

MARINHA DO BRASIL  
DIRETORIA DE ENSINO DA MARINHA

CONCURSO PÚBLICO PARA INGRESSO NO CORPO DE ENGENHEIROS DA  
MARINHA (CP-CEM/2016)

**ENGENHARIA DE MATERIAIS**

**PROVA ESCRITA DISCURSIVA  
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 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) desrespeitar 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 E RÉGUA SIMPLES

**NÃO DESTACAR A PARTE INFERIOR**

<b>RUBRICA DO PROFESSOR</b>	<b>ESCALA DE</b>	<b>NOTA</b>	<b>USODA DE nsM</b>
	000A080		

<b>CAMPOS PREENCHIDOS PELOS CANDIDATOS</b>	<b>CONCURSO: CP-CEM/2014</b>									
	<b>NOME DO CANDIDATO:</b>									
	<b>Nº DA INSCRIÇÃO</b>	<b>DV</b>	<b>ESCALA DE</b>	<b>NOTA</b>	<b>USODADE nsM</b>					
		000 A080								

CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS (VALOR: 80 PONTOS)

1ª QUESTÃO (8 pontos)

Analise as figuras a seguir.

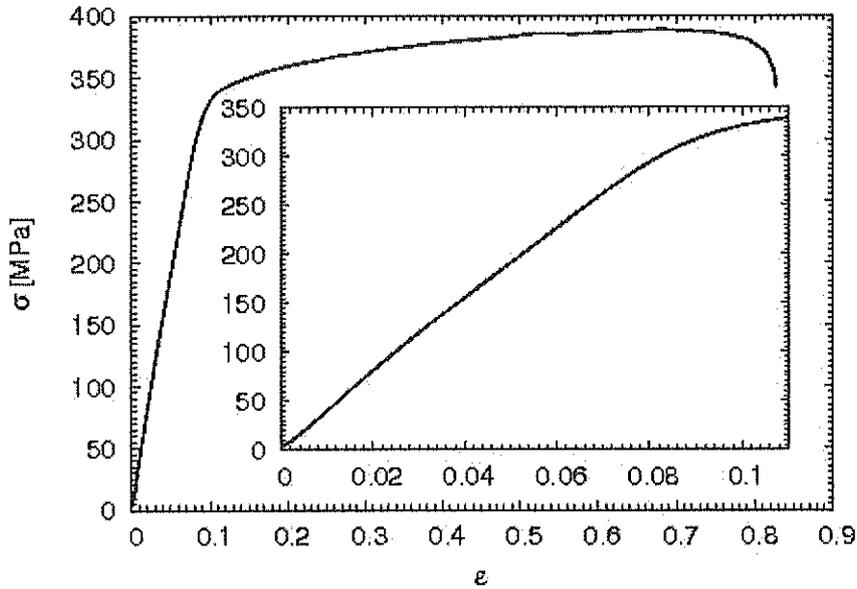


Figura 1 - Curva tensão - deformação obtida para o latão cartucho sem o uso de extensômetro.

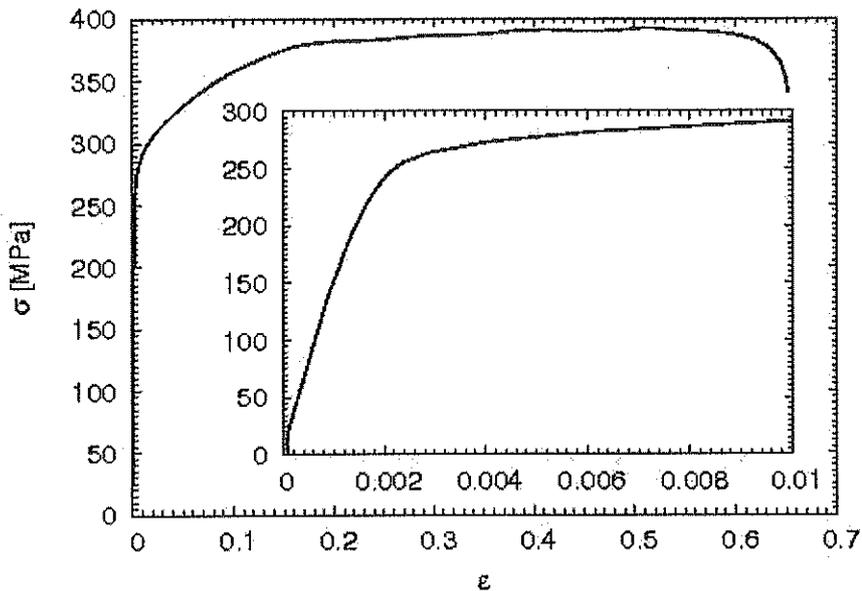


Figura 2 - Curva tensão - deformação obtida para o latão cartucho com o uso de extensômetro.

### Continuação da 1ª questão

As Figuras 1 e 2 apresentam as curvas tensão - deformação resultantes de ensaios de tração em latão cartucho (70/30). O primeiro ensaio, mostrado na Figura 1, foi executado sem extensômetro, e o segundo ensaio, mostrado na Figura 2, foi executado com extensômetro. Os ensaios foram executados em máquina universal de ensaios, e o laboratório dispõe de células de carga de 500N, 10000N, 20000N e 100000N. Em ambos os casos, a região do comportamento elástico e do escoamento está detalhada em escala ampliada. Os resultados, naturalmente, foram obtidos com dois corpos de prova diferentes, portanto diferenças entre as propriedades mecânicas podem ocorrer, mesmo sendo o mesmo material o ensaiado. Com base nesses resultados, pede-se:

- a) Calcule o módulo de Young (também conhecido como módulo de rigidez ou módulo elástico) para os dois casos. (1 ponto)
- b) Calcule o limite de escoamento com 0,2% de desvio (*offset*) para os dois casos. (2 pontos)
- c) Calcule o limite de resistência para os dois casos. (1 ponto)
- d) Diferenças são observadas nas propriedades mecânicas do latão cartucho nos dois ensaios, sendo assim, justifique essas diferenças, correlacionando ao uso ou não de extensômetro no ensaio de tração. (2 pontos)
- e) Sabendo que os corpos de prova foram fabricados de chapas com 2 mm de espessura e que tinham 12,5 mm de largura na zona útil determine qual célula de carga deveria ter sido selecionada visando a obter a melhor resolução da medida de carga nos dois ensaios. (2 pontos)

Obs.: As construções gráficas usadas para determinar os parâmetros devem ser apresentadas na resposta.

Continuação da 1ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Concurso: CP-CEM/2016

Continuação da 1ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Concurso: CP-CEM/2016

Continuação da 1ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Concurso: CP-CEM/2016

## 2ª QUESTÃO (8 pontos)

Um filme fino de carbeto de silício, no politipo 3C (cúbico), foi crescido no estado monocristalino com uma espessura aproximada de 100  $\mu\text{m}$  sobre um substrato espesso de silício. Em função do processo de fabricação (deposição por PVD), surge, na temperatura ambiente (300K), um estado de tensão no filme que é descrito pelas seguintes tensões principais:  $\sigma_1 = \sigma_2 = 75,6 \text{ MPa}$  e  $\sigma_3 = 0$  (as direções 1 e 2 estão contidas no plano do filme, a direção 3 é normal ao plano do filme). Os coeficientes de expansão térmica linear do 3C-SiC e do Si são, respectivamente,  $\alpha_{3\text{C-SiC}} = 2,77 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$  e  $\alpha_{\text{Si}} = 2,59 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$  e as relações constitutivas da elasticidade (no referencial das tensões e deformações principais) são dadas por:

$$(\epsilon_1 \ \epsilon_2 \ \epsilon_3) \times \begin{pmatrix} 395 \times 10^3 & 236 \times 10^3 & 236 \times 10^3 \\ 236 \times 10^3 & 395 \times 10^3 & 236 \times 10^3 \\ 236 \times 10^3 & 236 \times 10^3 & 395 \times 10^3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sigma_1 \\ \sigma_2 \\ \sigma_3 \end{pmatrix}$$

Com base nessas informações, pede-se:

- Desenhe o círculo de Mohr das deformações do filme na temperatura ambiente. (2 pontos)
- Assumindo que o filme e o substrato estavam em equilíbrio mecânico na temperatura de deposição, calcule qual foi essa temperatura, assumindo que as tensões residuais surgiram pela diferença de dilatação térmica entre o filme e o substrato. (4 pontos)
- Uma precisa medição da espessura do filme resultou em 93  $\mu\text{m}$  à temperatura ambiente, sendo assim, qual seria a espessura do filme sem as tensões residuais? (2 pontos)

Continuação da 2ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Concurso: CP-CEM/2016

3ª QUESTÃO (8 pontos)

a) Observe as figuras a seguir.

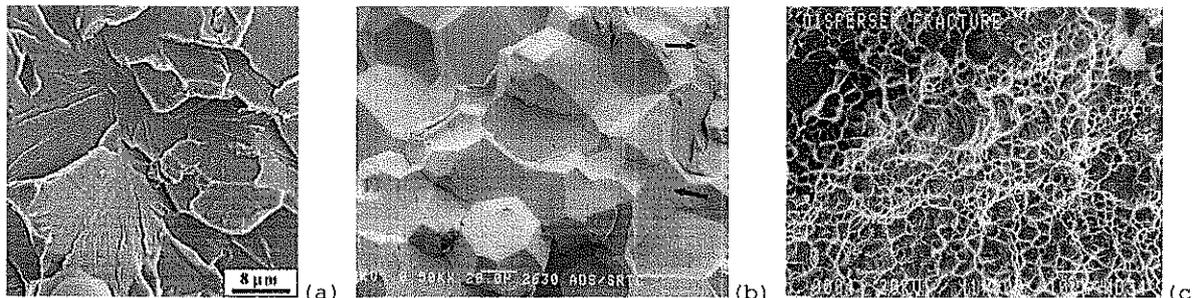


Figura 3 - Superfícies de fratura em aço AISI 1010 (a), Mo (b) e um conector de Bronze (c).

As Figuras acima mostram imagens de superfícies de fratura de um aço AISI 1010 (Figura 3a), de uma amostra de molibdênio (Figura 3b) e de um conector de Bronze (Figura 3c). Analise essas imagens e identifique, justificando sua resposta, o mecanismo responsável pela fratura em cada um desses materiais. (6 pontos)

b) Observe a figura a seguir.

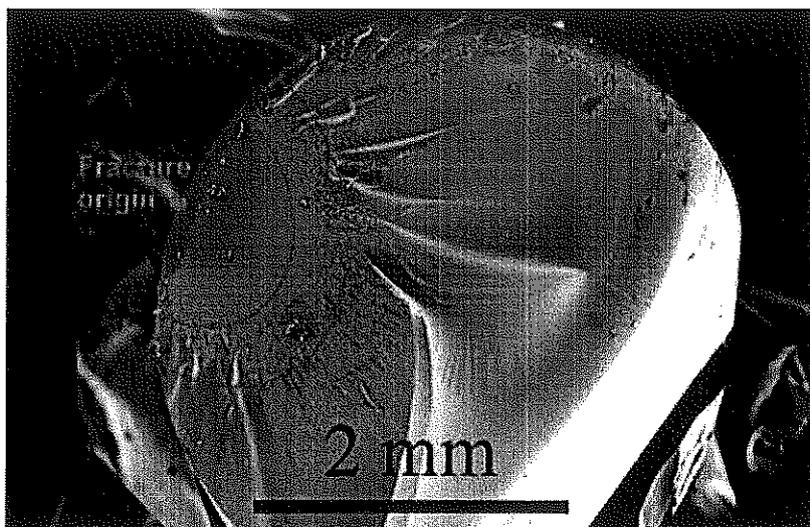


Figura 4 - superfície de fratura de um bastão de vidro que foi rompido por flexão.

Identifique e descreva as características morfológicas da superfície de fratura das três regiões delimitadas pelas linhas desenhadas e explique por que o autor da imagem identificou a origem da fratura (*fracture origin*) no ponto indicado. (2 pontos)

Continuação da 3ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Concurso: CP-CEM/2016

4ª QUESTÃO (8 pontos)

Observe a figura a seguir.

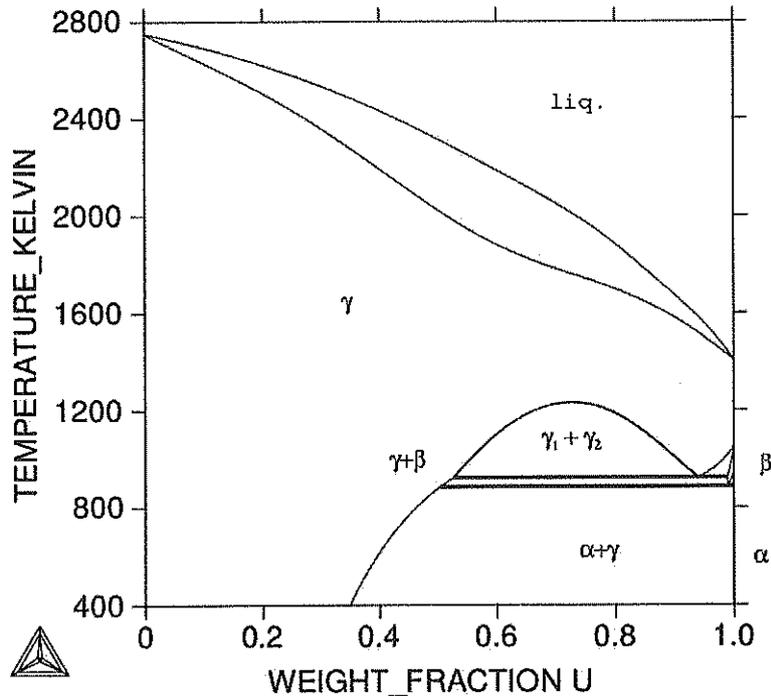


Figura 5 - Diagrama de fases do sistema Nb - U, como calculado pelo Thermo-calc.

A Figura 5 apresenta o diagrama de fases do sistema urânio - nióbio, um dos sistemas relevantes para o desenvolvimento de combustíveis nucleares metálicos. O diagrama foi calculado pelo Programa Thermo-calc e está apresentado em uma escala de temperatura medida em Kelvin (TEMPERATURE\_KELVIN) com a composição dada em fração de massa de urânio (WEIGHT\_FRACTION U). Sabe-se que o urânio puro apresenta três alótropos ( $\alpha$ , ortorrômbico,  $\beta$ , tetragonal e  $\gamma$ , cúbico de corpo centrado) que estão indicados na Figura 5. Com base nessas informações, descreva as transformações de fases que são esperadas em equilíbrio para uma liga contendo 20% em massa de nióbio, resfriada a partir de 2400K até a temperatura ambiente.

Continuação da 4ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Concurso: CP-CEM/2016

5ª QUESTÃO (8 pontos)

Observe a figura a seguir.

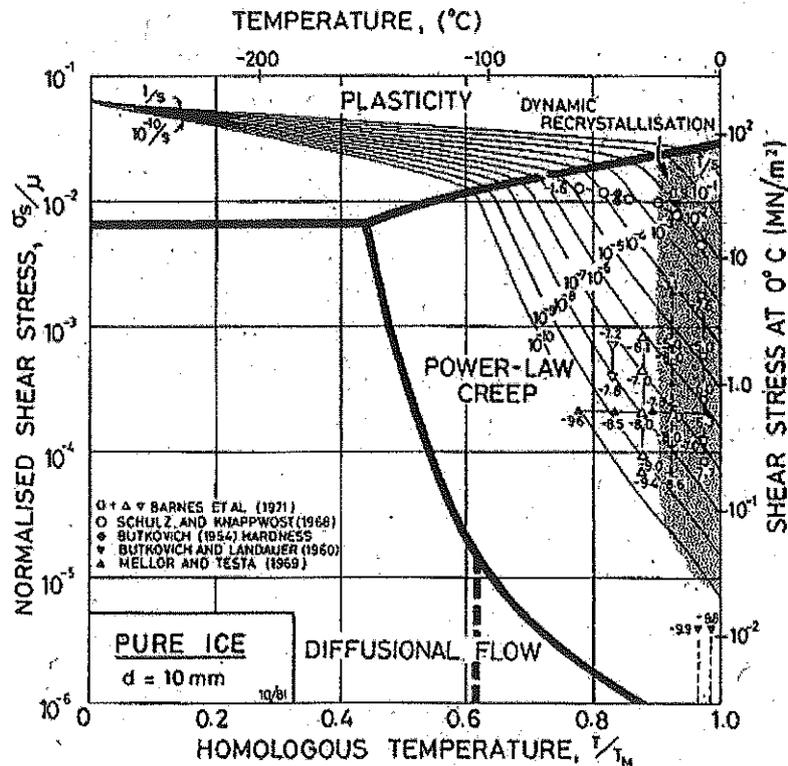


Figura 6 - Mapa de Weertmann - Ashby para o gelo com tamanho de grão de 10 mm,  $T_M$  é a temperatura de fusão do gelo ( $= 273\text{K}$ ).

A Figura 6 apresenta o mapa de Weertmann-Ashby para o gelo com tamanho de grão de 10 mm (característico de geleiras). Uma determinada geleira da Antártica pode ser modelada como uma placa de 10 km de largura, 20 km de comprimento e 2 km de espessura, que se encontra inclinada em um ângulo de  $15^\circ$  em relação ao solo. A geleira se encontra em um vale montanhoso, que restringe (ou seja, força) a geleira a ter os 10 km de largura. A temperatura média anual no local é de  $-50^\circ\text{C}$ , o módulo de cisalhamento do gelo é  $\mu = 2,91 \text{ GPa}$  e a densidade do gelo é  $0,93 \text{ g/cm}^3$ . Com base nessas informações, pede-se:

- Responda qual será a tensão atuante na geleira em função da força peso do bloco. (3 pontos)
- Determine a taxa de fluência atuante na geleira, em função da tensão atuante no bloco. (3 pontos)
- Calcule o tempo necessário para que a geleira aumente seu comprimento em 500 metros por ação da fluência. (2 pontos)

**Continuação da 5ª questão**

Dados:

Aceleração da gravidade:  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$

$\text{sen } 15^\circ = 0,2588$

$\text{cos } 15^\circ = 0,9659$

Continuação da 5ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Concurso: CP-CEM/2016

### 6ª QUESTÃO (8 pontos)

Observe a figura a seguir.

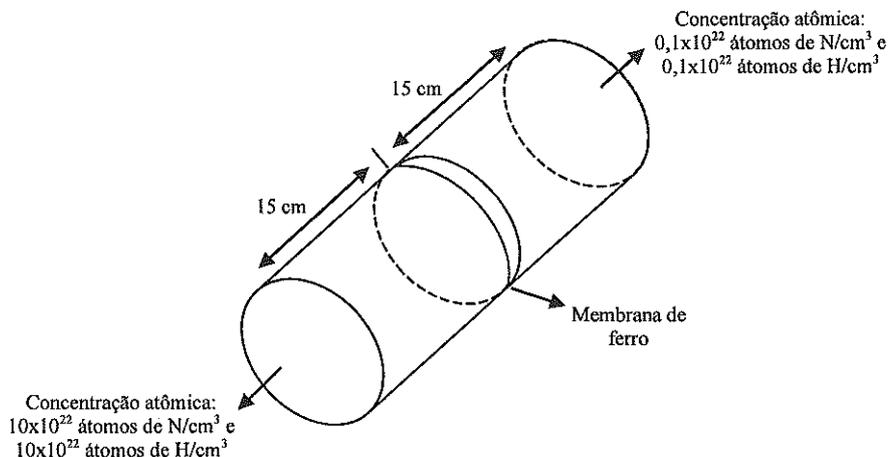


Figura 7 - Representação esquemática do tubo com a membrana de ferro.

Um tubo impermeável nas laterais, com 4 cm de diâmetro e 30 cm de comprimento, contém, de um lado, gás com concentração atômica igual a  $10 \times 10^{22}$  átomos de nitrogênio/cm<sup>3</sup> e concentração de hidrogênio de  $10 \times 10^{22}$  átomos de hidrogênio/cm<sup>3</sup>. Existe uma membrana de ferro no centro do tubo. Do outro lado do tubo, há gás a uma concentração constante de  $0,1 \times 10^{22}$  átomos de nitrogênio/cm<sup>3</sup> e  $0,1 \times 10^{22}$  átomos de hidrogênio/cm<sup>3</sup> (ver Figura 7). Continuamente, é introduzido gás no tubo, para garantir concentração constante de nitrogênio e hidrogênio. Todo o sistema está a uma temperatura de 650°C e a estrutura do ferro da membrana é CCC.

Determine a máxima e a mínima espessura que a membrana de ferro pode ter para permitir, simultaneamente, que no máximo 0,5% de nitrogênio difunda através da membrana por hora, e não mais do que 85% de hidrogênio difunda através da membrana por hora.

Dados: Suponha que o sistema se encontre em estado estacionário;  
a primeira lei de Fick (para difusão em estado estacionário) é

$$J = -D \frac{dC}{dx}$$

Onde J é o fluxo de difusão ao longo de uma única direção (ao longo de x); D é o coeficiente de difusão e  $dC/dx$  = gradiente de concentração.

Assuma que o coeficiente de difusão intersticial do N no ferro CCC =  $3,642 \times 10^{-7}$  cm<sup>2</sup>/s e o coeficiente de difusão intersticial de H no ferro CCC =  $1,864 \times 10^{-4}$  cm<sup>2</sup>/s.

Continuação da 6ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Concurso: CP-CEM/2016

Continuação da 6ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Concurso: CP-CEM/2016

Continuação da 6ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Concurso: CP-CEM/2016

**7ª QUESTÃO (8 pontos)**

Calcule a densidade do composto FeO supondo-o estequiométrico e sabendo que sua estrutura cristalina é igual à do cloreto de sódio ou sal-gema.

Dados:

Raio iônico do  $\text{Fe}^{2+}$  = 0,077 nm

Raio iônico do  $\text{O}^{2-}$  = 0,14 nm

Massa atômica do ferro = 55,8 g/mol

Massa atômica do oxigênio = 16,0 g/mol

Número de Avogadro =  $6,02 \times 10^{23}$

Continuação da 7ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Concurso: CP-CEM/2016

Continuação da 7ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Concurso: CP-CEM/2016

8ª QUESTÃO (8 pontos)

Observe a figura a seguir.

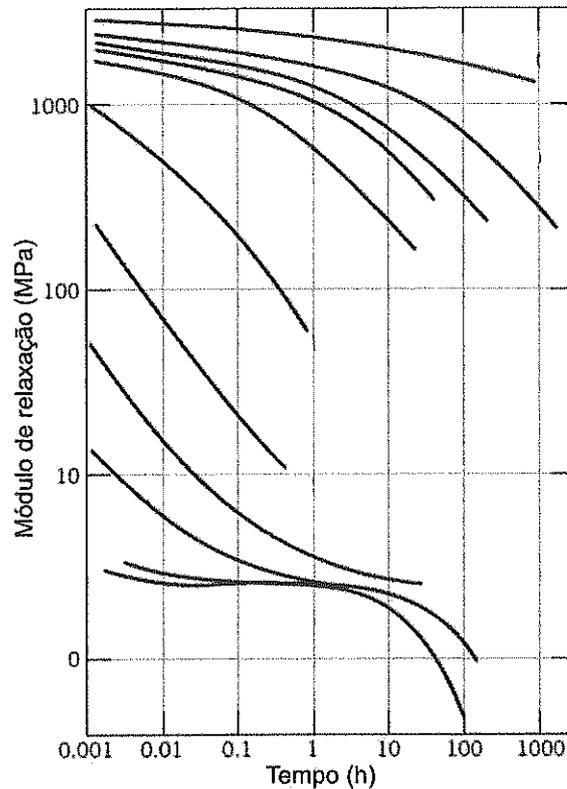


Figura 8 - Logaritmo do Módulo de relaxação em função do logaritmo do tempo, para o PMMA, a diferentes temperaturas.

Para determinar a temperatura de transição vítrea do polímero poli(metracrilato de metila) - PMMA, foram obtidas as curvas de logaritmo do módulo de relaxação em função do logaritmo do tempo, para diferentes temperaturas, variando entre 45 e 140°C. Qual procedimento deve ser utilizado para se determinar a temperatura de transição vítrea do PMMA a partir das informações constantes na figura acima?

Continuação da 8ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Concurso: CP-CEM/2016

9ª QUESTÃO (8 pontos)

Polipropileno adequado para confecção de cordas deve apresentar densidade de 0,85 a 0,912 g/cm<sup>3</sup>. Especifique a faixa de cristalinidade que o polipropileno (PP) deve apresentar para atender a essa especificação, sabendo-se que a densidade do polipropileno amorfo é de aproximadamente 0,82 g/cm<sup>3</sup>.

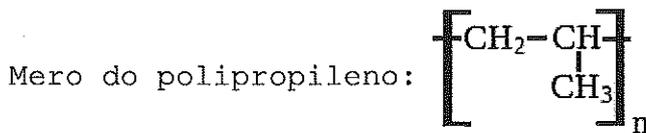
Dados:

A fração mássica de estrutura cristalina de um polímero pode ser calculada por:

$$\% \text{fase cristalina (fração mássica)} = \frac{\rho_c(\rho_s - \rho_a)}{\rho_s(\rho_c - \rho_a)} \times 100$$

$\rho_s$  = densidade do polímero;  $\rho_a$  = densidade do polímero amorfo;  $\rho_c$  = densidade do polímero complementar cristalino.

Dados obtidos por difração de raios-X do polipropileno mostram que a célula unitária do polipropileno é monoclinica, assume-se que a célula unitária do PP contém doze meros e possui os seguintes parâmetros de rede: com  $\alpha = \gamma = 90^\circ \neq \beta$ ,  $a_0 = 666 \text{ pm}$ ,  $b_0 = 2078 \text{ pm}$ ,  $c_0 = 650 \text{ pm}$ ,  $\beta = 99,6^\circ$ .



Massa atômica do carbono = 12,0 g/mol  
Massa atômica do hidrogênio = 1,0 g/mol  
Número de Avogadro =  $6,02 \times 10^{23}$

Continuação da 9ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Concurso: CP-CEM/2016

**10ª QUESTÃO (8 pontos)**

Dentre os óxidos, um dos melhores formadores de vidro que se conhece é o óxido de silício ou sílica,  $\text{SiO}_2$ . Sendo assim, faça o que se pede.

- a) Responda por que, quando se analisa a composição química de um vidro sodo-cálcico industrial, observa-se que estão presentes, além da sílica em altas porcentagens (70 a 72% em massa), diversos outros óxidos. (4,0 pontos)
- b) Explique o efeito da presença dos óxidos, que, quando adicionados à sílica, dão o nome de sódio-cálcio ao vidro industrial, ou seja, os óxidos de sódio e cálcio ( $\text{Na}_2\text{O}$  e  $\text{CaO}$ ). (4,0 pontos)

Continuação da 10ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Concurso: CP-CEM/2016