

-- CONHECIMENTOS ESPECÍFICOS --

Em relação aos fundamentos da nanotecnologia, julgue os itens a seguir.

- 51** Os métodos *bottom-up* consistem na obtenção de nanomateriais a partir do material na escala macroscópica, ao passo que os métodos *top-down* consistem na produção de nanoestruturas construídas átomo a átomo, ou molécula por molécula, ou até mesmo através de aglomerados de átomos ou moléculas.
- 52** A nanotecnologia insere-se em vários elos da cadeia produtiva com impactos iguais em cada ramo, sendo caracterizada pela capacidade de se relacionar a nível unicamente atômico, criando grandes estruturas com elevada organização, a fim de produzir novos materiais e dispositivos com propriedades únicas.
- 53** A nanotecnologia altera as propriedades dos produtos, pois, na escala nanométrica, diferentemente das estruturas existentes na macroescala, podem ocorrer mudanças com relação à cor, à condutibilidade, à resistência, ao armazenamento de calor, entre outras.
- 54** Dadas as particularidades físico-químicas dos nanomateriais, eles raramente se degradam ou oxidam quando expostos, por exemplo, a luz, temperatura e outros compostos químicos.
- 55** Um dos grandes riscos dos nanomateriais é a alta capacidade de serem absorvidos pelos seres vivos, podendo chegar à corrente sanguínea e a praticamente qualquer órgão do corpo ao serem absorvidos por contato direto com a pele, por inalação ou por ingestão.

Julgue os itens seguintes, a respeito das propriedades dos nanomateriais.

- 56** Uma estratégia para melhorar as propriedades mecânicas de matrizes poliméricas é a adição de nanomateriais inorgânicos, formando-se nanocompósitos.
- 57** Os nanomateriais apresentam elevada razão área de superfície por volume e, conseqüentemente, uma maior densidade de átomos é encontrada na sua superfície em comparação com o interior, o que implica o aumento da reatividade desses materiais e sua conseqüente menor estabilidade química, sendo eles amplamente empregados como catalisadores.
- 58** A absorção e a emissão de luz em certos comprimentos de onda dependem fortemente do tamanho e da forma dos nanomateriais devido aos efeitos de confinamento quântico.
- 59** Semicondutores nanoestruturados tendem a apresentar maior condutividade elétrica quando comparados à sua contraparte na macroescala.
- 60** Quando uma partícula metálica ou semicondutora apresenta dimensões menores que o comprimento de onda da radiação que incide sobre esse material, pode-se observar o fenômeno óptico denominado ressonância de *plasmon* de superfície.

Julgue os próximos itens, acerca da caracterização de nanomateriais.

- 61** O potencial zeta está relacionado à carga no interior da nanopartícula.
- 62** Pode-se caracterizar completamente um nanomaterial sem que sejam quantificadas suas dimensões.
- 63** As técnicas comumente usadas para a caracterização óptica de nanomateriais são a espectroscopia na região do infravermelho com a transformada de Fourier e a espectroscopia de fotoelétrons induzidos por raios X.
- 64** As propriedades elétricas dos nanomateriais podem ser analisadas por sua resistência e(ou) por sua condutividade elétrica, utilizando-se instrumentos como um multímetro digital, um medidor de impedância, uma sonda de quatro pontas e um componente semicondutor isolante de metal.
- 65** Diferentemente da microscopia óptica, que utiliza fonte de luz visível e lentes eletromagnéticas para produzir imagens ampliadas na escala micrométrica, a microscopia eletrônica utiliza feixes de elétrons acelerados e lentes eletrostáticas para gerar imagens de alta resolução, alcançando a escala atômica.

Julgue os seguintes itens, a respeito da técnica de microscopia eletrônica de varredura.

- 66** As amostras orgânicas são compostas de elementos leves, o que facilita o espalhamento eletrônico e, conseqüentemente, o contraste na microscopia eletrônica de varredura.
- 67** Na microscopia eletrônica de varredura, os sinais emitidos encontram-se sob a forma de elétrons e de fótons, os quais são captados por detectores apropriados, sendo amplificados e processados em um sistema analisador específico para cada tipo de sinal.
- 68** O feixe de elétrons retroespalhados é gerado por efeito termoiônico, colimado através de uma coluna ótico-eletrônica e conduzido à câmara que contém a amostra; ao focalizar um ponto da amostra, esse feixe de elétrons gera sinais que são captados e amplificados, fornecendo um sinal elétrico que gera a imagem.
- 69** Na microscopia eletrônica de varredura, as amostras são espessas o suficiente para se assumir que o feixe eletrônico é totalmente desacelerado na amostra.
- 70** Quando amostras não condutoras são submetidas à ação do feixe de elétrons, ocorre o carregamento eletrostático da superfície do material; em decorrência disso, podem ocorrer contrastes irregulares, deformação e deslocamento da imagem, e microanálises de regiões diferentes das consideradas.

Julgue os itens que se seguem, relacionados ao éxciton.

- 71** O aprisionamento de éxcitons na rede cristalina se dá basicamente por três principais motivos: formação de *self-trapped* éxcitons intrínsecos; formação de defeitos (*trapped* ou *bound* éxcitons); e formação de *self-trapped* éxcitons extrínsecos.
- 72** Um éxciton pode mover-se e transportar energia e carga, sendo, nesse aspecto, semelhante ao positrônio, que é formado por um elétron e um pósitron.
- 73** Quando o tamanho físico do semiconductor é reduzido a tamanho menor que o raio de Bohr do éxciton, que é a distância média entre o elétron e o buraco, ocorre o efeito chamado de confinamento quântico, em que a natureza quântica do éxciton é exposta ao tamanho do cristal.
- 74** Um éxciton de Frenkel pode mover-se no interior de um cristal, mas o elétron se mantém nas proximidades do buraco.
- 75** Há éxcitons em duas aproximações limitantes diferentes: a de Frenkel, na qual o éxciton é fracamente ligado, com uma separação elétron-buraco grande em comparação a uma constante de rede; e a de Mott e Wannier, na qual o éxciton é pequeno e fortemente agrupado.

Em relação a diodos emissores de luz (LED), julgue os itens que se seguem.

- 76** Em geral, ao se conectar o anodo de um LED ao terminal negativo e o catodo ao terminal positivo de uma fonte de corrente contínua, o dispositivo tende a não emitir luz.
- 77** A cor da luz emitida por um LED depende fundamentalmente da frequência de luz incidente, razão pela qual o encapsulamento desses dispositivos tende a ser transparente ou translúcido.
- 78** Antes do processo de recombinação, a diferença entre as energias do elétron e do buraco em um LED azul é maior do que a diferença entre as energias do elétron e do buraco em um LED vermelho.
- 79** Um LED precisa ser construído a partir de um semiconductor inorgânico, pois o *gap* existente nesse material é necessário para a criação da região de depleção.
- 80** O LED é um dispositivo tipicamente não ôhmico; portanto, a resistência elétrica observada em determinado ponto de operação não pode ser calculada pela razão entre a tensão aplicada e a corrente que flui pelos seus terminais.

Acerca dos fotodetectores, julgue os itens a seguir.

- 81** Um fotodetector pode ser utilizado na entrada de um receptor óptico para converter o sinal elétrico em sinal óptico.
- 82** Fotodetectores somente convertem em sinal elétrico a radiação na região espectral do visível.
- 83** Respeitada a faixa de funcionamento nominal de cada dispositivo, em altas temperaturas, o ruído de Johnson-Nyquist é minimizado, razão pela qual nesse regime o uso de fotomultiplicadores é, em regra, preferível ao uso de fotodiodos.
- 84** Efeitos de difusão, isto é, o movimento de carga decorrente da diferença de concentração de portadores, são importantes para o funcionamento de fotodetectores que se baseiem em materiais semicondutores.
- 85** Mapeando-se o comportamento da variação da resistência elétrica de um dispositivo na presença de luz a ponto de gerar uma função e atribuir uma escala, será possível conceber-se um tipo de fotodetector.

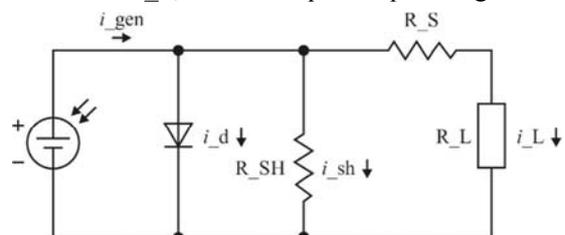
No que se relaciona ao *laser* e aos fenômenos responsáveis por seu funcionamento, julgue os itens subsequentes.

- 86** Para um laser típico, a intensidade do feixe decai com o quadrado da distância da fonte.
- 87** Ocorre inversão da população quando a quantidade de átomos no estado excitado supera a de átomos no estado fundamental, o que faz que a quantidade de fótons emergentes aumente.
- 88** No processo de emissão espontânea, o sistema tende a emitir radiação de forma isotrópica em relação à direção de propagação, sem uma relação de fase bem definida.
- 89** A radiação tipicamente emitida por um *laser* tem comprimento de onda da ordem de alguns metros, o que explica seu alto poder de penetração.
- 90** Para que o processo de emissão estimulada ocorra, é necessário que haja um nível superior com energia igual à do fóton incidente.

Em relação à fotônica em silício, julgue os itens que se seguem.

- 91** Uma das desvantagens da fotônica em silício é sua restrição ao regime de baixas e médias frequências, de até 10 KHz, o que torna limitada a perspectiva de aplicação do campo em telecomunicações.
- 92** Um dos desafios para o desenvolvimento da fotônica em silício é a dispersão de luz no material.
- 93** O especial interesse em utilizar-se silício em fotônica decorre da transparência do material para o espectro visível, o que permite a concepção de sistemas que aliem transporte de carga e de radiação com eficiência.
- 94** Um passo importante para o desenvolvimento de um circuito integrado fotônico foi a integração de uma junção p-n a um guia de onda, criando-se um modulador de fase.
- 95** O estado da arte da fotônica em silício permite a concepção de circuitos integrados fotônicos que funcionem em ambientes de altas temperaturas, razão por que *lasers* de altíssima potência são baseados nessa tecnologia.

A figura a seguir ilustra o circuito simplificado de um diodo fotovoltaico, baseado em silício: o resultado do processo de fotoexcitação é representado pelo surgimento de uma tensão que, como consequência, gera a corrente i_{gen} ; R_S representa a resistência da célula e R_{SH} , uma resistência interna *shunt*; i_d representa a corrente no diodo, i_{sh} , a corrente que flui pela resistência *shunt* e i_L , a corrente que flui pela carga resistiva.



Tendo como referência as informações precedentes, julgue os itens que se seguem.

- 96** Um dispositivo fotovoltaico deve ter ao menos um terminal de entrada que permita a passagem de luz.
- 97** Em uma célula fotovoltaica de silício, a luz deve atingir a região de depleção para que, após a fotogeração do éxciton, elétrons e buracos tendam a migrar e serem coletados pelos eletrodos antes de uma eventual recombinação, que ocorreria com maior probabilidade nas regiões *n* e *p*.

- 98 No circuito apresentado, a queda de tensão nos terminais da carga resistiva R_L pode ser expressa por

$$R_L \cdot \left\{ \left[i_{\text{gen}} - i_0 \cdot \left(e^{qV/(nkT)} - 1 \right) \right] - i_{\text{sh}} \right\},$$

em que i_0 é a corrente de saturação reversa, n é o fator de idealidade do diodo, k é a constante de Boltzmann, T é a temperatura e q é a carga do elétron.

- 99 No plano xOy , a curva característica de corrente (eixo- x) versus tensão (eixo- y) em uma célula fotovoltaica ideal como a do modelo apresentado é representada por uma função com exatamente duas raízes reais.
- 100 Idealmente a célula fotovoltaica deve ser construída com silício 100% puro, já que qualquer impureza pode introduzir níveis de energia indesejados nas bandas do sistema, atrapalhando o fluxo de corrente.

Julgue os itens subsequentes, a respeito de filmes finos inorgânicos.

- 101 Em filmes finos, em função da dimensão diminuta, os efeitos quânticos tornam-se importantes.
- 102 Ao contrário do material em *bulk*, filmes finos de semicondutores não podem sofrer um processo de dopagem para modificar suas propriedades elétricas, porque esse tipo de processo tende a romper a estrutura cristalina.
- 103 A técnica de evaporação térmica é comumente utilizada para depositar filmes finos com precisão atômica, sendo adequada para materiais com altos pontos de fusão e ebulição.
- 104 Potenciais aplicações de filmes finos contemplam dispositivos fotovoltaicos, baterias, biossensores e administração de fármacos.
- 105 Somente filmes finos inorgânicos podem ser utilizados em optoeletrônica em razão da natureza condutora que sempre exibem, distinta dos materiais orgânicos, que são isolantes por natureza.

Perovskitas são compostos que possuem fórmula química do tipo ABX_3 , em que A e B representam cátions de tamanho distintos e X representa um ânion. Um típico representante de ocorrência natural dessa classe é o mineral $CaTiO_3$. Células solares baseadas em perovskitas já alcançaram eficiência superior a 25%. Apesar do enorme potencial para revolucionar o campo de energia solar, a implementação em larga escala de perovskitas ainda apresenta alguns obstáculos relativos à estabilidade e durabilidade desse material.

Com relação às perovskitas e sua utilização, julgue os itens subsequentes.

- 106 Uma perovskita de haleto é assim denominada por possuir um haleto como um dos cátions, geralmente o menor.
- 107 Para uma célula solar de perovskita, é fundamental que os éxcitons sejam recombinados ainda na camada ativa, antes da coleta pelo eletrodo.
- 108 A sensibilidade de perovskitas em relação à radiação UV não é um fator limitante do uso desse composto porque, em células solares baseadas em perovskitas de haleto, o material faz parte da camada de transporte, não participando da absorção dos fótons característica do efeito fotoelétrico.
- 109 Nas células solares de junção dupla, ao se acoplar materiais com *gaps* distintos, como perovskita e silício, concebe-se um sistema que pode ser otimizado para coletar fótons de diferentes energias.
- 110 A célula unitária de perovskitas 3D é sempre de face centrada, sendo altamente estável em relação a esforços externos.

Ao contrário de capacitores convencionais, que são preenchidos por dielétricos, supercapacitores eletrostáticos de dupla camada funcionam com um eletrólito entre os eletrodos. Ao se aplicar uma diferença de potencial entre os terminais do dispositivo, cátions aproximam-se da placa negativamente polarizada e ânions, da placa positivamente polarizada. Como resultado, a região interna fica distribuída da seguinte forma: o eletrodo positivo acumula uma camada de cargas negativas e o eletrodo negativo acumula uma camada de cargas positivas. A distância entre as placas e a película de carga é da ordem do tamanho do próprio íon correspondente.

A partir do texto precedente, julgue os itens a seguir.

- 111 Além dos supercapacitores eletrostáticos de dupla camada descritos no texto, há outras tecnologias disponíveis atualmente para a criação de supercapacitores.
- 112 Um modelo de capacitor de placas planas e paralelas pode ajudar a entender o elevado valor da capacitância de um supercapacitor, uma vez que a separação da dupla camada tem dimensões moleculares e que, nesse modelo, a capacitância é inversamente proporcional a essa separação.
- 113 A energia armazenada em supercapacitores, em capacitores e em baterias é de natureza eletroquímica.
- 114 Considerando-se a situação do supercapacitor carregado, cujo processo foi descrito no texto, observa-se o efetivo aparecimento no sistema de duas capacitâncias em série, cada uma relativa a uma das placas e seus íons adjacentes, o que incrementa ainda mais a capacitância do dispositivo, pois nessa configuração as capacitâncias se somam.
- 115 Embora apresentem uma menor densidade de energia do que algumas baterias, supercapacitores usualmente têm maior pico de densidade de potência.

Baterias de íon-lítio são um dos tipos de bateria recarregável mais amplamente utilizados na atualidade. A base de funcionamento desses dispositivos é a transferência de íons de lítio entre um catodo e um anodo. Em comparação com outras tecnologias, como níquel-cádmio ou níquel-hidreto, as baterias de íon-lítio apresentam maior densidade de energia, menor efeito de memória e menor perda de carga quando em uso.

A respeito das baterias de íon-lítio, julgue os itens que se seguem.

- 116 Em geral, quanto menor for o valor da resistência interna de uma bateria de íon-lítio, mais próxima será a tensão em circuito aberto da tensão apresentada quando a bateria energiza algum elemento externo.
- 117 A maior densidade de energia apresentada por baterias de íon-lítio significa que ela é capaz de descarregar mais rapidamente, fornecendo energia a uma taxa superior.
- 118 Às reações químicas que ocorrem nesse tipo de bateria podem ser atribuídas constantes de equilíbrio.
- 119 Para o mesmo peso, uma bateria de níquel-cádmio é capaz de fornecer maior quantidade de *watts* × horas que uma bateria de íon-lítio, mas em um intervalo de tempo maior.
- 120 Em um modelo simplificado para uma bateria de íon-lítio com anodo de grafite e catodo com substrato de cobalto dopado com lítio, para descrever adequadamente o processo, pode-se usar uma equação global do tipo $LiC_6 + CoO_2 \rightleftharpoons C_6 + LiCoO_2$, cuja reação direta diz respeito à descarga e a inversa, à carga.