

**CONCURSO PÚBLICO PARA PROVIMENTO DE CARGOS NO QUADRO DE PESSOAL TÉCNICO-ADMINISTRATIVO EM EDUCAÇÃO DA UFG**

**RESPOSTAS ESPERADAS**

**ENGENHEIRO/ÁREA: ENGENHARIA DE MATERIAIS**

O Centro de Seleção da Universidade Federal de Goiás divulga as respostas esperadas oficiais da prova Teórico-Prática com abordagem discursiva. Essas respostas serão utilizadas como referência no processo de correção. Serão também consideradas corretas outras respostas que se encaixarem no conjunto de ideias que correspondem às expectativas quanto à abrangência e à abordagem do conhecimento no que se refere à competência e/ou habilidades na utilização de conceitos e/ou técnicas específicas. Respostas parciais também serão aceitas; contudo, a pontuação a elas atribuída considerará os diferentes níveis de acerto, quando for o caso.

**Questão 01**

(A) Uma estrutura formada por 4 pontos de rede do sistema cúbico é a CFC cujo os parâmetros de rede são:

$$(4R)^2 = a^2 + a^2 \quad \blacktriangleright \quad (4R)^2 = 2a^2$$

$$4R = \sqrt{2} \quad \blacktriangleright \quad a = \frac{4R}{\sqrt{2}} ; \text{ Como: } R = 0,64 \text{ nm}$$

$$a = 4 \frac{0,64}{\sqrt{2}} = 1,81 \text{ nm}$$

$$\text{Então: } \mathbf{a} = \mathbf{b} = \mathbf{c} = \frac{4R}{\sqrt{2}} = 1,81 \text{ nm}$$

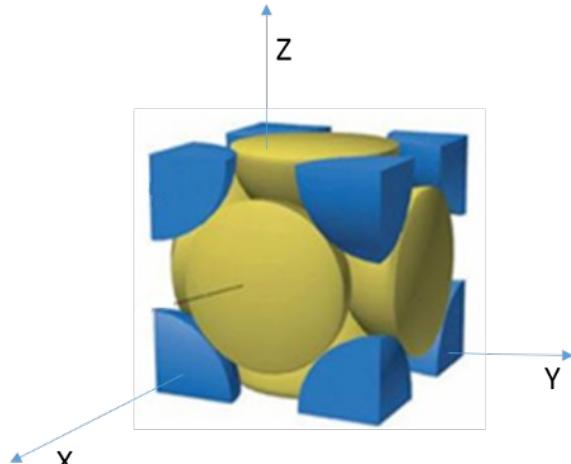
$$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$

(B) diagonal da face D[110],  $x = 4R$

$$X^2 = a^2 + a^2 = a\sqrt{2} = 4R$$

$$D(110) = \frac{n^\circ \text{ at } x \text{ tamanho do atomo}}{\text{tamanho do vetor}} = \frac{2 \times (2R)}{4R} = \frac{4R}{4R} = 1$$

$$D(110) = 100\%$$



Diagonal central d D[111] onde,

$$d^2 = (a\sqrt{2})^2 + a^2$$

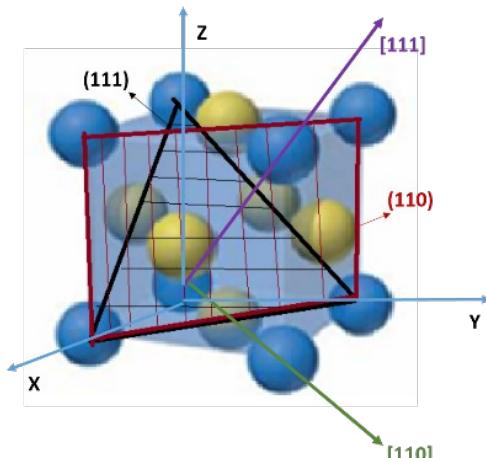
$$d^2 = 3a^2 = a\sqrt{3}$$

$$D(111) = \frac{1 \times (2R)}{a\sqrt{3}} = \frac{2R}{4Rx\sqrt{3}} = \frac{1}{2}\frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}} = 0,343 \text{ ou } 34,3\%$$

$$(C) D(111) = \frac{n^\circ \text{ atomo} \times \pi R^2}{\text{Area do plano}} = \frac{2at \pi R^2}{2} = \frac{2\pi R^2}{2\sqrt{12}R^2} = \frac{\pi}{\sqrt{12}} \text{ nm}^2$$

$$(4R)^2 = h^2 + (2R)^2 \quad \blacktriangleright \quad 16R^2 = h^2 + 4R^2$$

$$h^2 = 12R^2 \quad \blacktriangleright \quad h = R\sqrt{2}$$



$$A_t = \frac{4R \times R\sqrt{12}}{2} = 2\sqrt{12} R^2$$

$$DP(110) = \frac{2 \times \pi R^2}{a^2 \sqrt{2}} = \frac{2 \times \pi R^2}{(\frac{4R}{\sqrt{2}})^2 \sqrt{2}} = \frac{2 \times \pi R^2}{\frac{16R^2}{2} \sqrt{2}} = \frac{2\pi}{8\sqrt{2}} = \frac{\pi}{4\sqrt{2}} nm^2$$

$$Aq = a \times a \sqrt{2} = a^2 \sqrt{2}$$

**(D)** para sistema cúbico

$$\frac{1}{d^2} = \frac{h^2 + K^2 + l^2}{a^2} = d^2 = \frac{a^2}{h^2 + K^2 + l^2} = d = \sqrt{\frac{a^2}{h^2 + K^2 + l^2}}$$

Então;

$$D(110) = \sqrt{\frac{1,81^2}{(1^2 + 1^2 + 0^2)}} = \sqrt{\frac{3,2761}{2}} = \sqrt{1,63805} = 1,27986$$

$$D(111) = \sqrt{\frac{1,81^2}{(1^2 + 1^2 + 1^2)}} = \sqrt{\frac{3,2761}{3}} = \sqrt{1,09203} = 1,045003$$

**(10 pontos)**

## Questão 02

As principais técnicas para analisar a quantidade, tamanho, morfologia e distribuição das fases e defeitos cristalinos são a microscopia óptica (MO), eletrônica de varredura (MEV), eletrônica de transmissão (MET). Em menor extensão, mas em uma faixa exclusiva de alto aumento e excelente resolução, encontra aplicação a microscopia de campo iônico (MCI).

**A) MO** - consiste basicamente de um tubo ótico (caminho de luz) ligado por um conjunto de lentes a ocular e objetiva (está próxima do objeto a ser observado). Modernamente são incorporados ao tubo ótico uma série de elementos óticos tais como prismas, filtros, analisadores, espelhos, lentes e outros. Os microscópios metalográficos usam a luz refletida, entanto que aqueles para análise de polímeros, vidros ou para análise de amostras em biologia ou microbiologia usam a luz transmitida.

**MET** - consiste de um feixe de elétrons e um conjunto de lentes eletromagnéticas, que controlam o feixe, encerrados em uma coluna evacuada com uma pressão cerca de  $10^{-5}$  mm Hg, contendo cinco ou seis lentes magnéticas, além de várias bobinas eletromagnéticas de deflexão e aberturas localizadas ao longo do caminho do feixe eletrônico. Entre estes componentes, destacam-se os três seguintes pela sua importância com respeito aos fenômenos de difração eletrônica: lente objetiva, abertura objetiva e abertura seletiva de difração. A função das lentes projetoras é apenas a produção de um feixe paralelo e de suficiente intensidade incidente na superfície da amostra. Os elétrons saem da amostra pela superfície inferior com uma distribuição de intensidade e direção controladas principalmente pelas leis de difração impostas pelo arranjo cristalino dos átomos na amostra. Em seguida, a lente objetiva entra em ação, formando a primeira imagem desta distribuição angular dos feixes eletrônicos difratados. Após este processo importantíssimo da lente objetiva, as lentes restantes servem apenas para aumentar a imagem ou diagrama de difração para futura observação na tela do monitor. Deve-se finalmente destacar que embora existam em operação alguns aparelhos cuja tensão de aceleração é de 1000 kV, a maioria dos equipamentos utilizados no estudo de materiais (metálicos, cerâmicos e poliméricos) dispõe de tensão de aceleração de até 200 kV. Os MET utilizados em biologia (materiais orgânicos naturais) em geral operam na faixa de 60 a 80 kV.

**MEV** - usa de quase todos os sinais gerados pela interação entre o feixe de elétrons e o espécimen, provendo uma grande riqueza de informações adicionais sobre os materiais. No MEV, um feixe de elétrons de 5-50 KeV varre a superfície do espécimen. São produzidos raios-X, elétrons retroespelhados e elétrons secundários que são detectados e analisados por diferentes técnicas. Podem ser obtidos aumentos de até 100.000X com resoluções da ordem de 20nm. Microscópio

eletrônico de varredura funciona com os mesmos princípios do microscópio ótico, exceto que utiliza elétrons ao invés de luz para produzir uma imagem, e lentes magnéticas ao invés de lentes de vidro para focalizar o feixe. Um MEV, trabalha em vácuo seu poder de resolução é na escala 1 nm em geral, com efeitos destrutivos para a amostra. O SEM não é capaz de dar uma boa informação sobre profundidade. O princípio de funcionamento do MEV consiste na emissão de feixes de elétrons por um filamento capilar de tungstênio (eletrodo negativo), mediante a aplicação de uma diferença de potencial que pode variar de 0,5 a 30 KV. Dentro da coluna de alto vácuo, os elétrons gerados a partir de um filamento de tungstênio, por efeito termiônico, são acelerados por uma diferença de potencial entre catodo e anodo entre 0,3 kV a 30 kV. O feixe gerado passa por lentes condensadoras que reduzem o seu diâmetro e por uma lente objetiva que o focaliza sobre a amostra. Logo acima da lente objetiva existem dois estágios de bobinas eletromagnéticas responsáveis pela varredura do feixe sobre a amostra.

**B) MO** - Uma das vantagens as mais significativas da MO é a capacidade para produzir a ampliação poderosa. MO permite a análise de grandes áreas em curto espaço de tempo, além de ser de utilização simples, rápida e pouco dispendiosa. Oferece um mais de alta resolução do que o que seja possível com microscopia óptica e joga um papel importante em muitas áreas de investigação científica por este motivo. Possui uma escala de aplicações diversa na tecnologia, na indústria, e na investigação científica. Por exemplo, pode ser usada para chip de computador da inspeção, da fabricação do semicondutor, e teste da segurança do controle da qualidade. Suas propriedades originais, particularmente sua capacidade para fornecer uma imagem de alta resolução dos espécimes, fazem muito útil para diversas finalidades na prática. Nas ciências, a microscopia ótica foi de suma importância, sendo aplicada na área da química (no estudo de cristais), física (na investigação das propriedades físicas dos materiais), a geologia (na análise da composição mineralógica e textura de rochas) e, evidentemente, no campo da biologia (estudo das estruturas microscópicas da matéria viva), usada para o diagnóstico médico, campo que está sendo chamado de histopatologia quando se trata de tecidos, ou em testes de esfregaço em células livres ou fragmentos de tecido. Em uso industrial, microscópios binoculares são comuns. Além de aplicações que necessitem verdadeira percepção de profundidade, o uso de oculares duplos reduz o cansaço visual associado com longos dias de trabalho em uma estação de microscopia. Em certas aplicações, microscópios de longo foco são benéficos.

MEV - a MEV, por apresentar excelente profundidade de foco, permite a análise com grandes aumentos de superfícies irregulares, como superfícies de fratura. A MEV permite analisar imagens morfológicas de amostras (por exemplo, ver o material como um todo, revestimentos, material seccionado, folhas, até mesmo as grades; metálicas contendo amostras preparadas para microscopia eletrônica de transmissão); Imagens compostionais (através de imagens por elétrons retroespalhados). Realizar micro e nano litografia: remover o material a partir de amostras; cortar pedaços ou remover fatias progressivas a partir de amostras (por exemplo, usando um feixe de íons focalizados - FIB). Aquecer ou resfriar amostras durante a sua visualização (modo específico em alguns equipamentos). Amostras úmidas e secas podem ser visualizadas (amostras úmidas em condições específicas de operação). Ver material durante aplicação de esforços mecânicos (acessório presente em alguns equipamentos). Gerar raios-X a partir das amostras para microanálise (EDS; WDS). Estudo do comportamento optoeletrônicos de semicondutores usando o modo de cathodoluminescência. Ver mapas de orientação cristalográfica de grãos e estudo de informações relacionadas com microstrain em amostras planas (difração de elétrons retroespalhados). Difração de elétrons por difração de elétrons retroespalhados. A geometria pode ser diferente de um microscópio eletrônico de transmissão, mas a física de difração de Bragg é a mesma.

MET - a MET permite a análise de defeitos e fases internas dos materiais, como discordâncias, defeitos de empilhamento e pequenas partículas (precipitados muito finos, de dimensões nanométricas) de segunda fase, defeitos estes não observáveis por MO ou por MEV. Permite observar através do MET modulações na composição química, orientação de cristais, estrutura eletrônica e a indução da mudança da fase eletrônica bem como as comuns imagens baseadas na absorção do material.

**C) MO** - A preparação de amostras é um grande empecilho ao sucesso da microscopia óptica. Infelizmente, cada material apresenta características particulares que determinam qual o tipo de método a ser utilizado durante sua preparação. Em decorrência disso, esse procedimento, é interpretado como uma atividade tediosa e frustrante. Porém, ela é de suma importância, pois a aparência da verdadeira microestrutura da amostra pode ser parcial ou totalmente alterada, resultando em uma preparação incorreta da amostra. Este procedimento de preparação da 23 amostra para análise estrutural é conhecido como preparação metalográfica e apresenta as seguintes fases: corte da amostra – embutimento – lixamento – polimento. O corte da amostra deve ser feito de acordo com a fabricação do material, do formato do material e do objetivo da observação. Para materiais isotrópicos, a escolha da direção de corte não é tão relevante como para materiais cuja microestrutura apresenta uma orientação heterogênea. Todavia, para materiais anisotrópicos, alguns cuidados devem ser levados em consideração. No caso de amostras de elevada dureza, se necessário, deve-se recorrer a máquinas de corte com discos de corte à base alumina, carboneto de silício ou diamantados. A operação de embutimento é realizada com o

objetivo de dar um formato à amostra que seja mais fácil de ser manuseado nas operações seguintes de lixamento e polimento. Existem dois tipos de embutimento: a frio e aquente. O primeiro pode ser realizado utilizando-se uma resina polimérica à qual se adiciona catalisadores de endurecimento. Exemplos dessas são os epóxides, acrílico ou poliéster. O embutimento a quente, ocorre mais comumente através da utilização de baquelite. O lixamento e polimento pode ser feito em Politrizes usando tecidos especiais e filtros presos por adesivos ou por anéis metálicos.

MEV - A amostra pode então ser montada em um suporte metálico e metalizada para ser observada no microscópio eletrônico de varredura. Para amostras fixadas em lâminas ou lamínulas de vidro ou em filtros, pode-se utilizar peças especiais para depositar as amostras na câmara de CPD, fabricadas em aço inoxidável, que previnem a quebra dos suportes dentro da câmara evitando que a amostra seja danificada. As técnicas de preparação de amostras em forma de réplicas ou embutidas continua como uma opção importante nos casos que envolvem materiais sensíveis ao feixe eletrônico, como é o caso dos polímeros. Alguns parâmetros devem ser obedecidos para a obtenção de bons resultados. O mais importante seria a preparação da amostra, que estaria relacionada diretamente com a qualidade das análises. Para cada tipo de amostra um determinado tratamento deve ser aplicado. Os métodos propostos são: preparação de superfícies polidas, preparação de superfícies por ultramicrotoma, tingimento, fratura, ataque químico, réplica. Devido à necessidade de interação do feixe eletrônico com a amostra, alguns elétrons são absorvidos pela amostra que deve conduzi-los para o fio terra, por isso, é preciso que as amostras sejam condutoras. Caso isto não ocorra, é possível torná-las condutoras através de vários processos físicos como evaporação ou a deposição de íons (sputtering). Outro motivo para o recobrimento das amostras, é que as camadas depositadas podem melhorar o nível de emissão de elétrons, pois emitem mais elétrons que o material da amostra, facilitando a construção da imagem. Geralmente o mais utilizado é o recobrimento por deposição de íons metálicos de ouro (Au), liga de ouro-paládio (Au-Pd) ou platina (Pt), entre outros. No recobrimento a partir da evaporação, normalmente é utilizado o carbono. O revestimento com carbono é usado para recobrir regiões da superfície em que os átomos de ouro não têm cobertura efetiva, uma vez que são átomos maiores; ou ainda, quando não é desejada a incorporação de átomos na superfície como, por exemplo, para análise por raios-X para determinação de ouro ou elemento próximo a ele na tabela periódica. O carbono também é recomendado para superfícies com diferenças de altura, pois, pelo método da evaporação, os átomos espalham-se de forma mais uniforme.

MET - A preparação das amostras em um MET pode ser um processo complexo. Espécimes para METs são obrigados a ter, no máximo, centenas de nanômetros de espessura, pois do contrário radiação nêutron ou de raios X do feixe de elétrons interage rapidamente com a amostra, um efeito que aumenta aproximadamente com o quadrado do número atômico ( $z^2$ ). Amostras de alta qualidade terão uma espessura que é comparável com o caminho livre médio dos elétrons que viajam através das amostras, que pode ser apenas de umas poucas dezenas de nanômetros. A preparação de espécimes de MET é específica para o material sob análise e a informações desejadas a obter do espécime. Como tal, diversas técnicas genéricas têm sido utilizadas para a preparação das seções finas necessárias. Materiais que têm dimensões suficientemente pequenas para serem transparentes a elétrons, tais como pó ou nanotubos podem ser rapidamente preparados pela deposição de uma amostra diluída contendo o espécime em grades de apoio ou filmes. Nas ciências biológicas, a fim de suportar o vácuo do instrumento e facilitar o tratamento, as amostras biológicas podem ser fixadas usando um material de coloração negativa, tal como acetato de uranilo ou pela incorporação em plásticos. Alternativamente amostras podem ser fixadas em temperaturas de nitrogênio líquido, após a incorporação em gelo vítreo. Em ciência dos materiais e metalurgia as amostras tendem a ser naturalmente resistentes ao vácuo, mas ainda devem ser preparadas como uma folha fina, ou gravadas de modo que parte da amostra seja fina o suficiente para o feixe penetrar. Restrições sobre a espessura do material podem ser limitadas pela seção transversal de dispersão dos átomos a partir do qual o material é composto

(10 pontos)