

## P1 de CTM – 2012.2

Nome:

Matrícula:

Assinatura:

Turma:

1) (1,5) Liste e classifique as ligações químicas em termos de

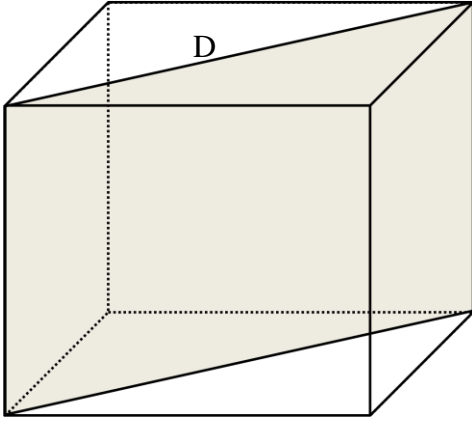
- a. Energia de ligação
- b. Direcionalidade
- c. Troca ou compartilhamento de elétrons

COLOQUE SEUS RESULTADOS NA FORMA DE UMA TABELA

Ligação	Energia	Direcionalidade	Troca ou Compartilhamento
Iônica	Alta	Não	Troca
Covalente	Alta	Sim	Compartilhamento
Metálica	Alta	Não	Compartilhamento
Van der Waals ou secundária	Baixa	Não	Nem troca nem compartilhamento

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

- (0,5)** Deduza a relação entre o comprimento da aresta (a) e o raio do átomo de solvente (R)
- (1,0)** Calcule a DAP do plano desenhado abaixo.
- (0,5)** Calcule a DAL da direção "D" assinalada.

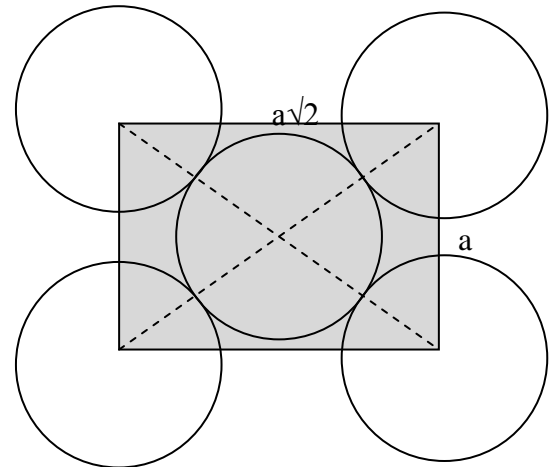


- Em uma rede CCC os átomos se tocam ao longo da diagonal do cubo de lado a. Assim  $4R = a\sqrt{3}$ .
- Baseado no desenho ao lado, pode-se notar que o plano em questão tem área  $a^2\sqrt{2}$ , e neste plano a área total ocupada por átomos equivale a  $2 \times \pi R^2$ . Assim

$$DAP = \frac{2\pi R^2}{a^2\sqrt{2}} = \frac{2\pi R^2}{\left(\frac{4R}{\sqrt{3}}\right)^2 \sqrt{2}} = \frac{2\pi R^2}{\frac{16R^2}{3}\sqrt{2}} = \frac{3\pi}{8\sqrt{2}} = 0,833$$

- Pelo desenho também é possível mostrar que ao longo da direção  $D = a\sqrt{2}$  existe um comprimento ocupado por átomos equivalente a  $2R$ . Assim

$$DAL = \frac{2R}{a\sqrt{2}} = \frac{2R}{\left(\frac{4R}{\sqrt{3}}\right)\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{3}}{2\sqrt{2}} = 0,612$$



3) (1,2) Considere uma rede cristalina de níquel ( $R_{Ni} = 0,125 \text{ nm}$ ) e dois tipos de soluto: Cu ( $R_{Cu} = 0,127 \text{ nm}$ ) e C ( $R_C = 0,071 \text{ nm}$ ). Responda:

a. Que tipo de defeito estes solutos podem formar na rede do níquel? Justifique.

Como os raios de Cu e Ni são muito próximos, o Cu formará um defeito substitucional. Já o C formará um defeito intersticial.

b. Em experimentos de difusão determinaram-se dois valores de difusividade ( $D_1 = 1 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$  e  $D_2 = 1 \times 10^{-15} \text{ m}^2/\text{s}$ ). Associe estes valores aos dois tipos de defeito. Justifique.

A difusividade intersticial é maior do que a substitucional porque os átomos de soluto são menores e existem sempre interstícios na rede, independente da temperatura. Assim,  $D_1$  corresponde à difusividade do Carbono e  $D_2$  à do Cobre.

- 4) **(1,5)** O hidrogênio é purificado de outros gases, tais como nitrogênio, vapor d'água e oxigênio, por um processo de difusão seletiva através de uma folha fina de paládio. Quantos quilos de hidrogênio passam por hora por uma folha de paládio com área de  $0,25 \text{ m}^2$  e espessura uniforme de 4 mm, mantida a temperatura de  $600^\circ\text{C}$ . O coeficiente de difusão do hidrogênio no paládio, a  $600^\circ\text{C}$ , é de  $2,0 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$  e as concentrações de hidrogênio nos lados da placa são, respectivamente, de 2,0 e 0,4 kg de hidrogênio por metro cúbico de paládio. Considere que uma condição de equilíbrio é mantida durante o processo de difusão (1ª Lei de Fick). **Realize o cálculo até o valor final.**

*Condição estacionária,  
usar a 1ª lei de Fick*

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

$$J = -2,0 \times 10^{-8} \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \left( \frac{2,0 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} - 0,4 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}}{0 - 0,004 \text{m}} \right)$$

$$J = -2,0 \times 10^{-8} \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \left( - \frac{1,6 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}}{4 \times 10^{-3} \text{m}} \right)$$

$$J = -2,0 \times 10^{-8} \frac{\text{m}^2}{\text{s}} (-0,4 \times 10^3 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^4})$$

$$J = 0,8 \times 10^{-5} \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2 \text{s}}$$

$$J = 8,0 \times 10^{-6} \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2 \text{s}}$$

*Para calcular o fluxo por hora,  
temos que multiplicar por 3600s/h:*

$$J = 8,0 \times 10^{-6} \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2 \text{s}} \cdot 3,6 \times 10^3 \frac{\text{s}}{\text{h}}$$

$$J = 28,8 \times 10^{-3} \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2 \text{h}}$$

*Tendo uma área de  $0,25 \text{ m}^2$ ,  
a membrana vai purificar  
a seguinte massa por hora:*

$$m/t = 28,8 \times 10^{-3} \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2 \text{h}} \cdot 0,25 \text{m}^2$$

$$m/t = 7,2 \times 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

- 5) **(1,0)** Uma barra com 200 mm de comprimento e tendo uma área de 50 mm<sup>2</sup> está submetida a uma força de 5 kN. Calcule o módulo de elasticidade (em GPa) do material que forma essa barra, se as deformações são apenas elásticas e se o seu comprimento máximo vale 200,2 mm.

**Realize o cálculo até o valor final.**

Por definição  $E = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon}$ . Como estamos no limite elástico podemos calcular  $\Delta\sigma$  simplesmente dividindo a força pela área da seção transversal. Além disso,  $\Delta\varepsilon$  pode ser calculado a partir dos comprimentos inicial e máximo. Portanto:

$$\Delta\sigma = \frac{5 \times 10^3 N}{50 \times 10^{-6} m} = 10^8 Pa$$
$$\Delta\varepsilon = \frac{200,2 - 200}{200} = \frac{0,2}{200} = 10^{-3}$$
$$E = \frac{10^8}{10^{-3}} = 10^{11} Pa = 100 GPa$$

- 6) (1,2) Um corpo de prova com seção transversal de  $1 \text{ cm}^2$  e comprimento de 80 mm foi ensaiado em tração até a fratura. Os dados do ensaio se perderam e restou somente uma metade do corpo de prova, mostrado na figura abaixo. Como você poderia avaliar a ductilidade deste material?



Pela imagem é possível notar que o corpo sofreu estricção, ou seja, sua seção transversal se reduziu. Assim, para avaliar a ductilidade, pode-se medir o diâmetro original e o diâmetro na estricção, calcular as áreas circulares correspondentes ( $A_0$  e  $A_F$ ) e calcular a ductilidade pela redução percentual de área, ou seja,

$$\%AR = \left( \frac{A_0 - A_F}{A_0} \right) * 100$$

**7) (1,6)**

a. **(0,6)** Qual é princípio comum aos mecanismos de endurecimento?

O princípio comum é dificultar o movimento, ou reduzir a mobilidade, das discordâncias.

b. **(1,0)** Cite um dos mecanismos e explique detalhadamente como ocorre o princípio citado.

**Redução de tamanho de grão**

As fronteiras de grão funcionam como barreiras para o movimento de discordâncias. Isto porque ao passar de um grão com uma certa orientação para outro com orientação muito diferente (fronteiras de alto ângulo) a discordância tem que mudar de direção, o que envolve muitas distorções locais na rede cristalina. Além disso, A fronteira é uma região desordenada, o que faz com que os planos de deslizamento sofram descontinuidades. Como um material com grãos menores tem mais fronteiras de grão, ele será mais resistente.

**Solução sólida**

A presença de impurezas substitucionais ou intersticiais em uma rede cristalina gera distorções. Estas distorções interagem com as tensões e deformações que existem em volta das discordâncias, contribuindo para “prender” as discordâncias, reduzindo sua mobilidade.

**Trabalho a frio**

Um material deformado extensamente em temperatura muito abaixo do seu ponto de fusão terá um forte aumento na quantidade de discordâncias. Isto gera um aumento na interação entre discordâncias, que se bloqueiam mutuamente, aumentando a resistência do material.