

CONHECIMENTOS ESPECIALIZADOS

31) As operações unitárias são etapas básicas dos processos de separação de componentes contidos numa mistura homogênea. Assinale a afirmativa que **não** se refere às operações unitárias.

- a) A absorção envolve a transferência de um constituinte de um fluido para a superfície de uma fase sólida.
- b) Na lixiviação, os componentes de uma fase sólida podem ser separados pela dissolução seletiva da parte solúvel do sólido por meio de um solvente apropriado.
- c) A diálise é um processo de separação por membranas no qual se transfere massa através de uma membrana, devido à força motriz proveniente de um gradiente de concentração.
- d) Na destilação, a separação dos constituintes está baseada nas diferenças de volatilidade. A fase vapor entra em contato com a fase líquida e há transferência de massa do líquido para o vapor, e deste para aquele.

JUSTIFICATIVA DA ALTERNATIVA CORRETA: (LETRA A)

O processo absorção envolve a transferência de um componente solúvel de uma fase gasosa para um absorvente líquido relativamente não volátil. A operação unitária que envolve a transferência de um constituinte de um fluido para uma superfície de uma fase sólida é a adsorção e não a absorção.

Fonte: FOUST, A. S.; CLUMP, C. W.; WENZEL, L. A. Princípios das Operações Unitárias. 2ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 1982.

32) Um evaporador de triplo efeito (3 etapas) e alimentação em paralelo é usado para evaporar uma solução salina de 15% para 50% de sólidos. Sabe-se que:

- a Elevação no Ponto de Ebulição (EPE) das soluções, independente da pressão, pode ser estimada pela expressão $EPE^{\circ}C = 0,5x + 9,22x^2$, onde x é a fração em peso do sal na solução;
- utiliza o vapor de água saturado a 225 kPa (124°C);
- a pressão do vapor que sai do terceiro efeito é de 10kPa (45,81°C);
- a taxa de alimentação é 20.000 kg/h a 25°C;
- a capacidade calorífica da solução líquida é dada pela equação $c_p, kJ/kg.K = 4,19 - 2,35x$.

Considerando desprezível o calor de dissolução, a estimativa dos coeficientes de transferência de calor forneceu os seguintes valores: $U_1 = 3123 \text{ W/m}^2\text{K}$, $U_2 = 1987 \text{ W/m}^2\text{K}$ e $U_3 = 1136 \text{ W/m}^2\text{K}$. Admite-se que as evaporações são iguais nos três efeitos. Se cada efeito possui a mesma área de superfície, os valores corretos da EPE no efeito 2, a temperatura do vapor que sai do efeito 2 e a capacidade calorífica da solução líquida que sai do efeito 1 são, respectivamente,

- a) 2,55°C, 48,5°C e 3,84 kJ/kg.K.
- b) 0,87°C, 87,6°C e 3,73 kJ/kg.K.**
- c) 0,45°C, 114,4°C e 4,19 kJ/kg.K.
- d) 2,55°C, 114,4°C e 3,02 kJ/kg.K.

JUSTIFICATIVA DA ALTERNATIVA CORRETA: (LETRA B)

O desenvolvimento dos cálculos para a evaporação a múltiplo efeito levam em consideração os balanços de energia, de massa e de sólidos, bem como o cálculo do calor, q, transferido no evaporador.

Assim, pelos dados fornecidos, tem-se que:

- Mediante a equação de EPE para o evaporador número 3 com $x = 0,5$.

$$EPE_3 = 0,5x + 9,22x^2 = 0,5(0,5) + 9,22(0,5)^2 = 2,55^{\circ}C$$

$$T_3 = 45,81 + 2,55 = 48,36^{\circ}C$$

- Efetue um balanço de massa e de sólidos para calcular a quantidade total vaporizada ($V_1 + V_2 + V_3$) e L_3 .

$$F x_F = 20000(0,15) = L_3(0,5) + (V_1 + V_2 + V_3)(0)$$

$$F = 20000 = L_3 + (V_1 + V_2 + V_3)$$

$$L_3 = 6000 \text{ kg/h}$$

$$\text{total vaporizado} = (V_1 + V_2 + V_3) = 14000 \text{ kg/h}$$

Suponha quantidades iguais vaporizadas em cada efeito, $V_1 = V_2 = V_3 = 4667 \text{ kg/h}$.

Efetando um balanço total de massa nos três efeitos:

$$F = V_1 + L_1 \Rightarrow 20000 = 4667 + L_1 \Rightarrow L_1 = 15333 \text{ kg/h}$$

$$L_1 = V_2 + L_2 \Rightarrow 15333 = 4667 + L_2 \Rightarrow L_2 = 10666 \text{ kg/h}$$

$$L_2 = V_3 + L_3 \Rightarrow 10666 = 4667 + L_3 \Rightarrow L_3 = 5999 \text{ kg/h}$$

Efetando um balanço de sólidos nos três efeitos e resolvendo para x.

$$F x_F = L_1 x_1 = 20000(0,15) = 15333(x_1) \Rightarrow x_1 = 0,196$$

$$L_1 x_1 = L_2 x_2 = 15333(0,196) = 10666(x_2) \Rightarrow x_2 = 0,2812$$

$$L_2 x_2 = L_3 x_3 = 10666(0,2812) = 5999(x_3) \Rightarrow x_3 = 0,5$$

A EPE, em cada efeito, é então calculada:

$$EPE_1 = 0,5x_1 + 9,22x_1^2 = 0,5(0,196) + 9,22(0,196)^2 = 0,4521^\circ\text{C}$$

$$EPE_2 = 0,5x_2 + 9,22x_2^2 = 0,5(0,2812) + 9,22(0,2812)^2 = 0,8696^\circ\text{C}$$

$$EPE_3 = 0,5x_3 + 9,22x_3^2 = 0,5(0,5) + 9,22(0,5)^2 = 2,55^\circ\text{C}$$

$$\sum \Delta T = T_S - T_3 - (EPE_1 + EPE_2 + EPE_3)$$

$$124 - 45,81 - (0,4521 + 0,8696 + 2,55) = 74,32^\circ\text{C}$$

Assim, calcula-se ΔT_1 , ΔT_2 e ΔT_3 :

$$\Delta T_1 = \sum \Delta T \frac{1/U_1}{1/U_1 + 1/U_2 + 1/U_3} = 74,32 \frac{(1/3123)}{(1/3123) + (1/1987) + (1/1136)}$$

$$\Delta T_1 = 13,96^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_2 = 21,96^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_3 = 38,42^\circ\text{C}$$

Para calcular o ponto de ebulição real da solução em cada efeito, tem-se que:

$$T_1 = T_{S1} - \Delta T_1 \\ = 124 - 13,96 = 110,04^\circ\text{C}$$

$$T_{S1} = 124^\circ\text{C}$$

$$T_2 = T_1 - EPE_1 - \Delta T_2 \\ = 110,04 - 0,4521 - 21,96 = 87,62^\circ\text{C}$$

$$T_{S2} = T_1 - EPE_1 = 110,04 - 0,4521 \\ = 109,58^\circ\text{C}$$

$$T_3 = T_2 - EPE_2 - \Delta T_3 \\ = 87,62 - 0,8696 - 38,42 = 48,33^\circ\text{C}$$

$$T_{S3} = T_2 - EPE_2 = 87,62 - 0,8696 \\ = 86,75^\circ\text{C}$$

- A capacidade calorífica do líquido em cada efeito é calculada pela equação $c_p, \text{kJ/kg} \cdot \text{K} = 4,19 - 2,35x$:

$$F : c_p = 4,19 - 2,35(0,15) = 3,8375 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$$

$$L_1 : c_p = 4,19 - 2,35(0,196) = 3,7294 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$$

$$L_2 : c_p = 4,19 - 2,35(0,2812) = 3,5291 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$$

$$L_3 : c_p = 4,19 - 2,35(0,5) = 3,015 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$$

Fonte: FOUST, A. S.; CLUMP, C. W.; WENZEL, L. A. Princípios das Operações Unitárias. 2ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 1982.

33) A termodinâmica é a ciência que estabelece a dependência de todas as propriedades do universo da temperatura. Seu estudo sempre é delineado em termos de universo, sistema, fronteira e vizinhança. Informe se é verdadeiro (V) ou falso (F) o que se afirma abaixo, e, a seguir, assinale a alternativa que apresenta a sequência correta.

- () A palavra termodinâmica, do grego termo = calor e dinâmica = movimento, tratava, originalmente, da conversão de calor em movimento.
- () Em termodinâmica, as propriedades extensivas dependem da quantidade de massa em estudo.
- () Energia interna e entalpia são propriedades termodinâmicas intensivas.
- () Estado termodinâmico de um sistema é a condição em que o sistema se encontra em determinado momento.
- () Em um sistema fechado não existe fluxo de massa, nem de energia, através de sua fronteira.

a) V – V – F – V – F

b) V – F – F – V – V

c) F – F – V – F – V

d) F – V – V – F – F

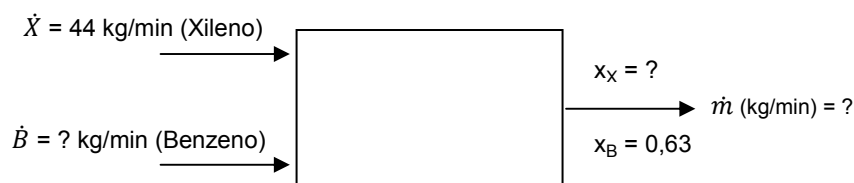
JUSTIFICATIVA DA ALTERNATIVA CORRETA: (LETRA A)

A terceira e a quinta afirmativas são falsas, respectivamente, pois:

- a energia interna e entalpia são propriedades termodinâmicas extensivas, pois dependem da massa em estudo;
- em um sistema fechado não existe fluxo de massa, porém pode haver fluxo de energia.

Fonte: SMITH, J. M.; VAN NESS, H. C. Introdução à Termodinâmica da Engenharia Química. 7ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

34) Analise o seguinte fluxograma de um processo de mistura de Benzeno e Xileno.



Sabe-se que \dot{X} é o fluxo de Xileno, \dot{B} é o fluxo de Benzeno, \dot{m} é o fluxo de massa total na saída, e x_X e x_B são as frações molares de Xileno e Benzeno, respectivamente. Durante o processo de mistura não ocorre reação entre os componentes. A quantidade de massa na entrada do processo é igual à quantidade de massa na saída do processo. As quantidades de \dot{B} , x_X e \dot{m} não conhecidas no processo são, respectivamente, iguais a

a) 25,84 kg/min, 0,25 e 69,84 kg/min.

b) 25,92 kg/min, 0,63 e 30,92 kg/min.

c) 74,92 kg/min, 0,37 e 118,92 kg/min.

d) 118,92 kg/min, 0,63 e 74,92 kg/min.

JUSTIFICATIVA DA ALTERNATIVA CORRETA: (LETRA C)

Uma vez que no processo de mistura não ocorre reação e a quantidade de massa na entrada = quantidade de massa na saída:

A fração mássica do Xileno = $1 - 0,63 = 0,37$

quantidade de Xileno (44 kg/min) \rightarrow (1 - 0,63)

quantidade de Benzeno ($\dot{B} = ?$) \rightarrow 0,63

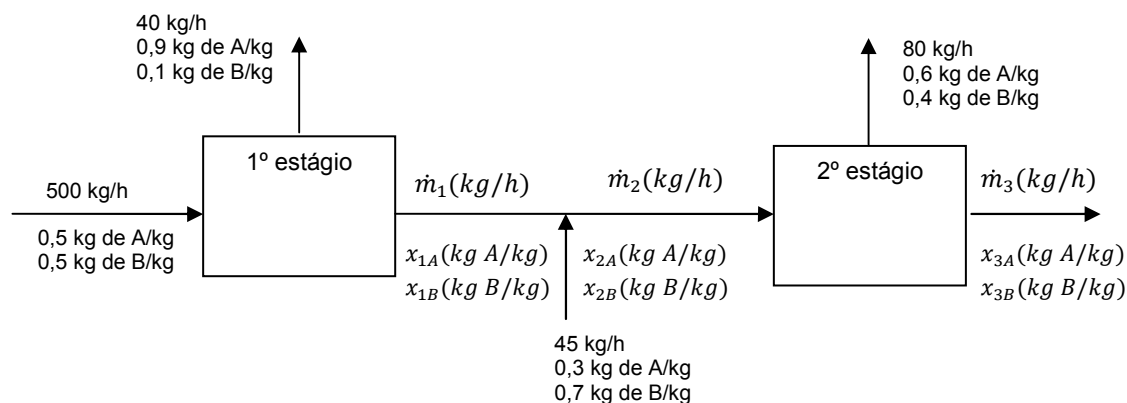
$$0,37 \cdot \dot{B} = 44 \text{ kg/min} \cdot 0,63$$

$$\dot{B} = 74,92 \text{ kg/min}$$

$$\text{Assim, } \dot{m} = 74,92 + 44 = 118,92 \text{ kg/min.}$$

Fonte: FELDER, R. M.; ROSSEAU, R. W. Elementary Principles of Chemical Processes. 3rd edition. John Wiley & Sons, 2005.

35) Analise o fluxograma de um processo descrito abaixo.



O fluxograma se refere a um processo de extração, onde 500 kg/h de um composto, contendo 0,5 kg de A/kg e 0,5 kg de B/kg, entra no primeiro estágio do processo. Antes do segundo estágio ser alimentado, adiciona-se à linha de alimentação 45 kg/h de um composto, contendo 0,3 kg de A/kg e 0,7 kg de B/kg. Durante o processo, são retirados 40 kg/h, contendo 0,9 kg de A/kg e 0,1 kg de B/kg do primeiro estágio, e 80 kg/h, contendo 0,6 kg de A/kg e 0,4 kg de B/kg do segundo estágio. No processo de mistura não ocorre reação entre os componentes. A quantidade de massa na entrada do processo é igual à quantidade de massa na saída do processo. Com base no fluxograma acima, assinale a alternativa que corresponde, respectivamente, aos valores corretos para os cálculos das variáveis: \dot{m}_2 , \dot{m}_3 , x_{3A} e x_{2B} .

- 460 kg/h; 380 kg/h; 0,27 kg de A/kg; 0,42 kg de B/kg.
- 505 kg/h; 380 kg/h; 0,27 kg de A/kg; 0,42 kg de B/kg.
- 505 kg/h; 425 kg/h; 0,42 kg de A/kg; 0,44 kg de B/kg.
- 505 kg/h; 425 kg/h; 0,42 kg de A/kg; 0,56 kg de B/kg.

JUSTIFICATIVA DA ALTERNATIVA CORRETA: (LETRA D)

Uma vez que no processo de mistura não ocorre reação e a quantidade de massa na entrada = quantidade de massa na saída:

- Balço total do sistema:

$$500 + 45 = 40 + 80 + \dot{m}_3 \rightarrow \dot{m}_3 = 425 \text{ kg/h}$$

- Balço total de sólidos A:

$$500 \cdot 0,5 + 45 \cdot 0,3 = 40 \cdot 0,9 + 80 \cdot 0,6 + 425 \cdot x_{3A}$$

$$x_{3A} = 0,42 \text{ kg de A/kg}$$

- Balço de massa no 1º estágio:

$$500 = 40 + \dot{m}_1 \rightarrow \dot{m}_1 = 460 \text{ kg/h}$$

- Balço de sólidos A no 1º estágio:

$$500 \cdot 0,5 = 45 \cdot 0,9 + 460 \cdot x_{1A} \rightarrow x_{1A} = 0,46 \text{ kg de A/kg}$$

- Balço de massa para a alimentação do 2º estágio:

$$\dot{m}_1 + 45 = \dot{m}_2 \rightarrow 460 + 45 = 505 \text{ kg/h} = \dot{m}_2$$

- Balço de sólidos A que entra no 2º estágio:

$$x_{1A} \dot{m}_1 + 45 \cdot 0,3 = x_{2A} \dot{m}_2 \rightarrow 460 \cdot 0,46 + 45 \cdot 0,3 = 505 \cdot x_{2A} \rightarrow x_{2A} = 0,44 \text{ kg A/kg}$$

$$x_{2B} = (1 - x_{2A}) = 0,56 \text{ kg B/kg}$$

Fonte: FELDER, R. M.; ROSSEAU, R. W. Elementary Principles of Chemical Processes. 3rd edition. John Wiley & Sons, 2005.

36) Sobre os revestimentos metálicos usados como método de prevenção à corrosão, é correto afirmar que

- a) na cementação, o material metálico é posto no interior de tambores rotativos em contato com a mistura de pó metálico e fluxo adequado. Esse conjunto é resfriado, permitindo a difusão do metal no material metálico.
- b) a imersão a quente é um método de revestimento para controle de corrosão. Pode ser feito pela laminação conjunta, a quente, de chapas de metal base e do revestimento ou pelo processo de explosão ou por solda.
- c) a cladização ou cladeamento é o revestimento metálico que se obtém por imersão do material metálico em um banho do metal fundido. É um processo muito usado para revestimento de aço com estanho, cobre, alumínio e zinco.
- d) na redução química, o metal é precipitado, formando uma película aderente à base metálica. É um método conveniente para revestir peças de formas complicadas e interiores de tubos que sejam difíceis de serem revestidos por outros métodos.

JUSTIFICATIVA DA ALTERNATIVA CORRETA: (LETRA D)

É correto afirmar que:

- na cementação, o material metálico é posto no interior de tambores rotativos em contato com mistura de pó metálico e fluxo adequado. Esse conjunto é aquecido a altas temperaturas, permitindo a difusão do metal no material metálico.
- a imersão a quente é o revestimento metálico que se obtém por imersão do material metálico em um banho do metal fundido. É um processo muito utilizado para revestimento de aço com estanho, com cobre, com alumínio e com zinco;
- a cladização ou cladeamento é um método de revestimento, para controle de corrosão. Pode ser feito pela laminação conjunta, a quente, de chapas de metal base e do revestimento, pelo processo de explosão ou por solda;

Fonte: GENTIL, Vicente. Corrosão. 5ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

37) Sobre os princípios da termodinâmica, informe se é verdadeiro (V) ou falso (F) o que se afirma abaixo. A seguir, assinale a alternativa que apresenta a sequência correta.

- () Se um processo estiver ocorrendo à pressão e temperatura constantes, a força motriz que rege tal processo será a energia interna.
 - () Dentre outras definições, pode-se afirmar que temperatura é a taxa de variação na energia interna quando a entropia varia de maneira infinitesimal. Essa afirmativa só é verdadeira quando o volume e a concentração de componentes permanecem constantes no sistema.
 - () Potencial químico é a taxa de variação na energia livre de *Gibbs* quando, ao sistema, é adicionada uma quantidade infinitesimal de algum composto.
 - () Para haver equilíbrio termodinâmico tem que haver equilíbrio térmico + equilíbrio mecânico + equilíbrio químico.
 - () O processo reversível realiza mais trabalho que o processo irreversível, logo, é mais eficiente.
- a) F – F – F – V – F
 - b) V – V – V – F – V
 - c) F – F – F – F – F
 - d) V – V – V – V – V

JUSTIFICATIVA DA ALTERNATIVA CORRETA: (LETRA D)

É correto afirmar que:

- se um processo estiver ocorrendo à pressão e temperatura constantes, a força motriz que rege tal processo será a energia interna;
- dentre outras definições, pode-se afirmar que temperatura é a taxa de variação na energia interna quando a entropia varia de maneira infinitesimal. Essa afirmativa só é verdadeira quando o volume e a concentração de componentes permanecem constantes no sistema;
- potencial químico é a taxa de variação na energia livre de *Gibbs* quando, ao sistema, é adicionada uma quantidade infinitesimal de algum composto;
- para haver equilíbrio termodinâmico tem que haver equilíbrio térmico + equilíbrio mecânico + equilíbrio químico;
- o processo reversível realiza mais trabalho que o processo irreversível, logo, é mais eficiente.

Fonte: FELDER, R. M.; ROSSEAU, R. W. Elementary Principles of Chemical Processes. 3rd edition. John Wiley & Sons, 2005.

38) Impurezas ou sujidades são consideradas substâncias encontradas na superfície de equipamentos e que podem interferir no processamento ou na qualidade do processo. Sobre impurezas ou sujidades, informe se é verdadeiro (V) ou falso (F) o que se afirma abaixo. A seguir, marque a alternativa que apresenta a sequência correta.

- () São classificadas em quatro tipos: oleosas, semissólidas, sólidas, óxidos e produtos de corrosão.
- () As do tipo sólidas são as partículas disseminadas em massa de polimento, massas de estampagem e resíduos carbonáceos de películas parcialmente carbonizadas.
- () As do tipo óxidos e produtos de corrosão são as que aparecem, por exemplo, num tratamento térmico.
- () As do tipo semissólidas são as que aparecem no desengraxamento alcalino a quente, principalmente por jateamento, tais como: parafinas, graxas, ceras, sabões e protetivos anticorrosivos comuns.

- a) F – F – V – F
- b) V – F – F – F
- c) F – V – F – V
- d) V – V – V – V

JUSTIFICATIVA DA ALTERNATIVA CORRETA: (LETRA D)

É correto afirmar que:

- são classificadas em quatro tipos: oleosas, semissólidas, sólidas, óxidos e produtos de corrosão;
- as do tipo sólidas são as partículas disseminadas em massa de polimento, massas de estampagem e resíduos carbonáceos de películas parcialmente carbonizadas;
- as do tipo óxidos e produtos de corrosão são as que aparecem, por exemplo, num tratamento térmico;
- As do tipo semissólidas são as que aparecem no desengraxamento alcalino a quente, principalmente por jateamento, tais como: parafinas, graxas, ceras, sabões e protetivos anticorrosivos comuns.

Fonte: GENTIL, Vicente. Corrosão. 5ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

39) Sobre o mecanismo eletroquímico para os processos corrosivos, é **incorreto** afirmar que

- a) a corrosão eletroquímica será mais intensa quanto menor for o valor do pH e/ou quanto maior a concentração de oxigênio no meio corrosivo.
- b) o processo eletroquímico de corrosão pode ser decomposto em três etapas principais: processo anódico, deslocamento dos elétrons e íons e processo catódico.
- c) o oxigênio não funciona somente como estimulador de corrosão, ele pode agir, até certo ponto, como protetor, pois é capaz de reagir diretamente com a superfície do metal, formando uma camada de óxido protetor.
- d) **corrosão em água ou soluções aquosas, corrosão atmosférica, corrosão no solo, corrosão em materiais plásticos e corrosão com sais fundidos são exemplos de mecanismos eletroquímicos aplicados aos processos corrosivos.**

JUSTIFICATIVA DA ALTERNATIVA CORRETA: (LETRA D)

A corrosão em materiais plásticos, ou seja, materiais não metálicos ocorre via mecanismo químico e não mecanismo eletroquímico. Para que ocorra a corrosão eletroquímica, é necessário a geração de corrente elétrica, o que não acontece em corrosão de materiais plásticos.

Fonte: GENTIL, Vicente. Corrosão. 5ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

40) A corrosão pode ser definida como a deterioração de um material, geralmente metálico, por ação química ou eletroquímica do meio, aliada ou não a esforços mecânicos. São consequências de natureza econômica, diretas e indiretas da corrosão, **exceto**:

- a) **subdimensionamento de projetos.**
- b) contaminação ou perda de produtos.
- c) paralisação do equipamento por falhas ocasionadas pela corrosão.
- d) emprego de manutenção preventiva: pintura, adição de inibidores de corrosão e revestimentos.

JUSTIFICATIVA DA ALTERNATIVA CORRETA: (LETRA A)

A corrosão acarreta em prejuízos para a indústria. A perda de eficiência do equipamento, como em caldeiras, trocadores de calor e bombas, devido à corrosão, leva a um superdimensionamento de projetos na indústria.

Fonte: GENTIL, Vicente. Corrosão. 5ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

41) Dentre as técnicas de proteção anticorrosiva existentes, a aplicação de tintas ou de sistemas de pintura é uma das mais empregadas. A pintura, como técnica de proteção anticorrosiva, apresenta uma série de propriedades importantes, tais como facilidade de aplicação e de manutenção, relação custo-benefício atraente, entre outras. Sobre os revestimentos não metálicos orgânicos – as tintas, assinale a afirmativa **incorreta**.

- a) Os constituintes fundamentais de uma tinta líquida são veículo fixo, pigmento, solventes (veículo volátil) e aditivos.
- b) De uma forma simples, pode-se classificar os pigmentos em três grupos distintos: anticorrosivos, plastificantes e antiespumantes.
- c) Além das aplicações anticorrosivas, os sistemas de pintura também podem proporcionar outras vantagens em paralelo, como: finalidade estética, impermeabilizações, diminuição da rugosidade superficial e sinalização.
- d) Os mecanismos de proteção anticorrosiva, conferidos por uma tinta ou sistema de pintura, são definidos tomando-se o aço como substrato de referência. Assim, existem basicamente três mecanismos de proteção: barreira, inibição e eletroquímico.

JUSTIFICATIVA DA ALTERNATIVA CORRETA: (LETRA B)

De uma forma simples, pode-se classificar os pigmentos em três grupos distintos: anticorrosivos; opacificantes coloridos ou tintoriais; e cargas ou extensores.

Plastificantes e antiespumantes, como afirma a alternativa, são classificações para aditivos e não para pigmentos.

Fonte: GENTIL, Vicente. Corrosão. 5ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

42) Um ventilador, que pode fornecer ar a velocidade de até 102 m/s, é usado em um túnel de vento de baixa velocidade com ar atmosférico a 25°C. Um pesquisador deseja usar o túnel de vento para estudar o comportamento da camada limite sobre uma placa com número de *Reynolds* de até $Re_x = 7,2 \times 10^8$. Qual o comprimento mínimo (L_{min}) que a placa deve possuir? A que distância (x_c) da aresta frontal da placa, a transição do regime laminar para o regime turbulento irá ocorrer se o número de *Reynolds* crítico for de $Re_{x,c} = 5 \times 10^5$?

(Considere: $v = 15,71 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}^2$; $T_s = T_\infty$)

Os valores de L_{min} e x_c são, respectivamente,

- a) 56 m e 2,4 m.
- b) 0,086 m e 105 m.
- c) 111 m e 0,071 m.
- d) $9,02 \times 10^{-03}$ m e 159,4 m.

JUSTIFICATIVA DA ALTERNATIVA CORRETA: (LETRA C)

$$Re_x = \frac{\rho u_\infty x}{\mu} = \frac{u_\infty x}{\nu}$$

$$L_{min} = \frac{Re_x \nu}{u_\infty} = \frac{7,2 \times 10^8 * 15,71 \times 10^{-6} (\text{m}^2/\text{s}^2)}{102 (\text{m/s})} = 111 \text{ m}$$

A distância da aresta frontal da placa a transição do regime laminar para o regime turbulento:

$$\frac{x_c}{L} = \frac{Re_{x,c}}{Re_{x,L}} = \frac{x_c}{7,2 \times 10^8} = \frac{5 \times 10^5}{7,2 \times 10^8} * 111 = 0,071 \text{ m}$$

Fonte: FOGLER, S. C. Elementos de Engenharia das Reações Químicas. 3ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

43) Sobre uma chapa plana de comprimento $L = 2$ m escoada, em paralelo, ar atmosférico. O escoamento é perturbado por um conjunto de aletas estacionárias colocadas acima da chapa. Em laboratório, medições do coeficiente local de convecção na superfície da chapa foram feitas com valores determinados de V e de $T_{sup} > T_\infty$, que foram correlacionados por uma expressão da forma $h_x = 0,23 + 9,6x - 4,2x^2$, onde h_x é expresso em $\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ e x , em metros. O coeficiente médio de convecção $h_{L(\text{médio})}$ sobre a chapa e a razão $h_{L(\text{médio})}/h_L$ na borda traseira da chapa são, respectivamente, iguais a

- a) 2,63 $\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ e 1,8.
- b) 4,23 $\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ e 1,6.
- c) 11,03 $\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ e 0,8.
- d) 11,77 $\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ e 1,0.

JUSTIFICATIVA DA ALTERNATIVA CORRETA: (LETRA B)

O coeficiente médio de convecção é dado por:

$$\bar{h}_L = \frac{1}{L} \int_0^L h_x dx = \frac{1}{L} \int_0^L (0,23 + 9,6x - 4,2x^2) dx =$$

$$\bar{h}_L = \frac{1}{L} (0,23L + 4,8L^2 - 1,4L^3) = 0,23 + 4,8L - 1,4L^2$$

$$\bar{h}_L = 0,23 + 4,8(2) - 1,4(4) = 4,23 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

O coeficiente local em $x = 2 \text{ m}$ é:

$$h_L = 0,23 + 9,6(2) - 4,2(4) = 2,63 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Então:

$$\frac{\bar{h}_L}{h_L} = 4,23/2,63 = 1,6$$

Fonte: BIRD, R. B.; STEWART, W. E.; LIGHTFOOT, E. N. Fenômenos de Transporte. 2nd edition. Rio de Janeiro: LTC, 2004.

44) No escoamento sobre uma superfície, os perfis de velocidade (u) e de temperatura (T) possuem as seguintes formas: $u(y) = Ay + By^2 + Cy^3 - Dy^4$ e $T(y) = E + Fy + Gy^2 - Hy^3$.

Sabendo-se que os coeficientes de A até H são constantes, determine as expressões do coeficiente de atrito C_f e do coeficiente de convecção h em termos de u_∞ , de T_∞ , dos coeficientes apropriados dos perfis e das propriedades do fluido. Os coeficientes de atrito C_f e o de convecção h , em termos de u_∞ e de T_∞ são, respectivamente,

a) $C_f = \frac{A\mu}{u_\infty}$ e $h = E - T_\infty$.

b) $C_f = \frac{u_\infty^2 \mu}{2L}$ e $h = \frac{k_f E}{T_\infty}$.

c) $C_f = \frac{2Av}{u_\infty^2}$ e $h = \frac{-k_f F}{E - T_\infty}$.

d) $C_f = \frac{u_\infty^2 \mu}{2By}$ e $h = \frac{E - T_\infty}{2Gy}$.

JUSTIFICATIVA DA ALTERNATIVA CORRETA: (LETRA C)

O coeficiente de atrito C_f pode ser encontrado por:

$$\tau_s = \mu \left. \frac{\partial u}{\partial y} \right|_{y=0} = \mu [A + 2BY + 3CY^2 - 4DY^3]_{y=0} = A \cdot \mu$$

Então, o coeficiente de atrito possui o seguinte formato:

$$C_f = \frac{\tau_s}{\rho u_\infty^2 / 2} = \frac{2A\mu}{\rho u_\infty^2} = \frac{2Av}{u_\infty^2}$$

O coeficiente de convecção é dado por:

$$h = \frac{-k_f (\partial T / \partial y)_{y=0}}{T_s - T_\infty} = \frac{-k_f [F + 2Gy - 3Hy^2]_{y=0}}{E - T_\infty}$$

$$h = \frac{-k_f F}{E - T_\infty}$$

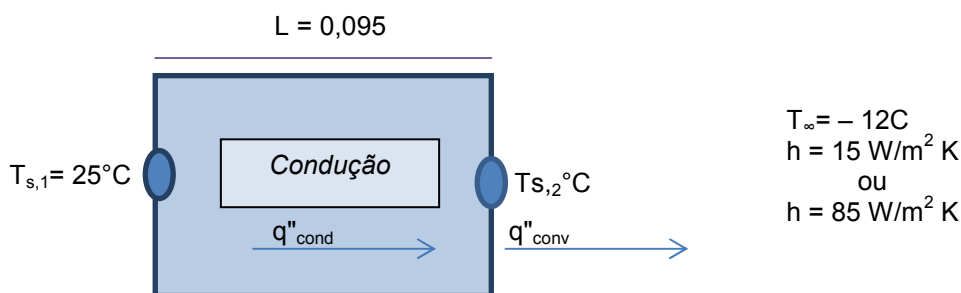
Fonte: BIRD, R. B.; STEWART, W. E.; LIGHTFOOT, E. N. Fenômenos de Transporte. 2nd edition. Rio de Janeiro: LTC, 2004.

45) Um equipamento industrial está disposto em uma área aberta da indústria. Considerando que a parede ($k = 0,2 \text{ W/m K}$) desse equipamento possui 95 mm de espessura e que sua superfície interna seja mantida a uma temperatura de 25°C , em um dia de vento calmo, o coeficiente de transferência de calor por convecção na superfície externa da parede desse equipamento é de $15 \text{ W/m}^2 \text{ K}$, mas, com dia de vento com velocidade de 20 km/h , este coeficiente chega a $85 \text{ W/m}^2 \text{ K}$. Em ambos os casos a temperatura do ambiente é de -12°C . Sendo assim, calcule a razão entre a perda de calor por unidade de área da parede do equipamento em um dia de vento calmo e um dia de vento.

- a) 0,18.
b) 0,90.
c) 1,11.
d) 5,67.

JUSTIFICATIVA DA ALTERNATIVA CORRETA: (LETRA B)

As perdas de calor por unidade de área em ambas as situações podem ser dada por:



$$q = \frac{T_{S,1} - T_\infty}{L/kA + 1/hA}$$

$$\frac{q''_{\text{calmo}}}{q''_{\text{vento}}} = \frac{\left[\frac{L}{k} + \frac{1}{h} \right]_{\text{vento}}}{\left[\frac{L}{k} + \frac{1}{h} \right]_{\text{calmo}}} \Rightarrow \frac{q''_{\text{calmo}}}{q''_{\text{vento}}} = \frac{\left[\frac{0,095}{0,2} + \frac{1}{85} \right]_{\text{vento}}}{\left[\frac{0,095}{0,2} + \frac{1}{15} \right]_{\text{calmo}}} = \frac{0,4867}{0,5416} = 0,8986$$

Fonte: BIRD, R. B.; STEWART, W. E.; LIGHTFOOT, E. N. Fenômenos de Transporte. 2nd edition. Rio de Janeiro: LTC, 2004.

46) A adsorção pode ser considerada como um processo de separação em que um ou mais componentes de uma corrente de gás ou líquido se adsorvem na superfície de um sólido. Sobre o processo de separação por adsorção, assinale a afirmativa **incorreta**.

- a) **Dentre os modelos usados nos dados de equilíbrio adsorptivo estão: Linear e Lei de Hess.**
b) São exemplos de adsorventes: carbono ativado, sílica gel, alumina ativada, zeólitas, polímero e resinas sintéticas.
c) Em adsorção, o equilíbrio entre a concentração do soluto na fase fluida e na fase sólida é chamado de isoterma de adsorção.
d) Dentre as diversas aplicações da adsorção, pode-se citar: eliminação de compostos da água ou de soluções orgânicas, eliminação de impurezas coloridas de substâncias orgânicas e eliminação de diversos produtos da fermentação.

JUSTIFICATIVA DA ALTERNATIVA CORRETA: (LETRA A)

Os modelos usados nos dados de equilíbrio adsorptivo são *Lagmuir*, *Freundlich* etc, uma vez que a Lei de Hess não é modelo de isoterma de adsorção.

Fontes:

- FOUST, A. S.; CLUMP, C. W.; WENZEL, L. A. Princípios das Operações Unitárias. 2ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 1982.
- TREYBAL, R. E. Mass Transfer Operations. 3rd edition. New York: McGraw-Hill, 1980.

47) Considere que uma centrífuga de raio $r = 0,157$ m, que gira a $N = 1000$ rev/min, é utilizada para centrifugar 2,25 kg massa. A força centrífuga desenvolvida em função da força da gravidade é de

- a) 26,6 atm.
- b) 175,5 atm.
- c) 214,0 atm.
- d) 1118,1 atm.

JUSTIFICATIVA DA ALTERNATIVA CORRETA: (LETRA B)

A força centrífuga desenvolvida em função da força da gravidade pode ser calculada por:

$$\frac{F_c}{F_g} = 0,001118rN^2 = 0,001118(0,157)(1000)^2 = 175,5$$

Fonte: TREYBAL, R. E. Mass Transfer Operations. 3rd edition. New York: McGraw-Hill, 1980.

48) Deseja-se utilizar uma bomba centrífuga para bombear 10.000 kg/h de aguardente a 74°C e 1,1 atm de pressão absoluta do *reboiler* de uma torre de destilação, para uma segunda unidade de destilação sem resfriamento da aguardente antes de entrar na bomba. Sabe-se que a perda friccional na linha entre o *reboiler* e a bomba é de 86 kN/m² e a densidade da aguardente é de 901 kg/m³. (Considere: $P_v = 26,2$ kN/m².) A distância, em metros, que a bomba deve ficar do nível do líquido no *reboiler* para manter uma NPSH de 2,5 m é de

- a) - 2,62.
- b) - 1,36.
- c) + 0,90.
- d) + 2,59.

JUSTIFICATIVA DA ALTERNATIVA CORRETA: (LETRA D)

$$NPSH = \frac{P_2 - P_v}{\rho g} + \Delta z - \frac{E_f}{\rho g}$$

$$\circ \frac{P_2 - P_v}{\rho g} = \frac{111457,5 - 26200}{901 \times 9,8} = 9,65 \text{ m}$$

$$\circ \frac{E_f}{\rho g} = \frac{8600}{901} = 9,74 \text{ m}$$

Assim:

$$2,5 \text{ m} = 9,65 \text{ m} + \Delta z - 9,74$$

$$\Delta z = + 2,59 \text{ acima do reservatório.}$$

Fonte: FOUST, A. S.; CLUMP, C. W.; WENZEL, L. A. Princípios das Operações Unitárias. 2ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 1982.

49) Acerca das bombas, equipamentos mecânicos que fornecem energia mecânica a um fluido incompressível, é correto afirmar que

- a) nas bombas alternativas, a vazão da descarga do líquido é contínua.
- b) entre algumas vantagens das bombas de deslocamento positivo estão: simplicidade do modelo, pequeno custo inicial, manutenção barata e flexibilidade de aplicação.
- c) as bombas dividem-se em três grandes grupos, conforme o modo como a energia é fornecida ao fluido, a saber: cinéticas, alternativas e de deslocamento positivo.
- d) para proteger a bomba e o sistema, o fluido deve ser desviado a um *bypass*, ou aliviado dentro da própria bomba, enviando o fluido da zona de alta pressão (descarga) para a de baixa pressão (sucção).

JUSTIFICATIVA DA ALTERNATIVA CORRETA: (LETRA D)

É correto afirmar que:

- nas bombas alternativas, a vazão da descarga do líquido varia com o tempo. Assim, a vazão não é contínua.
- dentre algumas vantagens das bombas de deslocamento positivo estão: eficientes com líquidos de alta viscosidade, incluindo graxas, melados, tintas; empregadas no uso em altas pressões. Não possuem simplicidade do modelo, manutenção barata.
- as bombas dividem-se em 2 grandes grupos de acordo a forma como a energia é fornecida ao fluido: bombas cinéticas e bombas de deslocamento positivo. As bombas alternativas são uma classificação de bombas do tipo deslocamento positivo.

- muitos fabricantes fornecem bombas que incorporam válvulas de alívio internas (*by-pass*). Quando uma válvula de alívio interna se aproxima do valor máximo de pressão permitido, esta se abre e o fluido é dirigido internamente para a zona de sucção da bomba. Operações desse tipo proporcionam proteção contra a sobre-pressurização do sistema e limita a possibilidade de destruição da bomba e de componentes do sistema.

Fonte: FOUST, A. S.; CLUMP, C. W.; WENZEL, L. A. Princípios das Operações Unitárias. 2ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 1982.

50) Uma empresa concentra 1.000 kg/h de um determinado produto de concentração inicial a 7,08% para uma concentração final de 58%. A quantidade por hora (kg/h) de concentrado ao final do processo e a quantidade por hora (kg/h) de H₂O retirada do produto são, respectivamente, de

- a) 122 kg/h e 878 kg/h.
- b) 509 kg/h e 490 kg/h.
- c) 580 kg/h e 420 kg/h.
- d) 880 kg/h e 120 kg/h.

JUSTIFICATIVA DA ALTERNATIVA CORRETA: (LETRA A)

Pode-se resolver o problema fazendo cálculos em balanços de massa e sólidos:

- Balanço global:

$$1000 \text{ kg/h (alimentação)} = C \text{ kg/h (concentrado)} + H \text{ kg/h (água)}$$

$$1000 = C + H$$

- Balanço de sólidos:

$$1000(\text{kg/h}) * 0,0708 = C * 0,58 \rightarrow C = 122,07 \text{ kg/h}$$

Logo:

$$1000 = C + H \rightarrow 1000 = 122,07 + H \rightarrow H = 877,93 \text{ kg/h}$$

Fonte: FOUST, A. S.; CLUMP, C. W.; WENZEL, L. A. Princípios das Operações Unitárias. 2ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 1982.

51) No escoamento laminar sobre uma placa plana, sabe-se que o coeficiente de transferência de calor h_x varia com $x^{-1/3}$, onde x é medido em relação a um referencial posicionado na aresta frontal ($x = 0$) da placa. A razão entre o coeficiente médio até um determinado ponto x na placa e o coeficiente local nesse ponto é igual a

- a) 0,67.
- b) 1,00.
- c) 1,50.
- d) 1,67.

JUSTIFICATIVA DA ALTERNATIVA CORRETA: (LETRA C)

No caso de um escoamento sobre uma chapa plana, h varia com a distância x da borda frontal de acordo com a equação:

$$\bar{h}_x = \frac{1}{x} \int_0^x h_x dx \quad \text{logo, } \frac{C}{x} \int_0^x x^{-1/3} dx \Rightarrow \frac{C}{x} \frac{3}{2} x^{2/3}$$

$$\bar{h}_x = \frac{3}{2} C x^{-1/3} \Rightarrow$$

$$\bar{h}_x = \frac{3}{2} h_x$$

$$\text{Logo: } \frac{\bar{h}_x}{h_x} = \frac{3}{2} = 1,5$$

Fonte: BIRD, R. B.; STEWART, W. E.; LIGHTFOOT, E. N. Fenômenos de Transporte. 2nd edition. Rio de Janeiro: LTC, 2004.

52) Em um dado dia de verão, a temperatura do ar é de 27°C e sua umidade relativa é de 37%. A água evapora da superfície de um lago a uma taxa de 0,14 quilograma por hora por metro quadrado de área superficial (kg/h.m²). A temperatura da água também é de 27°C. Determine o valor do coeficiente de transferência de massa por convecção. (Considere: P_{sat}(300K) = 0,03531 bar; R = 8,314 x 10⁻² m³.bar/kmol.K; M = 18 kg/kmol; equilíbrio vapor-líquido na superfície da água; condições isotérmicas; vapor d'água se comporta como gás perfeito; ar em condições-padrão de pressão atmosférica.) Assinale a alternativa que apresenta o valor do coeficiente de transferência de massa por convecção.

- a) 8,87 m/s.
- b) 15,14 m/s.
- c) 2,41 x 10⁻³ m/s.
- d) 4,20 x 10⁻³ m/s.

JUSTIFICATIVA DA ALTERNATIVA CORRETA: (LETRA C)

O coeficiente de transferência de massa por convecção pode ser encontrado por: $\bar{h}_m = \frac{n''_A}{\rho_{A,sat}(1-\phi)}$,

$$\text{onde: } \rho_{A,sat} = \frac{P_{A,sat}M_A}{RT} = \frac{0,03531\text{bar} \times 18\text{kg/mol}}{8,314 \times 10^{-2}\text{m}^3 \text{ bar/kmol} \cdot \text{K}(300\text{K})} = 0,025 \text{ kg/m}^3.$$

$$\text{Assim: } \bar{h}_m = \frac{0,14(\text{kg/m}^2 \cdot \text{h}) \times 1/3600(\text{s/h})}{0,025(\text{kg/m}^3) \times (1-0,37)} = 2,41 \times 10^{-3} \text{ m/s}$$

Fonte: BIRD, R. B.; STEWART, W. E.; LIGHTFOOT, E. N. Fenômenos de Transporte. 2nd edition. Rio de Janeiro: LTC, 2004.

53) Testes experimentais efetuados em parte de uma lâmina de turbina de 54 mm indicam um fluxo térmico na lâmina de $q'' = 83 \text{ kW/m}^2$. Para manter uma temperatura superficial em regime estacionário de 853°C, o calor transferido para a lâmina é removido por uma substância refrigerante que circula no interior da lâmina. Determine o fluxo térmico na superfície da lâmina, caso a sua temperatura superficial fosse reduzida para 710°C através do aumento da vazão do refrigerante. (Considere: T_{∞(ar)} = 1000°C; V_{ar} = 165 m/s; condições de regime permanente e propriedades do ar constantes.) O valor do fluxo térmico na superfície da lâmina será de

- a) 24,5 kW/m².
- b) 42,1 kW/m².
- c) 84,0 kW/m².
- d) 163,7 kW/m².

JUSTIFICATIVA DA ALTERNATIVA CORRETA: (LETRA D)

O fluxo térmico pode ser encontrado: para a geometria dada, o número de *Nusselt* é uma função universal de x*, Re_L e Pr. Logo, como não há mudança de x*, Re_L e Pr com a alteração em T e com as propriedades constantes, o número de *Nusselt* não varia.

$$\frac{h_1 L_1}{k_1} = \frac{h_2 L_2}{k_2} \Rightarrow h_1 = h_2$$

E o fluxo de calor pode ser então obtido pela Lei do Resfriamento de *Newton*

$$q''_1 = h_1(T_\infty - T_{s1})$$

$$\frac{q''_1}{(T_\infty - T_{s1})} = \frac{q''_2}{(T_\infty - T_{s2})}$$

$$\frac{83000}{1000 - 853} = \frac{q''_2}{1000 - 710} \Rightarrow q''_2 = 163,7 \text{ kW/m}^2$$

Fonte: PERRY, R. H.; GREEN, W. D. Perry's Chemical Engineers' Handbook. 8th edition. New York: McGraw-Hill, 2007.

54) Os processos biotecnológicos ou bioquímicos podem ser definidos como técnicas comerciais que usam organismos vivos, ou substâncias destes organismos, para produzir ou modificar um produto. Sobre os processos biotecnológicos ou bioquímicos, é **incorreto** afirmar que

- a) os estudos das velocidades de uma reação e de como elas variam em resposta às mudanças dos parâmetros experimentais é conhecido como cinética.
- b) **simulação é um processo de experimentação com o modelo representativo de um sistema ideal para determinar como o sistema responderá a tais condições ideais.**
- c) a finalidade dos modelos empíricos é apenas prever o comportamento de um sistema com base nos dados experimentais, não refletindo o completo entendimento do sistema.
- d) um modelo pode ser definido como uma representação simplificada de certos aspectos de um sistema real, obtida por meio de observações e da identificação de elementos-chave de um processo.

JUSTIFICATIVA DA ALTERNATIVA CORRETA: (LETRA B)

A simulação é um processo de experimentação com um modelo representativo de um sistema real, para determinar como o sistema responderá às mudanças em sua estrutura, em seu ambiente ou condições de contorno.

Fonte: FOGLER, S. C. Elementos de Engenharia das Reações Químicas. 3ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

55) Em solução, um ácido orgânico (HA) se dissocia e a relação entre a concentração de moléculas não dissociadas e a concentração total é função do pH da solução e da constante de dissociação do ácido, pK. Com base no exposto, assinale a alternativa que apresenta a relação obtida.

a) $A_{\text{total}} = \frac{1}{1 + 10^{(-pK)}}$

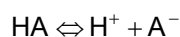
b) $\text{pH} = \frac{1}{1 + 10^{(-pK)}}$

c) $\text{HA} = \frac{1}{1 + 10^{(\text{pH}-\text{pK})}}$

d) $\frac{(\text{HA})}{A_{\text{total}}} = \frac{1}{1 + 10^{(\text{pH}-\text{pK})}}$

JUSTIFICATIVA DA ALTERNATIVA CORRETA: (LETRA D)

A reação de dissociação do ácido HA pode ser assim descrita:



No equilíbrio:

$$k_1(\text{HA}) = k_2(\text{H}^+)(\text{A}^-)$$

Então:

$$\frac{(\text{H}^+)(\text{A}^-)}{(\text{HA})} = \frac{k_1}{k_2} = K_{\text{eq}}$$

Aplicando log em ambos os lados da equação anterior, tem-se que:

$$\log(K_{\text{eq}}) = \log(\text{H}^+) + \log\left(\frac{\text{A}^-}{\text{HA}}\right)$$

Lembrando que $\log(K_{\text{eq}}) = -\text{pK}$ e $\log(\text{H}^+) = \text{pH}$, a equação anterior pode ser escrita como:

$$-\text{pK} = -\text{pH} + \log\left[\frac{\text{A}^-}{\text{HA}}\right]$$

$$\text{pH} - \text{pK} = \log\left[\frac{\text{A}^-}{\text{HA}}\right]$$

$$10^{(\text{pH}-\text{pK})} = \frac{\text{A}^-}{\text{HA}}$$

Como a quantidade total de A é a soma de (A^-) e do ácido não dissociado (HA) :

$$(A_{\text{total}}) = (\text{A}^-) + (\text{HA})$$

$$(\text{A}^-) = (A_{\text{total}}) - (\text{HA})$$

Gabarito Comentado – EAOEAR 2014 – Engenharia Química – Versão A

Tem-se que:

$$10^{(\text{pH}-\text{pK})} = \frac{[(A_{\text{total}}) - (\text{HA})]}{(\text{HA})}$$

$$(A_{\text{total}}) - (\text{HA}) = 10^{(\text{pH}-\text{pK})} + 1$$

$$\frac{(\text{HA})}{A_{\text{total}}} = \frac{1}{1 + 10^{(\text{pH}-\text{pK})}}$$

Fonte: FOGLER, S. C. Elementos de Engenharia das Reações Químicas. 3ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

56) O tempo de meia-vida de uma reação de primeira ordem é de 300 segundos em pH 6,0 e temperatura de 30°C. A fração residual do reagente após 30 minutos de reação será de (Considere: $\ln(2) = 0,6931$.)

- a) 0,23%.
- b) 1,56%.**
- c) 17,53%.
- d) 60,16%.

JUSTIFICATIVA DA ALTERNATIVA CORRETA: (LETRA B)

Para uma reação de primeira ordem, a equação da taxa é: $-\frac{dA}{dt} = k(A)$

Integrando a equação anterior, tem-se que: $\int_{A_0}^A \frac{dA}{A} = -k \int_0^t dt$
 $\ln(A) = \ln(A_0) - kt$

A partir da equação anterior, obtém-se a equação para o tempo de meia-vida de uma reação de primeira ordem, ou seja, quando $A = A_0/2$: $t_{1/2} = \frac{\ln(2)}{k}$

Substituindo $t_{1/2} = 300$ segundos, calculasse o valor de k :

$$300 = 0,6931/k \rightarrow 0,0023 \text{ seg}^{-1}$$

Assim, é possível calcular a razão $(A)/(A_0)$, isto é, a fração residual do reagente após 30 minutos (1800 segundos) de reação:

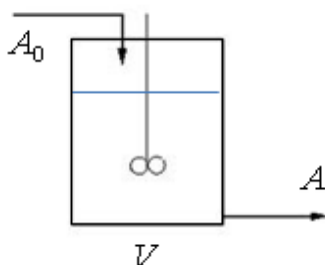
$$\ln[(A_0)/(A)] = kt = 0,0023(1800) = 4,16$$

$$(A_0)/(A) = e^{4,16} = 64$$

$$(A_0)/(A) = 1/64 = 0,0156 \Rightarrow 1,56\%$$

Fonte: FOGLER, S. C. Elementos de Engenharia das Reações Químicas. 3ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

57) Reatores do tipo CSTR (Reator Contínuo de Tanque Agitado) são muito usados em processos industriais. Nesse reator, a alimentação entra de maneira contínua e, ao mesmo tempo, um volume igual de conteúdo é descarregado para manter o volume constante em seu interior. Um esquema do sistema de reator do tipo CSTR é representado abaixo.



Supõe-se que uma determinada reação de degradação do reagente A, em um reator do tipo CSTR, apresente o seguinte modelo: $-r_A = \frac{dA}{dt} = \frac{0,6(A)}{0,4 + (A) + 6,2(A)^2}$.

Pretende-se reduzir a concentração de A de 2 M para 0,5 M, sendo o fluxo de entrada no reator de 10 L/h (litros/hora). O volume do reator, em litros, considerando as condições de regime permanente, será de

- a) 0,5.
- b) 10,0.
- c) 120,0.
- d) 302,6.**

JUSTIFICATIVA DA ALTERNATIVA CORRETA: (LETRA D)

O volume em um reator CSTR pode ser calculado por balanço de massa em relação ao reagente A, considerando o regime permanente:

$$F(A_0) - F(A) + V r_A = 0$$

$$\frac{F}{V} [(A_0) - (A)] = (-r_A)$$

Rearranjando a equação, é possível calcular o volume:

$$V = \frac{F[(A_0) - (A)]}{(-r_A)}$$

$$V = \frac{10(2 - 0,05)}{\left[\frac{0,6(0,05)}{0,4 + 0,05 + 6,2(0,05)^2} \right]} = 302,57L$$

Fonte: FOGLER, S. C. Elementos de Engenharia das Reações Químicas. 3ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

58) Analise a tabela abaixo referente aos parâmetros termodinâmicos relativos a um determinado processo de mistura.

$\Delta_{\text{mist}}G^\circ/\text{kJ mol}^{-1}$	$T\Delta_{\text{mist}}S^\circ/\text{kJ mol}^{-1}$	$\Delta_{\text{mist}}S^\circ/\text{kJ mol}^{-1}\text{K}$	$\Delta_{\text{mist}}H^\circ/\text{kJ mol}^{-1}$
- 2,6	- 10,1	- 41,9	- 12,7
- 2,3	- 12,1	- 47,7	- 14,4
- 1,9	- 12,5	- 47,8	- 14,5
- 1,7	- 12,7	- 47,8	- 14,6
- 1,4	- 12,8	- 47,2	- 14,3
- 1,4	- 12,4	- 45,8	- 13,9

(Considere: $\Delta_{\text{mist}}G^\circ$ = variação de energia livre de Gibbs; $\Delta_{\text{mist}}S^\circ$ = variação de entropia; $\Delta_{\text{mist}}H^\circ$ = variação de entalpia.)

Acerca do processo de mistura, é correto afirmar que é

- a) espontâneo, entalpicamente favorecido e entalpicamente dirigido.
- b) espontâneo, entalpicamente favorecido e entropicamente dirigido.
- c) não espontâneo, entalpicamente favorecido e entalpicamente dirigido.
- d) espontâneo, entropicamente e entalpicamente favorecidos e entropicamente dirigido.

JUSTIFICATIVA DA ALTERNATIVA CORRETA: (LETRA A)

O processo de mistura é espontâneo, pois o valor de ΔG é negativo para todas as condições.

O processo é entalpicamente favorecido, pois pela equação geral:

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

A entalpia favorece para que o ΔG seja negativo, enquanto que a entropia não favorece.

O processo é entalpicamente dirigido, pois pela equação geral:

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

A entalpia dirigiu o processo, ou seja, a energia entálpica de mistura coordenou o processo para ser espontâneo.

Fonte: SMITH, J. M.; VAN NESS, H. C. Introdução à Termodinâmica da Engenharia Química. 7ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

59) Os reatores são recipientes no interior do qual ocorrem transformações químicas ou bioquímicas, podendo, também, serem chamados de biorreatores quando as transformações são causadas pela ação de células vivas ou por componentes celulares *in vivo* (enzimas). Sobre os reatores, é **incorreto** afirmar que

- a) no reator operando em batelada, a reação acontece em um espaço fechado sem fluxos de alimentação e de descarga durante o processo.
- b) tempo de residência é o tempo médio de permanência da mistura de reação do reator, ou seja, é o tempo para que (A_0) se transforme em (A) .
- c) um tipo de reator catalítico é o leito fluidizado, que é análogo ao CSTR (Reator Contínuo de Tanque Agitado) em relação à mistura perfeita, resultando na distribuição de temperatura relativamente uniforme ao longo do leito.
- d) uma vantagem dos reatores do tipo batelada, quando utilizados em indústria, incluem os baixos custos envolvidos na carga, descarga e limpeza, uma vez que não atuam de maneira contínua.

JUSTIFICATIVA DA ALTERNATIVA CORRETA: (LETRA D)

Os reatores do tipo batelada, quando utilizados em indústria, incluem os altos custos envolvidos na carga, descarga e limpeza. Durante o tempo gastos para essas atividades ou quando o conteúdo do reator está sendo aquecido até a temperatura de reação ou resfriado até a temperatura adequada para a descarga, o reator não está produzindo. A soma dos períodos não-produtivos pode ser frequentemente comparável ao tempo total necessário para que a reação ocorra.

Fonte: FOGLER, S. C. Elementos de Engenharia das Reações Químicas. 3ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

60) Quando utiliza-se fluido térmico em uma indústria, no caso o vapor d'água, a preocupação com a temperatura de chegada deste vapor se faz necessária, a fim de garantir uma operação satisfatória e econômica para a indústria como um todo. Neste contexto, se encaixa o isolamento térmico de tubulação e equipamentos. Sobre o isolamento térmico, assinale a afirmativa **incorreta**.

- a) O material de fixação é o material usado para proteger e dar bom aspecto ao isolante.
- b) As fibras de vidro apresentam um inconveniente muito grande à segurança industrial, pois trata-se de material inflamável, comparativamente ao silicato, que é material inorgânico e incombustível.
- c) Não só a temperatura, mas outros parâmetros e razões estão ligados ao uso de isolamento térmico, tais como: proteção pessoal, redução da formação de condensado em linhas e equipamentos, redução de ruído e vibração.
- d) Os materiais utilizados em isolamento térmico são: fibras de lã mineral (mantas), sílicas de cálcio em tijolos (paredes) ou calhas (tubulações), espuma rígida de polímeros orgânicos, fibras e tijolos cerâmicos para altas temperaturas e fibras de vidro.

JUSTIFICATIVA DA ALTERNATIVA CORRETA: (LETRA A)

O material de fixação é o material utilizado para manter o isolante e o revestimento em suas posições convenientes. É incorreto afirmar que o material de fixação é o material usado para proteger e dar bom aspecto ao isolante, pois essas características são dos materiais de revestimento e não de fixação.

Fonte: FELDER, R. M.; ROSSEAU, R. W. Elementary Principles of Chemical Processes. 3rd edition. John Wiley & Sons, 2005.