



**MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR**  
INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL - INMETRO

CONCURSO PÚBLICO | NÍVEL SUPERIOR

## Prova Objetiva de Conhecimentos Específicos

Leia com atenção as instruções abaixo.

- 1 Confira atentamente o seu caderno de provas objetivas, que é constituído de duas provas, da seguinte forma:  
**Conhecimentos Básicos**, com **30** questões, ordenadas de **1 a 30**.  
**Conhecimentos Específicos**, com **40** questões, ordenadas de **31 a 70**.
- 2 Quando autorizado pelo chefe de sala, no momento da identificação, escreva, no espaço apropriado da **folha de respostas**, com a sua caligrafia usual, a seguinte frase:

O descumprimento dessa instrução implicará a anulação das suas provas e a sua eliminação do concurso.

- 3 Confira atentamente os seus dados pessoais e os dados identificadores de seu cargo/área, transcritos acima, com o que está registrado em sua **folha de respostas**. Confira também o seu nome, o nome e o número de seu cargo/área no rodapé de cada página numerada do seu caderno de provas. Caso o caderno esteja incompleto, tenha qualquer defeito, ou apresente divergência quanto aos seus dados pessoais ou aos dados identificadores de seu cargo/área, solicite ao fiscal de sala mais próximo que tome as providências cabíveis, pois não serão aceitas reclamações posteriores nesse sentido.
- 4 Não se comunique com outros candidatos nem se levante sem autorização de fiscal de sala.
- 5 Na duração das provas, está incluído o tempo destinado à identificação — que será feita no decorrer das provas — e ao preenchimento da folha de respostas.
- 6 Ao terminar as provas, chame o fiscal de sala mais próximo, devolva-lhe a sua folha de respostas e deixe o local de provas.
- 7 A desobediência a qualquer uma das determinações constantes em edital, no caderno de provas ou na folha de respostas poderá implicar a anulação das suas provas.

### OBSERVAÇÕES

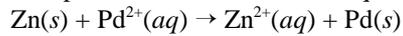
- Não serão conhecidos recursos em desacordo com o estabelecido em edital.
- Informações adicionais: telefone 0(XX) 61 3448-0100; Internet – [www.cespe.unb.br](http://www.cespe.unb.br).
- É permitida a reprodução deste material apenas para fins didáticos, desde que citada a fonte.

Nas questões de 31 a 70, marque, para cada uma, a única opção correta, de acordo com o respectivo comando. Para as devidas marcações, use a **folha de respostas**, único documento válido para a correção das suas provas.

## CONHECIMENTOS ESPECÍFICOS

### QUESTÃO 31

Suponha que a reação oxidação-redução espontânea mostrada abaixo represente um processo de corrosão eletroquímica.

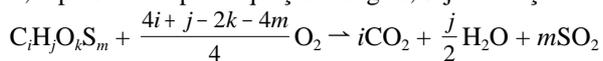


Nessa situação, considerando que os potenciais de redução padrão do zinco e do paládio sejam, respectivamente, iguais a  $-0,76$  volts e  $0,95$  volts, assinale a opção correta.

- A O zinco metálico sofre redução, representada pela seguinte reação:  
 $\text{Zn}(s) \rightarrow \text{Zn}^{2+}(aq) + 2e^-$ .
- B O paládio metálico é formado em função da seguinte reação de oxidação:  $\text{Pd}^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow \text{Pd}(s)$ .
- C A diferença de potencial padrão no processo de corrosão eletroquímica equivale a  $0,19$  volts.
- D O ânodo corresponde ao eletrodo de zinco, e o cátodo, ao eletrodo de paládio.
- E Os elétrons fluem do eletrodo de paládio para o eletrodo de zinco.

### QUESTÃO 32

Em equipamentos de combustão industrial, é comum a utilização de oxigênio em excesso para garantir que a combustão completa, representada pela equação a seguir, seja alcançada.



Considerando essas informações, suponha que um processo de combustão industrial queime 100 mols de uma mistura de metano (massa molecular do metano =  $16$  g/mol) e propeno (massa molecular do propeno =  $42$  g/mol), cuja fração mássica de propeno é  $0,84$ , utilizando um excesso de oxigênio de  $20\%$  em base molar. Nessa situação, a quantidade de mols de oxigênio necessária para realizar essa combustão é igual a

- A 720.
- B 360.
- C 300.
- D 180.
- E 150.

### QUESTÃO 33

Considere que determinada substância química sofra decomposição térmica conforme o seguinte mecanismo cinético:  $x \rightleftharpoons 2y$ . Suponha, ainda, que a concentração inicial do componente  $x$  na corrente de alimentação, a  $2$  bar e  $80$  °C, seja equivalente a  $0,05$  mol/L e que a constante de equilíbrio da reação, a  $80$  °C, seja igual a  $0,4$  mol/L. Nessa situação, considerando que não há variações de volume, a conversão de equilíbrio será dada por

- A  $(2\sqrt{2} - 1)/2$ .
- B  $\sqrt{3} - 1$ .
- C  $(2\sqrt{3} - 1)/4$ .
- D  $(\sqrt{3} - 1)/2$ .
- E  $(\sqrt{3} - 1)/3$ .

### RASCUNHO

**QUESTÃO 34**

Um sistema de reação utiliza três reatores contínuos de mistura perfeita em série para maximizar a conversão de uma espécie do sistema. Os reatores em série têm o mesmo volume reacional, que é de 20 m<sup>3</sup>. Os reatores são operados na mesma condição de temperatura ( $k_{70\text{ }^\circ\text{C}} = 0,5 \text{ h}^{-1}$  é a constante cinética de reação), com vazão volumétrica constante e igual a 10 m<sup>3</sup>/h, seguindo uma cinética de primeira ordem. Nessa situação, assinale a opção correspondente à conversão no último reator.

- A 15/16
- B 8/9
- C 7/8
- D 3/4
- E 1/2

**QUESTÃO 35**

Com o objetivo de descrever o comportamento de um gás em condições de não idealidade, Van der Waals propôs a equação

$$p = \frac{R.T}{\bar{V} - b} - \frac{a}{\bar{V}^2}, \text{ em que } p \text{ é a pressão; } R \text{ é a constante}$$

universal dos gases;  $T$  é a temperatura, em graus Kelvin;  $\bar{V}$  é o volume molar; e  $a$  e  $b$  são os coeficientes de Van der Waals.

Com relação à equação de Van der Waals, assinale a opção correta.

- A O coeficiente  $b$  pode assumir valores positivos ou negativos.
- B O volume obtido a partir da equação é sempre inferior àquele previsto pela equação dos gases ideais.
- C O volume obtido a partir da equação é sempre superior àquele previsto pela equação dos gases ideais.
- D A equação é aplicável mesmo em situações em que o comportamento do gás aproxima-se do ideal.
- E O coeficiente  $a$  está relacionado ao tamanho finito das partículas de um gás e é aproximadamente igual ao volume do gás condensado.

**QUESTÃO 36**

Considere que a capacidade calorífica molar à pressão constante ( $\bar{C}_p$ ) do gás N<sub>2</sub>, no intervalo entre 298 K e 1.000 K, seja dada pela expressão  $\bar{C}_p = R \cdot (a + bT)$ , em que  $a$  e  $b$  são, respectivamente, iguais a 3,2 e  $7,1 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$ ,  $R$  é a constante universal dos gases ( $8,3 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ) e  $T$  é a temperatura, Kelvin.

Com base nessas informações, considerando-se um comportamento ideal para o gás N<sub>2</sub>, assinale a opção correta.

- A O valor de  $\bar{C}_p$  para o gás a 500 K, é superior a  $33 \text{ J} \times \text{mol}^{-1} \times \text{K}^{-1}$ .
- B O calor necessário para aquecer o gás de 300 K a 500 K, a pressão constante, é superior a  $5,0 \text{ k} \times \text{J} \times \text{mol}^{-1}$ .
- C O calor necessário para aquecer o gás de 300 K a 500 K, a volume constante, é superior a  $5,0 \text{ k} \times \text{J} \times \text{mol}^{-1}$ .
- D Durante o aquecimento do gás de 300 K a 500 K, a volume constante, é realizado um trabalho superior a  $1,0 \text{ k} \times \text{J} \times \text{mol}^{-1}$ .
- E Durante o aquecimento do gás de 300 K a 500 K, a pressão constante, é realizado um trabalho superior a  $2,0 \text{ k} \times \text{J} \times \text{mol}^{-1}$ .

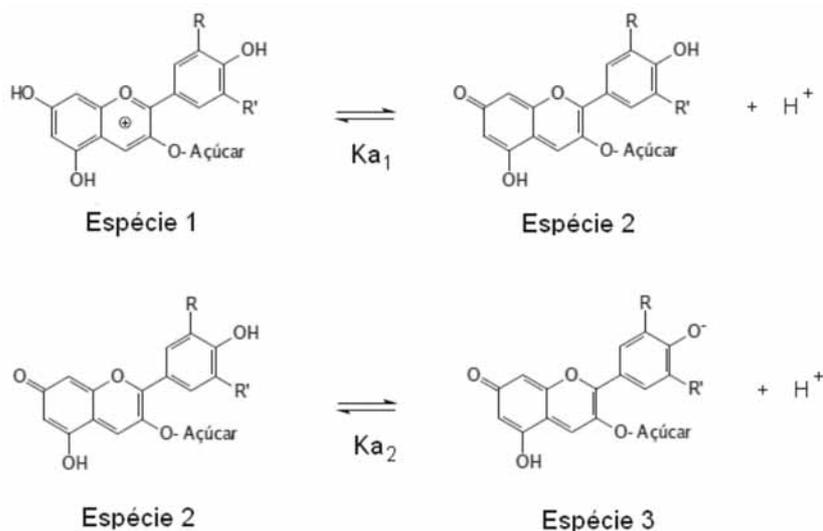
**QUESTÃO 37**

A primeira lei da termodinâmica se ocupa das transformações de energia envolvidas nos fenômenos físicos e químicos. Por sua vez, a segunda lei trata da questão da espontaneidade desses fenômenos e, de acordo com essa lei, a entropia do universo sempre aumenta. A partir da interpretação da segunda lei da termodinâmica, é possível inferir que, durante uma transformação que se passa em determinado sistema,

- A a entropia do sistema sempre aumenta.
- B a entropia das vizinhanças do sistema não é alterada.
- C a entropia das vizinhanças do sistema sempre aumenta.
- D é possível que a entropia do sistema diminua, desde que haja suficiente transferência de energia das vizinhanças para o sistema.
- E é possível que a entropia do sistema diminua, desde que haja suficiente transferência de energia do sistema para as vizinhanças.

**RASCUNHO**

## QUESTÃO 38



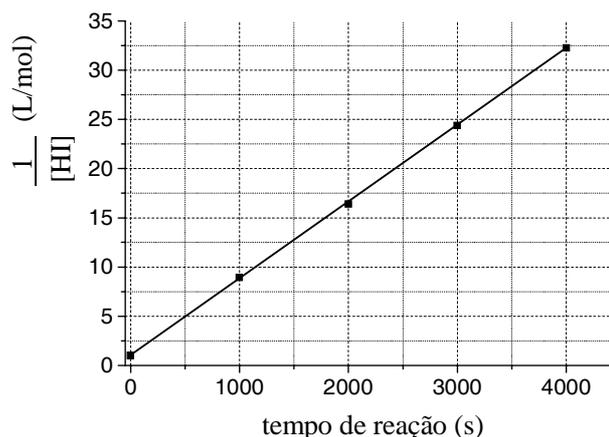
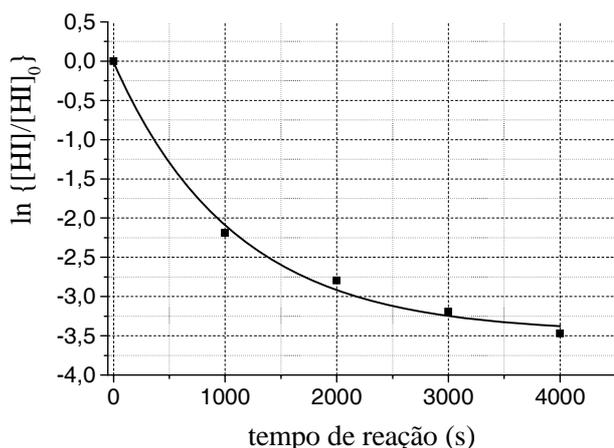
Um dos exemplos mais interessantes da presença dos mecanismos de equilíbrio químico no dia a dia é a coloração de frutas, flores, folhas e hortaliças. Elas são conferidas por pigmentos que, de acordo com a acidez do meio, podem alterar sua forma e, em alguns casos, sua cor. A figura acima representa equilíbrios estabelecidos por compostos da classe das antocianinas, que possuem espectro de cor que vai do vermelho ao azul.  $K_{a1}$  e  $K_{a2}$  são as constantes de equilíbrio das reações e são iguais a  $1,0 \times 10^{-4}$  e  $1,0 \times 10^{-8}$ , respectivamente.

Acerca dos equilíbrios em apreço, assinale a opção correta.

- A espécie 3 só é encontrada em concentrações de  $\text{H}^+$  inferiores a  $1,0 \times 10^{-8}$ .  
 B A espécie 3 só é encontrada em concentrações de  $\text{H}^+$  superiores a  $1,0 \times 10^{-4}$ .  
 C A espécie 1 será mais abundante que a espécie 2 quando a concentração de  $\text{H}^+$  for inferior a  $1,0 \times 10^{-4}$ .  
 D As concentrações das espécies 1 e 2 serão iguais quando a concentração de  $\text{H}^+$  for igual a  $1,0 \times 10^{-4}$ .  
 E Quando a concentração de  $\text{H}^+$  for igual a  $1,0 \times 10^{-5}$ , a concentração da espécie 1 é dez vezes maior que a concentração da espécie 2.

## QUESTÃO 39

A partir de um estudo cinético acerca da reação  $\text{HI}(\text{g}) \rightarrow \frac{1}{2} \text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2} \text{I}_2(\text{g})$ , foram construídos os seguintes gráficos, nos quais  $[\text{HI}]$  e  $[\text{HI}]_0$  são, respectivamente, as concentrações de HI em um instante  $t$  qualquer e no instante inicial ( $t = 0$ ).



Nessa situação, é correto afirmar que a reação é de

- A primeira ordem e possui constante de velocidade inferior a  $1,0 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$ .  
 B primeira ordem e possui constante de velocidade superior a  $1,0 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$ .  
 C segunda ordem e possui constante de velocidade superior a  $1,0 \times 10^{-2} \text{ L} \times \text{mol}^{-1} \times \text{s}^{-1}$ .  
 D segunda ordem e possui constante de velocidade inferior a  $1,0 \times 10^{-4} \text{ L} \times \text{mol}^{-1} \times \text{s}^{-1}$ .  
 E segunda ordem e possui constante de velocidade situada no intervalo entre  $1,0 \times 10^{-4} \text{ L} \times \text{mol}^{-1} \times \text{s}^{-1}$  e  $1,0 \times 10^{-2} \text{ L} \times \text{mol}^{-1} \times \text{s}^{-1}$ .

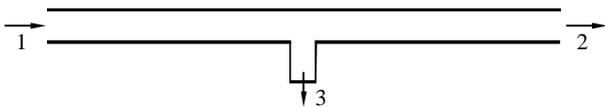
RASCUNHO

## QUESTÃO 40

O método de McCabe-Thiele é bastante utilizado para avaliação do comportamento de misturas binárias em colunas de destilação. Em relação ao método de McCabe-Thiele, assinale a opção correta.

- A Admite a operação com fluxos variáveis das correntes de líquido e vapor nas seções da coluna.
- B Admite volatilidade relativa entre os componentes e se mantém constante ao longo da coluna de destilação.
- C A razão de refluxo é determinante para o número de pratos. Nesse sentido, quanto maior for o seu valor, maior será o número de pratos necessários para promover a separação.
- D O método admite variação das entalpias de vaporização dos componentes da mistura.
- E A volatilidade relativa também é determinante para o projeto da coluna. Nesse sentido, quando maior for o valor de volatilidade relativa, maior será o número de pratos da coluna.

## QUESTÃO 41



Considere o escoamento em estado estacionário de um fluido com densidade igual a  $2 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$  através de uma tubulação. Admitindo que as vazões mássicas nos pontos 2 e 3 (da figura acima) equivalem a 3 kg/s e 2 kg/s, respectivamente, então a vazão volumétrica no ponto 1 será igual a

- A 9,0 m<sup>3</sup>/h.
- B 7,0 m<sup>3</sup>/h.
- C 4,5 m<sup>3</sup>/h.
- D 3,6 m<sup>3</sup>/h.
- E 1,8 m<sup>3</sup>/h.

## QUESTÃO 42

Considere um fluido passando por uma válvula, cujo fator de perda de pressão por atrito (K) equivale a 5. Admitindo que a diferença de pressão na válvula seja de 3,5 bar, assinale a opção correspondente à velocidade de escoamento, considerando a densidade do fluido =  $\rho = 1,4 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$  e  $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ N/m}^2$ .

- A 20 m/s
- B 15 m/s
- C 10 m/s
- D 5 m/s
- E 3 m/s

**QUESTÃO 43**

Diferentes operações unitárias de transferência de massa podem ser usadas para a separação de misturas binárias e multicomponentes. Em relação às características desses processos, assinale a opção correta.

- A** A destilação extrativa é uma operação unitária caracterizada pela adição de um componente volátil na mistura com a finalidade de alterar o equilíbrio termodinâmico do sistema.
- B** As colunas em batelada são bastante versáteis, do ponto de vista de operação do processo, pois permitem que uma coluna possa ser utilizada para separar diversos tipos de misturas de componentes com características diferentes.
- C** Na destilação azeotrópica, um terceiro componente não volátil é adicionado à mistura com o intuito de alterar o equilíbrio termodinâmico do sistema.
- D** A extração líquido-líquido corresponde a uma operação unitária básica para a separação de um ou mais componentes inicialmente presentes em fases líquidas miscíveis.
- E** O processo de destilação do tipo *flash* é amplamente empregado na separação de misturas nas quais a faixa de destilação é estreita.

**QUESTÃO 44**

A destilação é uma das operações unitárias mais importantes das indústrias química, petroquímica e agroindustrial. Assinale a opção correta, no que se refere ao processo de destilação.

- A** O objetivo principal é a separação ou fracionamento, por meio da vaporização, de uma mistura contendo líquidos não voláteis imiscíveis em seus componentes principais ou de maior interesse.
- B** Os pratos em uma coluna de destilação são projetados com o intuito de favorecer o deslocamento das correntes no estado líquido do topo para o fundo da coluna, onde tem sua energia térmica removida.
- C** O projeto estrutural de uma coluna de destilação favorece a formação de fases líquida e gasosa, coexistentes em diferentes zonas (pratos) que diferem entre si pelo fato de apresentarem temperaturas, pressões e composições diferentes.
- D** A corrente de alimentação pode ser introduzida apenas em um ponto na coluna de destilação.
- E** O método de McCabe Thiele é um método rigoroso usado para avaliação de misturas binárias.

**QUESTÃO 45**

Assinale a opção correta, com referência a operações unitárias na indústria química.

- A** Os hidrociclones, embora sejam versáteis, apresentam elevado consumo de energia durante sua operação.
- B** Os decantadores favorecem a separação de fases líquidas completamente miscíveis, se os componentes apresentarem diferença de densidade suficiente para promover a sedimentação da fase mais pesada, na forma de gotas.
- C** A integração energética em evaporadores multiestágios permite uma economia substancial de energia, impactando no consumo de vapor da unidade de evaporação.
- D** Considerando o fato de operarem com correntes de gás e água, respectivamente, ciclones e hidrociclones não funcionam com base no mesmo princípio físico.
- E** Absorção é uma operação unitária relacionada à transferência de massa entre fases, usada para separar um ou mais componentes de uma mistura líquida por absorção em um gás adequado.

**QUESTÃO 46**

Plásticos, detergentes e fertilizantes nitrogenados são provenientes de produtos petroquímicos. Muitas indústrias importantes, como as de tintas, adesivos, aerossóis, inseticidas e farmacêuticas, usam um ou mais produtos petroquímicos. Com relação a esse assunto, assinale a opção correta.

- A** O eteno é um composto pouco ativo e, por isso, pouco estável reativamente. Por esse motivo, ele não é utilizado para a produção de compostos químicos intermediários, como o ácido acrílico; ele é utilizado apenas para a obtenção de produtos finais, como os polietilenos.
- B** Misturas líquidas de fertilizantes são obtidas principalmente a partir de matérias-primas como ácido fosfórico, amônia anidra, nitrato de amônio, uréia e sais de potássio. Devido a sua elevada acidez, não se utiliza o ácido nítrico como matéria-prima na produção de fertilizantes.
- C** O hidróxido de sódio é utilizado em diversos segmentos industriais, como fabricação de papel, de tecidos, detergentes, alimentos e biocombustíveis. O elevado caráter hidrofóbico é uma de suas características.
- D** Devido à importância econômica, as olefinas, como eteno, propeno e buteno, e os hidrocarbonetos aromáticos, como benzeno, tolueno e xileno, são fundamentais para a indústria petroquímica; eles são utilizados na síntese de inúmeros produtos petroquímicos de elevado interesse industrial, incluindo os detergentes, os fertilizantes e uma gama enorme de polímeros comerciais.
- E** O ácido sulfúrico é considerado um ácido forte que apresenta solubilidade aquosa reduzida e reage exotermicamente com a água.

**QUESTÃO 47**

Diversos materiais são empregados na indústria química. Neste cenário, metais e suas ligas, polímeros e cerâmicas são materiais de elevado interesse. Assinale a opção correta, no que se refere à estabilidade desses materiais.

- A** Materiais cerâmicos apresentam excelente resistência à chama, apresentando baixa inflamabilidade. Já os metais não sofrem combustão.
- B** Ligas de aços inoxidáveis, contendo em sua composição, cromo, níquel e(ou) molibdênio são altamente resistentes à corrosão e à ferrugem.
- C** Polímeros termoplásticos e(ou) termorrígidos são extremamente estáveis à temperatura; eles não sofrem degradação térmica.
- D** Materiais cerâmicos são resistentes ao processo de deterioração; eles permanecem estáveis mesmo em elevadas temperaturas ou em ambientes agressivos.
- E** Os materiais poliméricos reagem com solventes orgânicos, mas são inertes às soluções ácidas e básicas, que atuam decisivamente na deterioração de metais.

**QUESTÃO 48**

Os sistemas de instrumentação e de controle de processos são amplamente utilizados nos processos químicos com a finalidade de manter o processo o mais próximo possível das condições desejadas. A respeito da instrumentação e do controle de processos, assinale a opção correta.

- A** Os processos multicapacitivos podem ser originados pelo uso de diferentes equipamentos de controle no processo químico.
- B** A soma de dois sistemas de primeira ordem, estáveis, produzirão um sistema instável de segunda ordem.
- C** Instrumentos para medição da temperatura, da vazão, da pressão e do nível são os mais comuns em processos químicos porque as medidas de outras propriedades, sejam físicas ou químicas, são desnecessárias para a implementação de técnicas de controle de processos.
- D** Sistemas de controle em cascata utilizam mais de uma variável controlada para atuar sobre pelo menos duas variáveis manipuladas.
- E** Na estratégia de controle inferencial, a variável a ser manipulada não é medida diretamente, mas a partir de outras variáveis manipuladas do processo que são medidas com maior facilidade.

**QUESTÃO 49**

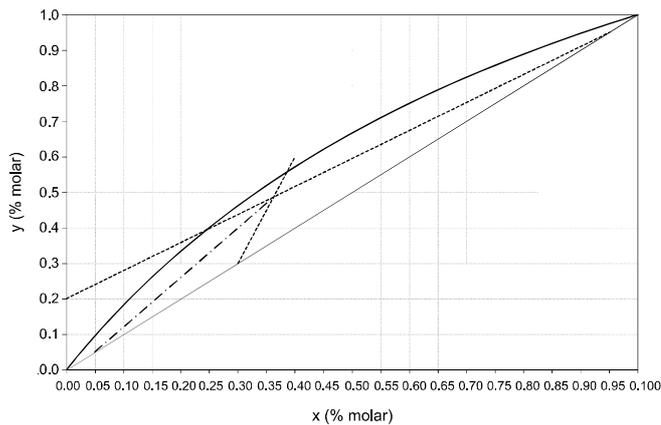
Controladores que executam ações de controle dos tipos proporcional (P), integral (I) e derivativa (D) são bastante usados para controle de processos químicos. A sintonia desses controladores, com ação proporcional (P), proporcional-integral (PI) ou proporcional-integral-derivativo (PID) é fundamental para que os processos químicos sejam conduzidos de forma satisfatória. Assinale a opção correta, acerca de controladores.

- A** Controladores PID são inapropriados para atuação em malhas lentas com tempo morto considerável.
- B** O controle proporcional fornece uma relação não-linear entre o valor de *setpoint* (valor desejado) e da variável de processo.
- C** A ação de controle do controlador P leva ao aparecimento de um *offset* (erro) em relação ao valor de *setpoint* (valor desejado). Quanto maior for o ganho do controlador ( $K_C$ ) menor será o *offset* e mais rápida será a resposta.
- D** Nos controladores PI, a ação integral elimina o *offset* (erro) permanente. Além disso, quanto menor for o valor da constante de tempo do controlador mais branda será a ação integral.
- E** A ação derivativa possui caráter antecipatório. Além disso, a ação derivativa em controladores PID são insensíveis a ruídos de medida, o que faz esse controlador bastante robusto.

**RASCUNHO**

## Texto para as questões 50 e 51

RASCUNHO



A figura acima corresponde ao diagrama de McCabe-Thiele de uma mistura binária processada em uma coluna de destilação. Os valores correspondem à composição, em porcentagem da quantidade de matéria do componente mais volátil na mistura líquida ( $x$ ) e na fase vapor ( $y$ ).

**QUESTÃO 50**

Considerando as informações do texto, assinale a opção correspondente às composições, em porcentagem de quantidade de matéria do componente mais volátil nas correntes de alimentação, de topo e de fundo da coluna de destilação, e a razão de refluxo no topo da coluna, respectivamente.

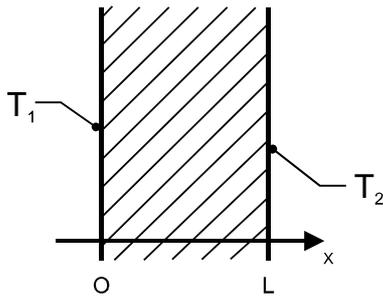
- A** 0,40; 0,95; 0,05 e 3,75
- B** 0,40; 0,05; 0,95 e 0,5
- C** 0,36; 0,05; 0,95 e 2,0
- D** 0,30; 0,95; 0,05 e 3,75
- E** 0,30; 0,95; 0,95 e 2,0

**QUESTÃO 51**

Admitindo que a mistura se comporte como uma solução ideal (Lei de Raoult), assinale a opção correspondente ao número de pratos ideais e a volatilidade relativa, respectivamente.

- A** 15 e 2,0
- B** 15 e 3,75
- C** 11 e 2,0
- D** 11 e 0,5
- E** 11 e 3,75

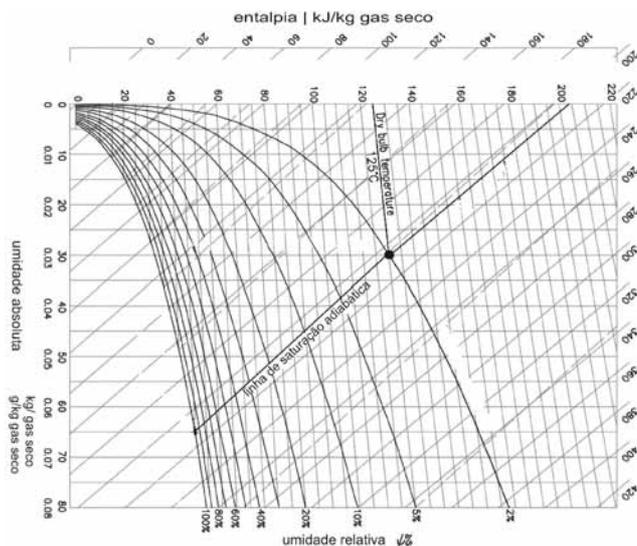
## QUESTÃO 52



Considere que certa quantidade de calor é conduzida através de uma placa metálica, representada na figura acima, cuja condutividade térmica é igual a  $30 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ . A temperatura da superfície quente ( $T_1$ ) é igual a  $125 \text{ }^\circ\text{C}$  e da superfície fria ( $T_2$ ),  $35 \text{ }^\circ\text{C}$ . Se a espessura da placa é igual a  $50 \text{ mm}$ , com área superficial igual a  $0,1 \text{ m}^2$ , então o fluxo de calor desse sistema é igual a

- A 54 kW.
- B 13,5 kW.
- C 5,4 kW.
- D 1,35 kW.
- E 0,135 kW.

## QUESTÃO 53



Uma corrente de processo, contendo uma mistura ar-gás-vapor de água, apresenta temperatura de bulbo seco igual a  $30 \text{ }^\circ\text{C}$  e umidade absoluta de  $15 \text{ kg}$  de água por quilograma de ar seco, à pressão atmosférica padrão ( $1 \text{ atm}$ ).

Considerando que a massa molecular média do ar =  $M_{\text{ar}} = 29 \text{ g/mol}$ ; massa molecular da água =  $M_{\text{água}} = 18 \text{ g/mol}$ , com base na figura e no texto acima, assinale a opção correspondente aos valores de umidade relativa percentual e umidade absoluta (kmol de água/kmol de ar seco), respectivamente.

- A 35% e 15
- B 28% e 35
- C 56% e 24
- D 18% e 24
- E 50% e 30

## QUESTÃO 54

As operações unitárias são largamente empregadas na condução de etapas físicas primárias de preparação de reagentes, na separação e purificação de produtos, no reaproveitamento de reagentes não convertidos e no controle de transferência de energia em equipamentos de separação e reatores químicos. No que concerne a operações unitárias, assinale a opção correta.

- A As operações unitárias que constituem os diferentes processos industriais estão baseadas essencialmente nos fenômenos de transferência de calor, massa e momento. Esses fenômenos ocorrem isoladamente na maioria dos processos químicos.
- B Operações unitárias de transferência de massa são caracterizadas pela difusão térmica de um ou mais componentes presentes em uma mistura. Os secadores em leito de mistura são um exemplo típico desse tipo de operação unitária.
- C A desidratação é usada para a remoção de água dos alimentos. Em sistemas como este, dispositivos de troca térmica são usados para transferir quantidade de movimento entre correntes de processo.
- D O transporte pneumático é uma operação unitária de transferência de calor, que se caracteriza pela utilização de ar ou gás inerte para escoamento ou movimentação de sólidos particulados.
- E A fluidização é uma operação unitária de transferência de quantidade de movimento, que se caracteriza por conferir a um leito de partículas inicialmente estagnadas, o comportamento de um fluido, por meio de sua suspensão em um gás ou líquido.

## RASCUNHO

## RASCUNHO

## QUESTÃO 55

Considere uma corrente de processo contendo um hidrocarboneto, cujo calor específico seja igual a 0,5 kJ/(kg.°C), inicialmente a 120 °C. A temperatura do hidrocarboneto, na saída do trocador, é igual a 50 °C, com vazão mássica de 1.500 kg/min. A corrente de água (calor específico da água = 1,0 kcal/(kg.°C)) entra no processo a 30 °C e sai a 45 °C. Nesse caso, a vazão de água necessária para o resfriamento dessa corrente é igual a

- A 7.000 kg/min.
- B 5.000 kg/min.
- C 3.500 kg/min.
- D 2.000 kg/min.
- E 1.500 kg/min.

## QUESTÃO 56

Nas reações com catalisadores heterogêneos, o transporte de reagentes, presentes no meio reacional, ocorre através de um filme estagnado na superfície externa do catalisador. Nesse sentido, assinale a opção correspondente ao fluxo molar de um componente A através do filme estagnado de outro componente B, com espessura igual a 2 μm, sabendo que: difusividade de A em B,  $D_{AB} = 2,5 \times 10^{-2} \text{ cm}^2/\text{s}$ ; concentração de A na superfície externa do catalisador =  $C_{as} = 3 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ ; concentração de A no seio do fluido =  $C_{abulk} = 2 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ .

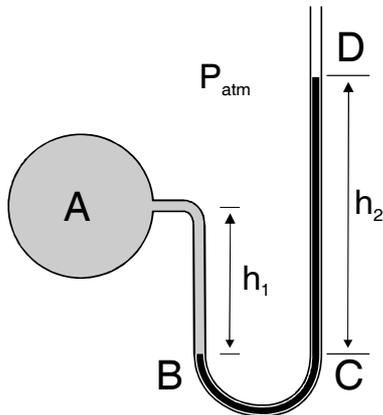
- A 25,21 mol/(m<sup>2</sup>.s)
- B 0,25 mol/(m<sup>2</sup>.s)
- C 21,25 mol/(m<sup>2</sup>.s)
- D 0,21 mol/(m<sup>2</sup>.s)
- E  $21,25 \times 10^{-6} \text{ mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$

## QUESTÃO 57

As equações que descrevem o mecanismo de difusão com reação química na partícula de catalisador esférico, quando escrita na forma adimensional, explicita a relação direta entre os mecanismos de transporte de calor e massa por meio de importantes números adimensionais. A respeito desse assunto, assinale a opção correta.

- A O número de Lewis, definido por  $Le = \frac{k}{\rho C_p D_{AB}}$ , representa a razão entre as difusividades térmica e mássica. Na expressão,  $k$  é a condutividade térmica,  $\rho$  é a densidade,  $C_p$  é o calor específico e  $D_{AB}$  é o coeficiente de difusão.
- B A expressão para o calor adimensional é  $\beta = \frac{\Delta H M_b D_{AB}}{T_b k}$ , em que  $\Delta H$  é o calor de reação,  $T_b$  é a temperatura de reação e  $M_b$  é a concentração de reagente no meio reacional, apresenta uma relação direta entre os transportes de massa e o momento.
- C O número de Biot de transferência de massa, definido por  $Bi_M = \frac{hR}{k}$ , correlaciona os mecanismos de transferência de massa por difusão e convecção. Na expressão,  $h$  representa o coeficiente de transferência de calor e  $R$ , o raio da partícula.
- D O número de Biot de transferência de calor, definido por  $Bi_E = \frac{k_M R}{D_{AB}}$ , correlaciona os mecanismos de transferência de calor por condução e convecção. O termo  $k_M$  é o coeficiente de transferência de massa.
- E A energia de ativação adimensional, definida por  $\gamma = \frac{E_A}{R_G T_b}$ , não é relevante para a compreensão da cinética de uma reação.

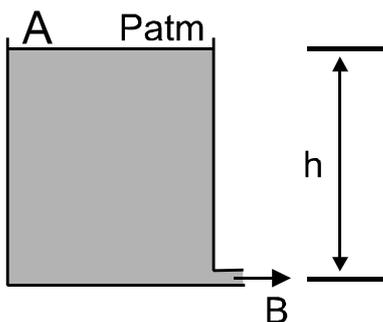
## QUESTÃO 58



Os manômetros estão entre os dispositivos mais utilizados para medição de pressão. A figura acima representa a utilização de um manômetro de tubo aberto para a medição da pressão exercida por um fluido (fluido 1) no interior do recipiente A. O fluido 1 preenche também parte do tubo manométrico (até o ponto B) formando uma coluna de altura  $h_1 = 50$  cm. O fluido manométrico (fluido 2) preenche a maior parte do tubo manométrico, do ponto B até o ponto D, formando uma coluna de altura  $h_2 = 1$  m. Considerando que a densidade para o fluido 1 é igual a  $1.000 \text{ kg/m}^3$  e, para o fluido 2,  $2.500 \text{ kg/m}^3$ , que a pressão atmosférica  $P_{\text{atm}} = 1$  atm (ou  $1,0 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ ) e que a aceleração da gravidade  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , assinale a opção correspondente à pressão exercida pelo fluido 1 no recipiente A.

- A 0,20 atm
- B 0,55 atm
- C 1,00 atm
- D 1,05 atm
- E 1,20 atm

## QUESTÃO 59



Um fluido escoar através de um pequeno orifício localizado na base de um tanque de armazenamento de nível constante, como representado na figura acima, em que  $h = 10$  m. Considerando que os pontos A e B, representados na figura, estão sujeitos ao efeito da pressão atmosférica, que a velocidade no ponto A seja desprezível e que a aceleração da gravidade  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ , é correto afirmar que a velocidade do fluido no ponto B é igual a

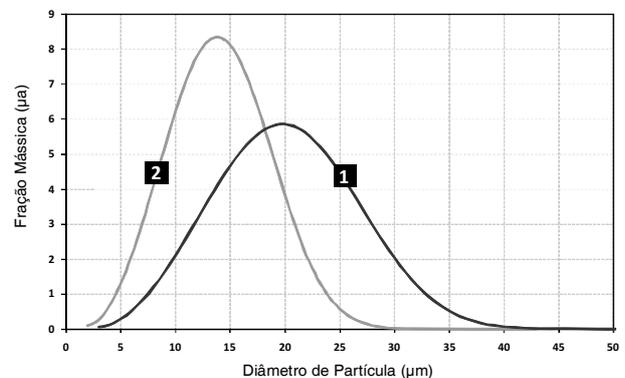
- A 20 m/s.
- B 18 m/s.
- C 14 m/s.
- D 12 m/s.
- E 9 m/s.

## QUESTÃO 60

Uma estação de tratamento envia água ( $\rho_{\text{água}} = 1.000 \text{ kg/m}^3$ ) para um tanque de armazenamento à vazão volumétrica constante de  $20 \text{ m}^3/\text{s}$ , por meio de uma tubulação de área de seção transversal na estação igual a  $1 \text{ m}^2$  e, no tanque de armazenamento, igual a  $0,5 \text{ m}^2$ . O tanque está a  $100$  m de altura acima da estação. Considerando que a aceleração da gravidade  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , que as perdas de carga no sistema devidas ao atrito sejam desprezíveis e que  $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ N/m}^2$ , é correto afirmar que a pressão da água na saída da estação de tratamento para que ela seja recebida no tanque à pressão de  $10$  bar deve ser igual a

- A 10 bar.
- B 15 bar.
- C 26 bar.
- D 31 bar.
- E 45 bar.

## QUESTÃO 61



A figura acima ilustra duas distribuições de tamanho de partícula (DTP) de um sólido em suspensão líquida, formado em um reator industrial. O número 1 destaca uma DTP padrão e o número 2 assinala a DTP proveniente de uma condição de operação anormal.

Considerando essas informações, assinale a opção correta.

- A A curva 2 indica a formação de quantidades maiores de material com partículas menores do que o observado na curva 1. A presença de maiores quantidades de partículas de tamanho reduzido muitas vezes leva a problemas de incrustação na parede do reator.
- B A operação de processos de separação sólido-líquido com o uso de centrífuga ou hidrociclone não é impactada caso a DTP seja alterada da curva 1 para a curva 2.
- C O diâmetro médio de partículas, observado na curva 1, é menor do que aquele observado na curva 2.
- D A condição operacional de um secador de leito fluidizado seria mantida inalterada, pois a eficiência de troca térmica independe do tamanho da partícula.
- E Distribuições de tamanho de partícula mais estreitas desfavorecem o transporte pneumático e o empacotamento do sólido isento de umidade.

## QUESTÃO 62

Filtração é uma técnica usada para separar sólidos de líquidos, com o auxílio de um elemento poroso. Assinale a opção correta, acerca dos principais aspectos dessa operação unitária.

- A Quando a operação de processo, empregando um fluxo de filtrado constante é necessária, observa-se aumento do diferencial de pressão no processo.
- B A filtração consiste em um processo contínuo, no qual diferentes tipos de dispositivos podem ser utilizados para promover a separação, por exemplo, vácuo, pressão, força centrífuga e gravidade.
- C A filtração pode ser feita à queda de pressão constante com fluxo de filtrado também constante.
- D Tortas, ditas compressíveis, são formadas por materiais particulados que apresentam, como características, reduzidas capacidades de mudança de porosidade e de área superficial, frente à compressão aplicado à torta.
- E O desempenho do processo não é influenciado pela natureza da suspensão, como, por exemplo, densidade, viscosidade e concentração de sólidos.

## QUESTÃO 63

Tabela F.1: Vapor saturado (SI)

$V$  = volume específico  $\text{cm}^3 \text{g}^{-1}$

$U$  = energia interna específica  $\text{kJ kg}^{-1}$

$H$  = entalpia específica  $\text{kJ kg}^{-1}$

$S$  = entropia específica  $\text{kJ kg}^{-1} \text{K}^{-1}$

volume específico $V$			energia interna $U$					entalpia $H$			entropia $S$			
$t$	$T$	$P$	sat.	Evap.	Sat.	Sat.	Evap.	Sat.	Sat.	Evap.	Sat.	Sat.	Evap.	Sat.
$^{\circ}\text{C}$	$\text{K}$	$\text{kPa}$	Liq.		Vap.	Liq.		Vap.	Liq.		Vap.	Liq.		Vap.
90	363.15	70.11	1.036	2360.3	2360.3	376.9	2117.7	2494.6	376.9	2283.2	2660.1	1.1925	6.2873	7.4799
91	364.15	72.81	1.037	2278.0	2278.0	381.1	2114.7	2495.8	381.1	2280.0	2661.7	1.2041	6.2629	7.4670
92	365.15	75.61	1.038	2199.2	2200.2	385.3	2111.7	2497.0	385.4	2278.0	2663.4	1.2156	6.2387	7.4543
93	366.15	78.49	1.038	2123.5	2124.5	389.5	2108.7	2498.2	389.6	2275.4	2665.0	1.2271	6.2145	7.4416
94	367.15	81.46	1.039	2050.9	2051.9	393.7	2105.7	2499.4	393.8	2272.8	2666.6	1.2386	6.1905	7.4291
95	368.15	84.53	1.040	1981.2	1982.2	397.9	2102.7	2500.6	398.0	2270.2	2668.1	1.2501	6.1665	7.4166
96	369.15	89.69	1.041	1914.3	1915.3	402.1	2099.7	2501.8	402.2	2267.5	2669.7	1.2615	6.1427	7.4042
97	370.15	90.94	1.041	1850.0	1851.0	406.3	2096.6	2503.0	406.4	2264.9	2671.3	1.2729	6.1190	7.3919
98	371.15	94.30	1.042	1788.3	1789.3	410.5	2093.6	2504.1	410.6	2262.2	2672.9	1.2842	6.0954	7.3796
99	372.15	97.76	1.043	1729.0	1730.0	414.7	2090.6	2505.3	414.8	2259.6	2674.4	1.2956	6.0719	7.3675

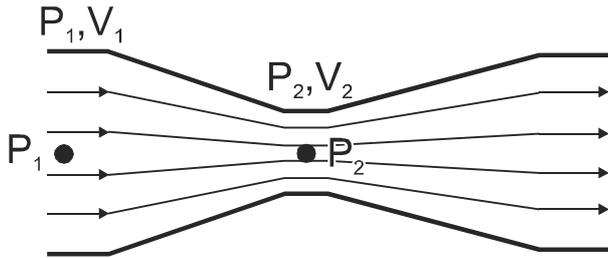
T. M. Smith, H. van Ness, M. Abbott. *Introduction to chemical engineering thermodynamics*, McGraw-Hill, 7 ed., 2004 (com adaptações).

Evaporação é uma operação unitária que consiste na eliminação de líquido por meio de vaporização. A concentração de açúcar é normalmente conduzida por meio de evaporadores. Considere que a evaporação de uma solução contendo açúcar como soluto, realizada a  $70^{\circ}\text{C}$ , em um evaporador de estágio único, utiliza uma corrente de vapor saturado a  $95^{\circ}\text{C}$ . Com base nessas informações e na tabela acima, considerando que o coeficiente global de troca térmica  $U = 2.000 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  e que a área de troca térmica  $A = 45,5 \text{ m}^2$ , assinale a opção correspondente à quantidade de vapor necessária para manter a temperatura do processo no patamar desejado.

- A 1.000 kg/min
- B 343 kg/min
- C 60 kg/min
- D 51 kg/min
- E 1 kg/min

RASCUNHO

## QUESTÃO 64



Tubos de Venturi são aparatos utilizados para medição da velocidade de escoamento e vazão volumétrica de fluidos escoando em tubulações, com base na variação de pressão ao longo da tubulação. Considere o escoamento de uma corrente de água ( $\rho = 1.000 \text{ kg/m}^3$ ) através de um tubo de Venturi horizontal, como ilustrado na figura acima, em que a velocidade inicial da água é igual a 1 m/s e a diferença de pressão entre os pontos  $P_1$  e  $P_2$  equivale a 3 bar ( $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ N/m}^2$ ). Nesse caso, a velocidade de escoamento no estrangulamento do tubo (ponto  $P_2$ ) é igual a

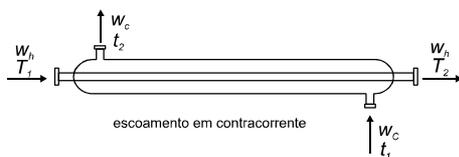
- A 24,5 m/s.
- B 2,65 m/s.
- C 2,5 m/s.
- D 1 m/s.
- E 0,08 m/s.

## QUESTÃO 65

Uma mistura binária, com composição equimolar é separada em um vaso *flash* isotérmico, apresentando uma fração vaporizada igual a 50%. Admitindo que a mistura binária tenha comportamento ideal, seguindo a Lei de Raoult, com volatilidade relativa igual a 2, assinale a opção correspondente à composição do componente mais volátil na fase líquida na saída do separador *flash*.

- A  $(2\sqrt{2} - 1)/2$
- B  $\sqrt{2}/2$
- C  $(\sqrt{2} - 0,5)/2$
- D  $\sqrt{2} - 1$
- E  $(\sqrt{2} - 1)/2$

## QUESTÃO 66



Uma corrente de processo, contendo uma mistura de óleos essenciais ( $c = 2,0 \text{ kJ} \times \text{kg}^{-1} \times \text{K}^{-1}$ ), escoando a 500 kg/min, seja resfriada de 80 °C a 40 °C. Uma corrente de um fluido do processo ( $c = 4,0 \text{ kJ} \times \text{kg}^{-1} \times \text{K}^{-1}$ ) é utilizada como fluido de resfriamento com vazão mássica de 50 kg/s e inicialmente a 30 °C. Nesse caso, admitindo que o coeficiente global de troca térmica seja igual a 1,2 kW/(m<sup>2</sup>·K), é correto afirmar que a área de troca térmica do trocador de calor operando com fluxo em contracorrente se encontra entre

- A 25 e 26 m<sup>2</sup>.
- B 23 e 24 m<sup>2</sup>.
- C 20 e 21 m<sup>2</sup>.
- D 18 e 19 m<sup>2</sup>.
- E 15 e 16 m<sup>2</sup>.

## RASCUNHO

## QUESTÃO 67

Considerando: densidade do líquido =  $\rho_L = 1.000 \text{ kg/m}^3$ ; densidade do sólido =  $\rho_s = 2.500 \text{ kg/m}^3$ ; viscosidade do líquido =  $\mu = 6 \times 10^{-3} \text{ N} \times \text{m}^{-2} \times \text{s}$ ; diâmetro de corte do sólido =  $d_s = 20 \text{ }\mu\text{m}$ ; aceleração da gravidade =  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , assinale a opção correspondente à eficiência do processo de separação de uma suspensão diluída, com um teor de sólidos de 20%, em uma centrífuga a disco que opera à vazão de  $1,75 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$  e que tenha sido projetada de forma que o seu valor sigma ( $\Sigma$ ) seja igual a  $30 \text{ m}^2$ .

- A 50%
- B 48%
- C 42%
- D 37%
- E 35%

## QUESTÃO 68

Uma peça é composta por dois metais, X e Y, que diferem entre si pela condutividade térmica,  $k_X = 200 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$  e  $k_Y = 20 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ . A espessura de X é igual a 4 cm e a de Y equivale a duas vezes a do metal X. Nesse caso, se as temperaturas das superfícies quente e fria são iguais a  $350 \text{ }^\circ\text{C}$  e  $150 \text{ }^\circ\text{C}$ , respectivamente, então o fluxo de calor que ocorre nessa peça é igual a

- A 476,2 kW/m<sup>2</sup>.
- B 110,3 kW/m<sup>2</sup>.
- C 47,6 kW/m<sup>2</sup>.
- D 0,48 kW/m<sup>2</sup>.
- E 0,03 kW/m<sup>2</sup>.

## QUESTÃO 69

Um fluido ( $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ ) escoia através de uma tubulação cilíndrica de 50 m de comprimento e diâmetro interno igual a 30 mm, com velocidade de 2 m/s. Nesse caso, considerando o fator de atrito igual a 0,0040, a perda de carga na tubulação devida ao atrito é igual a

- A 250 kN/m<sup>2</sup>.
- B 175 kN/m<sup>2</sup>.
- C 107 kN/m<sup>2</sup>.
- D 6 kN/m<sup>2</sup>.
- E 0,107 kN/m<sup>2</sup>.

## QUESTÃO 70

Uma corrente de processo, com vazão de 100 mol/h, contendo uma mistura binária de etano e pentano, apresenta composição molar do componente mais leve igual a 0,40. A operação normal do processo exige que seja adicionado 0,1 kcal por mol da corrente de alimentação para que uma taxa de vaporização de 30% seja alcançada. Considerando que a corrente de vapor apresenta 90%, em base molar, do componente mais volátil e que as entalpias molares das correntes de vapor e líquido na saída do processo equivalem a 25 kcal/mol e 8,0 kcal/mol, respectivamente, assinale a opção correspondente à fração molar do componente mais volátil no líquido (x) e à entalpia molar da corrente de alimentação (H).

- A  $x = 0,30$  e  $H = 3,1 \text{ kcal/mol}$
- B  $x = 0,19$  e  $H = 13 \text{ kcal/mol}$
- C  $x = 0,19$  e  $H = 3,1 \text{ kcal/mol}$
- D  $x = 0,15$  e  $H = 10 \text{ kcal/mol}$
- E  $x = 0,12$  e  $H = 10 \text{ kcal/mol}$