

MARINHA DO BRASIL
DIRETORIA DE ENSINO DA MARINHA

CONCURSO PÚBLICO PARA INGRESSO NO CORPO DE ENGENHEIROS DA
MARINHA (CP-CEM/2017)

ENGENHARIA QUÍMICA

PROVA ESCRITA DISCURSIVA
INSTRUÇÕES GERAIS

- 1- A duração da prova será de 05 horas e o tempo não será prorrogado. Ao término da prova, entregue o caderno ao Fiscal sem retirar os grampos de nenhuma folha.
- 2- Responda às questões utilizando caneta esferográfica azul ou preta. Respostas e desenvolvimentos a lápis não serão considerados. Confira o número de páginas de cada parte da prova.
- 3- Só comece a responder à prova ao ser dada a ordem para iniciá-la, interrompendo sua execução no momento em que for determinado.
- 4- O candidato deverá preencher os campos:
- NOME DO CANDIDATO; NÚMERO DA INSCRIÇÃO e DV.
- 5- Iniciada a prova, não haverá mais esclarecimentos. O candidato somente poderá deixar seu lugar, devidamente autorizado pelo Supervisor/Fiscal, para se retirar definitivamente do recinto de prova ou, nos casos a seguir especificados, devidamente acompanhado por militar designado para esse fim: atendimento médico por pessoal designado pela Marinha do Brasil; fazer uso de banheiro e casos de força maior, comprovados pela supervisão do certame, sem que aconteça saída da área circunscrita para a realização da prova.
Em nenhum dos casos haverá prorrogação do tempo destinado à realização da prova e, em caso de retirada definitiva do recinto de prova, esta será corrigida até onde foi solucionada.
- 6- A solução deve ser apresentada nas páginas destinadas a cada questão.
- 7- Não é permitida a consulta a livros ou apontamentos.
- 8- A prova não poderá conter qualquer marca identificadora ou assinatura, o que implicará atribuição de nota zero.
- 9- Será eliminado sumariamente do concurso e suas provas não serão levadas em consideração o candidato que:
 - a) der ou receber auxílio para a execução de qualquer prova;
 - b) utilizar-se de qualquer material não autorizado;
 - c) desrespeitar qualquer prescrição relativa à execução das provas;
 - d) escrever o nome ou introduzir marcas identificadoras noutro lugar que não o determinado para esse fim; e
 - e) cometer ato grave de indisciplina.
- 10- ESTÁ AUTORIZADA A UTILIZAÇÃO DE CALCULADORA PADRÃO NÃO CIENTÍFICA.

NÃO DESTACAR A PARTE INFERIOR

RUBRICA DO PROFESSOR	ESCALA DE	NOTA	USO DA DE _{ns} M
	000 A 080		

CAMPOS PREENCHIDOS
PELOS CANDIDATOS

CONCURSO: CP-CEM/2017
NOME DO CANDIDATO:

Nº DA INSCRIÇÃO	DV	ESCALA DE	NOTA	USO DA DE _{ns} M
		000 A 080		

CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS (VALOR: 80 PONTOS)

1ª QUESTÃO (8 pontos)

Considere uma extensa superfície plana P, com temperatura T_p e com emissividade 0,9. Paralelamente a essa superfície, a uma pequena distância, tem-se uma extensa parede composta de material isolante, com 20 mm de espessura e condutividade térmica $0,05 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$. A emissividade da superfície da parede de isolante que está voltada para a superfície plana P é 0,5 e a temperatura dessa superfície é de 350 K. A outra face da parede de isolante está em contato com ar ambiente a 300 K e com coeficiente de transferência de calor (que inclui radiação e convecção) de $10 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$. Desconsidere os efeitos convectivos na região entre a superfície P e a superfície da parede de isolante e determine:

- o fluxo de calor na parede isolante. (4 pontos)
- a temperatura T_p da superfície plana. (4 pontos).

Dados :

Troca radiante entre duas superfícies:

$$Q_{12} = \frac{\sigma(T_1^4 - T_2^4)}{\frac{1 - \epsilon_1}{\epsilon_1 A_1} + \frac{1}{A_1 F_{12}} + \frac{1 - \epsilon_2}{\epsilon_2 A_2}}$$

Onde:

A_1 = área da superfície 1

A_2 = área da superfície 2

F_{12} = fator de vista

Q_{12} = troca térmica por radiação entre 1 e 2

T_1 = temperatura da superfície 1

T_2 = temperatura da superfície 2

ϵ_1 = emissividade da superfície 1

ϵ_2 = emissividade da superfície 2

Constante de Stefan-Boltzmann: $\sigma = 5,67.10^{-8} \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-4}$

Continuação da 1ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2017

Continuação da 1ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2017

2ª QUESTÃO (8 pontos)

Quando se tem o movimento de uma partícula em um fluido, várias forças atuam na partícula. Sob atuação da gravidade, no caso de diferença de densidade entre a partícula e o fluido, consideram-se três forças atuando numa partícula de diâmetro D : a força-peso, o empuxo e a força de arrasto. A força de arrasto pode ser expressa

$$\text{por: } F_D = \frac{1}{2} \rho_F V^2 C_D \left(\frac{\pi D^2}{4} \right).$$

Sendo C_D o coeficiente de arrasto que é função do número de Reynolds: $Re = \frac{\rho_F V D}{\mu_F}$.

Onde: ρ_F é a densidade do fluido, V a velocidade relativa entre a partícula e o fluido e μ_F a viscosidade do fluido.

Considere a sedimentação, em um fluido, de uma partícula esférica, com diâmetro D , e densidade ρ_p (mais densa que esse fluido), e faça o que se pede.

- Obtenha uma expressão para o cálculo da aceleração da partícula, em relação ao fluido, em função dos parâmetros e variáveis discriminados no enunciado. (4 pontos)
- Para o caso do regime viscoso, obtenha uma expressão para a velocidade terminal da partícula em função do diâmetro, da aceleração da gravidade e das propriedades do fluido. Sabe-se que, no regime viscoso ($Re < 1$), o coeficiente de arrasto é expresso por: $C_D = \frac{24}{Re}$. (4 pontos)

Continuação da 2ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2017

Continuação da 2ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2017

3ª QUESTÃO (8 pontos)

Um tanque de ar comprimido está, inicialmente, a 300 K e 2 bar. Este tanque é conectado a uma linha de ar comprimido com pressão de 40 bar e temperatura de 300 K. A pressurização do tanque ocorre rapidamente e, portanto, considera-se que não há transferência de calor entre o ele e o meio externo durante o enchimento. A operação é interrompida quando a pressão no tanque atinge 20 bar. Sabe-se que, durante o processo, a pressão e a temperatura na linha de ar comprimido são mantidas constantes.

- Calcule a temperatura do ar no tanque ao final da operação de pressurização. (4 pontos)
- Decorrido um longo tempo após a operação, o tanque fechado troca calor com o meio externo e se observa que a temperatura do ar no tanque está a 20 °C. Calcule a pressão no tanque nessa condição. (4 pontos)

Dados:

Balances molar e de energia

$$\frac{dN}{dt} = N_E - N_S$$

$$\frac{d(NU)}{dt} = N_E H_E - N_S H_S + Q + W$$

Considere temperatura de referência 0 K.

$$H = C_p \cdot T$$

$$U = C_v \cdot T$$

$$C_v = 21 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$C_p = 29 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

Sendo:

N = número de moles

U = energia interna específica

N_E = vazão molar da corrente de entrada

N_S = vazão molar da corrente de saída

H_E = entalpia específica da corrente de entrada

H_S = entalpia específica da corrente de saída

Q = taxa de transferência de calor

W = potência associada ao trabalho de eixo

t = variável tempo

Continuação da 3ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2017

Continuação da 3ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2017

4ª QUESTÃO (8 pontos)

Considere a seguinte reação química em fase líquida, irreversível e elementar: $A + B \rightarrow P$. Essa reação é realizada isotermicamente. Duas correntes aquosas de mesma vazão são alimentadas em um reator de mistura perfeita de 200 litros. Uma corrente contém A com concentração 0,02 mol/l e é isenta de B e P. Outra corrente contém B com concentração 2,0 mol/l e é isenta de A e P. Sabe-se que a conversão do reagente A no reator de mistura é de 20%. A corrente de saída do reator de mistura é, então, alimentada a um reator tubular de 400 litros de volume. Considere a condição de regime permanente e densidade constante e calcule:

- as concentrações de A, B e P na corrente de saída do reator de mistura. (4 pontos)
- as concentrações de A, B e P na corrente de saída do reator tubular. (4 pontos)

Dados e formulário:

Equações de projeto de reatores ideais, densidade constante:

reator tubular:
$$dC_A = \frac{r_A}{q} dV_T$$

reator de mistura:
$$(C_{Ac} - C_{As})q = (-r_A)V_M$$

Sendo:

V_T = volume do reator tubular

V_M = volume do reator de mistura perfeita

q = vazão volumétrica

C_{Ae} = concentração de A na entrada

C_{As} = concentração de A na saída

$-r_A$ = a velocidade de reação

Continuação da 4ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2017

Continuação da 4ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2017

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2017

Continuação da 4ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2017

5ª QUESTÃO (8 pontos)

Bolhas de O_2 são dispersas em um tanque contendo água, inicialmente, isenta de O_2 dissolvido. As bolhas têm diâmetro de 200 μm e são dispersas na água a 37 °C. O sistema opera em pressão de 1 atm. A solubilidade do O_2 na água, nessa pressão e temperatura é expressa pela lei de Henry: $P_{O_2} = H_{O_2}x_{O_2}$, sendo: P_{O_2} a pressão parcial de O_2 no gás em equilíbrio com o líquido, bar; x_{O_2} a fração molar de O_2 no líquido em equilíbrio com o gás; H_{O_2} a constante de Henry, bar.

Nesse caso, quando as bolhas são pequenas, a literatura fornece a seguinte correlação para o cálculo do coeficiente de transporte de massa referente à fase líquida:

$$k_L = \frac{2D_{AB}}{D_p} + 0,31.Sc^{-2/3} \left[\frac{(\rho_c - \rho_p)\mu_c g}{\rho_c^2} \right]^{1/3}$$

Onde:

k_L = coeficiente de transporte de massa, m.s^{-1}

D_{AB} = difusividade de A em B, $\text{m}^2.\text{s}^{-1}$

D_p = diâmetro da bolha, m

ρ_c = densidade da fase contínua, kg.m^{-3}

ρ_p = densidade da fase dispersa, kg.m^{-3}

μ_c = viscosidade da fase contínua, $\text{kg.m}^{-1}.\text{s}^{-1}$

g = aceleração da gravidade = 9,8 m.s^{-2}

Número de Schimdt adimensional = $Sc = \mu_c / (\rho_c.D_{AB})$

Sendo assim, calcule:

- o coeficiente de transporte de massa em m.s^{-1} e a máxima quantidade de O_2 dissolvido em água em $\text{kmol de } O_2/\text{m}^3$ de líquido. (4 pontos)
- o máximo fluxo de absorção de O_2 em $\text{kmol de } O_2/(\text{m}^2.\text{s})$ (4 pontos)

Dados:

Constante dos gases R: 8,314 J/mol.K

1 bar = 10^5 Pa

Massa molecular do O_2 = 32 g/gmol

Massa molecular da H_2O = 18 g/gmol

Viscosidade da água = $7,0.10^{-4}$ $\text{kg.m}^{-1}.\text{s}^{-1}$

Densidade da água = 994 kg.m^{-3}

Difusividade do O_2 na água = $3,25.10^{-9}$ $\text{m}^2.\text{s}^{-1}$

Constante de Henry = 52000 bar.

Continuação da 5ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2017

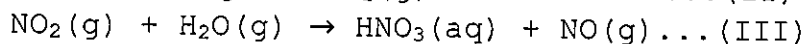
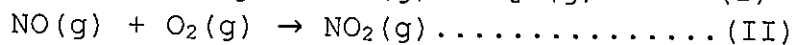
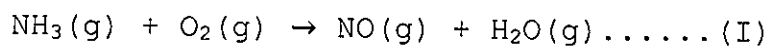
Continuação da 5ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2017

6ª QUESTÃO (8 pontos)

Na produção de ácido nítrico (HNO_3), a partir da oxidação da amônia (NH_3), têm-se as reações dadas a seguir, que não estão balanceadas:



A constante de equilíbrio da equação (II) é $9,94 \times 10^{14}$ a 627°C . Pretende-se empregar um tanque metálico de aço carbono com revestimento metálico adequado para o processo de produção.

Dados:

Massas atômicas: N - 14; O - 16; H - 1

Determine:

- a) a massa, em kg, de amônia, NH_3 , a ser empregada na produção 1000kg de ácido nítrico, HNO_3 , considerando que a conversão da amônia é de 95%. (3 pontos)
- b) qual o metal mais indicado, se alumínio ou níquel, para o revestimento do tanque metálico de aço-carbono, analisando a possibilidade de corrosão desses metais no meio reacional. Justifique a resposta. (3 pontos)
- c) o que se espera da reação (II) em termos de conversão do NO. (2 pontos)

Continuação da 6ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2017

Continuação da 6ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2017

Continuação da 6ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2017

Continuação da 6ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2017

7ª QUESTÃO (8 pontos)

Uma solução de ácido 4-metil-pentanoico deve ser produzida a partir de duas correntes aquosas desse mesmo ácido. A solução final deve ter uma concentração em massa de 40%. As correntes que serão empregadas na preparação dessa solução apresentam concentração desse ácido em 20% e 95% em massa. A solução final (com 40%) deve escoar por uma tubulação horizontal que tem 10m de comprimento e diâmetro interno de 5cm. O fator de atrito da tubulação é admitido como constante e igual a 0,005. Nesse trecho de tubulação, o fluido apresenta uma variação de pressão de 18kPa entre a entrada e a saída da tubulação. A densidade das soluções do ácido são: 20% - densidade 991kg/m³; 40% - 983kg/m³; 95% - 960kg/m³.

Dados:

Equação de Bernoulli:

$$\frac{v_{b1}^2}{2} + gz_1 + \frac{p_1}{\rho} + \eta_p W_s = \frac{v_{b2}^2}{2} + gz_2 + \frac{p_2}{\rho} + lwf$$

Onde:

- v_{bi} = velocidade média do escoamento
- g (aceleração da gravidade) = 9,8m/s²
- z_i = cota do ponto considerado
- p_i = pressão no ponto considerado
- ρ = densidade do fluido
- η_p = rendimento da bomba
- W_s = trabalho de eixo
- lwf = perda de energia mecânica

Para tubos:

$$lwf = \frac{2fLv_b^2}{D}$$

Onde:

- f = fator de atrito de Fanning
- L = comprimento de tubulação
- v_b = velocidade média
- D = diâmetro interno da tubulação

Continuação da 7ª questão

Determine:

- a) a vazão mássica de cada corrente, em kg/s, utilizada no processo. (5 pontos)
- b) a estrutura do ácido 4-metil-pentanoico. (3 pontos)

Continuação da 7ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2017

Continuação da 7ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2017

Continuação da 7ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2017

Continuação da 7ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2017

8ª QUESTÃO (8 pontos)

Um gás ideal escoa por uma tubulação de diâmetro constante. O escoamento é isotérmico. O gás escoa em regime permanente e, durante o escoamento, apresenta uma pressão na saída de 20% em relação à pressão de entrada. A velocidade média de escoamento do gás na entrada da tubulação é v_0 . Determine a velocidade média do gás na saída da tubulação em função da velocidade média de entrada v_0 .

Dados:

Equação dos gases ideais: $pV=nRT$ (p = pressão; V = volume; n = número de mols; $R = 0,082\text{atm.L/mol.K}$; T = temperatura)

Continuação da 8ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2017

Continuação da 8ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2017

9ª QUESTÃO (8 pontos)

Um tubo de aço é instalado entre dois tanques para levar água de um tanque a outro. O tubo tem 2m de comprimento e 10mm de diâmetro interno. Nas extremidades desse tubo, são instalados piezômetros para a determinação da pressão na entrada e na saída da tubulação. O fluido nos piezômetros é água (densidade 1000kg/m^3 e viscosidade 10^{-3}Pa.s). Na entrada do tubo, instala-se um medidor venturi para a determinação de vazão. O medidor venturi tem um manômetro em U acoplado e o fluido manométrico é mercúrio (densidade 13600kg/m^3 e viscosidade 17Pa.s). Na operação regular, observa-se:

- no medidor venturi: desnível na coluna de mercúrio de 20cm;
- altura de água no piezômetro de entrada da tubulação: 90cm; e
- altura de água no piezômetro de saída da tubulação: 30cm.

O diâmetro da menor área do medidor venturi é de 2mm e da maior área é de 10mm. O coeficiente do medidor venturi é 0,98.

Dados:

Equação de Bernoulli:

$$\frac{v_{b1}^2}{2} + gz_1 + \frac{p_1}{\rho} + \eta_p W_s = \frac{v_{b2}^2}{2} + gz_2 + \frac{p_2}{\rho} + lwf$$

Onde:

- v_{bi} = velocidade média do escoamento
- g (aceleração da gravidade) = $9,8\text{m/s}^2$
- z_i = cota do ponto considerado
- p_i = pressão no ponto considerado
- ρ = densidade do fluido
- η_p = rendimento da bomba
- W_s = trabalho de eixo
- lwf = perda de energia mecânica

Para tubos:

$$lwf = \frac{2fLv_b^2}{D}$$

- f = fator de atrito de Fanning
- L = comprimento de tubulação
- v_b = velocidade média
- D = diâmetro interno da tubulação

Para elementos de tubulação:

$$lwf = k \frac{v_b^2}{2}$$

Onde:

k é o fator para o cálculo da perda de energia mecânica do elemento de tubulação.

Continuação da 9ª questão

Medidor Venturi:

$$v_{bv} = C_v \sqrt{\frac{2(-\Delta P)}{\rho(1 - \beta^4)}}$$

- v_{bv} = velocidade na menor área

- C_v = coeficiente do medidor Venturi

- $(-\Delta P)$ = variação de pressão lida no medidor Venturi

- ρ = densidade do fluido que escoar

- β = relação entre os diâmetros menor e maior do medidor Venturi

Sendo assim, determine o fator de atrito da tubulação de 2m na operação regular.

Continuação da 9ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2017

Continuação da 9ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2017

Continuação da 9ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2017

Continuação da 9ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2017

10ª QUESTÃO (8 pontos)

Uma solução de ácido clorídrico, com pH=4,0, deve ser transportada por uma tubulação. Essa solução apresenta concentração de íons de Fe²⁺ igual a 2,0M e concentração de íons de cobre Cu²⁺ igual a 10⁻⁶M. Todo o sistema está a 25°C e latm de pressão.

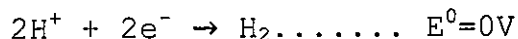
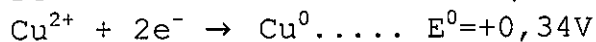
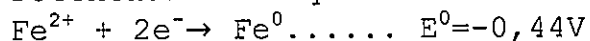
Dados:

Equação de Nernst:

$$E = E^0 + \frac{0,0591}{z} \log \frac{a_{oxidada}}{a_{reduzida}}$$

Onde E é o potencial de equilíbrio fora das condições padrão; E⁰ é o potencial de equilíbrio nas condições padrão; z é o número de moles de elétrons no sistema considerado; a_{oxidada} representa as atividades das formas oxidadas do sistema; a_{reduzida} representa as atividades das formas reduzidas do sistema; e log representa o logaritmo decimal.

Potenciais de equilíbrio:



Determine qual o melhor metal, se alumínio ou cobre, para essa aplicação, analisando a possibilidade de corrosão desses metais no meio indicado.

Continuação da 10ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2017

Continuação da 10ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2017

Continuação da 10ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2017

Continuação da 10ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2017