

MARINHA DO BRASIL
DIRETORIA DE ENSINO DA MARINHA

CONCURSO PÚBLICO PARA INGRESSO NO CORPO DE ENGENHEIROS DA
MARINHA (CP-CEM/2014)

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. Não serão consideradas respostas e desenvolvimento da questão a lápis. 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 a 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 o 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 na atribuição de nota zero.
- 9- Será eliminado sumariamente do concurso e as 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- É PERMITIDA A UTILIZAÇÃO DE CALCULADORA PADRÃO NÃO CIENTÍFICA.

NÃO DESTACAR A PARTE INFERIOR

RUBRICA DO PROFESSOR	ESCALA DE	NOTA			USO DA DEnsM
	000 A 080				

CAMPOS PREENCHIDOS
PELOS CANDIDATOS

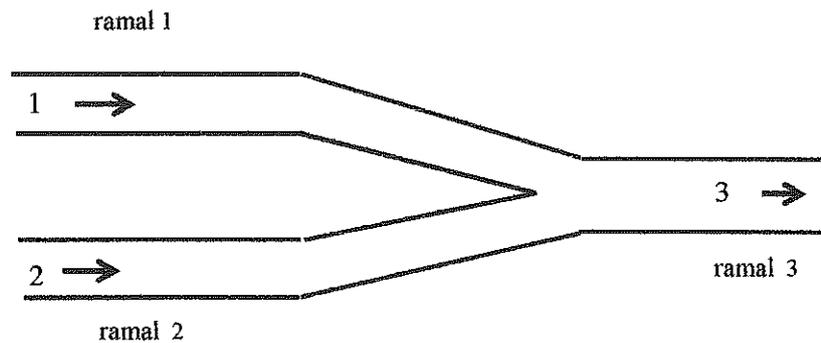
CONCURSO: CP-CEM/2014
NOME DO CANDIDATO:

Nº DA INSCRIÇÃO		DV	ESCALA DE	NOTA			USO DA DEnsM
				000 A 080			

CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS (VALOR: 80 PONTOS)

1ª QUESTÃO (8 pontos)

Um sistema de exaustão de gases faz a captação de ar contaminado com H_2S de dois ambientes. Há três ramais, com os fluxos indicados conforme esquema apresentado abaixo.



Dados:

massa molar do H_2S = 34g/mol

massa molar do ar = 29g/mol

$R=0,08206\text{atm.l.gmol}^{-1}\text{k}^{-1}=8,314 \text{ j gmol}^{-1}\text{k}^{-1}$

- Ramal 1: vazão = $1000\text{m}^3/\text{h}$;
concentração de H_2S = $100\text{mg}/\text{m}^3$;
temperatura = 17°C ;
pressão absoluta = 700mmHg .
- Ramal 2: vazão = $2000\text{m}^3/\text{h}$;
concentração de H_2S = $50\text{mg}/\text{m}^3$;
temperatura = 67°C ;
pressão absoluta = 650mmHg .
- Ramal 3: Junção dos ramais 1 e 2.

- a) Calcule, para o ramal 3, a vazão mássica de gás, em kg/h. (4 pontos)
- b) Calcule, para o ramal 3, a vazão mássica de H_2S , em kg/h. (4 pontos)

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2014

Continuação da 1ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2014

Continuação da 1ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2014

2ª QUESTÃO (8 pontos)

O soluto A está presente, com fração molar 0,02, num gás alimentado no fundo de uma coluna de absorção recheada, de 6 m de altura, e o gás que deixa o topo da coluna contém fração molar de A igual a 0,001. A coluna opera a 25°C e 2 atm. O solvente é água pura, que é alimentada em contracorrente, e deixa o fundo da coluna com fração molar de A igual a 0,02. A relação de equilíbrio para o sistema é dada por $p_A = 1,6 x_A$, sendo p_A a pressão parcial de A (atm), e x_A , sua fração molar de A na fase aquosa.

Dados:

$$N_{OG} = \frac{y_{A1} - y_{A2}}{\frac{(y_A - y_A^*)_1 - (y_A - y_A^*)_2}{\ln\left[\frac{(y_A - y_A^*)_1}{(y_A - y_A^*)_2}\right]}}$$

y_A = fração molar de A na fase gás

y_A^* = fração molar de A em equilíbrio com a fase líquida

índice 1 = fundo da coluna

índice 2 = topo da coluna

X	lnx
1	0
2	0,693
3	1,099
4	1,386
5	1,609
6	1,792
7	1,946
8	2,079
9	2,197
10	2,302

Continuação da 2ª questão

Calcule, explicitando as hipóteses adotadas:

- a) a razão das vazões molares de líquido e gás (L/G). (4 pontos)
- b) o número de unidades de transferência (N_{OG}) e a altura de unidade de transferência (H_{OG}). (4 pontos)

Continuação da 2ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2014

Continuação da 2ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2014

3ª QUESTÃO (8 pontos)

Considere que 15 kg/h de água escoam em um tubo de 6 mm de diâmetro interno e 1,0 m de comprimento. O tubo é aquecido externamente, de forma uniforme, com fluxo de calor constante de $2 \cdot 10^4 \text{ W/m}^2$, em relação ao diâmetro interno do tubo. Sabe-se que a temperatura da água, na entrada do tubo, é de 20°C .

Dados:

Correlações para o coeficiente de convecção, h , para escoamento interno em tubos:

$\frac{hD}{k} = 4,364$	Regime laminar
$\frac{hD}{k} = 0,023 \cdot Re^{4/5} Pr^{1/3}$	Regime turbulento

Sendo h o coeficiente de convecção, D o diâmetro interno do tubo, k a condutividade térmica, Re o número de Reynolds, e Pr o número de Prandtl.

Propriedades médias da água:

Densidade: $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$

Viscosidade: $\mu = 6,6 \cdot 10^{-4} \text{ kg/(m.s)}$

Condutividade térmica: $k = 0,63 \text{ W/(m.K)}$

Calor específico: $c_p = 4,175 \text{ kJ/(kg.K)}$

Número de Prandtl: $Pr = 4,3$

$Pr^{1/3} = 1,625$

Tabela auxiliar:

x	$x^{4/5}$
500	144
1000	251
1500	347
2000	437
2500	523
3000	605
3500	684
4000	761
4500	837
5000	910

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2014

Continuação da 3ª questão

- a) Calcule a temperatura média da água na saída do tubo.
(4 pontos)

- b) Calcule a temperatura na superfície interna do tubo em sua saída. (4 pontos)

Continuação da 3ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2014

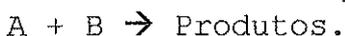
Continuação da 3ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2014

4ª QUESTÃO (8 pontos)

Considere uma reação de segunda ordem em fase líquida:



A velocidade de reação de consumo do reagente A é expressa por:

$$-r_A = kC_A C_B$$

Sendo $-r_A$ expresso em mol/(L.s), $k = 10^{-3}$ L/ (mol.s), e C_A e C_B expressos em mol/L.

Considere que seja alimentado um reator contínuo de mistura perfeita com vazão de 0,1 L/s, concentração de A de 2 mol/L e concentração de B de 1 mol/L.

Dados:

Equação de projeto de reator de mistura:

$$(C_{Ae} - C_{As})q = (-r_A)V$$

Sendo:

V o volume do reator de mistura;

q a vazão volumétrica alimentada ao reator;

C_{Ae} concentração de A na alimentação do reator; e

C_{As} concentração de A na saída do reator.

Sendo assim, para uma conversão de 50% do reagente B, calcule:

a) as concentrações de A e B na saída do reator. (4 pontos)

b) o volume do reator necessário. (4 pontos)

Continuação da 4ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2014

5ª QUESTÃO (8 pontos)

Um tanque contém 1000 kg de água, em temperatura ambiente (20°C) e pressão de 1 atm. A água deve ser aquecida com a injeção de uma corrente de vapor de água, que é totalmente condensada, diretamente na água líquida, resultando em uma temperatura final de 70°C. O vapor utilizado está saturado e tem temperatura de 120°C.

Dados: As perdas térmicas para o ambiente podem ser desconsideradas.

Propriedades Termodinâmicas da Água

T (°C)	P (kPa)	Entalpia do líquido saturado (kJ/kg)	Entalpia do vapor saturado (kJ/kg)	Entropia do líquido Saturado (kJ/(kg.K))	Entropia do vapor saturado (kJ/(kg.K))
20	2,3	84	2358	0,297	8,667
70	31	293	2627	0,955	7,755
120	199	504	2706	1,528	7,130

- Calcule a quantidade de vapor necessária e a massa final de água no tanque. (4 pontos)
- Calcule a entropia inicial, correspondente à soma da entropia da massa inicial (1000kg) de água e da entropia do vapor saturado (120°C) utilizada. Calcule a entropia do sistema final (70°C). Expresse os resultados em kJ/K. (2 pontos)
- O processo de aquecimento de que trata o item b é irreversível? Justifique sua resposta. (2 pontos)

Continuação da 5ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2014

6ª QUESTÃO (8 pontos)

Um combustível gasoso, composto de carbono e hidrogênio apenas, é queimado com ar em excesso. A análise dos fumos da combustão desse combustível, em base seca, apresenta a seguinte composição molar: 1,5% de CO; 6,0% de CO₂; 8,2% de O₂; e 84,3% de N₂.

Dados:

Massas atômicas: C=12; H=1; O=16, N=14;

Ar: 21% Oxigênio; 79% Nitrogênio (porcentagens volumétricas).

- a) Determine a razão (mols de H)/(mols de C) no combustível. (4 pontos)
- b) Determine a porcentagem de excesso de ar utilizada na queima desse gás combustível. (4 pontos)

Continuação da 6ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2014

Continuação da 6ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2014

7ª QUESTÃO (8 pontos)

Sabe-se que a reação de iodo (I_2) com ácido nítrico (HNO_3) produz ácido iódico, óxido nitroso e água.

Dados:

Massas atômicas: I - 127; H - 1; N - 14; O - 16;

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

Para uma massa de 1524g de iodo, determine:

- a) a massa, em gramas, de ácido nítrico necessária para reagir estequiometricamente com todo o iodo. (4 pontos)
- b) o volume de óxido nítrico obtido da reação a 27°C e 1atm. (4 pontos)

Continuação da 7ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2014

Continuação da 7ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2014

8ª QUESTÃO (8 pontos)

A eletronegatividade é um conceito bastante útil na teoria das ligações químicas. Considere os elementos hidrogênio, carbono, cloro e oxigênio, com as eletronegatividades dadas a seguir:

hidrogênio - H: 2,1;

carbono - C: 2,5;

cloro - Cl: 3,0; e

oxigênio - O: 3,5.

Considere as seguintes ligações: C - H; O - H; H - Cl. Fundamentando-se na teoria das ligações químicas, determine:

- a) qual é a ligação mais polar. Justifique sua resposta.
(4 pontos)
- b) qual átomo tem carga positiva parcial em cada ligação. Justifique sua resposta. (4 pontos)

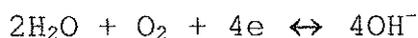
Continuação da 8ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2014

9ª QUESTÃO (8 pontos)

Duas barras de um mesmo metal M estão mergulhadas num mesmo eletrólito aquoso. Os eletrólitos apresentam concentrações uniformes, porém com diferentes quantidades de oxigênio dissolvido. A pressão parcial do oxigênio num dos eletrodos é p_1 e no outro eletrodo é p_2 , sendo $p_1 > p_2$. Em condições ideais, o equilíbrio do eletrodo de oxigênio é, em solução neutra ou alcalina:



O potencial de equilíbrio, nas condições padrão, para essa reação é +0,401V.

Dada a equação de Nernst:

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

Onde E é o potencial de equilíbrio fora das condições padrão; E^0 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.

Determine:

- o eletrodo que é o anodo. Justifique sua resposta. (3 pontos)
- qual deve ser a razão entre as pressões parciais de oxigênio p_1/p_2 , para que o sistema funcione como uma pilha com FEM (força eletromotriz) igual a 0,015V. Justifique sua resposta. (3 pontos)

Continuação da 9ª questão

c) se uma barra de ferro metálico imersa parcialmente em água irá corroer acima ou abaixo da linha d'água. Justifique sua resposta. (2 pontos)

Continuação da 9ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2014

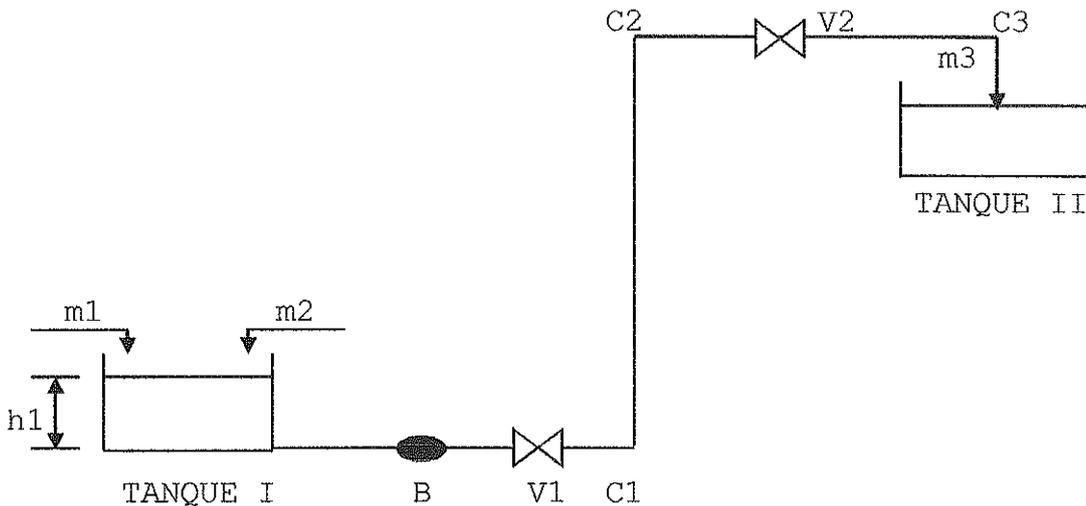
Continuação da 9ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2014

10ª QUESTÃO (8 pontos)

Deseja-se produzir uma solução de ácido acético 20% em massa, a partir da mistura de uma solução 50% de ácido acético com uma solução 5% de ácido acético. Após a mistura, a solução 20% é bombeada para outro tanque conforme mostrado no fluxograma a seguir.



Dados:

m_1 = solução 50% de ácido acético (densidade = $1,060\text{g/cm}^3$);
vazão = 1kg/s ;

m_2 = solução 5% de ácido acético (densidade = $1,004\text{g/cm}^3$);

m_3 = solução 20% de ácido acético (densidade = $1,020\text{g/cm}^3$);

B = bomba centrífuga com rendimento de 70%;

V1 = válvula globo ($K = 6,0$);

C1, C2 e C3 = cotovelos padrão de 90° ($K = 0,75$);

V2 = válvula gaveta ($K = 0,17$);

Comprimento dos trechos de tubulação:

-da saída do tanque até a entrada da bomba centrífuga B: 5m;

-da saída da bomba centrífuga até a válvula V1: 3m;

-de V1 a C1 = 3m;

-de C1 a C2 = 10m;

-de C2 a V2 = 2m;

-de V2 a C3 = 3m;

-de C3 até a descarga no tanque = 2m;

tubulação com diâmetro uniforme de 10cm em PVC e considerada como tubo liso com fator de atrito igual a 0,0055;

o nível do tanque I é mantido constante ($h_1 = 3\text{m}$).

Continuação da 10ª questão

Formulário:

$$\frac{\Delta v_b^2}{2} + g\Delta z + \frac{\Delta p}{\rho} + l_{wf} + \eta_p W_s = 0 \quad (\text{equação de Bernoulli})$$

$$l_{wf} = K \frac{v_b^2}{2} \quad (\text{perda de energia mecânica em singularidades em função do fator K})$$

$$l_{wf} = \frac{2f_F L v_b^2}{D} \quad (\text{perda de energia em tubo, usando fator de atrito de Fanning})$$

$$K = 0,4 \left(1 - \frac{A_b}{A_a} \right) \quad (\text{fator K para uma redução brusca de diâmetro})$$

Em que:

Δv_b^2 é a variação de energia cinética;

g é a aceleração da gravidade (adotar 10m/s^2);

Δz é a variação de energia potencial;

ΔP é a variação de pressão;

ρ é a densidade;

l_{wf} é a perda de energia mecânica;

η é o rendimento da bomba;

W_s é a energia fornecida pela bomba;

f_F é o fator de atrito de Fanning;

L é o comprimento de tubulação;

D é o diâmetro da tubulação;

A_b é a área da seção menor numa redução brusca de diâmetro;

A_a é a área da seção maior numa redução brusca de diâmetro.

Considere que todo o sistema está aberto à atmosfera e que a viscosidade das soluções de ácido acético é $1,2\text{cP}$ (aproximadamente constante para todas as composições). Sendo assim, determine a potência (em w) da bomba utilizada.

Continuação da 10ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2014

Continuação da 10ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2014