

MARINHA DO BRASIL  
DIRETORIA DE ENSINO DA MARINHA

PROCESSO SELETIVO PARA INGRESSO NO CORPO DE ENGENHEIROS DA MARINHA  
(PS-EngNav/2009)

ENGENHARIA QUÍMICA

1ª PARTE  
INSTRUÇÕES GERAIS

- 1- A duração da prova será de 04 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 de cada parte 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:  
- PROCESSO SELETIVO/CONCURSO; 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 processo seletivo 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 PERMITIDO O USO DE CALCULADORA E RÉGUA SIMPLES.

NÃO DESTACAR A PARTE INFERIOR

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

CAMPOS PREENCHIDOS  
PELOS CANDIDATOS

PROCESSO SELETIVO: PS-EngNav/2009  
NOME DO CANDIDATO:

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

1ª PARTE: CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS (VALOR: 80 PONTOS)

1ª QUESTÃO (10 pontos)

Um material sólido úmido é processado em um secador rotativo através do contato com ar quente. 1000 kg/h de sólido, contendo 10% de umidade em base úmida, são alimentados continuamente no secador. O sólido deixa o secador com 1% de umidade em base úmida. Para a secagem, emprega-se ar com vazão em base seca de 5000 kg/h e nas seguintes condições: pressão atmosférica, temperatura de bulbo seco 110 °C e temperatura de bulbo úmido 37 °C.

- a) Calcule a quantidade de água evaporada no secador, expressa em kg/h. (5 pontos)
- b) Calcule a umidade do ar na saída do secador, expressa em kg de água/kg de ar seco. (5 pontos)

Dados: Ar a 1 atm e temperatura de bulbo seco 110 °C

$T_{BU}$ (°C )	Umidade
Temperatura de bulbo úmido	kg de água/kg de ar seco
34	0,003
37	0,010
41	0,022
45	0,036
49	0,054

Continuação da 1ª questão

Prova : 1ª PARTE  
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: PS-EngNav/09

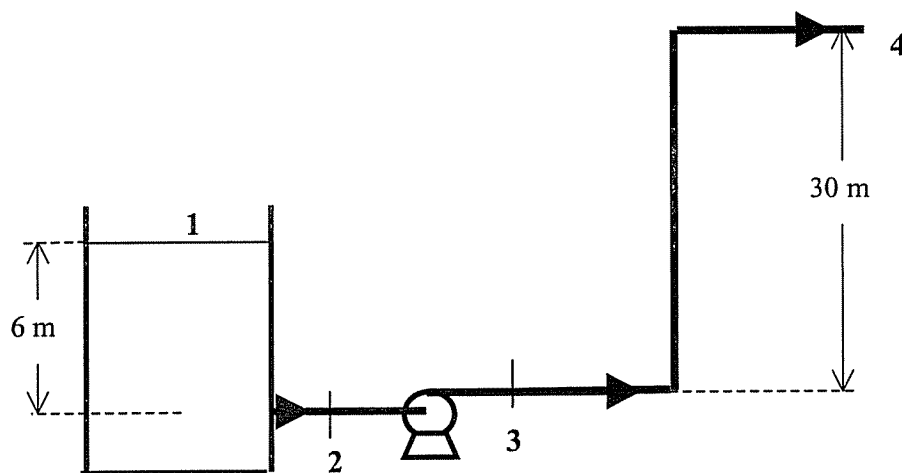
Continuação da 1ª questão

Prova : 1ª PARTE  
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: PS-EngNav/09

2ª QUESTÃO (10 pontos)

Água é bombeada com vazão de  $0,05 \text{ m}^3/\text{s}$  de um reservatório cujo nível de água está  $6 \text{ m}$  acima da sucção da bomba. A água é bombeada por uma tubulação até uma altura de  $30 \text{ m}$  acima da bomba e é descarregada para a atmosfera. A figura que segue ilustra a instalação considerada. O diâmetro da tubulação é  $6$  polegadas. A pressão relativa no ponto 2, próximo da sucção da bomba, é  $0,3 \text{ bar}$ . A pressão relativa próxima à descarga da bomba, ponto 3, é  $3,5 \text{ bar}$ . Os pontos 2 e 3 estão praticamente na mesma cota. Os pontos 1 e 4 estão à pressão atmosférica, que é igual a  $1 \text{ bar}$ .



- Estime o valor da altura suprida pela bomba, expressa em metros, e da potência útil da bomba, em W. (5 pontos)
- Determine a perda de carga entre os pontos 3 e 4, expressa em metros e em J/kg. (5 pontos)

Dados e equações:

Equação de Bernoulli:

$$\frac{v_A^2}{2g} + \frac{P_A}{\rho g} + z_A + H = \frac{v_B^2}{2g} + \frac{P_B}{\rho g} + z_B + h_{AB}$$

### Continuação da 2ª questão

$v$  é a velocidade;  $p$  é a pressão;  $z$  representa a cota do ponto;  $g$  é a aceleração da gravidade;  $\rho$  é a densidade do fluido que escoar;  $h_{AB}$  é a perda de carga do sistema entre os pontos A e B expressa em altura;  $H$  é a altura manométrica da bomba.

Densidade da água =  $1000 \text{ kg/m}^3$

$g = 10 \text{ m/s}^2$

$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ N/m}^2$

Continuação da 2ª questão

Prova : 1ª PARTE  
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: PS-EngNav/09

Continuação da 2ª questão

Prova : 1ª PARTE  
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: PS-EngNav/09



**3ª QUESTÃO** (10 pontos)

Considere a transferência de calor através da parede de um equipamento. A espessura da parede é 10 mm e a sua condutividade térmica é 50 W/(m °C). A face interna da parede é exposta a gases de combustão a 1200 °C e com coeficiente convectivo de transferência de calor  $h_1 = 100 \text{ W/(m}^2 \text{ °C)}$ . A face externa da parede é exposta à água em ebulição a 200 °C e com coeficiente convectivo de transferência de calor  $h_2 = 5000 \text{ W/(m}^2 \text{ °C)}$ .

- a) Calcule o fluxo de calor através da parede da caldeira, expresso em W/m<sup>2</sup>. (5 pontos)
- b) Calcule a temperatura da face interna da parede. (5 pontos)

Dados e equações:

O fluxo de calor (Q/A) por condução, em regime permanente, através de uma parede plana composta apenas por um material sólido é calculada por:

$$\frac{Q}{A} = \frac{k}{e}(T_1 - T_2)$$

Q = calor transferido, W

e = espessura da parede, m

A = área da superfície, m<sup>2</sup>

k = condutividade térmica da parede, W/(m °C)

(T<sub>1</sub> - T<sub>2</sub>) = diferença de temperatura das faces da parede, °C

O fluxo de calor (Q/A) por convecção, em regime permanente, através de uma superfície é calculada por:

$$\frac{Q}{A} = h(T_F - T_S)$$

Q = calor transferido, W

A = área da superfície, m<sup>2</sup>

### Continuação da 3ª questão

$h$  = coeficiente convectivo de transferência de calor referente a interface fluido/superfície,  $W/(m^2 \text{ } ^\circ C)$

$T_F$  = temperatura do fluido,  $^\circ C$

$T_S$  = temperatura da superfície,  $^\circ C$

O fluxo de calor ( $Q/A$ ) global para um sistema considerando-se condução pela parede e convecção nas superfícies é expressa por:

$$\frac{Q}{A} = U(T_{F1} - T_{F2})$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_1} + \frac{e}{k} + \frac{1}{h_2}}$$

$U$  = coeficiente global de transferência calor,  $W/(m^2 \text{ } ^\circ C)$

$T_{Fi}$  = temperatura do fluido do lado da face  $i$ ,  $^\circ C$

$h_i$  = coeficiente convectivo de transferência de calor referente a interface fluido/superfície  $i$ ,  $W/(m^2 \text{ } ^\circ C)$

Valor auxiliar:

$$\frac{1}{0,0104} = 96,15$$

Continuação da 3ª questão

Prova : 1ª PARTE  
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: PS-EngNav/09

Continuação da 3ª questão

Prova : 1ª PARTE  
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: PS-EngNav/09

Continuação da 3ª questão

Prova : 1ª PARTE  
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: PS-EngNav/09

4ª QUESTÃO (10 pontos)

Realiza-se, em um reator batelada, a reação de hidrólise de uma solução aquosa diluída de anidrido acético. Sabe-se que a hidrólise do anidrido é uma reação irreversível de primeira ordem. O reator batelada pode ser considerado como perfeitamente agitado e operando isotermicamente. A concentração inicial do anidrido é 0,2 gmol/L. Para um tempo de reação de 20 minutos, observa-se uma conversão de 95 % do anidrido. Admita densidade constante.

- a) Determine o valor da constante cinética  $k$  da reação considerada. Especifique a unidade de  $k$ . (5 pontos)
- b) Considere a mesma reação realizada em reator contínuo de mistura perfeita com volume de 1000 L e operando à mesma temperatura. Admita densidade constante e a operação em regime permanente. O reator é alimentado com uma vazão volumétrica  $q$  e a concentração de anidrido, na alimentação, é 0,2 gmol/L. Calcule a vazão volumétrica da alimentação  $q$  de modo a se obter uma conversão de 95% do anidrido. (5 pontos)

Observação: Caso não tenha calculado a constante cinética  $k$ , no item (a), adote um valor para mesma para a resolução do item (b).

Dados e equações:

Velocidade de consumo do reagente A, para uma reação elementar de ordem  $n$ :

$$-r_A = kC_A^n$$

Equações de projeto de reatores ideais:

reator em batelada, 
$$-\frac{dC_A}{dt} = -r_A$$

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

$V_M$  - volumes do reator de mistura perfeita

Prova : 1ª PARTE  
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: PS-EngNav/09

### Continuação da 4ª questão

Conversão do reagente A na reação,  $X_A$ , está relacionada com as concentrações de entrada  $C_{Ae}$  e de saída  $C_{As}$  do reator contínuo através da equação:

$$C_{As} = C_{Ae}(1 - X_A)$$

Valores auxiliar:

$$\ln(0,05) = -3,0$$

Continuação da 4ª questão

Prova : 1ª PARTE  
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: PS-EngNav/09



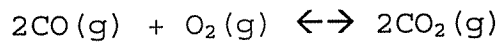
Continuação da 4ª questão

Prova : 1ª PARTE  
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: PS-EngNav/09

5ª QUESTÃO (10 pontos)

Um sistema é composto por uma mistura reacional de monóxido de carbono (CO) e oxigênio (O<sub>2</sub>). A reação que ocorre entre essas duas substâncias é:



Foram misturados 0,20 mols de CO e 4,0 mols de O<sub>2</sub>, num frasco de volume igual a 1,00L, mantido a 1000K. A constante de equilíbrio para esta reação é  $2,2 \times 10^{22}$  a 1000K.

Determine a composição resultante no equilíbrio para este sistema.

Continuação da 5ª questão

Prova : 1ª PARTE  
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: PS-EngNav/09

Continuação da 5ª questão

Prova : 1ª PARTE  
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: PS-EngNav/09

6ª QUESTÃO (10 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 neste carvão. A combustão é feita com 50% de ar em excesso. A temperatura no forno é de 500°C e a pressão é de 1atm. Admitindo combustão completa:

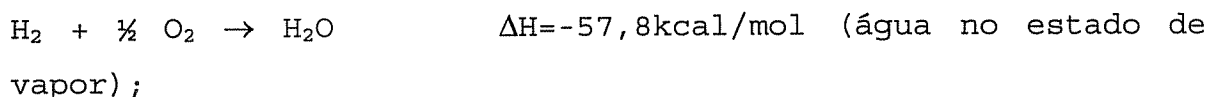
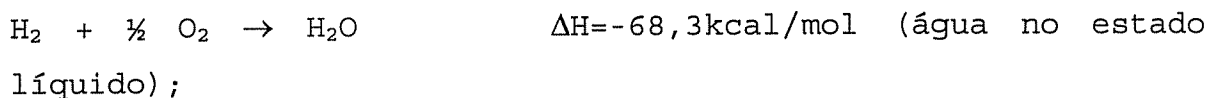
- a) calcule quanto de carvão (em kg/h) será necessário para esta operação, sabendo que se necessitam 4172600kcal/h para o aquecimento. (6 pontos)
- b) analise a seguinte situação: por problemas com a emissão de carbono em função do efeito estufa, foi sugerido que se utilize um carvão que apresente a mesma composição de carbono e hidrogênio, mas menor teor de cinzas e com um teor de oxigênio diferente de zero, no processo de combustão no forno. Esta substituição melhora o problema de emissão? Justifique. (4 pontos)

Dados:

Composição do ar atmosférico: 21%O<sub>2</sub> e 79%N<sub>2</sub> (porcentagem molar ou volumétrica).

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

Reações termoquímicas de combustão:



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

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

n = número de moles,  $\Delta H_i$  = entalpia de combustão da substância i

Prova : 1ª PARTE  
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: PS-EngNav/09

Continuação da 6ª questão

Equação dos gases ideais:  $pV=nRT$  (p=pressão; V=volume; n=número de moles;  $R=0,082 \text{ atm.L/mol.K}$ ; T=temperatura)

Continuação da 6ª questão

Prova : 1ª PARTE  
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: PS-EngNav/09

Continuação da 6ª questão

Prova : 1ª PARTE  
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: PS-EngNav/09



Continuação da 6ª questão

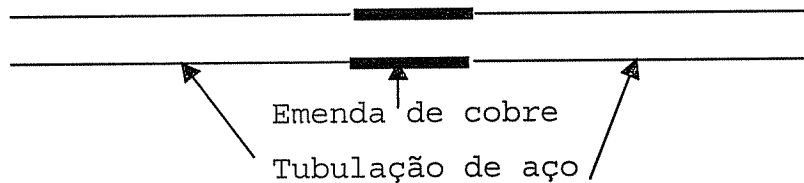
Prova : 1ª PARTE  
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: PS-EngNav/09

7ª QUESTÃO (10 pontos)

Uma tubulação de aço (ferro-carbono) é empregada para transportar água. Houve um problema na tubulação e parte dela foi substituída por cobre conforme a ilustração dada a seguir:

Fluxo de água →



- a) explique os possíveis danos que podem ocorrer nas tubulações. (5 pontos)
- b) explique como se pode fazer a correção na tubulação, sem que haja danos à mesma. (5 pontos)

Dados:



Continuação da 7ª questão

Prova : 1ª PARTE  
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: PS-EngNav/09

Continuação da 7ª questão

Prova : 1ª PARTE  
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: PS-EngNav/09

Continuação da 7ª questão

Prova : 1ª PARTE  
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: PS-EngNav/09

8ª QUESTÃO (10 pontos)

Na teoria de estudo dos gases, a primeira proposta de representação do comportamento desses, foi usar um gás ideal como modelo e daí surgiu a equação dos gases ideais:

$$pV = nRT$$

onde  $p$  = pressão;  $V$  = volume;  $n$  = número de mols;  $R$  = constante dos gases ideais e  $T$  = temperatura absoluta.

Para os gases não ideais, tem-se como equação de van der Waals representativa do comportamento dos mesmos:

$$\left( \frac{p + n^2 a}{V^2} \right) (V - nb) = nRT$$

Sobre a teoria do gases, responda:

- a) quando um gás é considerado não ideal? Justifique. (3 pontos)
- b) Qual o significado dos termos  $n^2/V^2$ ,  $a$ , e  $b$  presentes na equação de van der Waals? (7 pontos)

Continuação da 8ª questão

Prova : 1ª PARTE  
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: PS-EngNav/09

Continuação da 8ª questão

Prova : 1ª PARTE  
Profissão: ENGENHARIA QUÍMICA

Concurso: PS-EngNav/09



MARINHA DO BRASIL  
DIRETORIA DE ENSINO DA MARINHA

PROCESSO SELETIVO PARA INGRESSO NO CORPO DE ENGENHEIROS DA MARINHA  
(PS-EngNav/2009)

**ENGENHARIA QUÍMICA**

**2ª PARTE  
INSTRUÇÕES GERAIS**

- 1- Você está iniciando a 2ª parte da prova (parte básica);
- 2- Confira o número de páginas desta parte da Prova;
- 3- O candidato deverá preencher os campos:
  - PROCESSO SELETIVO;
  - NOME DO CANDIDATO; e
  - Nº DA INSCRIÇÃO e DV.
- 4- A solução deve ser apresentada nas páginas destinadas a cada questão; e
- 5- Não é permitida a consulta a livros ou apontamentos.

**NÃO DESTACAR A PARTE INFERIOR**

<b>RUBRICA DO PROFESSOR</b>	ESCALA DE	<b>NOTA</b>			<b>USO DA DE<sub>EnsM</sub></b>
		000 A 100			

CAMPOS PREENCHIDOS  
PELOS CANDIDATOS

PROCESSO SELETIVO: PS-EngNav/2009  
NOME DO  
CANDIDATO:

<b>Nº DA INSCRIÇÃO</b>		<b>DV</b>	ESCALA DE	<b>NOTA</b>			<b>USO DA DE<sub>EnsM</sub></b>
				000 A 100			

**2ª PARTE: CONHECIMENTOS BÁSICOS (VALOR: 20 PONTOS)**

**1ª QUESTÃO** (4 pontos)

Seja  $f(x) = e^{(x^3 - 6x^2)}$ ,  $x \in \mathbf{R}$ .

- a) Calcule  $f'(x)$ ,  $x \in \mathbf{R}$ . (2 pontos)
- b) Determine os pontos de mínimo local de  $f(x)$ . (1 ponto)
- c) Determine os pontos de máximo local de  $f(x)$ . (1 ponto)

**2ª QUESTÃO** (2 pontos)

Seja  $F(x,y) = (x+4x^2+y^2, (4x^2+y^2)^2)$ ,  $(x,y) \in \mathbf{R}^2$ . Calcule a integral de linha

$$\int_{\gamma} F \cdot dl$$

em que  $\gamma$  é a curva  $x^2 + \frac{y^2}{4} = 1$  percorrida uma vez no sentido anti-horário.

**3ª QUESTÃO** (2 pontos)

Determine os valores de  $x \in \mathbf{R}$  para os quais a série  $\sum_{m \geq 0} \frac{x^m}{m+1}$  converge ( $m \in \mathbf{N}$ ).

**4ª QUESTÃO** (2 pontos)

Determine os valores de  $a \in \mathbb{R}$  para os quais  $f(x,y) = a^2x^3 + xy - xy^2$  resolve a equação a derivadas parciais  $\Delta f(x,y) = 0$ , em que  $\Delta f$  é o laplaciano de  $f$ .

**5ª QUESTÃO** (4 pontos)

Um ponto material de massa 1 desloca-se no plano vertical  $xy$  (em que  $y$  é a coordenada vertical) segundo a equação horária  $r(t)=(t^3-3t^2+3t, t^4-4t^2+4t)$ ,  $0 \leq t \leq 1$ . No instante  $t=1$  o ponto começa a cair em queda livre sob ação exclusiva da força da força peso, suposta constante, com aceleração da gravidade  $g=9.8$ , até atingir o ponto  $(1,0)$  onde um anteparo absorve metade de sua energia mecânica. Após isso o ponto desloca-se em movimento retilíneo e uniforme na reta  $y=0$  com velocidade  $v=(a,0)$ ,  $a>0$ . Considere todas as unidades no sistema internacional.

Calcule:

- a) a velocidade do ponto no instante  $t=1$  seg. (1 ponto)
  
- b) o tempo gasto pelo ponto no movimento de queda livre entre  $(1,1)$  e  $(1,0)$ . (2 pontos)
  
- c) a. (1 ponto)

**6ª QUESTÃO** (3 pontos)

Um gás ocupa um recipiente de volume  $V$  submetido a uma pressão  $P$ . Esse gás expande-se de forma adiabática até duplicar o seu volume e verifica-se que a pressão ao final dessa expansão é  $P/3$ . Depois esse gás sofre outra expansão adiabática até seu volume ser  $3V$ . Calcule a pressão do gás ao final dessa nova transformação (em função de  $P$ ).

**7ª QUESTÃO** (3 pontos)

Um dipolo está colocado nos pontos  $(1,0)$  e  $(-1,0)$  com cargas respectivamente  $+q$  e  $-q$ .

- a) Calcule o valor do potencial elétrico gerado pelo dipolo no ponto  $(x,y)$ . (1 ponto)
- b) Determine os pontos em que o potencial gerado pelo dipolo é zero. (1 ponto)
- c) Considere a circunferência  $C$  de centro  $(1,0)$  e raio  $r>0$ . Prove que se  $P=(x,y)$  está em  $C$ , com  $y\neq 0$ , existe um outro ponto em  $C$ , e apenas um, onde o potencial gerado pelo dipolo é igual ao potencial em  $P$ . (1 ponto)