

MARINHA DO BRASIL
DIRETORIA DE ENSINO DA MARINHA

CONCURSO PÚBLICO PARA INGRESSO NO CORPO DE ENGENHEIROS DA
MARINHA (CP-CEM/2020)

ENGENHARIA DE MATERIAIS

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 noutra 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/2020								
	NOME DO CANDIDATO:								
	Nº DA INSCRIÇÃO		DV	ESCALA DE		NOTA	USO DA DE _{ns} M		
					000 A 080				

CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS (VALOR: 80 PONTOS)

1ª QUESTÃO (8 pontos)

Com relação aos processos de conformação mecânica dos metais, faça o que se pede nos itens abaixo:

- a) descreva sucintamente o processo de trefilação; (3 pontos)
- b) descreva as regiões que compõem a ferramenta de trefilação; e (2 pontos)
- c) para uma mesma redução de diâmetro de um arame circular, defina como o ângulo de trabalho de uma trefila influencia o atrito no processo de trefilação. (3 pontos)

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS

Concurso: CP-CEM/2020

Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Continuação da 1ª questão

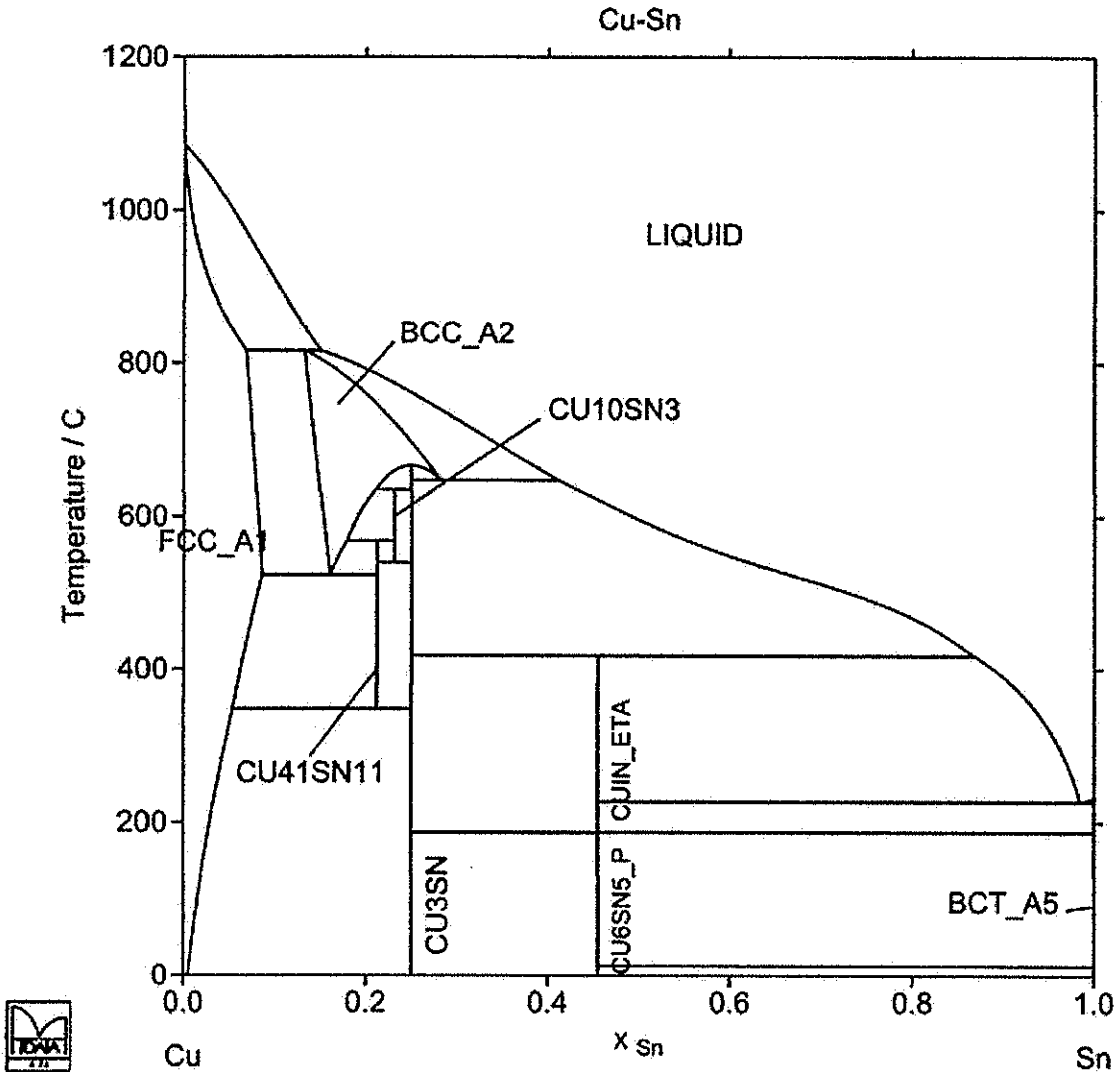
Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS

Concurso: CP-CEM/2020

Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

2ª QUESTÃO (8 pontos)

Observe o diagrama abaixo.



Dado o diagrama de fases Cu-Sn, determine: (todas as porcentagens são atômicas).

- a) a sequência de solidificação, até a temperatura ambiente, de uma liga Cu-20%Sn. Indique as temperaturas em que as reações ocorrem, quais são as reações e as fases formadas; e (6 pontos)
- b) a que composição química e que temperatura está a única reação eutética presente neste diagrama, e qual é esta reação. (2 pontos)

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS

Concurso: CP-CEM/2020

Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Continuação da 2ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS

Concurso: CP-CEM/2020

Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

3ª QUESTÃO (8 pontos)

Responda às seguintes questões sobre difusão atômica no estado sólido.

- a) O coeficiente de difusão do carbono no ferro α (CCC) a 500°C é 9 ordens de grandeza maior do que o coeficiente de autodifusão do ferro à mesma temperatura. Por que isso ocorre? (3 pontos)
- b) Em um metal policristalino, a difusão pode ocorrer não só no volume, mas ao longo de outros caminhos. Quais são esses caminhos, e como a sua utilização afeta a cinética global do fenômeno de difusão? (3 pontos)
- c) Como pode ser feita a avaliação experimental da autodifusão de um elemento metálico? (2 pontos)

Continuação da 3ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS

Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Concurso: CP-CEM/2020

4ª QUESTÃO (8 pontos)

Com relação aos fenômenos de recristalização dinâmica, e considerando um metal sendo deformado a uma temperatura igual a $0,6T_f$, em que T_f é a temperatura de fusão em Kelvin, faça o que se pede nos itens abaixo:

- a) indique duas condições em que a recristalização dinâmica descontínua pode não acontecer; e (4 pontos)
- b) defina que característica do metal pode levar a um caso como o mencionado no item (a) e como essa característica influencia esse comportamento. (4 pontos)

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS

Concurso: CP-CEM/2020

Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Continuação da 4ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS

Concurso: CP-CEM/2020

Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

5ª QUESTÃO (8 pontos)

Quando se precisa obter dados de propriedades mecânicas dos materiais para uso no modelamento de processos de conformação mecânica, é muito comum realizar ensaios de compressão ao invés de ensaios de tração uniaxial. Sabendo disso, responda o que se pede nos itens abaixo:

- a) cite duas vantagens do ensaio de compressão em relação ao ensaio de tração uniaxial; (3 pontos)
- b) descreva quais cuidados devem ser tomados para que os dados extraídos sejam aplicáveis às condições que se deseja simular; e (3 pontos)
- c) descreva como é possível saber que as condições de atrito do ensaio não estão adequadas. (2 pontos)

Continuação da 5ª questão

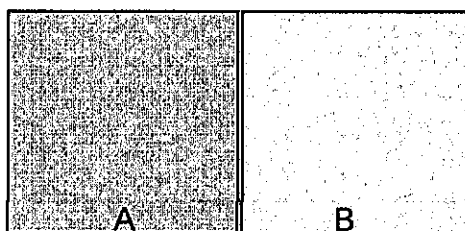
Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS

Concurso: CP-CEM/2020

Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

6ª QUESTÃO (8 pontos)

Um par de difusão é preparado utilizando-se dois metais puros A e B. O par é aquecido a 800°C por 20 horas. A concentração de B em A em uma posição distante 5,0 mm a partir da interface, dentro do metal A, é 2,5% em massa. Calcule a temperatura para o par de difusão atingir a mesma concentração (2,5% de B em A) em uma posição 2,0 mm dentro de A, a partir da interface, supondo o mesmo tempo de tratamento.



Dados:

Uma solução para a segunda lei de Fick (para difusão em estado não-estacionário ou em condições transientes) é aquela para um sólido semi-infinito, em que a concentração na superfície é mantida constante. As seguintes hipóteses são adotadas:

1 - Antes da difusão, todos os átomos de soluto em difusão que estejam presentes no sólido estão ali distribuídos uniformemente, mantendo uma concentração C_0 ;

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS

Concurso: CP-CEM/2020

Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Continuação da 6ª questão

2 - O valor de x na superfície é zero e aumenta com a distância para dentro do sólido; e

3 - O tempo zero é tomado como sendo o instante imediatamente anterior ao início do processo de difusão.

Assim, as condições de contorno são expressas por:

Para t (tempo) = 0, C (concentração) = C_0 , em $0 \leq x \leq \infty$

Para $t > 0$, $C = C_s$ (a concentração superficial constante) em $x = 0$

$C = C_0$ em $x = \infty$

A aplicação dessas condições de contorno fornece a seguinte solução para a segunda lei de Fick:

$$\frac{C_x - C_0}{C_s - C_0} = 1 - \operatorname{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{Dt}}\right)$$

em que C_x representa a concentração a uma profundidade x após decorrido um tempo t . A expressão $\operatorname{erf}(x/2\sqrt{Dt})$ é uma função erro de Gauss. D = coeficiente de difusão.

O coeficiente de difusão de B em A é dado pela expressão:

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS

Concurso: CP-CEM/2020

Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Continuação da 6ª questão

$$D = 1,5 \times 10^{-4} \exp\left(\frac{-125000}{RT}\right) \left(\frac{m^2}{s}\right)$$

na qual $R = 8,31 \text{ J/mol.K}$ e $T = \text{temperatura (K)}$

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS

Concurso: CP-CEM/2020

Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Continuação da 6ª questão

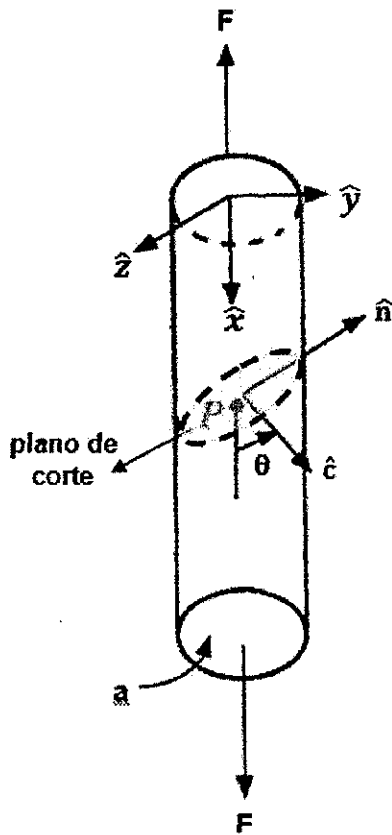
Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS

Concurso: CP-CEM/2020

Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

7ª QUESTÃO (8 pontos)

Há uma força, F , atuando sobre a haste cilíndrica polimérica mostrada na figura abaixo. A força atua na área de seção transversal denominada a .



Haste cilíndrica.

Determine quais são as tensões normais e de cisalhamento atuando no plano de corte da haste.

Sabendo que o vetor unitário \hat{n} é um vetor normal ao plano de corte, encontra-se no plano formado por \hat{x} e \hat{y} , e faz um ângulo θ com \hat{x} . O vetor unitário $\hat{n} = \cos\theta\hat{x} + \sin\theta\hat{y}$ e o vetor unitário \hat{c} é tangente ao plano de corte, na interseção entre o plano formado por \hat{x} e \hat{y} e o plano de corte, então $\hat{c} = \sin\theta\hat{x} - \cos\theta\hat{y}$.

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS

Concurso: CP-CEM/2020

Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Continuação da 7ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS

Concurso: CP-CEM/2020

Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

8ª QUESTÃO (8 pontos)

Considere o diagrama de fases $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ apresentado abaixo, e os pares de composições (% em massa) listados nos itens de (a) até (c). Para cada par, qual composição seria mais adequada para um material refratário? Justifique sua escolha.

- a) 99,8% SiO_2 - 0,2% Al_2O_3 e 95,0% SiO_2 - 5,0% Al_2O_3 (3 pontos)
- b) 70% Al_2O_3 - 30% SiO_2 e 75% Al_2O_3 - 25% SiO_2 (2 pontos)
- c) 90% Al_2O_3 - 10% SiO_2 e 95% Al_2O_3 - 5% SiO_2 (3 pontos)

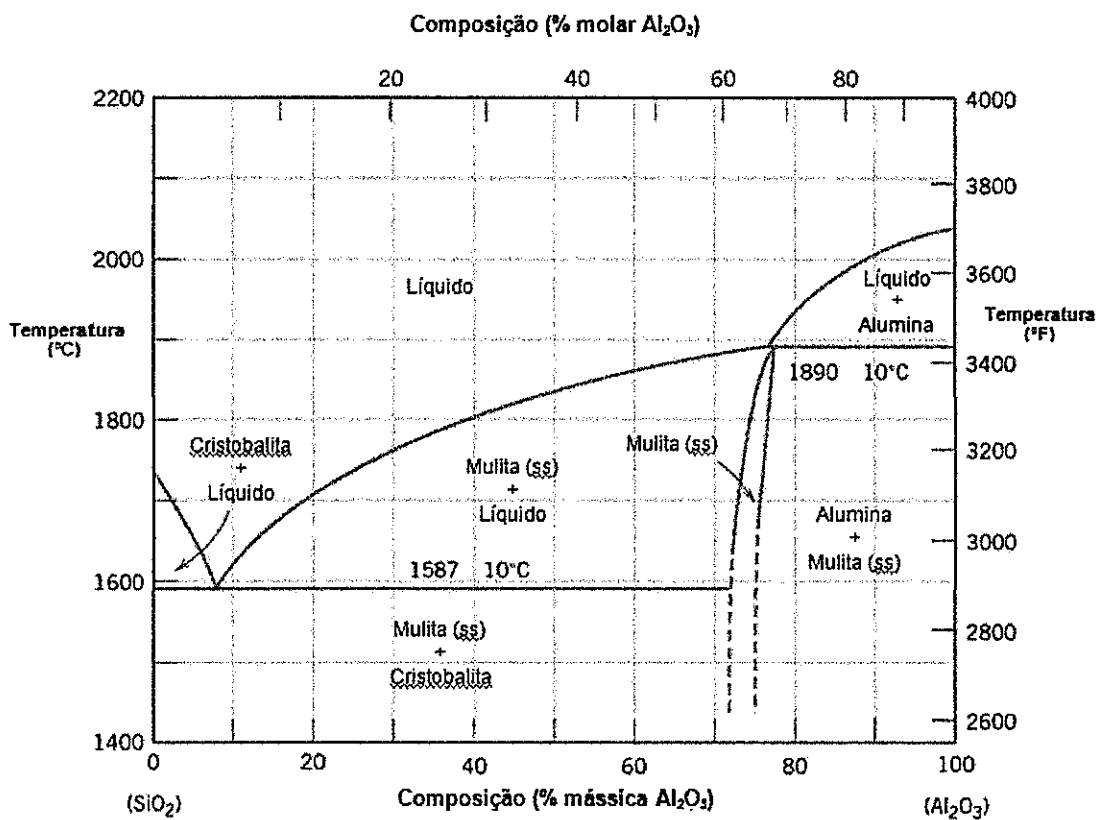


Diagrama de fases $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$.

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS

Concurso: CP-CEM/2020

Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Continuação da 8ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS

Concurso: CP-CEM/2020

Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

9ª QUESTÃO (8 pontos)

A moldagem por sopro é o processo usado para se obter produtos vazados pela expansão de um polímero no estado fundido denominado "*Parison*" (massa com a qual se forma o objeto), contra as superfícies internas de um molde. No processo contínuo, uma extrusora estática funde o material e empurra o polímero fundido através do cabeçote (bocal de saída da extrusora) para formar o *Parison*.

O material fundido que sai da extrusora passa por um capilar anular (localizado no cabeçote), onde adquire o formato de um tubo (*Parison*). Esse tubo cai dentro de um molde, com a forma de, por exemplo, uma garrafa. Quando o *Parison* cai dentro do molde, o molde fecha e um bico é introduzido na parte inferior do molde. Através desse bico, um jato de ar insufla o *Parison*, forçando o material a adquirir o formato do molde. Uma vez em contato com as paredes do molde, o material fundido é resfriado e o molde é aberto, para expelir o material moldado, já no estado sólido.

Considerando um elemento anular de fluido sujeito a uma tensão de cisalhamento dentro de um capilar (bocal de saída da extrusora), ao sair do capilar ele sofre o processo de recuperação elástica (*die swell* ou inchamento do extrudado). Se o material sair de um capilar de seção retangular, ele inchará em ambas as direções, na largura (L) e na espessura (E), e a seguinte expressão será obtida, em relação a essas 2 direções:

$$B_{SH} = B_{ST}^2$$

B_{SH} = aumento na espessura do *Parison* ao passar do capilar da extrusora para o molde

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS

Concurso: CP-CEM/2020

Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Continuação da 9ª questão

B_{ST} = aumento no diâmetro do Parison ao passar do capilar da extrusora para o molde

$$\text{Sendo } B_{SH} = h_1/h_d \text{ e } B_{ST} = D_1/D_d$$

em que: h_d e h_1 são as espessuras do Parison, antes e após passar do capilar da extrusora para o molde, respectivamente. D_d é o diâmetro do Parison no capilar da extrusora, no seu ponto médio. D_1 é o diâmetro do Parison ao passar do capilar para o molde, no seu ponto médio.

Agora vamos considerar o caso no qual o Parison é inflado, preenchendo totalmente o molde, representado por um capilar cilíndrico de raio D_m . Assumindo conservação de volume e desprezando efeitos de borda, podemos obter a seguinte relação (conforme Figura a seguir):

$$\begin{aligned}\pi D_1 h_1 &= \pi D_m h \\ h &= \frac{D_1}{D_m} h_1 \\ h &= \frac{D_1}{D_m} (h_d * B_{ST}^2) \\ h &= \frac{B_{ST} D_d}{D_m} (h_d * B_{ST}^2)\end{aligned}$$

Assim,

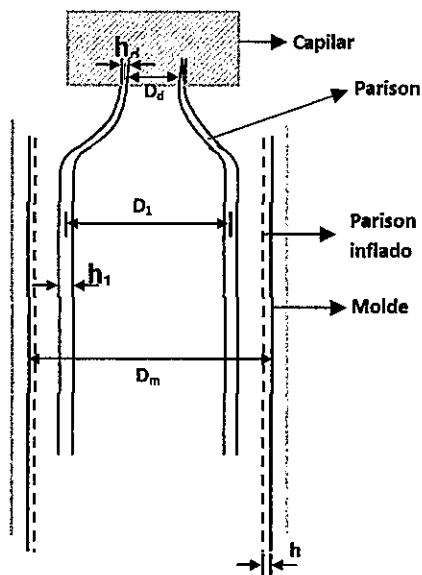
$$h = B_{ST}^3 h_d \left(\frac{D_d}{D_m} \right)$$

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS

Concurso: CP-CEM/2020

Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Continuação da 9ª questão



Considere o seguinte caso: o capilar utilizado em uma máquina de extrusão-sopro possui diâmetro externo de 30 mm e diâmetro interno de 27 mm. O Parison é inflado com uma pressão de $0,4 \text{ MN/m}^2$, para produzir uma garrafa com diâmetro de 50 mm. Se a velocidade de extrusão do Parison produz uma razão de inchamento, em relação à espessura, de 2, qual será a espessura da parede da garrafa?

Continuação da 9ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS

Concurso: CP-CEM/2020

Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

10ª QUESTÃO (8 pontos)

Em relação à estrutura dos materiais cerâmicos, faça o que se pede nos itens abaixo.

a) Suponha que o CaO seja adicionado como uma impureza no Li_2O . Se o Ca^{2+} substituir o Li^+ , qual lacuna poderia ser formada e quantas lacunas seriam criadas para cada substituição entre os cátions? Explique sua resposta. (4 pontos)

b) Suponha que o CaO seja adicionado como uma impureza no CaCl_2 . Se o O^{2-} substituir o Cl^- , qual lacuna pode ser formada e quantas lacunas seriam criadas para cada substituição? Explique sua resposta. (4 pontos)

Continuação da 10ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS

Concurso: CP-CEM/2020

Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS