

MARINHA DO BRASIL
DIRETORIA DE ENSINO DA MARINHA

CONCURSO PÚBLICO PARA INGRESSO NO CORPO DE ENGENHEIROS DA
MARINHA (CP-CEM/2019)

ENGENHARIA QUÍMICA

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 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 E RÉGUA SIMPLES.

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/2019				
	NOME DO CANDIDATO:				
	Nº DA INSCRIÇÃO		DV	ESCALA DE	NOTA
			000 A 080		

CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS (VALOR: 80 PONTOS)

1ª QUESTÃO (8 pontos)

Uma parede plana extensa consiste de uma camada de material com 25 mm de espessura e condutividade térmica $0,5 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$. A face I da parede é irradiada com um fluxo de 2000 W.m^{-2} e está em contato com um gás a 500 K e com coeficiente de transferência de calor por convecção de $40 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$. A absorvidade dessa superfície (face I) para a radiação incidente é 0,8, e a transmissividade para a radiação incidente é nula. A outra face da parede (face II) está em contato com ar ambiente a 300 K e com coeficiente de transferência de calor de $30 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$. Desconsiderando a radiação emitida por ambas as faces, determine:

- a) a temperatura da face I. (4 pontos)
- b) o fluxo de calor transferido para o ar, pela face II. (4 pontos).

Continuação da 1ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2019

2ª QUESTÃO (8 pontos)

Uma corrente de gás com vazão de 1,0 mol/s é composta de ar e H₂S, com fração molar de H₂S de 0,2. Essa corrente é misturada com uma corrente de água pura em um dispositivo de contato. A corrente de água de saída tem fração molar de H₂S dissolvido de $3,8 \cdot 10^{-5}$, e o dispositivo opera em temperatura de 20 °C e pressão de 1 atm. Considerando o dispositivo de contato como um estágio de equilíbrio e a evaporação de água desprezível, calcule:

- a) a fração molar de H₂S no gás que deixa o sistema. (4 pontos)
- b) as vazões das fases gás e líquida na saída do sistema. (4 pontos)

Dados:

Lei de Henry: $P_{H_2S} = H_{H_2S} x_{H_2S}$

Sendo: P_{H_2S} , a pressão parcial de H₂S no gás na condição de equilíbrio; x_{H_2S} , a fração molar de H₂S no líquido na condição de equilíbrio; $H_{H_2S} = 4,83 \cdot 10^3$ atm/fração molar, a constante de Henry a 20 °C.

Continuação da 2ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS

Concurso: CP-CEM/2019

Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

3ª QUESTÃO (8 pontos)

Uma turbina a vapor opera com 20000 kg/h de vapor alimentado a 40 bar e 600 °C. Na saída da turbina o vapor está a 200 °C e com pressão de 2 bar. A perda térmica durante o processo de expansão na turbina é 120 kW. Desconsiderando a variação de energia cinética e potencial das correntes, calcule:

- a) a potência útil fornecida pela turbina e a variação de entropia do vapor. (4 pontos)
- b) a temperatura do vapor de saída e a potência útil fornecida, considerando uma nova situação na qual a turbina é bem isolada termicamente e o processo é considerado reversível e adotando as mesmas condições de alimentação e pressão de saída. (4 pontos)

Dados:

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

$$\frac{d(mS)}{dt} = -m' \Delta S + \frac{Q}{T} + S_p$$

m a massa; U a energia interna específica; m' a vazão mássica da corrente; H a entalpia específica das correntes; W a potência devido ao trabalho realizado; Q a potência devido à transferência de calor; S a entropia específica; S_p a entropia produzida e t a variável tempo.

Continuação da 3ª questão

Tabela de propriedades termodinâmicas de vapor superaquecido.

P (bar)	T (°C)	V (m ³ .kg ⁻¹)	U (kJ.kg ⁻¹)	H (kJ.kg ⁻¹)	S (kJ.kg ⁻¹ .K ⁻¹)
2,0	150	0,9596	2577	2769	7,279
2,0	200	1,080	2654	2870	7,507
2,0	250	1,199	2731	2971	7,709
2,0	300	1,316	2809	3072	7,893
40,0	300	0,0588	2725	2961	6,361
40,0	400	0,0734	2920	3214	6,769
40,0	500	0,0864	3099	3445	7,090
40,0	600	0,0988	3279	3674	7,369

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS

Concurso: CP-CEM/2019

Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Continuação da 3ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS

Concurso: CP-CEM/2019

Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

4ª QUESTÃO (8 pontos)

Uma reação química em fase líquida irreversível tem a seguinte estequiometria: $2A \rightarrow B + C$. Realizaram-se quatro experimentos em um reator de mistura perfeita de 30 litros, mantendo-se a concentração da alimentação em 2 mol/l de A e isenta de B e C. Cada ensaio foi realizado com uma vazão volumétrica de líquido, q , e a concentração de B na saída do reator, C_{Bs} , foi medida na condição de regime permanente. Além disso, os experimentos foram realizados em temperatura e densidade constantes. Sendo assim, analise a tabela abaixo, que apresenta os resultados dos experimentos e faça o que se pede.

Experimento	1	2	3	4
q (l/min)	2,0	1,0	0,6	0,3
C_{Bs} (mol/l)	0,25	0,38	0,52	0,69

- a) Calcule as concentrações de A na saída do reator e as velocidades de consumo de A, para os quatro experimentos. (4 pontos)
- b) Determine a ordem da reação de consumo de A e a constante cinética. (4 pontos)

Dados:

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 o volume do reator tubular

V_M o volume do reator de mistura perfeita

q a vazão volumétrica

C_{Ae} a concentração de A na entrada

C_{As} a concentração de A na saída

$-r_A$ é a velocidade de reação

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS

Concurso: CP-CEM/2019

Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Continuação da 4ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS

Concurso: CP-CEM/2019

Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

5ª QUESTÃO (8 pontos)

Em um balão de vidro de volume V , tem-se, inicialmente, um gás A puro. O balão é conectado a um tubo de vidro de comprimento L e diâmetro D , sendo $D \ll L$, e a outra extremidade do tubo é exposta a um amplo ambiente contendo um gás puro B. O sistema é mantido a temperatura T e pressão P . Considerando que o interior do balão é perfeitamente misturado e que no interior do tubo o processo é regido pela difusão, obtenha uma expressão, em função dos dados fornecidos, para o cálculo:

- da vazão molar de gás que sai do tubo no início do processo e apresente as hipóteses consideradas. (4 pontos)
- do tempo necessário para que a fração molar de A, no balão, atinja 0,5 e apresente as hipóteses consideradas. (4 pontos)

Dados:

D_{AB} a difusividade de A em B, m^2/s a P e T

Constante dos gases R : $8,314 \text{ J/mol.K}$

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

$$N = N_A + N_B$$

$$N_A = J_A + x_A N$$

J_A o fluxo difusivo de A, $\text{mol}/(m^2.s)$

N_A o fluxo de A relativo a um referencial fixo no espaço, $\text{mol}/(m^2.s)$

N fluxo total relativo a um referencial fixo no espaço, $\text{mol}/(m^2.s)$

ρ a densidade molar do meio, mol/m^3

x_A a fração molar de A

D_{AB} a difusividade de A em B, m^2/s

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS

Concurso: CP-CEM/2019

Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Continuação da 5ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS

Concurso: CP-CEM/2019

Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

6ª QUESTÃO (8 pontos)

O ponto de ebulição representa uma boa indicação das forças intermoleculares necessárias a serem vencidas nos diferentes compostos. Na tabela a seguir, são mostradas algumas substâncias e seus respectivos pontos de ebulição.

SUBSTÂNCIA	PONTO DE EBULIÇÃO (°C)
Metano - CH ₄	-164
Fluormetano - CH ₃ F	-78
Metanol - CH ₃ OH	65

Com base nessas informações, justifique os pontos de ebulição, indicando quais forças intermoleculares precisam ser superadas para essa mudança de estado.

Continuação da 6ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS

Concurso: CP-CEM/2019

Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

7ª QUESTÃO (8 pontos)

Num forno de preaquecimento de lingotes de aço, é utilizado um carvão cuja composição elementar é 72% de carbono, 8,8% de hidrogênio e o restante são cinzas. Os teores de enxofre e nitrogênio são desprezíveis, não há oxigênio nesse carvão, a combustão é feita com 50% de ar em excesso e a temperatura no forno é de 500°C e a pressão é de 1atm. Admitindo combustão completa, faça o que se pede.

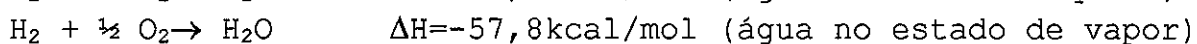
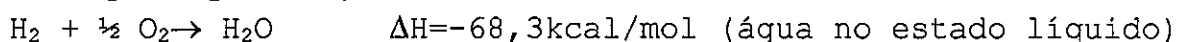
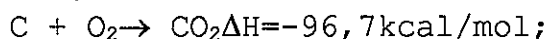
- a) Sabendo que há a necessidade de 4172600kcal/h para o aquecimento, quanto de carvão (em kg/h) será necessário para o tratamento dos lingotes? (5 pontos)
- b) Por problemas com a emissão de carbono em função do efeito estufa, foi sugerido que se utilize um outro carvão, para o mesmo serviço, que apresente a mesma composição de carbono e hidrogênio, mas com menor teor de cinzas e com um teor de oxigênio diferente de zero, no processo de combustão no forno. Essa substituição melhora o problema de emissão? Justifique sua resposta. (3 pontos)

Dados:

Composição do ar atmosférico: 21%O₂ e 79%N₂ (porcentagem molar ou volumétrica)

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

Reações termoquímicas de combustão:



$$PC(I \text{ ou } S) = - \sum n_i \Delta H_i$$

PCI = poder calorífico inferior; PCS = poder calorífico superior,

n = número de moles, ΔH_i = entalpia de combustão da substância i

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS

Concurso: CP-CEM/2019

Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

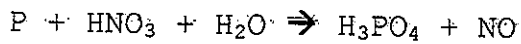
Continuação da 7ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA.

Concurso: CP-CEM/2019

8ª Questão (8 pontos)

Pode-se produzir ácido fosfórico a partir de fósforo e ácido nítrico, conforme a equação mostrada a seguir, que não está balanceada:



Após uma reação efetuada, foi recolhida uma quantidade de NO gasoso, num frasco de 49200mL. A pressão final após essa coleta foi de 1,5atm e a temperatura foi de 27°C. Sendo assim, determine:

- a) a massa (em g) de fósforo utilizada. (4 pontos)
- b) a massa (em g) de ácido fosfórico obtida. (4 pontos)

Dados:

Massas atômicas: H=1; N=14; O=16; P=31.

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/2019

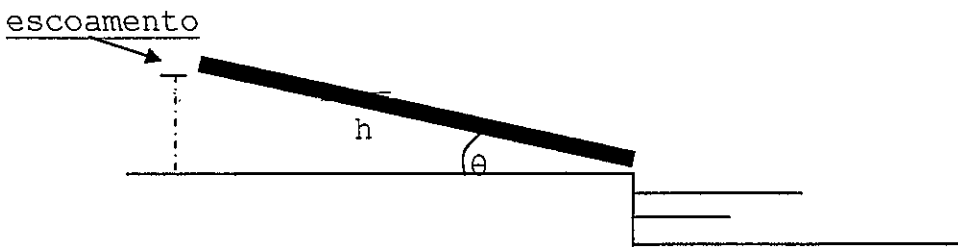
Continuação da 8ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2019

9ª Questão (8 pontos)

O escoamento de água em uma tubulação é representado na figura a seguir.



Sabendo-se que a viscosidade é $1 \times 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$, a massa específica é de 1000 kg/m^3 - ambas constantes -, o tubo, em aço-carbono, tem diâmetro de 2,1cm e comprimento de 1000m e que o bocal de entrada e o bocal de saída estão à pressão atmosférica, determine a máxima altura, h (em m), para que o fluido escoe no tubo inclinado em regime laminar.

Dados:

Regime laminar: considere $Re \leq 2100$.

Equação de Bernoulli:

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

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;

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;

lwf é a perda de energia mecânica.

Para tubos:

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

f é o fator de atrito de Fanning $f = 16/Re$;

L é o comprimento de tubulação;

v_b é a velocidade média;

D é o diâmetro interno da tubulação.

$$\text{Número de Reynolds: } Re = \frac{Dv_b\rho}{\mu}$$

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS

Concurso: CP-CEM/2019

Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Continuação da 9ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2019

Continuação da 9ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS

Concurso: CP-CEM/2019

Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

10ª Questão (8 pontos)

Os mecanismos de corrosão de um metal M envolvem reações químicas em que se tem transferência de elétrons numa dada interface. A reação anódica alimenta a reação catódica nos processos corrosivos. Assim, considere a seguinte afirmação:

Quanto maior for a acidez e maior for a concentração de oxigênio no meio corrosivo, mais intensa será a corrosão. Analise e justifique essa afirmação. Utilize, na justificativa, as equações das reações eletroquímicas adequadas.

Continuação da 10ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS

Concurso: CP-CEM/2019

Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA