

MARINHA DO BRASIL
SERVIÇO DE SELEÇÃO DO PESSOAL DA MARINHA

CONCURSO PÚBLICO PARA INGRESSO NO CORPO DE ENGENHEIROS DA
MARINHA (CP-CEM/2022)

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/2022				
	NOME DO CANDIDATO:				
	Nº DA INSCRIÇÃO		DV	ESCALA DE	NOTA
			000 A 080		

CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS (VALOR: 80 PONTOS)

1ª QUESTÃO (8 pontos)

Uma esfera sólida de raio R aquecida é imersa em uma corrente de fluido de temperatura T_f . No interior da esfera, tem-se a geração volumétrica homogênea de calor \dot{q} (W/m^3). A transferência de calor entre a parede da esfera e o fluido é expressa por um coeficiente de transferência de calor por convecção h ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$). A esfera tem densidade ρ , calor específico c_p e condutividade térmica k . Considere a condição de regime permanente.

Formulário:

$$q'' = -k \frac{dT}{dr}$$

$$\rho c_p \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(kr^2 \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \dot{q}$$

Assim, de acordo com os dados apresentados e considerando a condição de regime permanente, expresse:

- a) a temperatura no centro da esfera, em função dos dados fornecidos (4 pontos); e
- b) a taxa de transferência de calor (em W) da esfera para o fluido, em função dos dados fornecidos. (4 pontos)

Continuação da 1ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2022

Continuação da 1ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2022

2ª QUESTÃO (8 pontos)

Considere um tanque com volume fixo de 1 m^3 , completamente evacuado e fechado. O ambiente externo ao tanque é ar com pressão de 1 bar e temperatura de 300 K. Inicia-se, então, o processo no qual uma válvula conectada ao tanque é aberta, o que permite a entrada do ar externo a 300K e 1 bar no interior do tanque. Ao final do processo a pressão no interior do tanque atinge 1 bar.

Dados:

$$\frac{d(mU)}{dt} = w_E H_E - w_S H_S + Q + W;$$

$$U = C_v T$$

$$H = C_p T$$

$$H = U + pV$$

Sendo:

m a massa; U a energia interna específica; w_E e w_S as vazões mássicas das correntes de entrada e saída, respectivamente; H_E e H_S as entalpias específicas das correntes de entrada e saída; W a potência devido ao trabalho de eixo realizado; Q a potência devido à transferência de calor; p a pressão; e V o volume específico.

Dados e propriedades do ar:

$$R = 8,314 \text{ J.K}^{-1}.\text{gmol}^{-1};$$

$$C_v = 0,7167 \text{ kJ.K}^{-1}.\text{kg}^{-1} \text{ e } C_p = 1,003 \text{ kJ.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}; \text{ e}$$

$$M_{\text{Mar}} = 0,029 \text{ kg.gmol}^{-1}.$$

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

Assim, de acordo com os dados e considerando o ar com comportamento de gás ideal, calcule:

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS

Concurso: CP-CEM/2022

Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Continuação da 2ª questão

- a) a quantidade de massa no tanque ao final da operação e o calor total transferido no processo até esse instante, supondo que a temperatura no interior do tanque é praticamente mantida igual à do ar externo. (4 pontos)
- b) a temperatura no interior do tanque e a quantidade de massa no tanque ao final da operação, supondo que não há transferência de calor entre o tanque e o exterior. (4 pontos)

Continuação da 2ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2022

Continuação da 2ª questão

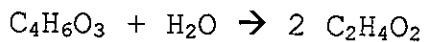
Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2022

3ª QUESTÃO (8 pontos)

A reação de hidrólise do anidrido acético pode ser considerada irreversível e, devido à alta diluição em água, de pseudo primeira ordem em relação ao anidrido. Para a temperatura de 300 K, a constante cinética é $k = 9 \text{ h}^{-1}$. A energia de ativação é de $4,5 \cdot 10^4 \text{ J.gmol}^{-1}$.

A reação é realizada em um reator tubular, com a alimentação de uma solução aquosa de anidrido com concentração $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$ e produção de 120 kg.h^{-1} de ácido acético.



A operação é isotérmica, com densidade constante e em regime permanente. Considere uma conversão de 95% do anidrido.

Dados e formulário:

Massas moleculares:

$$\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_3 = 102 \text{ g.gmol}^{-1}, \text{ H}_2\text{O} = 18 \text{ g.gmol}^{-1}, \text{ C}_2\text{H}_4\text{O}_2 = 60 \text{ g.gmol}^{-1}$$

$$\text{Equação de Arrhenius: } k = k_0 e^{-\frac{E}{RT}}$$

$$R = 8,314 \text{ J.K}^{-1}.\text{gmol}^{-1}$$

$$\text{Reator tubular: } dC_A = \frac{r_A}{q} dV_T$$

Sendo:

V_T o volume do reator tubular;

q a vazão volumétrica;

C_A a concentração de A; e

$-r_A$ a velocidade de reação.

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS

Concurso: CP-CEM/2022

Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Continuação da 3ª questão

Sendo assim, de acordo com os dados apresentados, calcule:

- a) o volume do reator necessário para a reação em temperatura constante de 300 K; e (4 pontos)

- b) a temperatura para dobrar a produção de ácido acético, mantendo-se: o mesmo volume do reator tubular (item a), a concentração na alimentação e a conversão do anidrido acético. (4 pontos)

Continuação da 3ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2022

Continuação da 3ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2022

4ª QUESTÃO (8 pontos)

Suponha que uma quantidade de água é filtrada em um filtro de areia, com leito de 1 m de profundidade, área da seção de 2 m², porosidade 0,4 e as partículas de areia são esféricas de 0,5 mm de diâmetro. O escoamento ocorre sob ação da gravidade. A superfície superior da água está aberta à atmosfera e o seu nível é mantido 0,5 m acima da superfície superior do leito. A parte inferior do leito, por onde a água sai, também é mantida à pressão atmosférica. A densidade da água é 1000 kg.m⁻³ e a viscosidade 10⁻³ Pa.s.

Dados:

$$\frac{-\Delta P D_p \epsilon^3}{\rho U^2 L (1-\epsilon)} = \frac{150}{Re} + 1,75$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$\text{Sendo: } Re = \frac{\rho U D_p}{(1-\epsilon)\mu}$$

ϵ = fração de vazios do leito; ρ = densidade do fluido; μ = viscosidade do fluido; D_p = diâmetro da partícula; L = profundidade do leito e U = velocidade superficial.

Assim, de acordo com os dados apresentados, faça o que se pede nos itens a seguir.

a) Calcule a vazão no leito em m³.s⁻¹. (6 pontos)

b) Analise a influência da temperatura na vazão de filtração. (2 pontos)

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2022

Continuação da 4ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2022

Continuação da 4ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2022

5ª QUESTÃO (8 pontos)

O gás A reage na superfície de um catalisador, formando o gás A_2 . Considere um filme de gás estagnado de espessura L , envolvendo a superfície plana do catalisador. O gás A tem fração molar y_{AL} e difunde no filme até a superfície, onde a fração molar é y_{A0} . Na superfície, tem-se a formação do gás A_2 , que difunde para fora da superfície do catalisador. A reação superficial $2A \rightarrow A_2$ é irreversível.

Dados:

$$N_z = N_{Az} + N_{Bz} ;$$

$$N_{Az} = J_{Az} + y_A N_z ;$$

$$J_{Az} = -CD_{AB} \frac{dy_A}{dz} ;$$

$$\frac{\partial Cy_A}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial z}(N_{Az}) = R_A ;$$

Propriedades:

T = temperatura;

P = pressão;

D_{AB} = difusividade; são dadas e constantes. Considere a fase gasosa ideal e regime permanente;

Sendo:

N_z , N_{Az} e N_{Bz} os fluxos molares na direção z respectivamente total, de A e de B; R_A a velocidade da reação no meio, J_{Az} o fluxo molar difusivo de A na direção z; y_A a fração molar de A; C a concentração molar do meio; z a coordenada.

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS

Concurso: CP-CEM/2022

Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Continuação da 5ª questão

Assim, de acordo com os dados apresentados, faça o que se pede nos itens a seguir.

- a) Deduza uma expressão para a fração mássica de A, y_A , em função da distância z , definida a partir da superfície. (4 pontos)

- b) No caso da reação muito rápida, deduza expressões para os fluxos molares de A e A_2 na superfície do catalisador. (4 pontos)

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2022

Continuação da 5ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2022

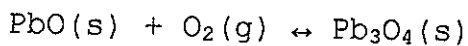
Continuação da 5ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2022

6ª QUESTÃO (8 pontos)

Óxido de chumbo II pode ser convertido a óxido de chumbo IV, pela reação de equilíbrio com o oxigênio, conforme mostrado pela equação a seguir e que não está balanceada:



A variação de entalpia para essa reação é $\Delta H = -36,8 \text{ kcal/mol}$.

Para essa reação, explique o que ocorre com o equilíbrio diante das seguintes situações:

- a) adição de oxigênio gasoso; (2 pontos)
- b) adição de óxido de chumbo IV sólido; (2 pontos)
- c) aumento da temperatura do meio reacional; e (2 pontos)
- d) aumento da pressão total sobre o sistema reacional. (2 pontos)

Continuação da 6ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2022

7ª QUESTÃO (8 pontos)

Em três frascos contendo água pura, foram adicionadas as seguintes substâncias: fenol, etanol e fenilamina. Entretanto, os frascos não foram identificados. Sabe-se que uma substância orgânica, quando em solução aquosa, pode ou não promover a alteração do pH da solução.

Dessa forma, indique e justifique como se pode identificar as substâncias adicionadas a cada frasco, medindo-se apenas o pH da solução. Para tanto, basta indicar e justificar $\text{pH} > 7$; $\text{pH} = 7$; $\text{pH} < 7$, para cada frasco.

Continuação da 7ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2022

8ª QUESTÃO (8 pontos)

Água com densidade 1000kg/m^3 e viscosidade $1 \times 10^{-3}\text{Pa}\cdot\text{s}$ escoam em uma mangueira ligada a uma tubulação, em que a pressão manométrica é de 200kPa . Uma pessoa coloca o polegar de maneira a cobrir a maior parte da saída da mangueira e, com isso, promove a formação de um fino jato de água a alta velocidade. A mangueira é mantida na vertical e o sistema está em regime permanente e o jato está à pressão atmosférica. Admitindo-se as hipóteses apresentadas nos itens a seguir, faça o que se pede.

Dados:

Aceleração da gravidade: 10m/s^2 .

Equação de Bernoulli: $\eta_p w_s + \frac{v_1^2}{2} + gz_1 + \frac{p_1}{\rho} = \frac{v_2^2}{2} + gz_2 + \frac{p_2}{\rho} + (\text{perdas})$

Em que v_i é a velocidade média do escoamento; z_i é a cota; p_i é a pressão; $\eta_p w_s$ é o trabalho de bomba fornecido ao fluido; e (perdas) são as perdas de energia mecânica.

- a) Considere que a perda de energia mecânica na tubulação, na mangueira e na saída da mangueira é desprezível. Calcule a altura, em m, atingida pelo jato de água, considerando, como referência, a saída do jato de água da mangueira. (4 pontos)
- b) Considere que a perda de energia mecânica apenas na saída da mangueira é significativa. Mostre como esse fato interfere na altura do jato de água. (4 pontos)

Continuação da 8ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2022

Continuação da 8ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2022

9ª QUESTÃO (8 pontos)

Dispõe-se de uma placa de chumbo metálico, uma placa de estanho metálico, solução de nitrato de chumbo II (1M) e nitrato de estanho II (0,1M). São conhecidas as seguintes semi-reações:



Sendo assim, apresente:

a) a reação que funciona como uma pilha. (3 pontos)

b) a força eletromotriz, em V, da pilha formada. (5 pontos)

Dado:

Equação de Nernst:

Equação de Nernst:

$$E = E^0 - \frac{0,0591}{n} \log \left(\frac{a_{\text{estado reduzido}}}{a_{\text{estado oxidado}}} \right)$$

Em que:

E é o potencial corrigido, em V;

E^0 é o potencial de equilíbrio, em V;

n é o número de elétrons envolvido na reação química;

$a_{\text{estado reduzido}}$ é a atividade da espécie, considerada em seu estado mais reduzido; e

$a_{\text{estado oxidado}}$ é a atividade da espécie, considerada em seu estado mais oxidado.

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS

Concurso: CP-CEM/2022

Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Continuação da 9ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2022

10ª QUESTÃO (8 pontos)

Nitroglicerina é conhecida por ser um explosivo com alto potencial destrutivo, empregado em grande escala. Trata-se de um líquido amarelado, com massa molecular igual a 227g/mol e densidade 1,59g/cm³. Sua fórmula química é C₃H₅(NO₃)₃, apresenta explosão com pequenos choques mecânicos e em sua decomposição, são encontrados gás nitrogênio, dióxido de carbono, água e oxigênio. Na explosão, a temperatura atinge 3360°C e 9,5 atmosferas de pressão. Num trabalho de abertura de uma passagem, foram empregados 36,093kg de nitroglicerina líquida.

Dados:

$pV = nRT$ (equação dos gases ideais) em que p = pressão; V = volume; n = número de mols de substâncias gasosas; $R = 0,082\text{atm.L/mol.K} = 62,3\text{mmHg.L/mol.K}$; e T é a temperatura.

Para essa situação, apresente:

- a) a equação balanceada da decomposição da nitroglicerina; e
(3 Pontos)
- b) o volume de gases, em m³, obtido nas condições da explosão, comparando o valor com aquele de nitroglicerina empregado.
(5 pontos)

Continuação da 10ª

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2022

Continuação da 10ª

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: CP-CEM/2022