

MARINHA DO BRASIL
DIRETORIA DE ENSINO DA MARINHA

CONCURSO PÚBLICO PARA INGRESSO NO CORPO DE ENGENHEIROS DA
MARINHA (CP-CEM/2015)

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 em 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 DE _{EnsM}
	000 A 080				

CAMPOS PREENCHIDOS
PELOS CANDIDATOS

CONCURSO: CP-CEM/2015
NOME DO CANDIDATO:

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

CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS (VALOR: 80 PONTOS)

1ª QUESTÃO (8 pontos)

Em um sistema, 500 litros/h de gás propano puro, com temperatura de 0°C e pressão absoluta de 1,1 atm, e 200 litros/h de gás butano puro, com temperatura de 25°C e pressão absoluta de 1,1 atm, são misturados e aquecidos a 227°C em pressão constante.

- a) Calcule a vazão volumétrica (em litros/h) da mistura após o aquecimento. (4 pontos)
- b) Calcule o calor (em kJ/h) necessário para o aquecimento da mistura. (4 pontos)

Dados:

Massa molar do propano = 44 g/gmol

Massa molar do butano = 58 g/gmol

$R = 0,08206 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{gmol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} = 8,314 \text{ J gmol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

Entalpias dos gases .

T (°C)	Entalpia do propano J/mol	Entalpia do butano J/mol
0	0	0
25	1.772	2.394
227	20.685	27.442

Continuação da 1ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2015

2ª QUESTÃO (8 pontos)

Considere que um ar a 27°C escoe perpendicularmente a uma tubulação de 30 mm de diâmetro externo. A velocidade do ar é de 1 m/s. No interior da tubulação, escoa um líquido quente e a temperatura externa da tubulação é de 77°C.

Sendo assim, calcule, explicitando as hipóteses adotadas:

- a) O coeficiente convectivo de transferência de calor. (4 pontos)
- b) A taxa de transferência de calor por metro de tubo (em W/m). (4 pontos)

Dados:

Correlações para o coeficiente de convecção, h , para escoamento externo normal a cilindro:

$$\frac{hD}{k} = 0,683 Re^{0,5} Pr^{1/3}$$

Onde h é o coeficiente de convecção, D é o diâmetro do cilindro, k é a condutividade térmica, Re é o número de Reynolds e Pr é o número de Prandtl.

Propriedades médias do ar:

Densidade: $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$

Viscosidade: $\mu = 2,2 \cdot 10^{-5} \text{ kg/(m.s)}$

Condutividade térmica: $k = 0,028 \text{ W/(m.K)}$

Número de Prandtl: $Pr = 0,7$

$Pr^{1/3} = 0,89$

Continuação da 2ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2015

3ª QUESTÃO (8 pontos)

Um tanque contendo um solvente é mantido aberto à atmosfera. O solvente e o ar ambiente estão ambos a 25°C e pressão de 1 atm. A superfície desse solvente tem uma área de 5 m² e está em contato com ar. Considere que haja uma fina camada de ar estagnado com 4 mm de espessura imediatamente acima da superfície desse solvente e que a concentração de vapor do solvente logo acima da camada de ar seja nula. Considere também o sistema diluído e o gás ideal.

Calcule, explicitando as hipóteses adotadas:

- O fluxo molar (kmol/s.m²) de vapor de solvente através do filme estagnado. (4 pontos)
- A velocidade de descida (mm/h) do nível de solvente no tanque devido à evaporação. (4 pontos)

Dados:

Densidade mássica do líquido: $\rho_L = 800 \text{ kg/m}^3$

Difusividade mássica do solvente na fase gás: $D = 1,0 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$

Densidade molar da fase gás: $\rho_G = 0,04 \text{ kgmol/m}^3$

Pressão de vapor do solvente a 25°C: $P_v = 0,05 \text{ atm}$

Massa molecular do solvente = 92 g/gmol

O fluxo difusivo é expresso por $J_A = -\rho D_A \frac{dx_A}{dy}$, onde x_A é a fração molar de A, D_A é a difusividade de A no meio e ρ é a concentração molar do meio.

Continuação da 3ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2015

4ª QUESTÃO (8 pontos)

Considere um leito contendo um sólido úmido com espessura de cerca de 5 cm sobre o qual escoa ar para secagem. Assuma que a temperatura, a umidade e a velocidade do ar são constantes ao longo do tempo.

- a) Faça um esboço do gráfico típico de secagem relacionando a umidade do sólido e o tempo de secagem. (4 pontos)
- b) Faça um esboço do gráfico típico de secagem relacionando a velocidade de secagem em função da umidade do sólido. (4 pontos)

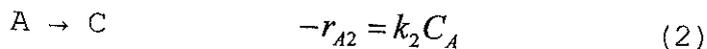
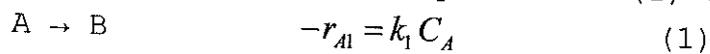
Continuação da 4ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2015

5ª QUESTÃO (8 pontos)

Considere duas reações paralelas que consomem o mesmo reagente A. As reações ocorrem em fase líquida e com densidade constante. As cinéticas das reações paralelas (1) e (2) são expressas por:



Sendo $-r_{A1}$ e $-r_{A2}$ expressos em mol/(L.min) e C_A em mol/L.

Alimenta-se um reator contínuo de mistura perfeita de volume 100 L com vazão de 0,3 L/s e concentração de reagente A de 1 mol/L. Sabendo-se que $k_1 = 0,01 \text{ s}^{-1}$ e $k_2 = 0,02 \text{ s}^{-1}$, calcule:

- A concentração de A na saída do reator. (4 pontos)
- As concentrações dos produtos B e C na saída do reator, considerando-se que B e C não estão presentes na corrente de alimentação. (4 pontos)

Dados:

Equações de projeto de reator de mistura perfeita:

$(C_{Ae} - C_{As})q = (-r_A)V$, onde V é o volume do reator e q é a vazão volumétrica no reator.

Continuação da 5ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2015

6ª QUESTÃO (8 pontos)

Nitrogênio gasoso e oxigênio gasoso foram postos em um recipiente até que se atingisse o equilíbrio para a reação de formação do óxido nítrico (NO): $\text{N}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}(\text{g})$.

A constante de equilíbrio para essa reação foi medida em duas temperaturas e foram obtidos os seguintes resultados:

- a 1700°C: $K_c = 4,1 \times 10^{-4}$
- a 2200°C: $K_c = 36,0 \times 10^{-4}$

Responda e justifique se a formação do óxido nítrico (NO) é exotérmica ou endotérmica. (8 pontos).

Continuação da 6ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2015

7ª QUESTÃO (8 pontos)

Oxigênio (O_2) e dióxido de carbono (CO_2) são postos cada um em um recipiente com o mesmo volume e a mesma pressão. O recipiente A está a $47^\circ C$ e, nele, há 2,5mols de oxigênio, no recipiente B, há 4mols de dióxido de carbono. Determine a temperatura, em $^\circ C$, do dióxido de carbono no recipiente B.

Dados:

Massas molares: $O_2 = 32g/gmol$ e $CO_2 = 44g/gmol$

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

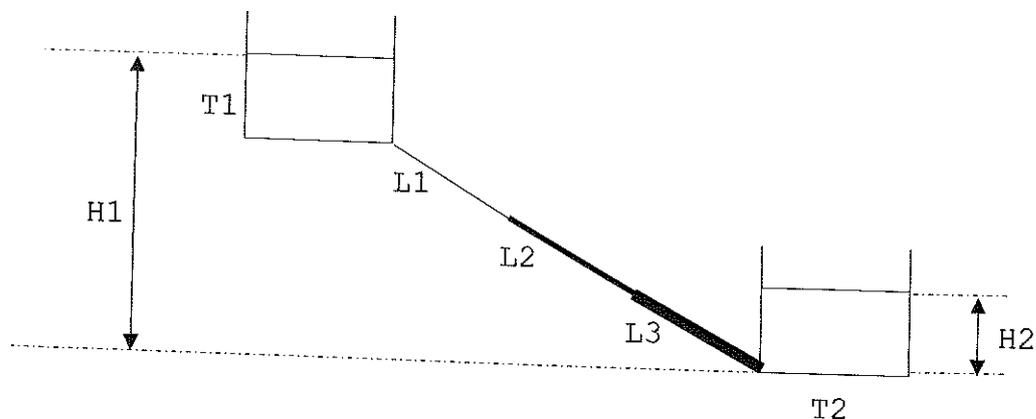
Continuação da 7ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2015

8ª QUESTÃO (8 pontos)

Dois reservatórios T1 e T2 são conectados por meio de três tubos em série como apresenta a figura a seguir.



Toda a tubulação é feita em ferro fundido com rugosidade igual a 0,26mm, e suas características são apresentadas na tabela a seguir.

TRECHO	COMPRIMENTO (m)	DIÂMETRO (cm)	FATOR DE ATRITO DE FANNING
L1	600	30	0,005000
L2	900	40	0,004750
L3	1500	45	0,004625

Deseja-se manter uma vazão de $0,11\text{m}^3/\text{s}$ de água a 15°C (densidade de $1000\text{kg}/\text{m}^3$ e viscosidade dinâmica de $1,1 \times 10^{-3}\text{Pa}\cdot\text{s}$), passando na tubulação. As perdas verificadas nas singularidades (elementos de tubulação) podem ser consideradas significativas na contração brusca ($K = 0,5$) e na expansão brusca ($K = 1,0$).

Sendo assim, determine a diferença de elevação $H1 - H2$, em metros, entre os reservatórios para manter essa condição.

Dados:

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

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

$$l_{wf} = K \frac{v_b^2}{2} \quad (\text{Perda de energia em singularidades, considerando o fator K})$$

Continuação da 8ª questão

Onde:

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_p é o rendimento de bomba;

W_s é a energia fornecida por uma bomba;

f_F é o fator de atrito de Fanning;

L é o comprimento de tubulação;

D é o diâmetro da tubulação; e

K é o fator para o cálculo da perda de energia mecânica numa singularidade.

Continuação da 8ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2015

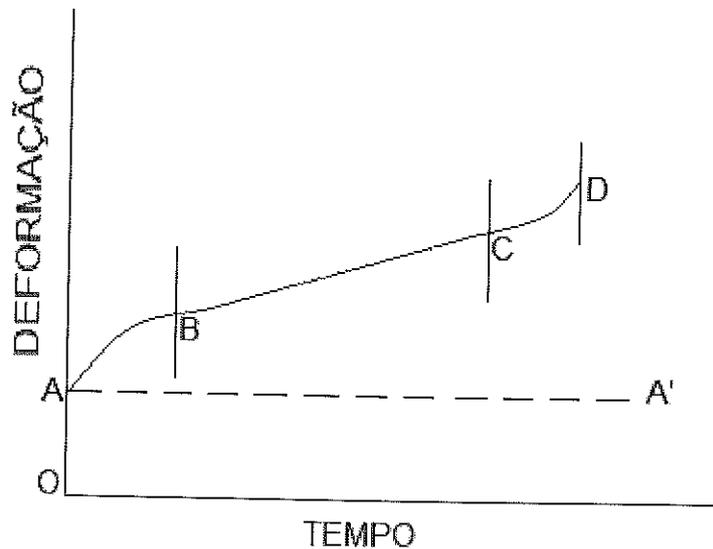
Continuação da 8ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2015

9ª QUESTÃO (8 pontos)

Materiais metálicos e ligas metálicas, quando submetidos a um esforço contínuo em elevadas temperaturas, apresentam um comportamento mecânico característico. Esse comportamento mecânico é apresentado na figura a seguir.



- Cite qual fenômeno está representado na figura acima e conceitue esse fenômeno. (3 pontos)
- Identifique as regiões OA, AB, BC, CD, AA' e indique o que ocorre em cada uma delas. (5 pontos)

Continuação da 9ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2015

Continuação da 9ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2015

10ª QUESTÃO (8 pontos)

Queima-se, em estado estacionário, o gás metano (CH_4) num reator contínuo. A alimentação do reator apresenta, em porcentagem molar, 10,0% de metano, 18,9% de oxigênio e 71,1% de nitrogênio. A combustão não é completa e, portanto, ocorrem duas reações de combustão: uma reação consome parte do metano e produz monóxido de carbono (CO), e a outra reação consome outra parte do metano e produz dióxido de carbono (CO_2). Considerando que a conversão do metano é de 80% e que, nos fumos da combustão, encontra-se a relação de 10(mols CO_2)/(mol CO), determine a composição dos fumos a 20°C e 1atm, em termos de porcentagem volumétrica. (8 pontos)

Dados:

Massas atômicas:

C = 12

O = 16

N = 14

H = 1

Equação dos gases ideais:

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

Continuação da 10ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2015