

CTM – P1 – 2014.2

Nome:

Matrícula:

Assinatura:

Turma:

OBS:

Esta prova contém 7 páginas e 6 questões. Verifique antes de começar.

VOCÊ DEVE ESCOLHER APENAS 5 QUESTÕES PARA RESOLVER.

VOCÊ DEVE RISCAR NA TABELA ABAIXO

A QUESTÃO QUE NÃO SERÁ CORRIGIDA

EM CASO DE OMISSÃO SÓ SERÃO CONSIDERADAS AS 5 PRIMEIRAS QUESTÕES

Questão	Pontos	
1ª (2,0)		
2ª (2,0)		
3ª (2,0)		
4ª (2,0)		
5ª (2,0)		
6ª (2,0)		
TOTAL		

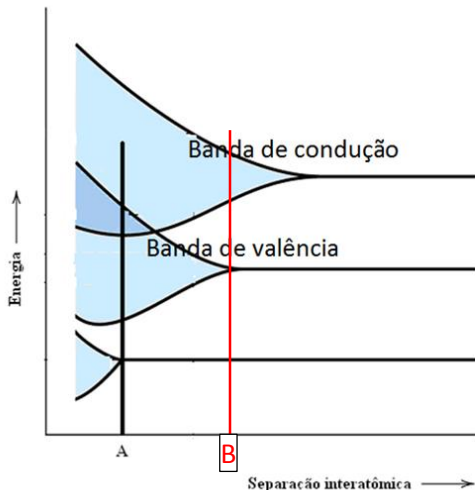
Todas as respostas devem ser justificadas.

Não é permitido usar calculadora.

As questões podem ser resolvidas a lápis, mas os resultados numéricos finais devem ser escritos com caneta.

1) Questão (2,0)

a) (1,0) O gráfico a seguir mostra um diagrama de bandas onde está marcada a distância de equilíbrio entre os átomos de um determinado material (A). Esse material poderia ser um isolante? Se sim, explique a sua resposta; se não indique uma posição interatômica que poderia retratar um isolante e explique o por quê da sua escolha.



Na distância A existe uma superposição entre as bandas de valência e de condução, o que caracteriza um material condutor, já que os elétrons da BV podem ganhar gradativamente energia (continuamente acelerados por um campo elétrico externo) passando a ocupar níveis de energia até então desocupados na BC (fenômeno que caracteriza a corrente elétrica ou fluxo de carga).

Na distância B, marcada no desenho, existe um grande "gap" entre BV e BC, caracterizando um material isolante, já que os elétrons precisam ganhar grande quantidade de energia para passar da BV para a BC (i.e., os elétrons da BV não podem ser continuamente acelerados por um campo elétrico externo).

b) (1,0) Quais são os tipos das ligações químicas primárias que um material cerâmico pode ter? Cite duas propriedades físicas dos materiais cerâmicos que têm relação direta com as características dessas ligações químicas.

As cerâmicas apresentam ligações iônicas e covalentes. Ligações fortes que dão origem ao alto ponto de fusão típico das cerâmicas bem como aos altos valores para o módulo de elasticidade. Como estas ligações não apresentam o caráter metálico, as cerâmicas também se caracterizam por apresentarem fratura frágil e boas propriedades isolante (elétrica e térmica).

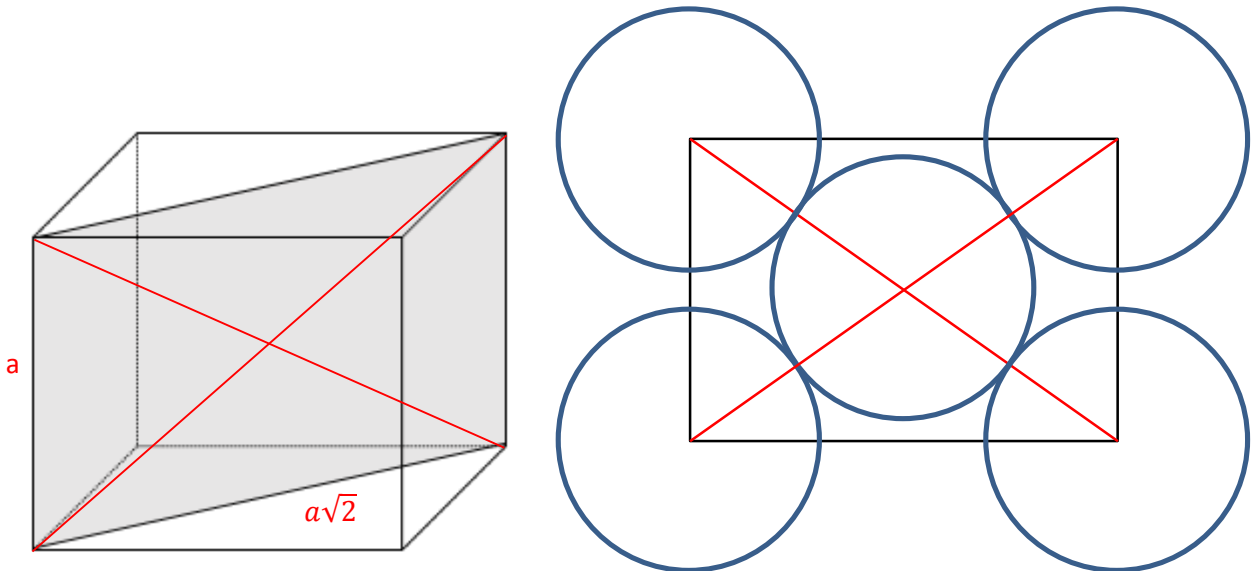
2) Questão (2,0) Considere uma rede CCC.

a) (0,5) Deduza a relação entre o comprimento da aresta (a) e o raio do átomo de solvente (R)

Neste tipo de rede os átomos de raio "R" se tocam ao longo da diagonal do cubo que representa a célula unitária, que tem lado "a". Assim

$$4R = a\sqrt{3} \text{ ou } a = 4R/\sqrt{3}$$

b) (1,0) Calcule a DAP do plano mostrado abaixo.



Desenhando o plano em questão "de frente" nota-se que a área total ocupada pelos átomos corresponde a

$$A_{\text{átomos}} = \left(1 + 4 \frac{1}{4}\right) \pi R^2 = 2\pi R^2$$

A área do plano é igual ao produto das arestas, ou seja,

$$A_{\text{plano}} = a a\sqrt{2} = a^2\sqrt{2} = \frac{16R^2}{3}\sqrt{2}$$

Assim

$$DAP = \frac{2\pi R^2}{\frac{16R^2}{3}\sqrt{2}} = \frac{3\pi}{8\sqrt{2}} = 0,833$$

c) (0,5) Desenhe as direções com DAL = 1 neste plano, se existirem.

As direções com DAL = 1 correspondem às direções em que os átomos se tocam, as diagonais do cubo, indicadas em vermelho nos desenhos acima.

3) Questão (2,0)

a) (0,6) Cite 3 tipos de defeitos pontuais.

Solutos (ou impurezas) Intersticiais, Substitucionais e Vacâncias (ou vazios ou Lacunas)

b) (1,0) Uma empresa quer produzir uma placa de titânio com a superfície endurecida pelo método de carbonetação. A temperatura do meio de carbonetação é de 925°C e o fluxo de carbono entrando na placa é $1,28 \times 10^{-9} \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$. Sabe-se que a concentração de carbono a 3 mm da superfície é de $0,28 \text{ kg/m}^3$ e a 1 mm da superfície é $0,68 \text{ kg/m}^3$. Calcule o coeficiente de difusão do carbono no titânio.

$$J = -D \frac{\Delta C}{\Delta x}$$

$$\frac{\Delta x}{\Delta C} * J = -D$$

$$D = - \frac{\Delta x}{\Delta C} * J$$

$$D = - \frac{(1 - 3) \times 10^{-3} \text{ m}}{(0.28 - 0.68) \text{ Kg/m}^3} \times 1.28 \times 10^{-9} \text{ Kg/m}^2 \cdot \text{s}$$

$$D = 6.4 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$$

c) (0,4) Se garantirmos que as concentrações nos pontos a 1 e 3 mm não são alteradas ao aumentar a temperatura, o que você espera que ocorra com o fluxo de carbono (aumenta, diminui ou não se altera)? Justifique.

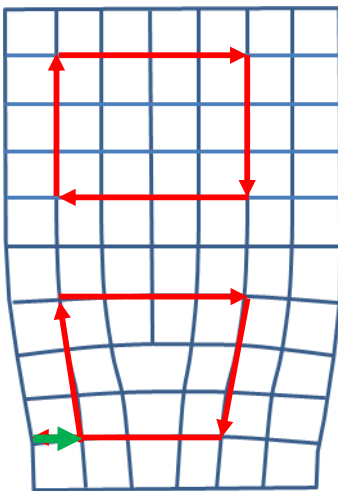
Na condição estacionária, o fluxo depende de D e da diferença de concentração entre dois pontos da amostra e como a diferença de concentração permanece a mesma e a difusividade D aumenta com a temperatura o fluxo aumenta proporcionalmente com o aumento da difusividade.

$$D = D_0 \exp\left(\frac{-Q_d}{kT}\right)$$

4) Questão (2,0)

a) (1,0) Faça uma representação esquemática de um circuito de Burgers em uma região perfeita da rede e em uma região contendo uma discordância em aresta. Diante de seu desenho, descreva as propriedades do vetor de Burgers associado à discordância em aresta presente nesta rede.

b) (1,0) Explique porque uma rede cristalina CFC é intrinsecamente mais dúctil que uma rede cristalina hexagonal, mesmo com ambas possuindo o mesmo fator de empacotamento atômico (FEA = 0,74).



Na região perfeita o circuito de Burgers volta ao seu ponto de origem após caminhar um número idêntico de parâmetros de rede em cada direção.

Ao redor de uma discordância em aresta, como na figura, o circuito de Burgers não se fecha terminando em ponto diferente da origem. O vetor necessário para retornar do ponto final até a origem é o vetor de Burgers (indicado em verde na figura ao lado).

Note que, neste caso, a discordância em aresta está perpendicular à página. O vetor de Burgers é ortogonal à discordância em aresta. Junto com a discordância define um plano que é o plano de deslizamento, horizontal na figura ao lado e ortogonal à página.

b) A rede CFC possui 12 sistemas de deslizamento formados por 4 planos compactos, cada um com 3 direções compactas. A rede HC possui somente 3 sistemas de deslizamento formados pelo plano basal e 3 direções compactas. Como a ductilidade está diretamente associada ao deslizamento de planos, quanto mais sistemas de deslizamento mais dúctil é o material, o que explica porque materiais com rede CFC são mais dúcteis do que os que tem rede HC.

5) Questão (2,0)

a) (1,0) Defina módulo de Young (módulo de elasticidade) e descreva como é possível obter seu valor em um ensaio mecânico de tração.

O módulo de Young é uma medida da resposta, ou rigidez, elástica de um material. Quando submetido a um ensaio de tração, um material apresenta uma resposta mecânica elástica (reversível) no início da curva tensão-deformação. Medindo a derivada desta curva na região elástica (linear) obtém-se o módulo de Young.

$$E = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon} \text{ na região linear}$$

b) (1,0) Considere um material com limite de escoamento de 400 MPa e módulo de elasticidade de 100 GPa.

Calcule:

- i) A carga máxima que pode ser aplicada, sem que ocorra deformação plástica, a uma amostra com seção transversal de 300 mm²;
- ii) O comprimento máximo atingido, sem deformação plástica, se o comprimento original da amostra é de 100 mm.

$$\sigma_{LE} = 400 \text{ MPa} = 400 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$

$$E = 100 \text{ GPa} = 100 \times 10^3 \text{ MPa}$$

$$A = 300 \text{ mm}^2 = 300 \times 10^6 \text{ m}^2$$

$$\sigma = E \cdot \varepsilon$$

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

i) a carga máxima será dada por

$$F = A \cdot \sigma = (300 \times 10^6) \text{ m}^2 \times (400 \times 10^6) \text{ N/m}^2 \quad F = 120\,000 \text{ N}$$

ii) Sabemos que na região elástica $\sigma = E \cdot \varepsilon$ (1)

$$\text{com } \varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \text{ (2)}$$

$$\text{Substituindo (2) em (1) teremos } \sigma = E \cdot \frac{L_f - L_0}{L_0}$$

$$\text{Resolvendo para } L_f \text{ teremos } L_f = L_0 \left(1 + \frac{\sigma}{E} \right)$$

Substituindo os valores teremos

$$L_f = 100 \text{ mm} \left(1 + \frac{400 \text{ MPa}}{100 \times 10^3 \text{ MPa}} \right) = 100,4 \text{ mm}$$

6) Questão (2,0)

a) (0,5) Qual é o princípio básico comum a todos os métodos utilizados para aumento de resistência (mecanismos de endurecimento)?

Dificultar o movimento das discordâncias.

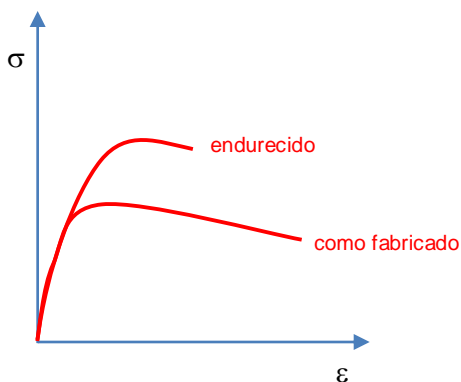
b) (0,9) Escreva o tipo do método de aumento de resistência associado às expressões escritas abaixo:

i) **Solução Sólida**: campo de tensões provocado por átomos de soluto

ii) **Encruamento ou trabalho a frio**: campo de tensões provocado por discordâncias

iii) **Redução do tamanho de grão**: contorno de grão

c) (0,6) Desenhe, em um mesmo gráfico “Tensão vs. Deformação”, as curvas esquemáticas de um material dúctil em uma condição de “como fabricado” e após ter sido submetido a um dos processos de endurecimento.



Após qualquer dos processos de endurecimento, o material se torna mais resistente e menos dúctil. Isto se caracteriza por uma curva tensão-deformação com maior valor de limite de escoamento e de resistência e menor valor de ductilidade (%EL).

O módulo de Young não muda, já que não depende dos processos de deformação plástica.