

MARINHA DO BRASIL
DIRETORIA DE ENSINO DA MARINHA

CONCURSO PÚBLICO PARA INGRESSO NO CORPO DE ENGENHEIROS DA
MARINHA (CP-CEM/2016)

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) desprezar 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 E RÉGUA SIMPLES

NÃO DESTACAR A PARTE INFERIOR

| | | | |
|----------------------|-----------|------|--------------|
| RUBRICA DO PROFESSOR | ESCALA DE | NOTA | USODA DE nsM |
| | 000 A 080 | | |

| | | | | | | | | | | |
|--|-----------------------|-----------|-----------|------|--------------|--|--|--|--|--|
| CAMPOS PREENCHIDOS PELOS CANDIDATOS | CONCURSO: CP-CEM/2014 | | | | | | | | | |
| | NOME DO CANDIDATO: | | | | | | | | | |
| | Nº DA INSCRIÇÃO | DV | ESCALA DE | NOTA | USODA DE nsM | | | | | |
| | | 000 A 080 | | | | | | | | |

CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS (VALOR: 80 PONTOS)

1ª QUESTÃO (8 pontos)

0,128 kg/s de um solvente S puro é usado para tratar 0,407 kg/s de uma solução líquida contendo 10% (em massa) de A e 90% (em massa) de B. Para tal operação, emprega-se um extrator com um estágio de equilíbrio. Sabe-se que o solvente S e o componente B são insolúveis. A tabela abaixo fornece os dados de equilíbrio.

| | | | |
|-----------------|-------|-------|-------|
| kg de A/kg de B | 0,05 | 0,10 | 0,15 |
| kg de A/kg de S | 0,069 | 0,159 | 0,258 |

- a) Calcule as composições (em % mássica) das correntes de refinado e de extrato. (4 pontos)
- b) Calcule as vazões de refinado e de extrato. (4 pontos)

Continuação da 1ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2016

2ª QUESTÃO (8 pontos)

Observe a figura a seguir.

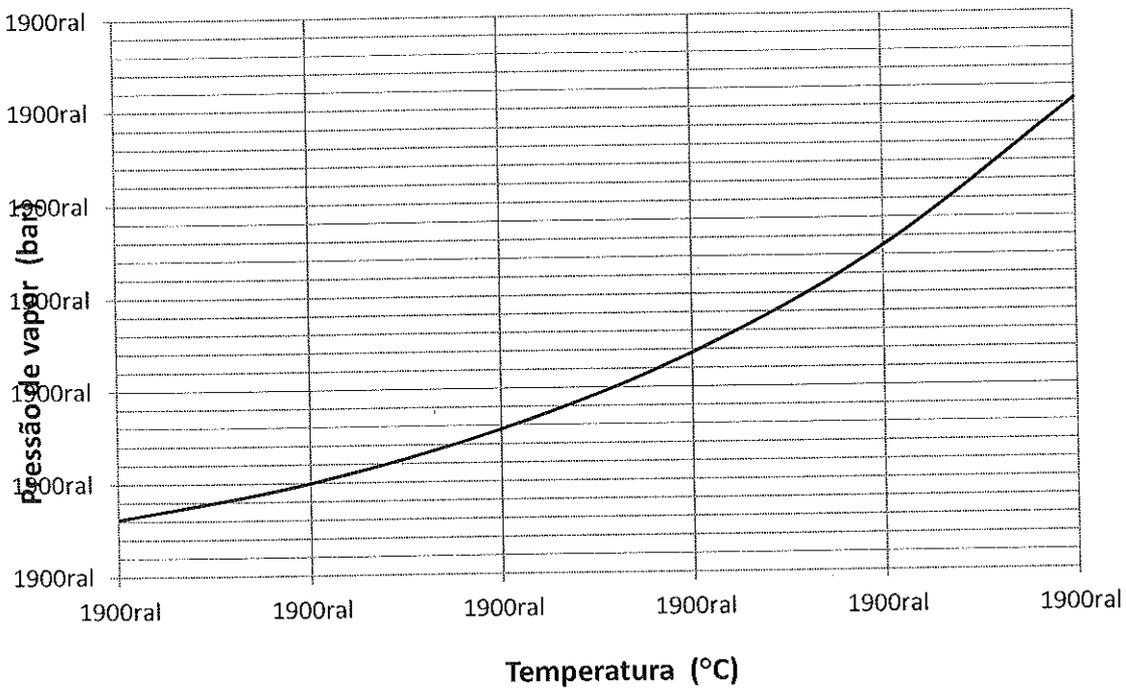


Figura: Pressão máxima de vapor de água em função da temperatura.
Dados: Massa molecular: ar = 29 g/gmol; água = 18 g/gmol

Considere uma mistura de ar e vapor de água contendo 20% em volume de vapor de água. O sistema está em equilíbrio, tem temperatura de 70°C e pressão de 1 bar. Com base nos dados da figura acima, calcule:

- A umidade relativa em %. (4 pontos)
- A umidade absoluta expressa em g de água/kg de ar seco. (4 pontos)

Continuação da 2ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2016

3ª QUESTÃO (8 pontos)

10 kg de água estão, inicialmente, a 20°C e 10 bar. Esse sistema é submetido a uma transformação com um aquecimento no qual toda a água é vaporizada, atingindo a temperatura de 300°C. A operação é realizada em um recipiente com um pistão e a pressão é mantida constante em 10 bar.

Calcule:

- O trabalho realizado pela água e a variação de entalpia do sistema. (4 pontos)
- A variação da energia interna do sistema e o calor transferido para a água. (4 pontos)

Dados:

$$\Delta U = Q + W$$

$$H = U + PV$$

$$W = - \int_{v_{inicial}}^{v_{final}} p \, dv$$

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$$

Propriedades Termodinâmicas da Água

| T (°C) | P (bar) | Entalpia do líquido kJ/kg | Entalpia do vapor kJ/kg | Volume específico do líquido, m ³ /kg | Volume específico do vapor, m ³ /kg |
|--------|---------|---------------------------|-------------------------|--|--|
| 20 | 10 | 84 | --- | 0,001 | --- |
| 300 | 10 | --- | 3051 | --- | 0,258 |

Continuação da 3ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2016

4ª QUESTÃO (8 pontos)

Um reator de mistura perfeita contínuo opera com vazão de 20L/minuto e concentração de alimentação do reagente A de 2 mol/L. A reação é realizada em temperatura constante de 30°C. O volume do reator é de 200 litros. Observa-se uma conversão de 80% do reagente A.

A reação ocorre em fase líquida, sendo irreversível e de primeira ordem em relação a A:

A → Produtos.

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

$$-r_A = kC_A$$

Sendo: $-r_A$ expresso em mol/(L.s) e C_A expresso em mol/L.

- Calcule a constante cinética da reação. (4 pontos)
- Pretende-se aumentar a conversão da reação alterando-se a temperatura. Sabe-se que, se a temperatura for alterada de 30°C para 40°C, a velocidade da reação dobra. Calcule a conversão no caso da operação em temperatura de 40°C, mantidas as demais condições. (4 pontos)

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.

Continuação da 4ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2016

5ª QUESTÃO (8 pontos)

Dois bulbos de vidro de grande capacidade são conectados por um tubo capilar de 3 mm de diâmetro interno e 50 cm de comprimento. Inicialmente, em um dos bulbos, tem-se N_2 puro e, no outro, CO_2 puro. O sistema é mantido em temperatura constante 300 K e pressão constante de 1 bar. A difusividade do N_2 em CO_2 é $D_{N_2,CO_2} = 0,2 \text{ cm}^2/\text{s}$. Considere a hipótese de regime pseudopermanente.

- Calcule o fluxo molar de N_2 no tubo capilar logo no início do processo difusivo. (4 pontos)
- Calcule o fluxo mássico total no tubo capilar no início do processo difusivo. (4 pontos)

Dados:

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

1 bar = 10^5 Pa

Massa molecular: $CO_2 = 44 \text{ g/gmol}$; $N_2 = 18 \text{ g/gmol}$

"Lei" de Fick: $J_A = -\rho D_{AB} \frac{dx_A}{dz}$

$$N = N_A + N_B$$

$$N_A = J_A + x_A N$$

Sendo:

J_A o fluxo difusivo de A, mol/(m².s);

N_A o fluxo de A relativo a um referencial fixo no espaço, mol/(m².s);

N fluxo total relativo a um referencial fixo no espaço, mol/(m².s),

ρ a densidade molar do meio, mol/m³;

x_A a fração molar de A; e

D_{AB} a difusividade de A em B, m²/s.

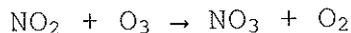
Continuação da 5ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2016

6ª QUESTÃO (8 pontos)

Para a reação:



realizaram-se três experimentos, conforme mostrado na tabela a seguir.

| EXPERIMENTO | CONCENTRAÇÃO INICIAL DE NO ₂ (mol/L) | CONCENTRAÇÃO INICIAL DE O ₃ (mol/L) | VELOCIDADE DE REAÇÃO (mol/L.s) |
|-------------|---|--|--------------------------------|
| 1 | $2,3 \times 10^{-5}$ | $3,0 \times 10^{-5}$ | $1,05 \times 10^{-5}$ |
| 2 | $4,6 \times 10^{-5}$ | $3,0 \times 10^{-5}$ | $2,1 \times 10^{-5}$ |
| 3 | $4,6 \times 10^{-5}$ | $6,0 \times 10^{-5}$ | $4,2 \times 10^{-5}$ |

Sabe-se que a reação ocorre segundo a cinética:

$$r_A = k[\text{NO}_2]^a[\text{O}_3]^b$$

em que r_A indica a velocidade de reação; k é constante cinética da reação; $[\text{NO}_2]$ e $[\text{O}_3]$ indicam as concentrações de NO_2 e O_3 , respectivamente, em mol/L; os expoentes a e b indicam as ordens de reação em relação aos respectivos componentes. Para o problema apresentado, calcule:

- Os valores dos expoentes a e b . (4 pontos)
- O valor da constante cinética da reação. Determine sua unidade. (4 pontos)

Continuação da 6ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2016

7ª QUESTÃO (8 pontos)

Fosfato de cálcio, $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, em solução, apresenta para valor da constante do produto de solubilidade $K_{ps} = 1,08 \times 10^{-33}$. Determine a solubilidade molar do fosfato de cálcio:

- a) Em solução saturada. (4 pontos)
- b) Em solução contendo fosfato de amônio, $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$, em que a concentração de fosfato de amônio seja de 0,10 mol/L. (4 pontos)

Continuação da 7ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2016

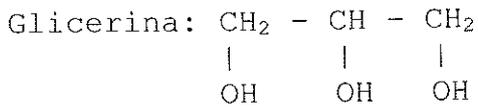
Continuação da 7ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2016

8ª QUESTÃO (8 pontos)

Um explosivo muito conhecido é o trinitrato de glicerina, comumente denominado de nitroglicerina. Sua preparação ocorre a partir da glicerina e do ácido nítrico:



Ácido Nítrico: HNO_3

Nitroglicerina: $\text{C}_3\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_9$

Na decomposição da nitroglicerina sólida, são gerados nitrogênio, oxigênio, dióxido de carbono e água, todos em estado gasoso. A densidade da nitroglicerina líquida é $1,6\text{g/cm}^3$.

- Escreva a equação química balanceada para a produção da nitroglicerina a partir da glicerina e do ácido nítrico. (3 pontos)
- Determine o volume de substâncias gasosas produzido a 127°C de temperatura e 1atm de pressão, a partir da decomposição total de 1816g de nitroglicerina líquida, e o aumento porcentual de volume de substâncias gasosas na decomposição em relação ao volume da nitroglicerina líquida. (5 pontos)

Dados:

-massa atômicas: $\text{C} = 12$; $\text{H} = 1$; $\text{N} = 14$; $\text{O} = 16$.

-equação dos gases ideais: $pV = nRT$ (p = pressão; V = volume; R = constante dos gases = $0,082\text{atm.L/mol.K}$; T = temperatura absoluta); $0^\circ\text{C} = 273\text{K}$.

Continuação da 8ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2016

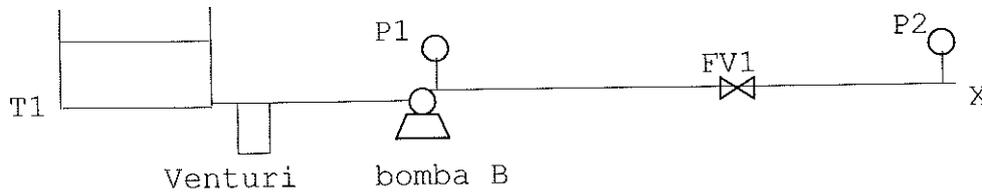
Continuação da 8ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2016

9ª QUESTÃO (8 pontos)

Deseja-se bombear água a 25°C de um tanque T1 grande aberto à atmosfera para o ponto X, conforme a figura apresentada a seguir:



A água tem densidade 1000kg/m^3 e viscosidade $1 \times 10^{-3}\text{Pa}\cdot\text{s}$. A bomba B opera com uma potência de 5kw e 70% de rendimento. Toda a tubulação é em aço comercial, está na horizontal e o fator de atrito pode ser considerado, para este caso, igual a $0,005$. O diâmetro interno da tubulação é constante e igual a 5cm . O nível de água no tanque T1 é mantido constante em 3m em relação à base do tanque. Da saída da tubulação na base do tanque T1 até a bomba B, há um trecho de 15m de tubo. Da saída da bomba B até a válvula globo FV1, o tubo tem 20m de comprimento. Da válvula FV1 até o ponto X, tem-se 10m de tubo. Logo após a saída da bomba B, há um medidor de pressão P1 e tem-se outro medidor de pressão P2 no ponto X. Após a saída do tanque T1, há um medidor Venturi. Para que se tenha uma distribuição adequada da água no ponto X, a diferença de pressão, ΔP , entre os pontos P2 e P1 deve ser de -56250Pa , para a válvula FV1 totalmente aberta ($k = 6,0$). O medidor Venturi opera com mercúrio como fluido manométrico (densidade do mercúrio = 13600kg/m^3); o diâmetro da menor área no Venturi é de $2,3\text{cm}$ e o coeficiente do medidor Venturi é de $0,98$. As perdas de energia mecânica na conexão do tubo com o tanque T1, no medidor Venturi e nos medidores de pressão, podem ser desprezadas. Para a situação descrita, determine:

- A vazão volumétrica de água na tubulação, em m^3/s . (3 pontos)
- A variação de pressão que a bomba fornece ao fluido, em Pa. (2 pontos)
- O desnível no fluido manométrico do medidor Venturi, em m. (3 pontos)

DADOS:

Equação de Bernoulli:

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

Em que:

- v_{bi} é a velocidade média do escoamento;
- g é a aceleração da gravidade ($9,8\text{m/s}^2$);
- z_i é a cota do ponto considerado;

Continuação da 9ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2016

- p_i é a pressão no ponto considerado;
- ρ é a densidade do fluido;
- η_p é o rendimento da bomba;
- W_s é o trabalho de eixo; e
- l_{wf} é a perda de energia mecânica.

Para tubos:

$$l_{wf} = \frac{2fLv_b^2}{D}$$

- f é o fator de atrito de Fanning;
- L é o comprimento de tubulação;
- v_b é a velocidade média; e
- D é o diâmetro interno da tubulação.

Para elementos de tubulação:

$$l_{wf} = k \frac{v_b^2}{2}$$

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

Medidor Venturi:

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

- v_{bv} é a velocidade na menor área;
- C_v é o coeficiente do medidor Venturi;
- $(-\Delta P)$ é a variação de pressão lida no medidor Venturi;
- ρ é a densidade do fluido que escoar; e
- β é a relação entre os diâmetros menor e maior do medidor Venturi.

Continuação da 9ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2016

Continuação da 9ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2016

10ª QUESTÃO (8 pontos)

Com relação à água salgada e salobra, faz-se a seguinte afirmação:

As águas salgadas e salobras são pouco corrosivas. Sua corrosividade diminui com o aquecimento da água, bem como com o aumento da turbulência da água. O uso de aço inoxidável para o serviço com esse tipo de água é o mais recomendado.

Analise a afirmação apresentada, discutindo e explicando o que está correto e o que está incorreto nessa afirmação.

Continuação da 10ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2016