

CONCURSO PÚBLICO

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

CADERNO DE PROVAS PARTE II

PROVA DE CONHECIMENTOS ESPECÍFICOS
PROVA DISCURSIVA

CARGO

26 PESQUISADOR-TECNOLOGISTA
EM METROLOGIA E QUALIDADE

ÁREA:

METROLOGIA QUÍMICA

ATENÇÃO!

Leia atentamente as instruções constantes na capa da Parte I do seu caderno de provas.

- 1 Nesta parte II do seu caderno de provas, confira atentamente os seus dados pessoais e os dados identificadores de seu cargo transcritos acima com o que está registrado em sua **folha de respostas** e na capa de seu **caderno de texto definitivo da prova discursiva**. Confira também o seu nome e o nome do seu cargo no rodapé de cada página numerada desta parte II de 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, solicite ao fiscal de sala mais próximo que tome as providências cabíveis, pois não serão aceitas reclamações posteriores nesse sentido.
- 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 mais competente não discute, domina a sua ciência e cala-se.

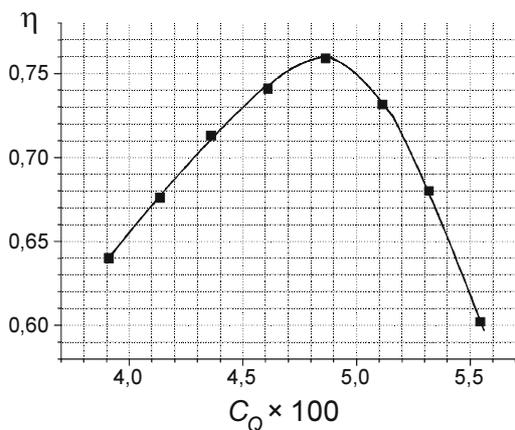
OBSERVAÇÕES

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

CONHECIMENTOS ESPECÍFICOS

Os processos para tratamento de águas são de grande importância para a obtenção de água potável, para o condicionamento de águas com características adequadas à indústria química e também para o descarte ou a reutilização de águas residuais. A respeito desses processos, julgue os itens que se seguem.

- 41 Para obtenção de água desmineralizada, a água oriunda de uma coluna de troca catiônica ácida deve passar por um processo de neutralização com uma base, como, por exemplo, NaOH.
- 42 O processo de troca iônica é usado preferencialmente na dessalinização de águas muito salgadas, como a água do mar.
- 43 Processos de precipitação não permitem, isoladamente, a obtenção de águas puras.

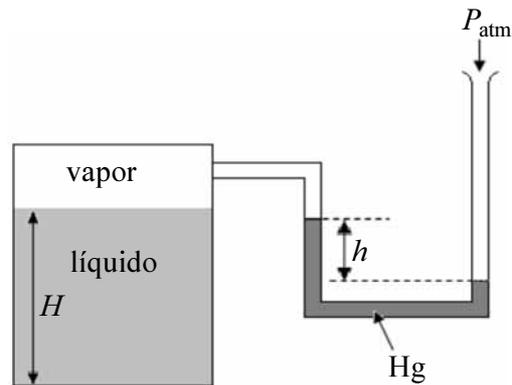


O gráfico acima indica a variação da eficiência global (η) em função do coeficiente de vazão (C_Q) para uma bomba de fluxo axial, com diâmetro externo do impelidor de 0,60 m, que é usada para bombear água a uma carga de 2,5 m. Considere que $C_Q = \frac{Q}{\omega \cdot D^3}$, em que Q representa a descarga, em m^3/s , ω , a velocidade angular de rotação da bomba, em rad/s , D , o diâmetro externo do impelidor da bomba, em m. Considere também duas situações:

- I a bomba opera a uma velocidade angular de rotação de 60 rad/s , fornecendo uma descarga de 0,60 m^3/s ;
- II a velocidade angular de rotação da bomba é aumentada para 80 rad/s , o que causa uma elevação da descarga, que atinge o valor 0,95 m^3/s .

Com relação ao sistema e às situações descritas, julgue os itens seguintes.

- 44 As bombas de fluxo axial são projetadas para fornecer descargas relativamente grandes a baixas cargas.
- 45 Em uma bomba, a potência mecânica fornecida ao impelidor é menor que a potência real fornecida ao fluido.
- 46 Após o aumento da velocidade de rotação de 60 rad/s para 80 rad/s , a bomba passa a operar com maior eficiência energética.



A figura acima apresenta o esquema de um tanque que contém certo volume de um líquido a uma temperatura T e ao qual encontra-se acoplado um manômetro. O líquido utilizado no manômetro é mercúrio, cuja densidade é ρ_{Hg} . Todo o ar contido no tanque foi removido com o auxílio de uma bomba de vácuo. Após certo período de tempo, verificou-se que o desnível das colunas de mercúrio nos braços do manômetro estabilizou-se em um valor h , conforme indicado na figura.

Considerando a situação descrita e as informações fornecidas, julgue os próximos itens.

- 47 A pressão de vapor do líquido em questão (P_v), na temperatura T , pode ser corretamente determinada pela equação $P_v = P_{atm} - \rho_{Hg}gh$, em que P_{atm} representa a pressão atmosférica e g , a aceleração da gravidade.
- 48 Se o desnível de mercúrio nos braços do manômetro for constante, então os potenciais químicos das fases líquida e vapor presentes no tanque são iguais.

RASCUNHO

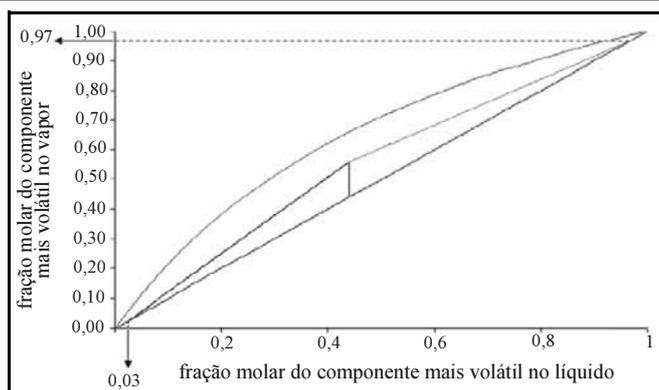
Uma mistura de benzeno e tolueno com fração molar de benzeno x_B é usada como carga de uma torre de destilação. O destilado obtido apresenta uma fração molar de benzeno x'_B . Considere que o benzeno e o tolueno formam misturas ideais e que os pontos de ebulição normais do benzeno e do tolueno são, respectivamente, 80,1 °C e 110,6 °C. Com base nessas informações, julgue os seguintes itens.

- 49 Benzeno e tolueno formam uma mistura azeotrópica.
- 50 Um sistema constituído por uma solução de benzeno e tolueno em equilíbrio com a fase vapor da mistura possui 1 grau de liberdade.
- 51 A fração molar de benzeno no destilado é maior que a da mistura original com a qual a torre de destilação foi alimentada.
- 52 Para recuperar 90% do benzeno usado para carregar a torre de destilação, com uma produção diária de m kg do destilado, a vazão molar da corrente de entrada da torre de destilação (V), em mol/dia, pode ser calculada pela expressão

$$V = \frac{mx'_B}{[(1 - x'_B)M_T + x'_B M_B] \times 0,9 \times x_B},$$

em que m representa a massa obtida do destilado, em kg/dia, M_T , a massa molar do tolueno, em kg/mol, e M_B , a massa molar do benzeno, em kg/mol.

- 53 A cromatografia gasosa é uma técnica adequada para aferição da proporção de benzeno no destilado produzido, além de permitir, eventualmente, a detecção de contaminantes.



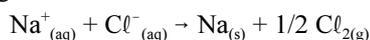
V. O. Uemura *et al.* Excel como ferramenta didática de apoio na análise de processos de destilação — parte 2: destilação binária. VI Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica. Campinas, 2005.

A figura acima apresenta o diagrama teórico de McCabe-Thiele da mistura binária benzeno/tolueno para determinado conjunto de condições de operação da coluna. A respeito do diagrama em questão e dos processos de destilação de misturas binárias, julgue os itens subsequentes.

- 54 Para realizar a destilação da mistura nas condições planejadas e obter-se um destilado e um produto de fundo com frações molares do componente mais volátil, iguais a 0,97 e 0,03, respectivamente, o número de pratos teóricos da coluna deverá ser maior que 14.
- 55 As informações fornecidas são suficientes para se concluir que, se o líquido que deixa determinado prato teórico em direção a um prato inferior tiver fração molar no componente mais volátil igual a 0,61, a fração molar do líquido que chega a esse mesmo prato, a partir do prato imediatamente superior, será maior que 0,8.
- 56 Uma eventual diminuição do número de pratos teóricos na zona de esgotamento influenciará a composição do produto de fundo da coluna de destilação.

O cloro é preparado na indústria principalmente por métodos eletrolíticos. A respeito das células eletrolíticas e seu emprego na produção do cloro, julgue os itens que se seguem.

57 A reação global da célula de eletrólise de uma solução aquosa de cloreto de sódio é corretamente representada pela equação a seguir.



58 O gás cloro é produzido no ânodo da célula eletrolítica.

59 Para produzir uma massa m de cloro em um intervalo de uma hora, utilizou-se uma corrente elétrica i constante, nesse caso, se toda a carga elétrica transportada foi efetivamente utilizada na produção de cloro, então i pode ser calculada por meio da relação $i = \frac{FM}{3.600m}$, em que M representa a massa molar do Cl_2 , em g/mol, e F , a constante de Faraday.

reação em equilíbrio	E° (V)
$\text{Fe}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Fe}$	-0,44
$\text{Cr}^{3+} + 3 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cr}$	-0,70
$\text{Zn}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Zn}$	-0,76

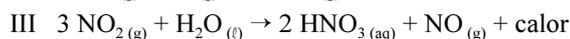
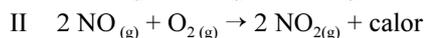
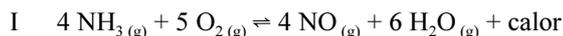
Na tabela acima, são fornecidos os potenciais-padrão de redução (E°), a 25 °C, de algumas semirreações. Com base nessas informações, julgue os itens a seguir acerca de fenômenos eletroquímicos.

60 A elevada resistência à corrosão que a presença de cromo confere ao aço inoxidável se deve ao fato de que o cromo tem menor tendência eletroquímica a oxidar-se que o ferro.

61 Óleos e graxas podem atuar como protetores contra a corrosão de superfícies metálicas.

62 No aço galvanizado, o zinco atua como ânodo de sacrifício.

O ácido nítrico pode ser obtido a partir da amônia em um processo que envolve três reações principais, cujas equações são mostradas abaixo.



Considere que $\Delta H^\circ_{\text{I}}$, $\Delta H^\circ_{\text{II}}$, e $\Delta H^\circ_{\text{III}}$ sejam, respectivamente, as variações de entalpia-padrão, a 25 °C, das reações I, II e III acima, e que a variação de entalpia-padrão para a vaporização da água líquida, a 25 °C, seja representada por $\Delta H^\circ_{\text{vap}}$.

Considerando as informações fornecidas e que os gases e a mistura gasosa envolvidos apresentam comportamento ideal, julgue os próximos itens.

63 Atualmente, a maior parte da produção industrial do ácido nítrico é feita a partir da reação do nitrato de sódio com o ácido sulfúrico.

64 Se, em uma câmara que contém os gases NO, O₂ e NO₂ em equilíbrio, for adicionado um gás inerte, então o equilíbrio será deslocado no sentido da formação de NO₂.

65 Para um sistema formado pelos gases NO, O₂, NO₂ e um gás inerte, é válida a expressão a seguir, em que P_{NO} , P_{O_2} , P_{NO_2} e P_{g} representam, respectivamente, as pressões parciais de NO, O₂, NO₂ e gás inerte no sistema e n_{NO} , n_{O_2} , n_{NO_2} e n_{g} representam, respectivamente, as quantidades de matéria de NO, O₂, NO₂ e gás inerte no sistema.

$$\frac{P_{\text{NO}}}{P_{\text{NO}} + P_{\text{NO}_2} + P_{\text{O}_2} + P_{\text{g}}} = \frac{n_{\text{NO}}}{n_{\text{NO}} + n_{\text{NO}_2} + n_{\text{O}_2} + n_{\text{g}}}$$

66 A cinética da reação II apresentada acima é favorecida por uma diminuição da temperatura.

67 A variação de entalpia, $\Delta H^\circ_{\text{r}}$, da reação global $\text{NH}_3_{(\text{g})} + 2 \text{O}_2_{(\text{g})} \rightarrow \text{HNO}_3_{(\text{aq})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{g})}$, a 25 °C,

pode ser corretamente calculada por meio da expressão:

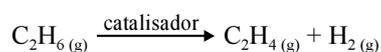
$$\Delta H^\circ_{\text{r}} = \frac{\Delta H^\circ_1}{4} + \frac{3\Delta H^\circ_2}{4} + \frac{\Delta H^\circ_3}{2}$$

RASCUNHO

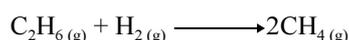
A expressão de velocidade para a reação $2 \text{HI}_{(g)} \rightleftharpoons \text{H}_{2(g)} + \text{I}_{2(g)}$, a $500 \text{ }^\circ\text{C}$, é $-\frac{d[\text{HI}]}{dt} = k[\text{HI}]^2$. Com relação a essa reação, julgue o item abaixo.

- 68** Se a ocorrência da reação inversa for desprezada, então a concentração de HI — [HI] — em um instante de tempo t pode ser determinada por meio da expressão $[\text{HI}] = \frac{[\text{HI}]_0}{1 + kt[\text{HI}]_0}$, em que $[\text{HI}]_0$ representa a concentração inicial de HI (correspondente ao instante $t = 0$), e k , a constante de velocidade da reação.

O eteno (C_2H_4), gás de grande utilidade na indústria química, pode ser produzido a partir da desidrogenação catalítica do etano (C_2H_6), cuja equação é mostrada a seguir.



No reator, ocorre também a seguinte reação paralela.



A carga é alimentada no reator à vazão v , com frações molares de etano e gases inertes iguais a $x_{\text{C}_2\text{H}_6}$ e x_{in} , respectivamente. O produto efluente do reator tem vazão v' e frações molares de etano, eteno, H_2 , CH_4 e gases inertes iguais a $x'_{\text{C}_2\text{H}_6}$, $x'_{\text{C}_2\text{H}_4}$, x'_{H_2} , x'_{CH_4} e x'_{in} , respectivamente.

Considerando as reações em questão e as informações fornecidas, julgue os seguintes itens.

- 69** A presença do catalisador permite que a fração de conversão de etano a eteno, no equilíbrio, seja maximizada.
- 70** A fração x de moléculas de etano que são convertidas em eteno pode ser calculada por meio da expressão $x = \frac{v'x'_{\text{C}_2\text{H}_4}}{vx'_{\text{C}_2\text{H}_6}}$.
- 71** A entalpia-padrão da reação de desidrogenação do etano gasoso (ΔH°), a $25 \text{ }^\circ\text{C}$, pode ser calculada com auxílio da expressão a seguir, em que $\Delta H^\circ_f(\text{C}_2\text{H}_6, g)$ representa a entalpia-padrão de formação do etano gasoso a $25 \text{ }^\circ\text{C}$ e $\Delta H^\circ_f(\text{C}_2\text{H}_4, g)$ representa a entalpia-padrão de formação do etano gasoso a $25 \text{ }^\circ\text{C}$.

$$\Delta H^\circ = \Delta H^\circ_f(\text{C}_2\text{H}_6, g) - \Delta H^\circ_f(\text{C}_2\text{H}_4, g)$$

As capacidades caloríficas molares a pressão constante costumam ser expressas na forma geral $\overline{C}_p = a + bT + cT^2$, em que T representa a temperatura absoluta (em Kelvin) e a , b e c são parâmetros característicos de cada espécie química. Para o intervalo de temperaturas compreendido entre 298 K e 1.500 K, considere que a_{H_2} , b_{H_2} e c_{H_2} sejam os valores dos parâmetros em questão para o H_2 (g); que a_{Cl_2} , b_{Cl_2} e c_{Cl_2} sejam os valores desses parâmetros para o Cl_2 (g); e que a_{HCl} , b_{HCl} , e c_{HCl} sejam os valores dos mesmos parâmetros para o HCl (g). A tabela abaixo apresenta as entalpias de algumas ligações químicas (H_{lig}) a 298 K e 1 BAR.

ligação	H_{lig} (kJ/mol)
H—Cl	431
Cl—Cl	242
H—H	436

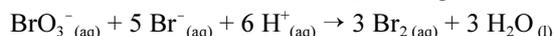
Considerando a reação $\frac{1}{2} H_2(g) + \frac{1}{2} Cl_2(g) \rightarrow HCl(g)$ e os dados fornecidos, julgue os itens a seguir.

- 72 A variação de entalpia da reação em questão, a 298 K e 1 BAR, situa-se na faixa entre -100 kJ/mol e -90 kJ/mol.
- 73 A variação de entalpia dessa reação a uma temperatura T qualquer entre 298 K e 1.500 K pode ser corretamente calculada por meio da expressão a seguir, em que ΔH_T representa a variação de entalpia da reação à temperatura T e ΔH_{298} , a variação de entalpia da reação a 298 K.

$$\Delta H_T = \Delta H_{298} + \left(\frac{2a_{HCl} - a_{H_2} - a_{Cl_2}}{2} \right) (T - 298) + \left(\frac{2b_{HCl} - b_{H_2} - b_{Cl_2}}{4} \right) (T^2 - 298^2) + \left(\frac{2c_{HCl} - c_{H_2} - c_{Cl_2}}{6} \right) (T^3 - 298^3)$$

concentração inicial (mol/L)			velocidade inicial em relação a BrO_3^- ($mol \cdot L^{-1} \cdot s^{-1}$)
BrO_3^-	Br^-	H^+	
0,10	0,10	0,10	$1,2 \times 10^{-3}$
0,20	0,10	0,10	$2,4 \times 10^{-3}$
0,10	0,30	0,10	$3,6 \times 10^{-3}$
0,20	0,10	0,20	$9,6 \times 10^{-3}$

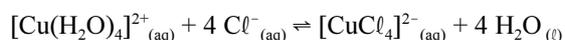
Os dados da tabela acima referem-se ao estudo, pelo método das velocidades iniciais, da cinética da reação a seguir



Considerando essa reação e os dados fornecidos, julgue o item abaixo.

- 74 A constante de velocidade da reação em questão é igual a $10 L^3 \cdot mol^{-3} \cdot s^{-1}$.

Considere que o seguinte equilíbrio químico ocorra em uma solução aquosa.



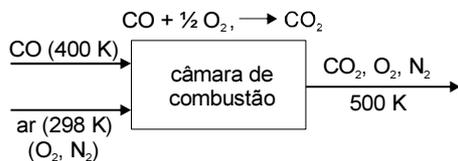
Estando a água em grande excesso, sua atividade pode ser considerada constante e a expressão da constante de equilíbrio da reação (K) se resume a:

$$K = \frac{a_{[CuCl_4]^{2-}}}{a_{[Cu(H_2O)_4]^{2+}} \times a_{Cl^-}^4}$$

Com relação à solução em que ocorre o equilíbrio químico citado, julgue o item abaixo.

- 75 Se o volume da solução for dobrado pela adição de água, o equilíbrio químico será deslocado no sentido da formação dos reagentes.

RASCUNHO



Em uma câmara de combustão, 1 kmol de CO disponível a 400 K é queimado completamente com 20% de excesso de ar, que é injetado na câmara a 298 K, conforme ilustra o esquema acima. Os gases de combustão saem da câmara de combustão a 500 K e 1 atm de pressão. Considere que a entalpia-padrão de combustão do CO, a 298 K, seja de -283 kJ/mol , que o ar seja composto por 20% de O_2 e 80% de N_2 (em quantidade de matéria) e que a capacidade calorífica à pressão constante do CO_2 não varie entre 298 K e 300 K. Na tabela abaixo são informadas as entalpias molares de alguns gases (\hat{H}°), a 1 atm de pressão, para diferentes temperaturas, tendo como referência a temperatura de 298 K.

temperatura (K)	$(\hat{H}^\circ) (\text{J/mol})$			
	N_2	O_2	CO	CO_2
298	0	0	0	0
300	58	58	58	74
400	2.967	3.020	2.971	3.991
500	5.916	6.079	5.924	8.292

Com base na situação descrita, nas considerações feitas e nos dados fornecidos, julgue os itens que se seguem.

- 76 Na reação de combustão em apreço, o CO desempenha o papel de carburente.
- 77 A energia térmica liberada na câmara de combustão é menor que 200 MJ.
- 78 A capacidade calorífica à pressão constante do CO_2 , no intervalo de temperaturas entre 298 K e 300 K, é menor que $50 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$.

O poder calorífico de uma amostra de carvão (P_{Cc}), cuja unidade no SI é J/kg, foi determinado em um calorímetro de combustão que opera a volume constante. Para isso, primeiramente foi realizada a queima de ácido benzoico, cujo poder calorífico a volume constante, P_{Ca} , é bem conhecido. A variação de temperatura no calorímetro, quando da queima da massa m_a de ácido benzoico, foi ΔT_a . A seguir, foi realizada, sob condições idênticas, a queima de uma massa m_c da amostra de carvão, quando se verificou uma variação de temperatura ΔT_c no calorímetro. Como a massa de amostra queimada é muito pequena comparada à massa do restante do conjunto, considere que a capacidade calorífica do sistema — calorímetro, oxigênio não reagido e produtos da combustão — seja invariável entre um experimento e outro.

Com relação à situação apresentada, julgue o próximo item.

- 79 A seguinte expressão é adequada para se determinar o poder calorífico da amostra de carvão em análise (P_{Cc}).

$$P_{Cc} = \frac{P_{Ca} m_a \Delta T_a}{m_c \Delta T_c}$$

A energia específica superior (poder calorífico superior) de uma amostra de carvão, à pressão constante, vale $8,05 \text{ kcal/g}$. A composição percentual mássica desse carvão é 78% de carbono, 6% de hidrogênio, 7% de oxigênio, 3% de nitrogênio, 2% de enxofre e 4% de cinzas. Considere que $M(\text{H}) = 1,0 \text{ u}$, $M(\text{O}) = 16,0 \text{ u}$ e que, para a água líquida entre 20°C e 50°C , o calor de vaporização valha 586 cal/g , a capacidade calorífica específica (calor específico), $1,0 \text{ cal}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{C}^{-1}$ e a densidade, $1,0 \text{ g/mL}$.

Considerando essas informações, julgue os seguintes itens.

- 80 O poder calorífico inferior, à pressão constante, do carvão em questão é menor que 8 kcal/g .
- 81 A julgar pelo valor do poder calorífico superior e considerando que todo calor gerado na queima do carvão seja efetivamente utilizado no aquecimento da água, é correto concluir que a massa de carvão que necessita ser queimada para aquecer 10 L de água de 20°C a 50°C é superior a 30 g.

RASCUNHO

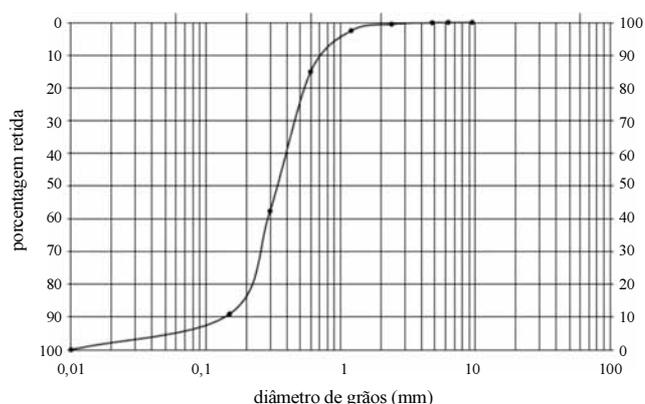
Um vaso esférico de sílica fundida com diâmetro d e espessura das paredes L é usado para armazenar hélio a uma temperatura T , sob uma pressão inicial p_0 . Considere que o hélio apresente comportamento ideal e que sua pressão no ar externo seja desprezível. Além disso, considere a difusão do hélio através das paredes do vaso como estacionária e unidimensional através de uma parede plana. Com base nessas informações, julgue os itens subsequentes.

82 A taxa inicial de variação da pressão do hélio (dp / dt) no interior do vaso pode ser calculada pela expressão:

$$\frac{dp}{dt} = \frac{Sp_0 DRT}{L^2}, \text{ em que } S \text{ representa a solubilidade do hélio}$$

na sílica fundida na temperatura T ; D , o coeficiente de difusão binária do hélio na sílica fundida na temperatura T , e R , a constante universal dos gases.

83 A consideração de que a difusão do hélio através das paredes do cilindro é unidimensional através de uma parede plana é plausível desde que d não seja muito maior que L .



A sedimentação em um fluido viscoso, o peneiramento e a difração a *laser* são exemplos de técnicas empregadas na determinação da distribuição de diâmetro de partículas. A figura acima ilustra um exemplo de curva de distribuição de diâmetro de partículas obtida, para determinado material, por difração a *laser*. Considerando as técnicas de análise granulométrica citadas, os equipamentos utilizados e a figura fornecida, julgue os itens a seguir.

84 A curva de distribuição de tamanho de partículas apresentada na figura é do tipo cumulativa e foi obtida a partir da integração da respectiva curva de distribuição de frequências.

85 Se um material apresenta a forma de bastonetes, as técnicas de sedimentação e de peneiramento fornecerão curvas de distribuição de tamanho de partículas idênticas.

86 Uma peneira de 2,5 mesh, com diâmetro de fio da malha de 2,07 mm, apresenta uma abertura maior que 6,0 mm.

87 De acordo com a Lei de Stokes, a velocidade terminal de sedimentação livre de uma partícula esférica em um fluido viscoso, por ação da gravidade, é inversamente proporcional ao quadrado do raio da partícula e diretamente proporcional à diferença de densidade entre a partícula e o fluido.

Um sólido que apresenta teor de água de 20% deve ter esse teor reduzido para 5,0% de forma a tornar-se adequado a determinada aplicação. Com relação à essa situação, julgue o item abaixo.

88 A massa de água que deve ser removida é maior que 70% da massa da água inicialmente presente no sólido.

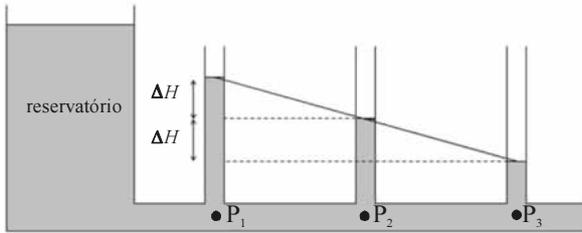


Figura I

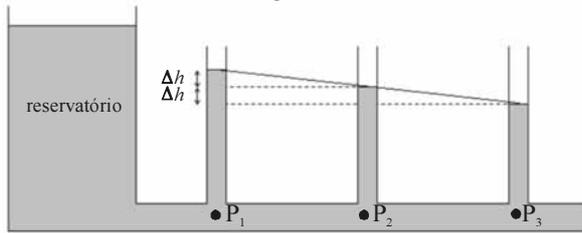
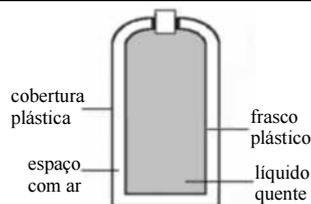


Figura II

As figuras I e II acima apresentam esquemas de tubulações utilizadas para transportar água, a uma temperatura T , a partir de reservatórios idênticos. Nas figuras I e II, os tubos têm as mesmas dimensões, porém são constituídos de materiais distintos; $\Delta H > \Delta h$ e as distâncias entre os pontos P_1 e P_2 e entre os pontos P_2 e P_3 são idênticas. Quanto à figura e às informações fornecidas, julgue os itens que se seguem.

- 89 A análise da figura permite concluir que há perda localizada de carga entre os pontos P_1 e P_2 .
- 90 O material do qual é constituído o tubo na figura II possui maior rugosidade que o material que constitui o tubo da figura I.



A figura acima apresenta o esquema de um recipiente fechado, completamente cheio com um líquido a $90\text{ }^\circ\text{C}$. Esse recipiente está em repouso dentro de uma sala nas condições de pressão e de temperatura ambiente. Considerando o recipiente em questão e os mecanismos de transferência de calor, julgue os itens subsequentes.

- 91 A transferência de calor entre o líquido aquecido e as paredes internas do frasco plástico ocorre por convecção livre, sendo que a quantidade de calor transmitida, por unidade de tempo, é proporcional à diferença de temperatura entre o fluido e as paredes internas do frasco.
- 92 A transferência de calor através das paredes do frasco plástico se dá pelo mecanismo de condução. A quantidade de calor transmitida, por unidade de tempo, pode ser calculada por $k\Delta TL$, em que k representa a condutividade térmica do plástico de que é constituído o frasco, ΔT , a diferença de temperatura entre as superfícies interna e externa do frasco, e L , a espessura da parede do frasco.
- 93 Se o ar contido no espaço entre o frasco plástico e a cobertura plástica for removido, então a transferência de calor por radiação deixará de existir nesse espaço.
- 94 A quantidade de calor transmitida por radiação, por unidade de tempo, a partir de uma superfície a uma temperatura T é dada sempre por σT^4 , em que σ representa a constante de Stefan-Boltzmann.

Deseja-se projetar um trocador de calor casco e tubo que aqueça água, a uma vazão mássica \dot{m}_a , de uma temperatura T_a até T'_a . Para isso, deve ser utilizado um fluxo de óleo aquecido que entre no lado do casco do trocador a uma temperatura T_o e deixe o trocador à temperatura T'_o . Considere que as capacidades caloríficas da água e do óleo, nas condições de operação, sejam C_a e C_o , respectivamente. Considere, ainda, que as perdas de calor para as vizinhanças, as variações de energia potencial e cinética, a resistência térmica das paredes do tubo e os efeitos de incrustação são desprezíveis.

Com relação a esse trocador de calor, julgue os itens seguintes.

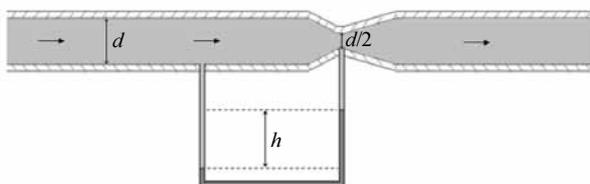
95 A vazão \dot{m}_o com que o óleo deixará o trocador pode ser

calculada por meio da expressão $\dot{m}_o = \frac{C_a \dot{m}_a (T'_a - T_a)}{C_o (T_o - T'_o)}$.

96 Os tubos do trocador de calor deverão ter comprimento dado

por $\frac{\dot{q}}{UN\pi d f(T)}$, em que \dot{q} representa a quantidade de calor trocado, por unidade de tempo, entre o óleo e a água; U , o coeficiente global de transferência de calor do trocador; N , o número de tubos do trocador; d , o diâmetro dos tubos; e $f(T)$, uma função das temperaturas de entrada e saída do óleo e da água.

97 O valor do coeficiente global de transferência de calor do trocador depende do diâmetro dos tubos.



A água, comportando-se como um fluido incompressível, escoava através de uma tubulação horizontal de diâmetro d , conforme ilustra a figura acima. Em determinado ponto da tubulação, foi acoplado um dispositivo medidor de vazão. Esse dispositivo consiste de um mecanismo que reduz o diâmetro disponível para o escoamento em uma região do tubo, temporariamente, para $d/2$, e um manômetro de mercúrio cujos braços são acoplados em duas regiões da tubulação, uma delas de diâmetro normal e a outra de diâmetro reduzido, conforme representado na figura.

Considerando o sistema descrito e a densidade do mercúrio como sendo 13,6 vezes maior que a densidade da água, julgue os seguintes itens.

98 O dispositivo em questão, usado para medir a vazão da água na tubulação, é um tubo venturi.

99 Se o desnível de mercúrio nos braços do manômetro for igual a h e os efeitos de perda de carga forem desprezados, então a velocidade V de escoamento da água na tubulação de diâmetro

d pode ser calculada por meio da expressão $V = \sqrt{\frac{25,2gh}{15}}$, em

que g representa o valor da aceleração da gravidade e ρ , a densidade da água.

100 Se a velocidade de escoamento da água na tubulação de diâmetro d for igual a V , então a vazão v é dada por $v = Vd$.

Se um gás ideal escoar através de um tubo de seção variável com escoamento permanente, uniforme, isentrópico e compressível, nessa situação, é válida a relação $\frac{dV}{V} \left(\frac{V^2}{c^2} - 1 \right) = \frac{dA}{A}$, em que V representa a velocidade de escoamento do gás; c , a velocidade do som; e A , a área da seção transversal do tubo.

Com relação às considerações feitas e às informações fornecidas, julgue os itens que se seguem.

101 As velocidades de escoamento do gás em dois pontos P_1 e P_2 , no interior do tubo, relacionam-se por meio da expressão

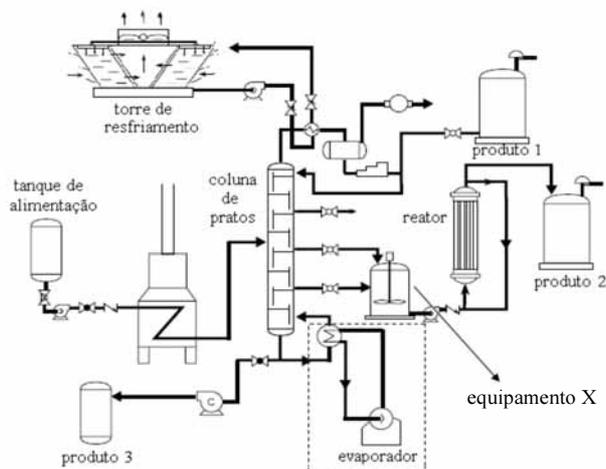
$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{\rho_2 A_2}{\rho_1 A_1},$$

em que ρ_1 e ρ_2 representam as densidades do gás

nos pontos P_1 e P_2 , respectivamente, A_1 e A_2 representam as áreas das seções transversais do bocal nos pontos P_1 e P_2 , respectivamente, e V_1 e V_2 representam as velocidades de escoamento do gás nos pontos P_1 e P_2 , respectivamente.

102 Um aumento da velocidade de escoamento se fará refletir em um aumento de temperatura do gás.

103 É possível projetar um bocal que permita que o gás contido em um reservatório seja liberado a uma velocidade supersônica, ou seja, maior que a velocidade do som.



Considerando a figura acima, que apresenta o fluxograma de um processo industrial, julgue os próximos itens, a respeito das operações e equipamentos envolvidos nos processos industriais.

104 Na figura, a região delimitada pelas linhas tracejadas compreende a operação de um trocador de calor.

105 Na figura, o equipamento designado como “equipamento X” corresponde a um separador por decantação.

106 Em muitos processos industriais, a mistura de alimentação passa inicialmente por um sistema de destilação *flash*, o qual permite que a subsequente separação dos produtos desejados seja realizada em colunas de pratos de portes menores.

Um reagente puro gasoso A, com concentração em quantidade de matéria C_A , é alimentado a uma vazão volumétrica v_0 em um reator estacionário ideal de mistura perfeita com volume V . Nesse reator, o reagente A se dimeriza para formar o produto P, também gasoso, segundo a equação $2A \rightarrow P$. A taxa de reação de A é r_A e a fração de conversão do reagente A é X_A .

Considerando o sistema em questão e as informações fornecidas, julgue os itens que se seguem.

107 Em um reator estacionário, a composição do fluido em determinado ponto não varia com o tempo.

108 Para um reator estacionário de mistura perfeita, a corrente de saída tem a mesma composição que o fluido no interior do reator.

109 Para o reator em questão, o tempo espacial τ pode ser calculado da seguinte forma: $\tau = v_0 / V$.

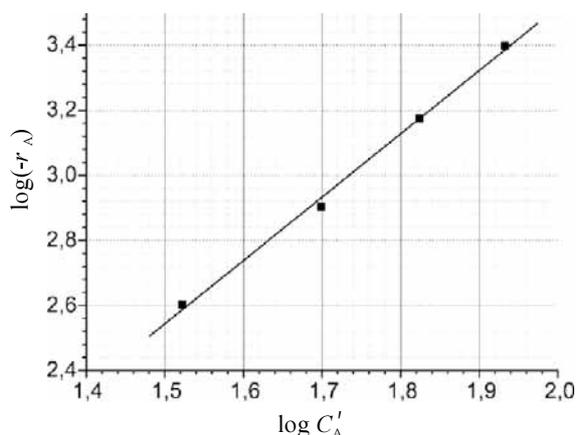
110 A fração de conversão do reagente A (X_A) pode ser calculada por meio da equação $X_A = \frac{C_A - C'_A}{C_A - \frac{C'_A}{2}}$, em que C'_A representa a

concentração de A na corrente de saída.

111 A taxa de consumo do reagente A pode ser calculada com auxílio da expressão $r_A = \frac{-C_A X_A}{V}$.

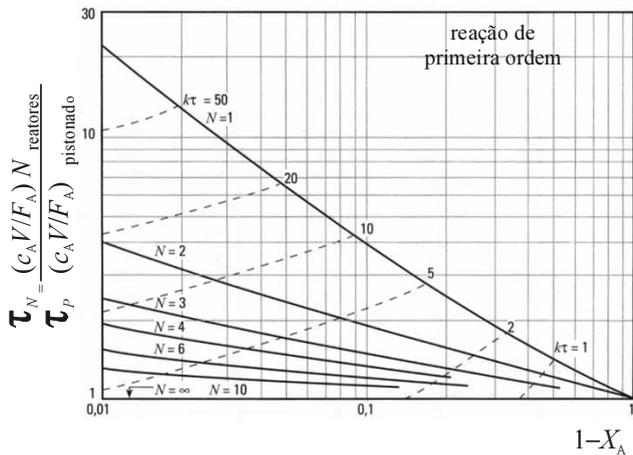
112 A taxa de reação do produto P, r_p , relaciona-se com a taxa de reação do reagente A por meio da equação $r_p = -r_A$.

Se a vazão de alimentação de um reator for modificada, então a taxa de reação do reagente A (r_A) e a concentração molar de A na corrente de saída (C'_A) irão variar; a figura abaixo traz um gráfico do $\log(-r_A)$ em função do $\log(C'_A)$ para uma série de experimentos.



Com base nas informações prestadas, julgue o próximo item.

113 A reação que acontece no reator é de “ordem 1” em relação ao reagente A.



V. M. A. Calado e Edgard Blücher. *Engenharia das reações químicas*, 3.ª ed., 2000, p.105.

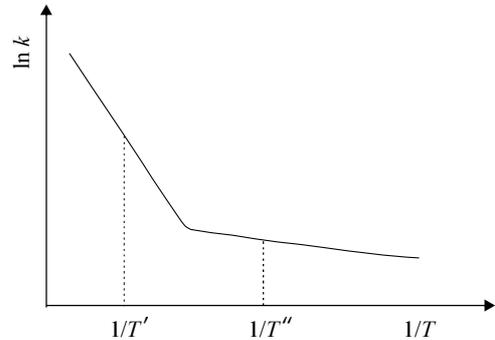
A figura acima apresenta a comparação de desempenho de uma série de N reatores de mistura perfeita de mesma capacidade com o desempenho de um reator pistonado, para a reação de primeira ordem $A \rightarrow R$, com fator de expansão igual a zero. Nessa figura, N representa o número de reatores de mistura perfeita acoplados em série; τ_N e τ_p , os tempos espaciais dos N reatores de mistura perfeita acoplados e do reator pistonado, respectivamente; c_A , a concentração em quantidade de matéria de A na corrente de carga; V , o volume dos reatores (para reatores de mistura perfeita, V é a soma dos volumes individuais dos N reatores); F_A , a vazão de alimentação e X_A , a fração de conversão do reagente A .

A partir das informações e do gráfico fornecidos, julgue os itens subsequentes.

- 114** Se a taxa de processamento e a alimentação forem iguais, a obtenção de uma mesma fração de conversão por meio do emprego de um reator de mistura perfeita e de um reator pistonado só será possível se o volume do reator de mistura perfeita for maior que o volume do reator pistonado.
- 115** Um aumento do número de reatores de mistura perfeita acoplados em série faz que o desempenho do sistema se aproxime daquele de um reator pistonado.

Considerando o desempenho dos reatores de mistura perfeita e dos reatores pistonados, julgue o próximo item.

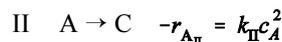
- 116** Um aumento da ordem de reação com relação aos reagentes minimiza as diferenças de desempenho entre os reatores de mistura perfeita e os reatores pistonados.



A figura acima apresenta um gráfico de $\ln k$ em função de $1/T$ para determinada reação química, em que k representa a constante de velocidade da reação e T , a temperatura de reação. A partir dessas informações, julgue os itens que se seguem.

- 117** A energia de ativação da reação em questão é maior na temperatura T' que na temperatura T'' .
- 118** O aspecto do gráfico demonstra que um mesmo mecanismo de reação pode apresentar duas energias de ativação diferentes.

Considere que as seguintes reações químicas paralelas competem em um processo industrial.



Nessas equações, r_{A_I} e $r_{A_{II}}$ representam as taxas de reação de A nas reações I e II, respectivamente, k_I e k_{II} , as constantes de velocidade para as reações I e II, respectivamente, e c_A , a concentração em quantidade de matéria de A . A energia de ativação da primeira reação é aproximadamente o dobro da energia de ativação da segunda reação. Considerando essas informações, julgue os seguintes itens.

- 119** Do ponto de vista cinético, o emprego de maiores concentrações de A aumenta a seletividade do produto B em relação ao produto C no processo.
- 120** Um aumento da temperatura da câmara de reação fará que a razão $\frac{K_I}{K_{II}}$ aumente.

RASCUNHO

PROVA DISCURSIVA

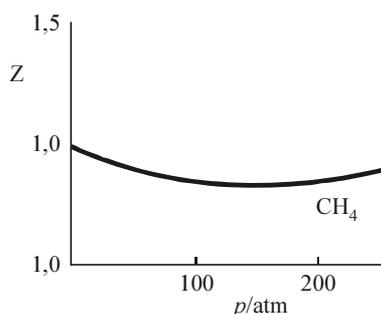
- Nesta prova, faça o que se pede, usando os espaços para rascunho indicados no presente caderno. Em seguida, transcreva o texto para o **CADERNO DE TEXTO DEFINITIVO DA PROVA DISCURSIVA**, nos locais apropriados, pois **não serão avaliados fragmentos de texto escritos em locais indevidos**.
- Qualquer fragmento de texto além da extensão máxima de **sessenta** linhas será desconsiderado.
- No **caderno de texto definitivo**, identifique-se apenas no cabeçalho da primeira página, pois **não será avaliado** texto que tenha qualquer assinatura ou marca identificadora fora do local apropriado.

O gás natural (GN) é armazenado e transportado, principalmente, nas formas liquefeita (GNL) e comprimida (GNC). Entretanto, ambas as formas apresentam inconvenientes. O GNL requer que o tanque seja mantido a temperaturas bastante baixas, já o GNC requer elevadas pressões de armazenamento. Diante dessas dificuldades, pesquisadores têm despendido esforços visando o desenvolvimento da tecnologia para armazenamento do gás natural na forma adsorvida (GNA). Nesta, o GN é injetado em um tanque preenchido com material adsorvente de elevada porosidade; como grande parte das moléculas é adsorvida pelo material, quantidades elevadas de gás podem ser armazenadas a pressões relativamente baixas.

Considerando essas informações e os três itens apresentados a seguir, relativos ao armazenamento e ao transporte do gás natural, redija, para cada um dos itens, um texto dissertativo em resposta ao que é solicitado, justificando com embasamento teórico.

Item A

A figura abaixo fornece a curva do coeficiente de compressibilidade (Z) do metano, componente majoritário do gás natural, em função da pressão a uma temperatura T .



- ▶ A uma pressão de 200 atm e temperatura T (condições em que o GNC é usualmente armazenado), a quantidade de metano contida em um tanque é maior ou menor que aquela esperada com base na lei dos gases ideais? Considere que o tanque contenha apenas metano.
- ▶ A 200 atm de pressão, que tipo de forças de interação intermolecular predominará entre as moléculas do gás: forças de atração ou de repulsão?

Item B

No processo de carregamento de um tanque de GNA, verifica-se a ocorrência de um aquecimento do sistema.

- ▶ O processo de adsorção é endotérmico ou exotérmico?
- ▶ O aumento de temperatura do tanque ocasiona aumento ou diminuição da capacidade de armazenamento do GN no tanque? Considere o equilíbrio estabelecido entre as moléculas do gás nas fases adsorvida e não adsorvida.

Item C

Considerando os efeitos térmicos que ocorrem durante o carregamento do tanque de GNA, é conveniente que o adsorvente empregado apresente outras propriedades além de elevada porosidade.

- ▶ É conveniente que o adsorvente apresente elevada ou reduzida condutividade térmica?
- ▶ É conveniente que o adsorvente apresente elevada ou baixa capacidade calorífica?

1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	
24	
25	
26	
27	
28	
29	
30	

31	
32	
33	
34	
35	
36	
37	
38	
39	
40	
41	
42	
43	
44	
45	
46	
47	
48	
49	
50	
51	
52	
53	
54	
55	
56	
57	
58	
59	
60	