

MARINHA DO BRASIL
SERVIÇO DE SELEÇÃO DO PESSOAL DA MARINHA

CONCURSO PÚBLICO PARA INGRESSO NO CORPO DE ENGENHEIROS DA
MARINHA (CP-CEM/2021)

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.

NÃO DESTACAR A PARTE INFERIOR

RUBRICA DO PROFESSOR	ESCALA DE	NOTA			USO DO SSPM
	000 A 080				

CAMPOS PREENCHIDOS PELOS CANDIDATOS	CONCURSO: CP-CEM/2021						
	NOME DO CANDIDATO:						
	Nº DA INSCRIÇÃO		DV	ESCALA DE	NOTA		
			000 A 080				

CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS (VALOR: 80 PONTOS)

1ª QUESTÃO (8 pontos)

Um líquido escoar no interior de um longo tubo. A vazão de líquido é $0,4 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ e a sua temperatura na entrada é $90 \text{ }^\circ\text{C}$. O tubo está exposto ao ambiente a $25 \text{ }^\circ\text{C}$. A transferência de calor entre a parede do tubo e o ambiente externo é expressa por um coeficiente de transferência de calor por convecção e radiação de $30 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$, referido ao diâmetro interno do tubo. O tubo tem diâmetro interno de 15 mm , parede com 1 mm de espessura e comprimento de 10 m . Com base nessas informações, faça o que se pede.

- a) Calcule o coeficiente de convecção referente à transferência de calor entre o líquido e a parede do tubo. (4 pontos)
- b) Calcule a temperatura do líquido na saída do tubo. (4 pontos)

Dados e formulário:

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

$\frac{hD}{k} = 3,66$	Regime laminar
$\frac{hD}{k} = 0,023 \cdot \text{Re}^{4/5} \text{Pr}^{1/3}$	Regime turbulento

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

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS

Concurso: CP-CEM/2021

Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Continuação da 1ª questão

Propriedades médias:

Densidade do líquido, $\rho = 900 \text{ kg.m}^{-3}$

Viscosidade do líquido, $\mu = 1.10^{-3} \text{ kg.m}^{-1}.\text{s}^{-1}$

Condutividade térmica do líquido, $k = 0,5 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$

Condutividade térmica do tubo, $k = 100 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$

Calor específico, $c_p = 4,2 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$

Número de Prandtl, $Pr = 8,0$

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS

Concurso: CP-CEM/2021

Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Continuação da 1ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS

Concurso: CP-CEM/2021

Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

2ª QUESTÃO (8 pontos)

Em operação padrão, uma turbina a vapor opera com a alimentação de vapor a 50 bar e 500 °C. O vapor sai da turbina com pressão de 4 bar. A vazão de vapor é 15000 kg.h⁻¹ e a eficiência da turbina é 85%. No caso da operação com baixa demanda, a pressão da alimentação é reduzida para 40 bar por meio de uma válvula, sendo mantidas a vazão e a pressão na saída da turbina. Considere o processo adiabático e despreze a variação de energia cinética e potencial das correntes. Com base nessas informações, faça o que se pede.

- a) No caso da operação padrão, calcule a potência fornecida pela turbina e a entalpia do vapor na saída. (4 pontos)
- b) No caso da operação com baixa demanda, calcule a potência fornecida pela turbina. Considere a eficiência de 85%. (4 pontos)

Dados:

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

$$\frac{d(mS)}{dt} = -w\Delta S + \frac{Q}{T} + S_p$$

Sendo:

m a massa; U a energia interna específica; w 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.

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS

Concurso: CP-CEM/2021

Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Continuação da 2ª questão

Tabela de propriedades termodinâmicas de vapor de água.

P (bar)	T (°C)	V (m ³ . kg ⁻¹)	U (kJ. kg ⁻¹)	H (kJ. kg ⁻¹)	S (kJ. kg ⁻¹ . K ⁻¹)
4,0	150	0,4708	2565	2753	6,930
4,0	200	0,5342	2647	2861	7,171
4,0	300	0,6548	2805	3067	7,566
4,0	400	0,7726	2964	3273	7,898
4,0	500	0,8893	3129	3485	8,191
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
50,0	500	0,0686	3091	3434	6,976

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS

Concurso: CP-CEM/2021

Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Continuação da 2ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS

Concurso: CP-CEM/2021

Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Continuação da 2ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS

Concurso: CP-CEM/2021

Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

3ª QUESTÃO (8 pontos)

Considere a reação de saponificação de uma solução de éster com uma solução de aquosa de NaOH. A reação é realizada em um reator de mistura perfeita, no qual são alimentadas continuamente duas correntes, sendo uma de solução de éster (RCOOR') com vazão de 0,8 L/s e concentração de 0,02 mol.L⁻¹ e a outra de solução de NaOH com vazão de 0,2 L.s⁻¹ e concentração de 1,0 mol.L⁻¹. A reação química é irreversível, elementar e de segunda ordem com constante cinética $k = 0,03 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$:



A operação é isotérmica, com densidade constante e em regime permanente. Considere uma conversão de 95% do éster. Com base nessas informações, faça o que se pede.

a) Calcule a quantidade de NaOH consumido na reação em mol.s⁻¹.
(4 pontos)

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

Dados e formulário:

Equações de projeto de reator de mistura perfeita e densidade constante:

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

Sendo:

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; e

$-r_A$ é a velocidade de reação.

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS

Concurso: CP-CEM/2021

Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Continuação da 3ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS

Concurso: CP-CEM/2021

Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

4ª QUESTÃO (8 pontos)

Considere 100 kg de um sólido úmido disposto em uma bandeja de um secador com ar escoando na face superior do material. A umidade inicial do sólido é de 60 % em base úmida. O período de velocidade de seca constante dura 4 h e a taxa de secagem é de $10 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$. A partir desse período, a taxa de secagem é proporcional à umidade livre do sólido em base seca. Considere que a temperatura, umidade e velocidade do ar de secagem são constantes ao longo do tempo. Sabe-se que a umidade de equilíbrio do sólido é de 5 % em base úmida. Com base nessas informações, faça o que se pede.

- a) Calcule a umidade do sólido no fim do período de velocidade constante. (4 pontos)

- b) Calcule a umidade do sólido após três horas do fim do período de velocidade constante. (4 pontos)

Continuação da 4ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2021

5ª QUESTÃO (8 pontos)

Um soluto A diluído em uma solução aquosa é adsorvido na superfície de uma partícula esférica, onde reage. A substância A difunde-se até a superfície da partícula onde reage irreversivelmente, formando uma substância que se mantém adsorvida. A partícula tem forma esférica com raio R e a fase líquida pode ser considerada como praticamente infinita. Admita a condição de regime permanente. A fase líquida é constituída apenas da espécie A e água. A temperatura, T, pressão, P, a difusividade D_{AB} e a densidade, ρ , são conhecidas. Considere a concentração de A extremamente baixa em toda a fase líquida ($x_A \rightarrow 0$).

Na superfície da partícula, ocorre a reação, com velocidade superficial de ordem zero, expressa por: $-R_A = k$. Sendo: R_A , a velocidade de consumo de A em kg de A. $m^{-2}.s^{-1}$ e k, a constante cinética em kg de A. $m^{-2}.s^{-1}$.

Sabe-se que para a posição radial $r \rightarrow \infty$, a fração mássica de A é $x_{A\infty} \ll 1$.

a) Deduza uma expressão relacionando a fração mássica de A, x_A , em função da distância radial r. (4 pontos)

b) Expresse a fração mássica de A, x_A , em função de r, considerando-se a situação de reação superficial muito rápida. (4 pontos)

Dados:

$$n_r = n_{Ar} + n_{Br}$$

$$n_{Ar} = j_{Ar} + x_A n_r$$

$$j_{Ar} = -\rho D_{AB} \frac{dx_A}{dr}$$

$$\frac{\partial \rho x_A}{\partial t} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} (r^2 n_{Ar}) = 0$$

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS

Concurso: CP-CEM/2021

Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Continuação da 5ª questão

Sendo:

n_r , n_{Ar} e n_{Br} os fluxos mássicos respectivamente total, de A e de B;
 j_{Ar} o fluxo mássico difusivo de A; x_A a fração mássica de A ; ρ a
densidade do meio; r a coordenada radial.

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2021

Continuação da 5ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2021

Continuação da 5ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2021

6ª QUESTÃO (8 pontos)

As propriedades dos aços-carbonos são muito influenciadas pela sua composição química. Apresente e justifique três características que são influenciadas pelos teores de:

a) Carbono; (4 pontos)

b) manganês. (4 pontos)

Continuação da 6ª questão

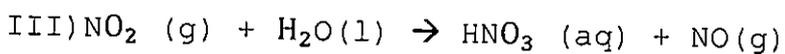
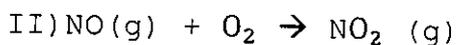
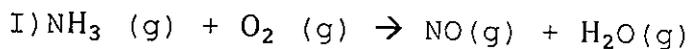
Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS

Concurso: CP-CEM/2021

Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

7ª QUESTÃO (8 pontos)

Na produção de ácido sulfúrico, as seguintes etapas são realizadas:



Sabendo que as equações apresentadas em I, II e III não estão balanceadas, faça o que se pede.

a) Apresente as equações I, II e III balanceadas. (3 pontos)

b) Para a produção de 1000L de uma solução 2M de ácido nítrico, aponte o volume de amônia (a 1atm e 25°C) necessário. (5 pontos)

Dados:

Gases ideais: $pV=nRT$, p =pressão; V =volume; n =número de mols;
 R =constante dos gases, $0,082\text{atm.L/mol.K} = 62,3\text{mmHg.L/mol.K}$;
 T =temperatura.

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS

Concurso: CP-CEM/2021

Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Continuação da 7ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS

Concurso: CP-CEM/2021

Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Continuação da 7ª questão

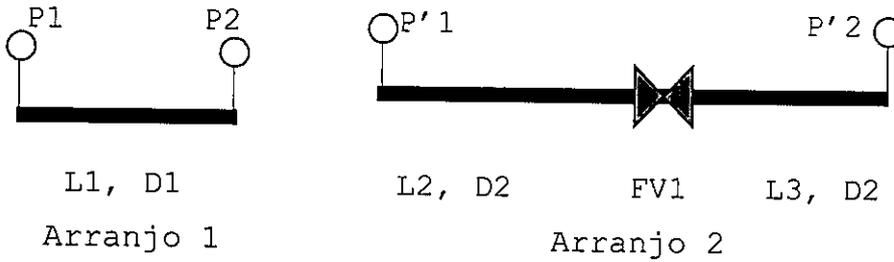
Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS

Concurso: CP-CEM/2021

Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

8ª Questão (8 pontos)

Considere as seguintes situações:



P_1 , P_2 , $P'1$, $P'2$ são manômetros. A diferença de pressão ($P_1 - P_2$) é 750 Pa e a diferença de pressão ($P'1 - P'2$) é 5020 Pa. FV_1 é uma válvula globo totalmente aberta. O comprimento L_1 é 1,5 m, o diâmetro D_1 é de 2,5 cm, o comprimento L_2 é de 80 cm, o comprimento L_3 é de 70 cm, o diâmetro D_2 é igual a 2,5 cm. Todos os tubos são confeccionados com o mesmo material. Os dois arranjos estão na horizontal. A vazão que passa pelos dois trechos mostrados é de $1,8 \text{ m}^3/\text{h}$. O fluido que escoia é água (densidade 1000 kg/m^3 e viscosidade $1 \times 10^{-3} \text{ Pa.s}$).

Com base nessas informações, determine:

- a) a perda de energia mecânica, em J/kg, total no segundo arranjo de tubos; (3 pontos)
- b) a perda de energia mecânica, em J/kg, na válvula FV_1 ; e (3 pontos)
- c) o fator de atrito de Fanning, f , para a tubulação. (2 pontos)

Continuação da 8ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2021

Continuação da 8ª questão

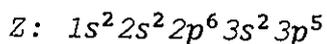
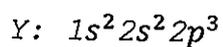
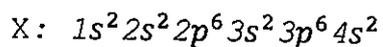
Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS

Concurso: CP-CEM/2021

Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

9ª Questão (8 pontos)

Considere os seguintes elementos com suas respectivas distribuições eletrônicas:



Com fundamento em ligações químicas, indique as fórmulas químicas para os compostos entre os elementos: X e Y; X e Z; Y e Z e os respectivos tipos de ligação química envolvidos. Justifique suas respostas.

Continuação da 9ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2021

10ª Questão (8 pontos)

Uma reação importante em química orgânica é a de esterificação. Considere a reação de esterificação entre 1 mol de ácido acético e 1 mol de álcool etílico (etanol) a 25°C. A reação é de equilíbrio e a constante de equilíbrio para essa reação é $K_c = 4$.

Com base nessas informações, apresente:

- a) a reação de esterificação entre ácido acético e álcool etílico (etanol); (2 pontos)
- b) as quantidades, em mols, das substâncias presentes no equilíbrio. (6 pontos)

Continuação da 10ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2021

