

MARINHA DO BRASIL
DIRETORIA DE ENSINO DA MARINHA

CONCURSO PÚBLICO PARA INGRESSO NO CORPO DE ENGENHEIROS DA MARINHA
(CP-EngNav/2012)

ENGENHARIA QUÍMICA

**PROVA ESCRITA DISCURSIVA
INSTRUÇÕES GERAIS**

- 1- A duração da prova será de 05 horas e não será prorrogada. Ao término da prova, entregue o caderno ao Fiscal, sem desgrampear nenhuma folha;
- 2- Responda as questões utilizando caneta esferográfica azul ou preta. Não serão consideradas respostas e desenvolvimento da questão a lápis. Confira o número de páginas da prova;
- 3- Só comece a responder a 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) desprezitar qualquer prescrição relativa à execução das provas;
 - d) escrever o nome ou introduzir marcas identificadoras noutra lugar que não o determinado para esse fim; e
 - e) cometer ato grave de indisciplina.
- 10- É PERMITIDO O USO DE CALCULADORA PADRÃO NÃO CIENTÍFICA.

NÃO DESTACAR A PARTE INFERIOR

RUBRICA DO PROFESSOR	ESCALA DE	NOTA	USO DA DEnsM
	000 A 100		

CAMPOS PREENCHIDOS
PELOS CANDIDATOS

CONCURSO PÚBLICO: CP-EngNav/2012
NOME DO CANDIDATO:

Nº DA INSCRIÇÃO	DV	ESCALA DE	NOTA	USO DA DEnsM
		000 A 100		

CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS (VALOR: 80 PONTOS)

1ª QUESTÃO (8 pontos)

Alimenta-se um reator de mistura perfeita contínuo, de volume V_M , com uma solução aquosa de vazão volumétrica q . O reator opera isotermicamente e em regime permanente. A reação é irreversível e de primeira ordem, sendo expressa por $A \rightarrow 2B$. A concentração de A na alimentação é de 1mol/L e a concentração de A na corrente de saída é de 0,5 mol/L. Pretende-se instalar um reator tubular em série com o de mistura. Este reator tubular deve ser alimentado com a corrente proveniente do reator de mistura e operar na mesma temperatura. A concentração de A na saída do reator tubular deve ser de 0,1mol/L. Considerando a densidade constante, expresse o volume do reator tubular necessário em função do volume do reator de mistura V_M .

Dados e formulário:

- Velocidade de consumo do reagente A, para uma reação elementar de ordem n:
 $-r_A = kC_A^n$
- Equações de projeto de reatores ideais, densidade constante:

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

reator de mistura, $(C_{Ae} - C_{As})q = (-r_A)V_M$

V_T - volumes do reator tubular

V_M - volumes do reator de mistura perfeita

q - vazão volumétrica

C_{Ae} - concentração de A na entrada

C_{As} - concentração de A na saída

k - constante cinética

Continuação da 1ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-EngNav/12

Continuação da 1ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-EngNav/12

2ª QUESTÃO (8 pontos)

Considere uma turbina a vapor operando com uma alimentação de vapor nas seguintes condições: pressão de 60bar, temperatura de 430°C e velocidade de 80m/s. A área da secção da tubulação de entrada é $5 \cdot 10^{-4} \text{m}^2$. Na saída da turbina, as condições do vapor são: pressão de 0,8bar e temperatura de 93°C. A área da secção da tubulação de saída é $5 \cdot 10^{-2} \text{m}^2$. Determine a potência gerada pela turbina em kW, considerando a operação em regime permanente e adiabática.

Dados e formulário:

Propriedades termodinâmicas do vapor

Estado	Densidade (kg/m ³)	H (kJ/kg)
P = 60 bar T = 430°C	20	3251
P = 0,8 bar T = 93°C	0,5	2655

Balanco de energia

$$\frac{d(mU)}{dt} = m'(\Delta H + \Delta K) + Q + W$$

Sendo:

m a massa; U a energia interna; m' a vazão mássica da corrente; ΔH a diferença de entalpia específica da corrente entre a entrada e a saída; $\Delta K = (V_E^2 - V_S^2)/2$ a diferença de energia cinética específica da corrente entre a entrada e a saída; W a potência devido ao trabalho realizado no sistema; t a variável tempo.

Continuação da 2ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-EngNav/12

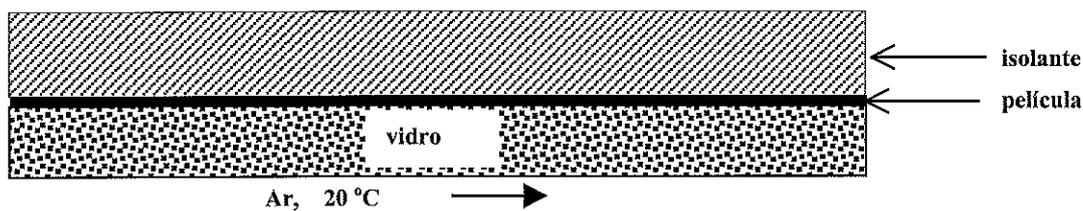
Continuação da 2ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-EngNav/12

3ª QUESTÃO (8 pontos)

Um aquecedor de 2kW de potência é construído em uma placa de vidro revestida na sua face superior com uma resistência elétrica na forma de uma fina película. Esta resistência gera um fluxo de calor constante. A placa de vidro tem espessura de 5mm e é quadrada com dimensões 1m x 1m. Sabe-se que a condutividade térmica do vidro é $k = 1\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$. A parte superior da placa é isolada termicamente. A parte inferior é exposta a uma corrente de ar a 20°C e com coeficiente de convecção de calor, $h = 20\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Calcule as temperaturas das faces inferior e superior da placa de vidro, considerando a condição de regime permanente.



Continuação da 3ª questão

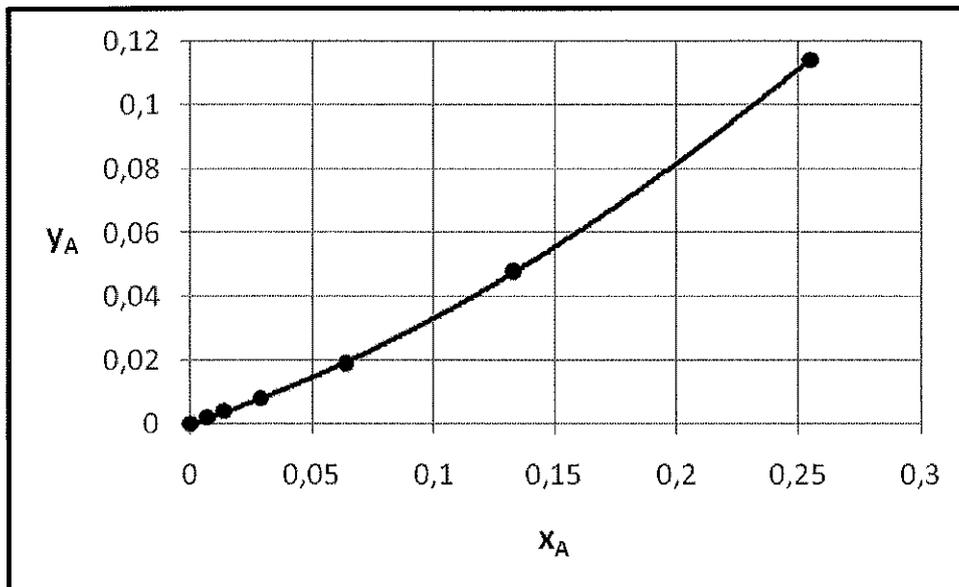
Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-EngNav/12

4ª QUESTÃO (8 pontos)

Deve-se processar 100kg/min de uma solução aquosa contendo 20% em massa de ácido acético. O processamento consiste na extração do ácido acético da solução aquosa com um solvente orgânico puro, no caso o éter isopropílico. A figura abaixo mostra a curva de equilíbrio da distribuição do ácido acético em água e em éter isopropílico (sistema líquido-líquido), sendo x_A a fração mássica de ácido acético em água e y_A a fração mássica de ácido acético em éter isopropílico, na condição de equilíbrio. Pode-se considerar que água e éter isopropílico são imiscíveis.

Calcule a quantidade de éter necessária para extrair metade do ácido contido na solução aquosa, considerando a operação em um estágio de equilíbrio ideal.



Continuação da 4ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-EngNav/12

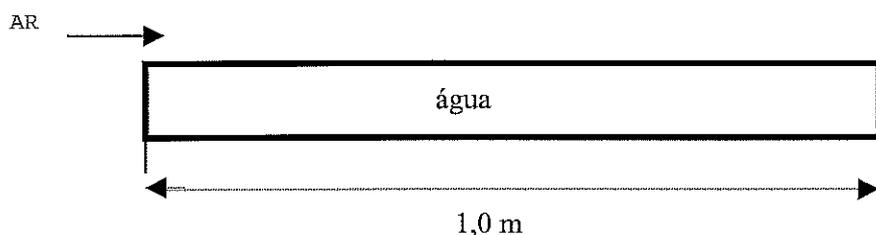
Continuação da 4ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-EngNav/12

5ª QUESTÃO (8 pontos)

Uma corrente de ar escoia paralelamente a um recipiente raso com dimensões de 1,0m x 1,0m. No interior do recipiente encontra-se água na mesma temperatura que o ar. Sabe-se que a umidade do ar é 40% da umidade de saturação e a sua velocidade é de 0,8m/s. Calcule o fluxo mássico de água evaporada, em kg/(s.m²), e a taxa de diminuição do nível da água, em mm/s, considerando processo isotérmico e em pressão constante.



Dados e formulário:

Propriedades:

Densidade da água líquida (kg/m ³)	Densidade do ar (kg/m ³)	Viscosidade do ar kg/(m.s)	Difusividade de H ₂ O/ar (m ² /s)	Concentração de H ₂ O em ar na saturação (kg/m ³)
1000	1,0	2.10 ⁻⁵	2.10 ⁻⁵	0,05

Fluxo de massa: $n_A = k_p (\rho_{Ai} - \rho_A)$

Correlações para transporte de massa em escoamento placa plana

Regime	Sherwood médio	Re
Laminar	$Sh_L = 0,66 Re_L^{1/2} Sc^{1/3}$	$Re_L < 3.10^5$
Turbulento	$Sh_L = (0,037 Re_L^{4/5} - 527) Sc^{1/3}$	$Re_L \geq 3.10^5$

Continuação da 5ª questão

Números adimensionais:

$$Sh_L = \frac{k_p L}{D_{AB}} \quad ; \quad Sc = \frac{\mu}{\rho D_{AB}} \quad ; \quad Re_L = \frac{\rho V L}{\mu}$$

Sendo:

n_A - fluxo de massa de A , kg / (s.m²)

k_p - coeficiente convectivo de transporte de massa, m/s

ρ_A - concentração mássica de A, kg de A/m³

ρ_{Ai} - concentração mássica de A na interface, kg de A/m³

L - comprimento da placa, m

μ - viscosidade do meio, kg/(m.s)

ρ - densidade do meio, kg/m³

D_{AB} - difusividade mássica de A em B, m²/s

V - velocidade, m/s

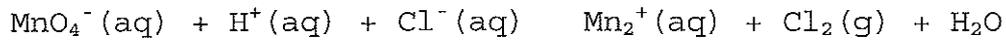
Continuação da 5ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-EngNav/12

6ª QUESTÃO (8 pontos)

A reação entre os íons permanganato e o íons cloreto em solução ácida pode ser melhor representada, devido a evidências experimentais, pela seguinte equação que não está balanceada:



Deseja-se tratar 10 litros de uma solução 5M de íons permanganato, com cloreto. O gás cloro produzido será enviado a um recipiente de 60 litros. Calcule a pressão em atmosferas que será verificada no recipiente se a temperatura de acondicionamento for de 27°C.

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

Continuação da 6ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-EngNav/12

7ª QUESTÃO (8 pontos)

O comportamento de um gás real apresenta diferenças marcantes quando comparado com seu comportamento na situação ideal. Sabe-se que a relação (VOLUME OBSERVADO)/(VOLUME IDEAL) é ligeiramente inferior à unidade, quando o gás está submetido a baixas pressões, e tal relação cresce muito, ficando superior à unidade quando em pressões altas (acima de 500atm). Uma equação de estado usual para descrever o comportamento dos gases reais é a equação de van der Waals, em que p é a pressão; R é a constante dos gases; T é a temperatura; V é o volume; a e b são constantes características dos gases considerados.

$$p = \frac{RT}{V-b} - \frac{a}{V^2}$$

Explique o comportamento citado a baixas pressões e a altas pressões, com base na teoria dos gases reais, e estabeleça a relação do comportamento real com a equação de van der Waals.

Continuação da 7ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-EngNav/12

8ª QUESTÃO (8 pontos)

O n-butano seco (C_4H_{10}) é um hidrocarboneto gasoso com características combustíveis importantes. Sabe-se que seu poder calorífico superior (PCS) é 687,98kcal/mol e o seu poder calorífico inferior (PCI) é 635,38kcal/mol. Numa combustão incompleta do n-butano, pode surgir como produto o monóxido de carbono (CO) que tem tanto o PCS quanto o PCI igual a 67,8kcal/mol. Considere um sistema de combustão em que todos os reagentes e produtos estejam a uma temperatura de 27°C e pressão de 1atm, e apresentando as seguintes informações:

- Composição do ar atmosférico: 21% O_2 e 79% N_2 (porcentagem molar ou volumétrica).
 - Massas atômicas: C=12; H=1; O=16.
 - Reações de combustão:
 $C + O_2 \rightarrow CO_2$ $\Delta H = -96,7 \text{ kcal/mol}$;
 $C + 1/2 O_2 \rightarrow CO$ $\Delta H = -67,6 \text{ kcal/mol}$;
 $H_2 + 1/2 O_2 \rightarrow H_2O$ $\Delta H = -68,3 \text{ kcal/mol}$ (água no estado líquido);
 $H_2 + 1/2 O_2 \rightarrow H_2O$ $\Delta H = -57,8 \text{ kcal/mol}$ (água no estado de vapor);
 $PC(I \text{ ou } S) = - \sum n_i \Delta H_i$
 - PCI = poder calorífico inferior; PCS = poder calorífico superior;
 n_i = número de moles da substância i;
 - ΔH_i = entalpia de combustão da substância i.
 - Equação dos gases ideais: $pV = nRT$ (p = pressão; V = volume;
 n = número de mols; $R = 62,3 \text{ mmHg.L/mol.K}$ ou $0,082 \text{ atm.L/mol.K}$;
 T = temperatura absoluta).
- a) Explique porque para o n-butano $PCS \neq PCI$ e para o monóxido de carbono $PCS = PCI$. (4 pontos)
- b) Calcule a vazão (em m^3/h) de CO_2 emitido se, ao se condensar os fumos da combustão completa do n-butano, for verificado a presença de 360kg/h de água. (4 pontos)

Continuação da 8ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-EngNav/12

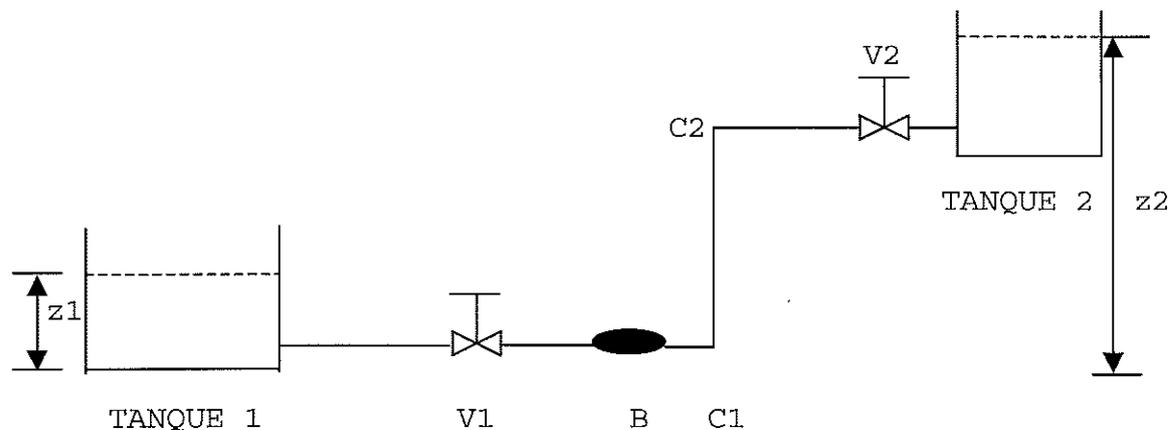
Continuação da 8ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-EngNav/12

9ª QUESTÃO (8 pontos)

Observe a figura a seguir.



A água (densidade igual a 1000kg/m^3 e viscosidade cinemática igual a $1,02 \times 10^{-6}\text{m}^2/\text{s}$) é bombeada entre dois reservatórios de grande área superficial abertos à atmosfera, a uma vazão de $5,6\text{L/s}$, por um tubo de aço de 122m de comprimento e 50mm de diâmetro (fator de atrito para as condições do escoamento igual a $0,005$). Há diversos acessórios na linha, conforme a figura acima. A rugosidade do tubo é de $0,05\text{mm}$. O nível do tanque 1 é mantido constante ($6,1\text{m}$ acima da linha do solo - z_1). Considerando que o nível do tanque 2 (z_2 acima da linha do solo, mais alto que o nível do tanque 1) pode ser ajustado em diferentes cotas, mostre como a potência requerida na bomba varia com a altura z_2 do tanque 2.

Informações:

- B = bomba centrífuga (eficiência de 70%);
- C1 = curva com 12 polegadas de raio ($K = 0,25$);
- C2 = cotovelo normal de 90° rosqueado ($K = 0,95$);
- V1 = válvula globo 2 polegadas aberta ($K = 6,9$);
- V2 = válvula gaveta aberta pela metade ($K = 3,7$);
- Saída do tanque 1 para o tubo de 50mm : $K = 0,5$;
- Entrada do tubo de 50mm no tanque 2: $K = 1,0$.

Continuação da 9ª questão

DADOS:

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

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

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

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.

Continuação da 9ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-EngNav/12

Continuação da 9ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-EngNav/12

10ª QUESTÃO (8 pontos)

Para construir um reservatório, que irá acomodar uma solução de NaOH (soda cáustica) com concentração de 40% em massa a uma temperatura de 110°C, foi utilizada uma chapa de aço-carbono. Esta chapa passou por um processo de dobramento mecânico para a confecção do reservatório. Após certo tempo de uso, verificou-se que apareceram trincas na parede do tanque por onde se observou vazamento da solução de soda cáustica. Identifique o fenômeno e as causas que propiciaram o aparecimento das trincas na parede do reservatório e indique os procedimentos para evitar tais trincas.

Continuação da 10ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-EngNav/12