis. O principal componente desse gás é o butano, cuja reação de combustão é representada a seguir:



Com base nessas informações, julgue os próximos itens, sabendo que a variação da energia interna dessa reação a 300 K é  $-5.783,2 \text{ kJ}$ , que todos os gases se comportam idealmente e que  $R = 8,0 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

- 56 A variação da energia interna da reação de combustão do butano é negativa, o que indica que essa reação é espontânea.
- 57 Considerando que o botijão de gás que explodiu continha apenas butano e que a reação ocorrida foi igual à reação de combustão do butano apresentada no texto, então a entalpia molar dessa combustão do butano foi de  $-5.800 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

RASCUNHO

## RASCUNHO

A amônia é uma substância de interesse estratégico, pois, além de ser empregada em fertilizantes, produz, quando oxidada, ácido nítrico, componente essencial para a produção de pólvora.

Considerando que a síntese da amônia pode ser representada pela equação  $N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$  e que a constante de equilíbrio ( $K_c$ ) dessa reação, a 300 K, é  $4,0 \times 10^8$  e diminui com o aumento da temperatura, julgue os itens que se seguem, a respeito da síntese da amônia.

- 58 A variação da concentração do hidrogênio ( $[H_2]$ ) em função do tempo ( $t$ ) fornece a taxa (velocidade) de síntese da amônia ( $v$ ), de acordo com a equação:  $v = d[H_2]/dt$ .
- 59 Se a concentração de cada gás participante da síntese da amônia for igual a  $2,0 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , a 300 K, a reação estará em equilíbrio.
- 60 A diminuição da temperatura diminui a diferença entre o somatório dos potenciais químicos dos produtos e o dos reagentes.

Considere que uma reação do tipo  $A \xrightarrow{K_A} B + C$  apresenta comportamento típico de segunda ordem, com uma constante cinética de reação ( $K_A$ ) igual a  $2 \times 10^{-2} \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ . Com base nessa informação, julgue os itens seguintes.

- 61 O tempo de reação necessário para a conversão de 80% do componente A, quando sua concentração inicial é  $0,50 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , em um reator em batelada, é igual a 400 s.
- 62 O tempo de meia vida da reação para a concentração inicial do componente A igual a  $0,50 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  é 100 s.

Diversos tipos de equipamentos são utilizados para separação de misturas sólido-líquido. A respeito das características desses equipamentos, julgue os próximos itens.

- 63 A filtração caracteriza-se pelo uso de um elemento poroso, em que diferentes recursos são utilizados para promover a separação, tais como vácuo, pressão, força centrífuga, gravidade etc.
- 64 O projeto dos equipamentos de separação de misturas sólido-líquido deve considerar as diferenças de densidade entre o material particulado (sólido) e o líquido; o tamanho médio, a distribuição e a forma das partículas.
- 65 Os secadores industriais são apropriados para secagem de misturas pouco concentradas, na faixa de 5% a 20%.

Com base no princípio de funcionamento dos evaporadores, julgue os itens subsequentes.

- 66 Os evaporadores de estágio simples (ou único efeito) são utilizados quando a quantidade de calor requerida para promover a evaporação de líquido é pequena. De acordo com o tipo de operação, a mistura pode ser processada em modo batelada, semibatelada ou continuamente.
- 67 O equipamento utilizado para eliminação de líquidos por meio de vaporização, em sua configuração mais simples, consiste em dois recipientes principais, responsáveis pela evaporação e condensação do líquido presente inicialmente na mistura.

Considere que um sólido particulado disperso em uma fase líquida seja separado em um sedimentador e que a densidade do líquido seja  $1.000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ; a densidade do sólido,  $2.800 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ; a viscosidade do líquido,  $5 \times 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}$ ; o diâmetro de corte do sólido,  $100 \text{ } \mu\text{m}$ ; e a aceleração da gravidade,  $10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ . Com base nessas informações, julgue o item a seguir.

- 68 A velocidade terminal de uma partícula através do líquido será igual a  $2 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

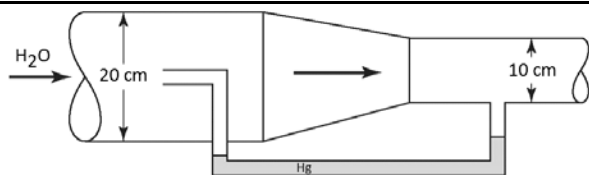
## RASCUNHO

Considere que um reservatório de água mantido com nível constante seja usado para o abastecimento domiciliar e que a água escoe na base do reservatório a uma velocidade de  $5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ , através de um pequeno orifício. Considerando, ainda, que a aceleração da gravidade seja igual a  $10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$  e que a densidade da água seja  $1.000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$  e sabendo que  $1 \text{ bar}$  corresponde a  $10^5 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$ , julgue os itens subsecutivos.

- 69 A pressão da coluna de água equivale a 0,25 bar.  
70 A altura da coluna de água equivale a 2,5 m.

Uma corrente de água, cujo calor específico é igual a  $1,0 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ , com vazão mássica de  $2.000 \text{ kg} \cdot \text{min}^{-1}$ , inicialmente a  $30^\circ\text{C}$ , é usada para resfriar, em um trocador de calor, um fluido quente de calor específico igual a  $0,5 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$  e vazão mássica de  $1.000 \text{ kg} \cdot \text{min}^{-1}$ . Considerando que as temperaturas de entrada e saída do fluido quente no trocador de calor sejam iguais a  $70^\circ\text{C}$  e  $40^\circ\text{C}$ , respectivamente, julgue os itens seguintes.

- 71 Uma redução, à metade, da vazão do fluido quente causará um aumento de 10 % na temperatura da água de resfriamento na sua saída do trocador de calor.  
72 A temperatura da água na saída do trocador de calor é igual a  $37,5^\circ\text{C}$ .



Considere o fluxo de água através de uma tubulação com uma vazão volumétrica de  $10^{-2} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , como ilustrado na figura acima. Considerando também que sejam desprezíveis perdas de energia durante o fluxo, que a razão entre as densidades do mercúrio e da água seja igual a 15 e que a aceleração da gravidade seja  $10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ , julgue o próximo item.

- 73 O diferencial de pressão manométrico equivale a  $-\frac{50}{\pi^2} \text{ mm Hg}$ .

Uma corrente de alimentação de uma coluna de destilação, cujo fluido tem calor específico igual a  $0,50 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$  e está com uma vazão mássica de  $20.000 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$ , é aquecida de  $70^\circ\text{C}$  para  $120^\circ\text{C}$ . Considerando que, nessa situação, seja utilizado vapor, que tem calor latente igual a  $500 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1}$ , para o aquecimento da corrente de processo, julgue o item subsequente.

- 74 A vazão de vapor requerida é igual a  $1.000 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$ .

Considere que uma placa metálica que, inicialmente, está a  $100^\circ\text{C}$  seja submetida a resfriamento por ar a temperatura de  $40^\circ\text{C}$  até atingir o equilíbrio térmico. Assumindo que, nessa situação, o coeficiente de transferência de calor convectivo seja igual a  $100 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ , julgue os itens que se seguem.

- 75 Para uma redução em 50 % no fluxo de calor, será necessário que a temperatura do ar seja  $20^\circ\text{C}$ .  
76 O fluxo de calor no processo é igual a  $6.000 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ .

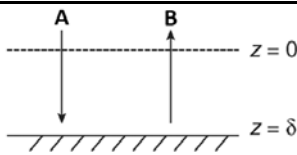
RASCUNHO

Um isolante térmico de 10 cm de espessura e condutividade térmica igual a  $20 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$  apresenta a temperatura da superfície quente igual a  $80 \text{ }^\circ\text{C}$  e a da superfície fria igual a  $30 \text{ }^\circ\text{C}$ . Considerando essas informações, julgue os próximos itens.

- 77 Para uma redução em 50% no fluxo de calor, será necessário que a espessura inicial do isolante duplique.
- 78 O fluxo de calor é igual a  $16 \text{ kW} \cdot \text{m}^{-2}$ .

A lei de Fick da difusão binária pode ser expressa como  $N_A = -cD_{AB}\nabla y_A + y_A(N_A + N_B)$ , em que  $c$  representa a concentração molar total,  $D_{AB}$ , o coeficiente de difusão,  $y_A$ , a fração molar do componente  $A$  e  $N_A$  e  $N_B$  são os fluxos molares das espécies  $A$  e  $B$ , respectivamente. Com base na referida lei de Fick, julgue os seguintes itens.

- 79 Um fluxo equimolar pode ser expresso como  $N_A = -cD_{AB}\nabla y_A$ .
- 80 O fluxo de molar pode ser expresso como  $J_A = D_{AB}\nabla c_A$ , em que  $c_A$  é a concentração da espécie  $A$ .

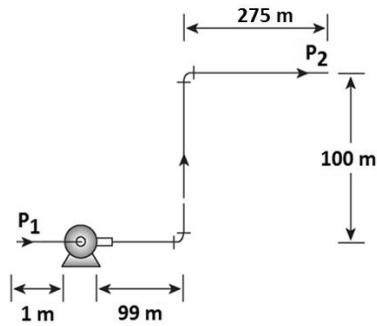


A figura acima representa a difusão de um gás nas proximidades da superfície de um catalisador com geometria plana. Considerando que o produto de reação difunda para mistura reacional, que o transporte seja unidirecional e em estado estacionário e que não exista reação química na zona de difusão, julgue os itens subsequentes.

- 81 Para uma reação química representada por  $A \longrightarrow B$ , o fluxo molar do componente A será dado por  $N_A = cD_{AB} \frac{dy_A}{dz}$ , em que  $c$  representa a concentração molar total,  $D_{AB}$ , o coeficiente de difusão,  $y_A$ , a fração molar do componente A e  $z$  é a espessura.
- 82 Para uma reação química representada por  $A \longrightarrow 2B$ , o fluxo molar do componente A será dado por  $N_A = -\frac{cD_{AB}}{1+y_A} \frac{dy_A}{dz}$ , em que  $c$  representa a concentração molar total,  $D_{AB}$ , o coeficiente de difusão,  $y_A$ , a fração molar do componente A e  $z$  é a espessura.
- 83 A equação diferencial que descreve o fluxo molar ( $N_A$ ) do componente A é dada por em  $\frac{\partial c_A}{\partial t} + \frac{\partial N_A}{\partial z} = 0$ , que  $c_A$  é a concentração molar da espécie A.

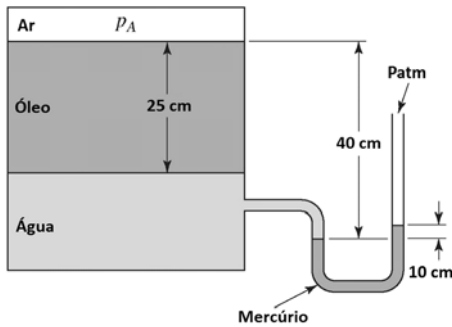
Um sistema de reação utiliza dois reatores contínuos de mistura perfeita em paralelo. Esses reatores, que possuem o mesmo volume reacional, igual a  $40 \text{ m}^3$ , são operados na mesma condição de temperatura com uma vazão volumétrica constante de  $10 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ , seguindo uma cinética de primeira ordem, cuja constante cinética de reação ( $k_{70^\circ\text{C}}$ ) é igual a  $0,5 \text{ h}^{-1}$ . Com base nessas informações, julgue os próximos itens.

- 84 A conversão final no segundo reator é igual a  $\frac{5}{6}$ .
- 85 A vazão volumétrica deve ser reduzida à metade para que a conversão final no segundo reator alcance  $\frac{8}{9}$ .
- 86 A conversão final no primeiro reator é igual a  $\frac{2}{3}$ .



Suponha o bombeamento de água com densidade ( $\rho$ ) igual a  $10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$  ao nível do solo através de uma tubulação de 10 cm de diâmetro a uma velocidade constante de  $2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  entre os pontos  $P_1$  e  $P_2$ , como ilustrado na figura acima. Considerando que a diferença de pressão seja equivalente a 2 bar, que o fator de perda por atrito do cotovelo ( $K$ ) seja igual a 0,5 e o da bomba seja 4, que o atrito na entrada e na saída da tubulação seja desprezível e sabendo que 1 bar corresponde a  $10^5 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$ , julgue os itens a seguir.

- 87 O regime de escoamento é laminar.
- 88 O fator de atrito de Darcy na tubulação é igual a 0,04.



Com base na figura acima e considerando que a razão entre as densidades do mercúrio e da água seja  $\rho_{\text{Hg}}/\rho_{\text{H}_2\text{O}} = 13,5$ , a razão entre as densidades do óleo e da água seja  $\rho_{\text{Óleo}}/\rho_{\text{H}_2\text{O}} = 0,80$ , 1 atm corresponda a  $10^5 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$  e  $g$  seja igual a  $10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ , julgue os próximos itens.

- 89 Se a coluna de óleo fosse dez vezes maior, o acréscimo na pressão  $p_A$  seria inferior a 5%.
- 90 A pressão  $p_A$  é igual a 1,1 atm.

Considere a equação de Fourier que descreve a transferência de calor em coordenadas cilíndricas

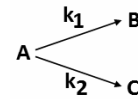
$$\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha \left( \frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 T}{\partial \theta^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right),$$

sujeita às seguintes condições de contorno:

- i)  $T = T_i$ , em  $r = r_i$
- ii)  $T = T_o$ , em  $r = r_o$

Considerando que o transporte de energia radial ocorra em estado estacionário e unidirecional, julgue os itens subsequentes.

- 91 O fluxo de calor é dado por  $q = 2\pi Lk \frac{(T_i - T_o)}{\ln(r_i/r_o)}$ .
- 92 A equação que descreve o fluxo de calor é expressa como  $\frac{1}{r} \frac{d}{dr} \left( r \frac{dT}{dr} \right) = 0$ .



Cada uma das reações apresentadas acima segue um comportamento típico de reações de primeira ordem.

Com base nessa informação e considerando que as constantes cinéticas de reação sejam iguais a  $k_1 = 1 \text{ h}^{-1}$  e  $k_2 = 5 \text{ h}^{-1}$  e que a concentração inicial do reagente A ( $C_{A0}$ ) seja igual a  $2 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3}$ , julgue os seguintes itens.

- 93 A concentração da espécie C quando o tempo de reação é igual a 30 minutos equivale a 10 vezes a concentração da espécie B.
- 94 A concentração da espécie A após 20 minutos é expressa por  $2 \times \exp(-2) \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ .

Uma placa de 10 cm de espessura tem sua superfície quente mantida a 400 K. Considerando que sua superfície fria seja mantida a 300 K exposta a um fluxo de ar, que o coeficiente de transferência de calor combinado seja igual a  $20 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$  e que a condutividade térmica seja  $k = 0,02 \cdot T \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ , julgue o próximo item.

- 95 A temperatura do ar é igual a 270 K.

Julgue os itens seguintes, relativos a águas potáveis e industriais.

- 96 A turbidez é causada pelos sólidos dissolvidos na água, os quais podem ser removidos por meio de sedimentação simples, em decantadores.
- 97 Um processo para a remoção de ferro das águas consiste no uso de agentes oxidantes seguido de precipitação.
- 98 O uso industrial de água com dureza elevada é prejudicial, uma vez que esse tipo de água favorece a dissolução de substâncias, o que provoca o desgaste dos equipamentos com os quais mantém contato.
- 99 No tratamento de água para consumo humano, a troca iônica é o processo mais eficiente para a remoção de metais pesados.
- 100 A remoção de dureza de águas industriais pode ser efetuada por meio de precipitação química com base na adição de hidróxido de cálcio e carbonato de sódio, tratamento conhecido como processo de cal e soda.

RASCUNHO

Acerca de materiais empregados na indústria química, julgue o próximo item.

**101** O aço carbono é o material mais utilizado na construção de equipamentos e tubulações da indústria química que trabalham com fluidos, incluindo os altamente corrosivos, uma vez que o ferro, por se encontrar próximo da extremidade anódica da série galvânica, é de fácil proteção catódica ou passivação.

Com relação a produtos químicos fundamentais, julgue os itens seguintes.

**102** Atualmente, o cloro é produzido nas indústrias por processos eletrolíticos, usando como matérias-primas os cloretos fundidos ou soluções aquosas de cloretos de metais alcalinos. Na eletrólise das salmouras, o cloro é produzido no ânodo, e o hidrogênio, juntamente com o hidróxido de sódio ou de potássio, no cátodo. A reação global do processo eletrolítico é corretamente expressa pela equação química a seguir.  $\text{NaCl}(aq) + \text{H}_2\text{O}(l) \rightarrow \text{NaOH}(aq) + \frac{1}{2}\text{H}_2(g) + \frac{1}{2}\text{Cl}_2(g)$ .

**103** Atualmente, a produção industrial de ácido nítrico é efetuada a partir da reação entre o salitre do Chile e o ácido sulfúrico, conforme a seguinte equação:  $\text{NaNO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{NaHSO}_4 + \text{HNO}_3$ . Esse processo tem sido tradicionalmente utilizado para a obtenção, em larga escala, de ácido nítrico devido ao baixo preço de importação e a alta qualidade do salitre chileno.

**104** A maior parte do ácido sulfúrico, produto químico mais produzido no mundo, é utilizada pela indústria de fertilizantes para a fabricação de superfosfatos e sulfato de amônio. Na indústria siderúrgica, é muito utilizado nos processos de decapagem do ferro e do aço antes da galvanização e do estanhamento e é utilizado também na produção de açúcar, amido e xaropes, bem como no refino do petróleo.

**105** O hidróxido de sódio, conhecido como soda cáustica, tem sido tradicionalmente utilizado na fabricação de sabões, na indústria têxtil e no refino de petróleo. No entanto, recentemente, tem-se verificado um aumento do uso desse composto no processamento químico.

**106** O processo moderno para a fabricação de hidróxido de sódio tem como matérias-primas a cal e o carbonato de sódio. A reação global desse processo é corretamente expressa pela seguinte equação química:  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow 2\text{NaOH} + \text{CaCO}_3$ .

Julgue os itens de **107** a **110** a respeito de instrumentação e controle de processos químicos.

**107** O controlador proporcional (P) gera uma saída proporcional ao erro —  $e(t)$  —, no sentido de diferença existente entre a variável controlada (medida no processo) e o valor desejado (*set point*). O algoritmo de posição desse controlador é corretamente expresso pela equação  $u(t) = K_p \times e(t) + u_0$ , em que  $K_p$  é o ganho do controlador e  $u_0$  é o valor inicial.

**108** Na seleção dos medidores de vazão, os aspectos a serem considerados incluem aqueles relativos às características da tubulação onde será instalado o medidor, isto é, o diâmetro, o material, a existência de curvas antes ou depois do medidor e os valores nominais de pressão dos flanges da tubulação. Características do fluido, do escoamento bem como os dados de operação são irrelevantes na escolha desses instrumentos de medição.

**109** Nas situações em que vários tipos de medidores de vazão se ajustam às condições de trabalho, será vantajoso escolher aquele que não possui partes móveis, uma vez que elas são possíveis fontes de defeitos e podem levar a maiores custos de manutenção.

**110** O controlador proporcional integral (PID) gera uma saída proporcional ao erro —  $e(t)$  —, no sentido de diferença, entre a sua variável controlada (medida no processo) e o seu valor desejado (*set point*), e também à integral do erro — *I*-termo integral. O algoritmo de posição desse controlador PID clássico pode ser expresso por meio da equação

$$u(t) = K_p \times e(t) + K_p \times \frac{1}{T_I} \times \int e(t) dt + u, \text{ em que } K_p \text{ é o ganho do controlador, } \frac{1}{T_I} \text{ é o ganho integral do controlador.}$$

Julgue os itens de **111** a **114** referentes a diagramas de equilíbrio líquido-vapor.

**111** Considere que as figuras I e II a seguir ilustrem os diagramas de composição vapor-líquido, em equilíbrio, de dois sistemas binários distintos, ambos à pressão total constante e igual a 1 atm. Nessa situação, a separação dos componentes do sistema representado na figura II, por destilação, é mais fácil que do sistema representado na figura I.

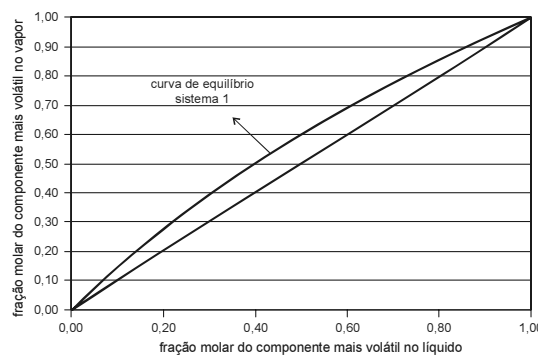


Figura I

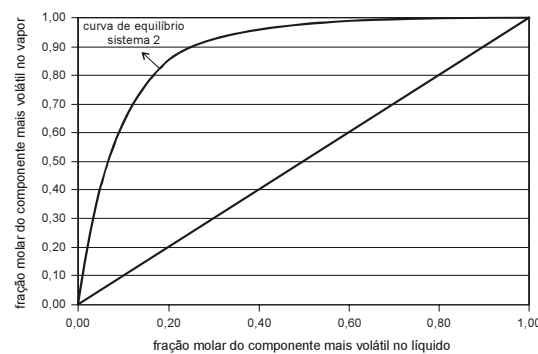
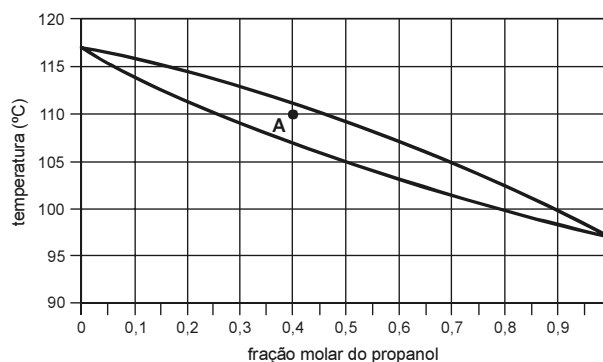
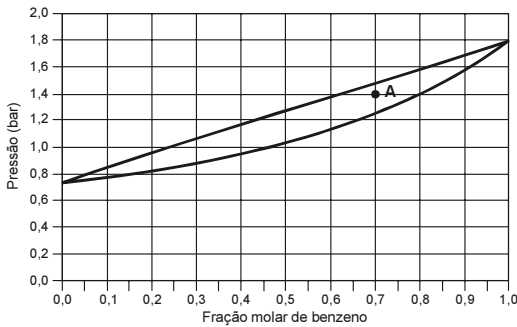


Figura II

**112** A figura abaixo apresenta o diagrama de equilíbrio líquido-vapor a 760 mmHg da mistura propanol-butanol. Admitindo-se que as misturas desses álcoois são soluções ideais, o ponto A no diagrama é compatível com um sistema composto por 1,6 mol de propanol e 4,2 mols de butanol a 110 °C.



113 Considere que a figura abaixo ilustre o diagrama de equilíbrio líquido-vapor, a 100 °C, da mistura benzeno-tolueno. Se as misturas de ambos os compostos são soluções ideais, então o ponto A, no diagrama, refere-se ao sistema em que a mistura apresenta 4,2 mols de propanol e 1,8 mol de butanol a 100 °C.



114 Considere que as figuras A e B, a seguir, ilustrem diagramas de composição do vapor versus composição no líquido de sistemas que formam azeótropos a pressão constante.

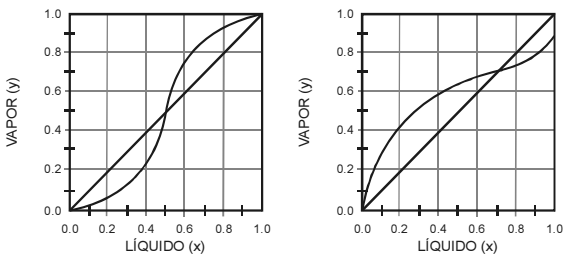


Figura A

Figura B

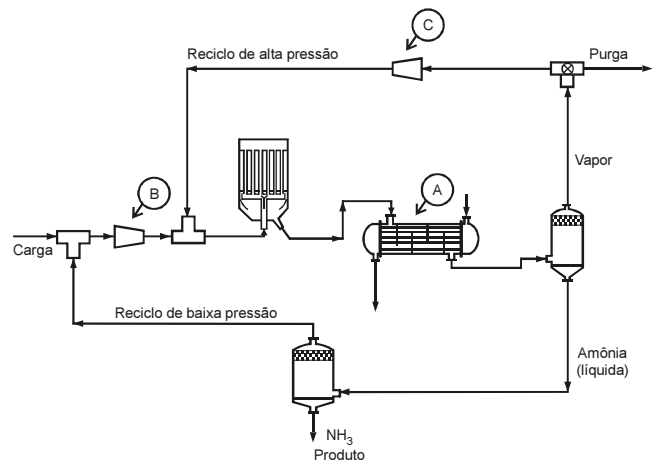
Nessa situação, é correto afirmar que o sistema da figura A apresenta um azeótropo de ponto de ebulição máximo para composição entre 40% e 60% do componente mais volátil e entre 40% e 60% do componente menos volátil (percentagens molares) à pressão atmosférica; e o sistema da figura B apresenta um azeótropo de ponto de ebulição mínimo para uma composição entre 60% e 80% do componente mais volátil e entre 20% e 40% do componente menos volátil (percentagens molares) à pressão atmosférica.

Acerca de balanços de materiais e de energia, com ou sem reação química, julgue os itens de 115 a 117.

115 Considere que um composto P seja obtido em um reator de tanque agitado que opera continuamente. A obtenção do composto ocorre por meio da reação  $A \rightarrow P$ , em que A é o reagente utilizado para a obtenção de P. A alimentação, em  $L \cdot s^{-1}$ , entra no reator a uma vazão  $q_e$  em  $L \cdot s^{-1}$ ; a concentração do reagente, em  $mol \cdot L^{-1}$ , na alimentação é  $C_{Ae}$ ; a densidade, em  $g \cdot L^{-1}$ , dessa corrente é  $\rho_e$  e o volume útil do tanque, em L, é igual a V. O composto no tanque pode ser considerado perfeitamente misturado, de forma que a densidade e a concentração de A no tanque seja igual à da corrente da saída. Para esse processo, a taxa de consumo de A ( $r_A$ ), em  $mol \cdot L^{-1} \cdot s^{-1}$ , é representada por  $r_A = -kC_A$ , em que k é a constante cinética. Assumindo que a densidade da corrente de entrada seja igual à densidade da corrente de saída, o balanço diferencial para a massa total pode ser expresso por  $\frac{dV}{dt} = q_e - q_s$ , sendo  $q_s$  a vazão da corrente de saída em  $L \cdot s^{-1}$ . O balanço diferencial de A pode ser expresso por  $V \frac{dC_A}{dt} + C_A \frac{dV}{dt} = q_e C_{Ae} - q_s C_{As} - kC_A V$ , sendo  $C_{As}$  concentração do reagente na corrente de saída.

116 Um processo contínuo caracteriza-se por adição instantânea de reagentes em um tanque com remoção dos produtos e reagentes não consumidos algum tempo depois que o sistema atingiu o equilíbrio.

117 Em sistemas estacionários fechados, existe acúmulo de massa e energia no sistema, isto é, a variação da energia interna ( $\Delta E$ ) é diferente de zero. Então, o calor (Q) e o trabalho (W) são constantes, tanto para dentro como para fora do sistema, de forma que  $Q + W \neq 0$ .



Nilo Índio Brasil. In: *Introdução à Engenharia Química*. Editora Interciência, 2004 (com adaptações).

A figura acima ilustra um fluxograma para a produção industrial da amônia. No referido processo, os gases hidrogênio e nitrogênio são comprimidos a pressão elevada (20 MPa) e, em seguida, passam para o reator onde, à temperatura elevada (457 °C) e na presença de um catalisador (ferro em pó), se processa a reação de síntese de amônia, conforme a equação  $N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$ . Como a reação de síntese não se completa no reator, ficam ainda por reagir grandes quantidades de nitrogênio e de hidrogênio. Assim, do reator sai uma mistura de amônia com nitrogênio e hidrogênio. Essa mistura é submetida aos processos de condensação e separação, por meio dos quais a amônia em estado líquido é separada dos gases. O nitrogênio e o hidrogênio que não reagiram são novamente introduzidos no reator com o auxílio de uma bomba de reciclagem.

Com base nessas informações e na figura acima, julgue os próximos itens.

118 No fluxograma, o equipamento designado por A representa o condensador.

119 Para que o fluxograma apresentado se torne um fluxograma de processo, é necessário inserir informações acerca das taxas do sistema e dos valores das variáveis operacionais, tais como temperatura e pressão para fluxos mínimo, normal e máximo, bem como a composição dos fluidos, além de apresentar, de forma explícita, os controles das válvulas que afetam a operação do sistema.

120 No fluxograma, os equipamentos designados por B e C representam bombas de recirculação.



**cespeUnB**

Centro de Seleção e de Promoção de Eventos