



MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR  
INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL – INMETRO

CONCURSO PÚBLICO

CARGO

4

PESQUISADOR-TECNOLOGISTA EM  
METROLOGIA E QUALIDADE

ÁREA:

ESPECTROSCOPIA ÓPTICA

## CADERNO DE PROVAS - PARTE II

### CONHECIMENTOS ESPECÍFICOS E DISCURSIVA

**LEIA COM ATENÇÃO AS INSTRUÇÕES ABAIXO.**

- 1 Nesta parte II do seu caderno de provas, confira atentamente os seus dados pessoais e os dados identificadores de seu cargo/área transcritos acima com o que está registrado em sua **folha de respostas** e em seu **caderno de textos definitivos da prova discursiva**. Confira também o seu nome, o nome e número de seu cargo/área no rodapé de cada página numerada desta parte II de seu caderno de provas. Caso o caderno esteja incompleto, tenha qualquer defeito, ou apresente divergência quanto aos seus dados pessoais ou aos dados identificadores de seu cargo/área, solicite ao fiscal de sala mais próximo que tome as providências cabíveis, pois não serão aceitas reclamações posteriores nesse sentido.
- 2 Quando autorizado pelo chefe de sala, no momento da identificação, escreva, no espaço apropriado da folha de respostas, com a sua caligrafia usual, a seguinte frase:  
*Manejar o silêncio é mais difícil que manejar a palavra*

#### OBSERVAÇÕES

- Não serão objeto de conhecimento recursos em desacordo com o estabelecido em edital.
- Informações adicionais: telefone 0(XX) 61 3448-0100; Internet — [www.cespe.unb.br](http://www.cespe.unb.br).
- É permitida a reprodução deste material apenas para fins didáticos, desde que citada a fonte.

## CONHECIMENTOS ESPECÍFICOS

### QUESTÃO 41

Acerca dos principais tipos de redes de Bravais, assinale a opção correta.

- A A rede cúbica de corpo centrado, descrita como a superposição de duas redes cúbicas simples, não pode ser considerada uma rede de Bravais.
- B É impossível descrever uma rede cúbica simples com vetores primitivos não ortogonais.
- C Os vértices de uma rede bidimensional hexagonal não formam uma rede de Bravais.
- D A rede cúbica de face centrada possui vetores primitivos dados por  $a_1 = (a/2)(\mathbf{j} + \mathbf{k} - \mathbf{i})$ ,  $a_2 = (a/2)(\mathbf{k} + \mathbf{i} - \mathbf{j})$  e  $a_3 = (a/2)(\mathbf{i} + \mathbf{j} - \mathbf{k})$ , em que  $a$  é uma constante positiva.
- E Os pontos em uma rede de Bravais que estão mais próximos a um dado ponto são chamados de primeiros vizinhos. Na rede cúbica simples, cada ponto da rede possui 8 primeiros vizinhos.

### QUESTÃO 42

No que concerne ao sistema de índices para os planos cristalinos de uma rede de Bravais, assinale a opção correta.

- A Um plano que intercepta os eixos  $a_1$ ,  $a_2$  e  $a_3$ , definidos pelos vetores primitivos da rede de Bravais  $\mathbf{a}_1$ ,  $\mathbf{a}_2$  e  $\mathbf{a}_3$  nos pontos  $4\mathbf{a}_1$ ,  $1\mathbf{a}_2$  e  $2\mathbf{a}_3$ , respectivamente, tem índice cristalográfico (412).
- B Os índices  $[hkl]$  sempre designam um único plano.
- C Em qualquer rede cristalina, a direção  $[hkl]$  é sempre perpendicular ao plano com índices  $[hkl]$ .
- D Os índices  $[hkl]$  de uma determinada direção em um cristal são dados pelos menores números inteiros com razões equivalentes às razões das componentes do vetor da rede cristalina na direção desejada, em relação aos eixos cristalinos.
- E O plano de índices (200) é paralelo ao plano de índices (100), porém, corta o eixo  $a_1$ , definido pelo vetor primitivo  $\mathbf{a}_1$ , no ponto  $2\mathbf{a}_1$ .

### QUESTÃO 43

A rede recíproca tem um papel fundamental na maioria dos estudos analíticos de estruturas periódicas. Quanto a essa rede, assinale a opção correta.

- A No caso mais geral, a rede recíproca não necessariamente é uma rede de Bravais, mesmo que seja derivada de uma rede de Bravais.
- B Toda estrutura cristalina possui uma rede recíproca.
- C A rede recíproca é constituída pelo conjunto de todos os vetores de onda  $\mathbf{K}$  que possuem a mesma periodicidade da rede cristalina.
- D A rede recíproca é sempre definida tendo como referência uma rede de Bravais em particular.
- E A rede direta é a rede recíproca da rede recíproca, e não deve ser confundida com a rede cristalina original.

### QUESTÃO 44

A lei de Bragg descreve o padrão formado pela distribuição de raios X espalhados por materiais cristalinos. Considerando essa lei, assinale a opção correta.

- A Na lei de Bragg, as ondas incidentes de raios X devem ser refletidas de maneira especular.
- B O padrão formado pelas ondas refletidas não depende do comprimento de onda do raio X incidente sobre o cristal, somente da sua estrutura interna.
- C A lei de Bragg depende não só da periodicidade da rede, mas do arranjo de átomos da base associada a cada ponto da rede.
- D A reflexão de Bragg ocorre somente para ondas incidentes com comprimento de onda  $\lambda$  menores ou iguais a  $d$ , onde  $d$  é o espaçamento entre planos paralelos na rede cristalina.
- E Na lei de Bragg, cada plano cristalino deve ser considerado como um espelho perfeito, refletindo toda a radiação incidente.

### QUESTÃO 45

Existe uma relação entre os vetores da rede recíproca e planos de pontos na rede cristalina. De acordo com essa relação, assinale a opção correta.

- A Para um vetor  $\mathbf{K}$  da rede recíproca, sempre existe uma família de planos normais a  $\mathbf{K}$  e separados por uma distância  $d$ , onde  $2\pi/d$  é o módulo do vetor  $\mathbf{K}$ .
- B Os índices  $[hkl]$  de um plano da rede de Bravais são os componentes de um vetor  $\mathbf{K}$  da rede recíproca que é normal a esse plano.
- C Os índices  $[hkl]$  que definem um plano da rede de Bravais e um vetor  $\mathbf{K}$  da rede recíproca normal a esse plano não podem ter fatores em comum e não dependem da escolha de um determinado conjunto de vetores primitivos da rede.
- D Os índices  $[hkl]$  de um plano da rede de Bravais são as coordenadas da normal a esse plano no sistema formado pelos vetores primitivos da rede cristalina.
- E Os índices  $[hkl]$  de uma determinada direção na rede cristalina nem sempre correspondem à direção do vetor da rede recíproca com coordenadas  $h$ ,  $k$  e  $l$ .

### QUESTÃO 46

Considere uma rede de Bravais unidimensional cuja base é constituída por dois átomos. Ao se aproximar os átomos em torno da posição de equilíbrio, obtém-se um potencial de interação harmônico. A respeito desse sistema, assinale a opção correta.

- A Nesse sistema, há três tipos de modos normais de vibração, sendo dois modos óticos com polarização transversal, e um modo acústico com polarização longitudinal.
- B Se for considerada apenas a interação entre primeiros vizinhos, essa aproximação descreve um modelo em que cada átomo está ligado aos seus primeiros vizinhos por meio de molas perfeitas de mesma constante de mola.
- C A principal diferença entre essa rede de Bravais e a rede de Bravais monoatômica unidimensional harmônica é a presença de  $N$  modos normais de vibração óticos.
- D Esse sistema possui  $3N$  modos normais de vibração, independentemente do alcance da interação harmônica e das condições sobre as extremidades da rede.
- E Esse sistema não possui modos normais de vibração óticos.

**QUESTÃO 47**

Na teoria harmônica clássica de uma rede de Bravais monoatômica unidimensional, considera-se um conjunto de  $N$  átomos de massa  $M$  distribuídos ao longo de uma linha, em pontos separados por uma distância  $a$ , que interagem por meio de um potencial harmônico. Com relação a essa teoria, assinale a opção correta.

- A As condições sobre os átomos nas extremidades da rede têm importância fundamental sobre os modos normais de vibração quando o número de átomos  $N$  é muito grande, da ordem do número de Avogadro, sendo responsável pela maior parte dos fenômenos.
- B A aproximação ao se considerar somente as forças entre primeiros vizinhos, descreve um modelo em que cada átomo está ligado aos seus primeiros vizinhos por meio de molas perfeitas.
- C Considerando somente as forças entre primeiros vizinhos, esse sistema possui  $2N$  modos normais de vibração.
- D Se forem consideradas as forças de interação entre um átomo e todos os outros átomos da rede de Bravais, obtém-se um sistema com  $3N$  modos normais de vibração.
- E Para especificar o estado da rede em determinado instante de tempo  $t$ , e obter o estado em um tempo  $t'$  posterior ( $t' > t$ ), basta especificar as posições dos átomos no tempo  $t$ .

**QUESTÃO 48**

O coeficiente de condutividade térmica  $K$  de um sólido pode ser definido como a razão entre a energia térmica transmitida por unidade de tempo por unidade de área  $J$  ao longo de uma barra longa que possui um gradiente de temperatura ( $dT/dx$ ), ou seja,  $K = J/(dT/dx)$ . Acerca desse assunto, assinale a opção correta.

- A A condução de energia térmica através do sólido cristalino é um processo determinístico, pois depende somente da maneira como a vibração térmica é transmitida de um ponto a outro no cristal.
- B Em sólidos metálicos, o comportamento dos elétrons livres tem pouca influência sobre o coeficiente de condutividade térmica.
- C Em sólidos dielétricos, o coeficiente de condutividade térmica independe do livre caminho médio dos fônons.
- D Como a condutividade térmica em sólidos metálicos puros é dominada pela contribuição eletrônica, e como a energia de Fermi para o gás de elétrons é muito elevada, o coeficiente de condutividade desses sólidos varia muito pouco com a temperatura.
- E Sendo um processo probabilístico, a condução de energia térmica através do sólido deve depender da maneira como a energia se difunde no cristal, envolvendo principalmente processos de colisão.

**QUESTÃO 49**

Acerca da capacidade térmica dos sólidos inorgânicos, assinale a opção correta.

- A A regra de Dulong e Petit prevê que, para a maioria dos sólidos cristalinos inorgânicos da natureza, a capacidade térmica a volume constante tem o valor  $\frac{3NK_b}{2}$ , onde  $N$  é o número de átomos do cristal e  $K_b$  é a constante de Boltzmann.
- B Em baixas temperaturas, a capacidade térmica a volume constante da maioria dos sólidos cristalinos isolantes e metálicos cai acentuadamente, aproximando-se de um valor finito e diferente de zero.
- C Em sólidos cristalinos magnéticos a baixas temperaturas, o ordenamento dos momentos magnéticos nucleares não contribui para a capacidade térmica a volume constante.
- D No modelo de Einstein para a capacidade térmica a volume constante, supõe-se que todas as ondas elásticas no sólido possuem a mesma frequência.
- E O modelo de Einstein para a capacidade térmica a volume constante não é capaz de explicar a regra de Dulong e Petit.

**QUESTÃO 50**

Em sólidos metálicos, um modelo de grande sucesso no entendimento da condutividade elétrica é o modelo do elétron livre. Nesse modelo, os elétrons de valência dos átomos metálicos movem-se livremente pelo cristal. O gás de elétrons assim formado recebe o nome de gás de Fermi. Com relação à condutividade elétrica de sólidos metálicos cristalinos e ao modelo de elétron livre, assinale a opção correta.

- A O modelo do gás de Fermi não é capaz de explicar a lei de Ohm para a condutividade elétrica de sólidos metálicos cristalinos, pois não é considerada a colisão dos elétrons livres com as impurezas da rede, com os fônons e com as imperfeições da rede. Essas colisões são adicionadas ao modelo por meio do tempo médio de colisão.
- B No modelo do elétron livre não se pode desprezar o potencial de interação dos elétrons com os íons da rede, pois as ondas de matéria representadas pela função de onda dos elétrons não podem se propagar livremente em uma região de potencial perfeitamente periódico.
- C A condução de energia elétrica através do cristal, por ser um fenômeno eletromagnético, não exhibe qualquer relação com a condução de energia térmica.
- D No modelo de gás de Fermi para a condutividade elétrica, não é observada a dependência com relação à densidade de elétrons do material, pois somente os elétrons com energia próxima à energia de Fermi contribuem para a condução de energia elétrica.
- E A condução de energia elétrica em sólidos metálicos cristalinos é um fenômeno determinístico, pois um elétron livre em uma região de potencial periódico pode se propagar livremente, não estando sujeito, portanto, aos processos probabilísticos de espalhamento.

**QUESTÃO 51**

Considere a dinâmica de uma partícula quântica sob a ação de um poço de potencial real quadrado finito e independente do tempo, com profundidade  $V_0 > 0$  e largura  $2a > 0$ . Quanto a essa situação, assinale a opção correta.

- A Dependendo da profundidade do poço de potencial, é possível observar ou não estados estacionários com energia discreta.
- B As soluções da equação de Schrödinger, nesses casos, são classificadas em dois tipos: estados estacionários com espectro de energia discreto e estados não estacionários com espectro contínuo de energia.
- C Se considerar que incide sobre o poço de potencial uma onda plana, é possível mostrar que a amplitude de transmissão dessa onda através do poço apresenta ressonâncias, com máximos em determinados comprimentos de onda.
- D Se a onda incidente sobre o poço de potencial é uma onda plana, então a amplitude transmitida é sempre igual à amplitude refletida.
- E O estado de menor energia corresponde ao estado fundamental e pode representar tanto um estado ligado quanto uma onda plana.

**QUESTÃO 52**

Considerando a situação física de uma partícula quântica aprisionada em um poço de potencial real infinito e independente do tempo, assinale a opção correta.

- A Independentemente da forma do potencial, sempre existirão estados estacionários com espectro contínuo de energia.
- B Os estados com espectro contínuo correspondem a ondas planas, enquanto que os estados com espectro discreto correspondem a estados ligados.
- C De maneira geral, em determinado instante de tempo o estado do sistema é dado por uma combinação linear dos vários estados estacionários.
- D Esse sistema apresenta uma quantidade finita de níveis com espectro discreto de energia.
- E Se o referencial de energia é redefinido de forma que o mínimo do potencial tenha energia igual a zero, então qualquer estado terá energia  $E$  maior ou igual a zero.

**QUESTÃO 53**

Considerando uma partícula quântica sob a ação de um potencial harmônico unidimensional com mínimo em  $x = 0$ , assinale a opção correta.

- A Todas as funções de onda correspondentes aos estados estacionários são ortogonais entre si e formam uma base completa no espaço de Hilbert.
- B Não é possível normalizar as funções de onda dos estados estacionários, pois as mesmas não se anulam quando  $x \rightarrow \pm \infty$ .
- C De maneira geral, um estado qualquer do sistema terá sempre paridade bem definida, pois será a combinação linear de funções pares ou ímpares.
- D Os estados estacionários possuem espectro discreto de energia, tendo níveis com energia  $E_n = (n + 1/2) \hbar \omega$ , em que  $n = 1, 2, \dots$
- E As funções de onda correspondentes a estados estacionários terão paridade bem definida, sendo permitidas somente funções de onda pares.

**QUESTÃO 54**

O estudo dos átomos com um elétron de valência é de grande importância em mecânica quântica e serve de base para o estudo de átomos com mais de um elétron de valência. Com relação ao tratamento quântico do átomo de um elétron de valência, desprezando o efeito dos outros elétrons do átomo, assinale a opção correta.

- A Nesse modelo, considera-se apenas o movimento do elétron. O núcleo do átomo é considerado fixo na origem.
- B Por meio de separação de variáveis, é possível mostrar que a equação de Schrödinger para o sistema formado pelo elétron e o núcleo pode ser separada em uma parte que só depende da energia do centro de massa, e outra que descreve o movimento relativo do elétron em relação ao núcleo.
- C A equação que descreve o movimento do centro de massa do sistema corresponde à equação de Schrödinger para uma partícula livre com massa igual à massa reduzida do sistema.
- D Como o potencial de interação depende da distância relativa entre o núcleo e o elétron, a equação de Schrödinger para o movimento relativo do elétron em relação ao núcleo em coordenadas esféricas é separável em uma parte radial e uma parte angular, sendo a parte radial independente do potencial de interação.
- E Na descrição do movimento relativo do elétron em relação ao átomo, devido à simetria esférica do potencial, é possível separar a equação de Schrödinger em coordenadas esféricas em uma parte radial e outra parte angular, sendo que somente a parte angular apresenta espectro discreto de energia.

**QUESTÃO 55**

O átomo de hidrogênio corresponde a um dos sistemas quânticos mais simples para os quais é possível obter soluções analíticas para a equação de Schrödinger. Acerca da descrição quântica do átomo de hidrogênio, assinale a opção correta.

- A É possível mostrar que a parte radial da equação de Schrödinger para o átomo de hidrogênio pode ser reduzida a uma equação unidimensional com um potencial de interação efetivo que depende do potencial de Coulomb e do momento angular orbital total.
- B Na ausência de campos elétricos ou magnéticos externos, os níveis de energia do átomo de hidrogênio dependem somente do momento angular total do orbital correspondente a esse nível.
- C Em uma mesma camada, e na ausência de campos elétricos ou magnéticos externos, os níveis de energia do átomo de hidrogênio são sempre degenerados.
- D O espectro discreto de energias do átomo de hidrogênio possui uma quantidade finita de níveis de energia, cuja energia depende inversamente do número quântico principal  $n$ .
- E Em um experimento à temperatura ambiente, onde inicialmente o átomo de hidrogênio está em um estado que é uma mistura de vários de seus estados estacionários, incluindo o estado de mais baixa energia, após um longo tempo na ausência de qualquer outro fator externo, esse átomo será encontrado no estado fundamental.

**QUESTÃO 56**

A respeito dos orbitais do sistema formado por um átomo com um elétron, assinale a opção correta.

- A Devido à simetria esférica do potencial de interação entre o elétron e o átomo, todos os orbitais desse sistema também possuem simetria esférica.
- B Como o potencial de interação possui a forma de um poço de potencial, esse sistema possui somente espectro discreto de energia, correspondendo aos orbitais *s, p, d e f*.
- C Cada solução ortogonal da equação de Schrödinger resultante é caracterizada por orbitais com números quânticos diferentes entre si, tendo, portanto, diferentes energias.
- D O orbital *s* é o único que possui simetria esférica, todos os outros orbitais possuem lóbulos angulares onde a densidade de probabilidade é máxima.
- E Orbitais com o mesmo momento angular total são sempre degenerados, tendo a mesma energia total.

**QUESTÃO 57**

O elétron possui um momento magnético, que tem origem em um momento angular intrínseco chamado de *spin*. Com relação ao *spin* de partículas quânticas, assinale a opção correta.

- A O *spin* existe somente nos férmions, grupo de partículas ao qual pertence o elétron, e que obedecem ao princípio da exclusão de Pauli.
- B O momento angular de *spin* é quantizado, tendo sempre dois estados com orientações espaciais diferentes.
- C As partículas que compõem o núcleo do átomo não possuem *spin*, todas as propriedades magnéticas da matéria são reflexo do *spin* dos elétrons.
- D É impossível ter duas partículas de mesmo *spin* no mesmo estado.
- E Partículas quânticas com *spin* nem sempre obedecem ao princípio da exclusão de Pauli.

**Texto para as questões de 58 a 60**

Na natureza, observam-se três tipos de ligações primárias: a ligação covalente, na qual dois átomos compartilham pelo menos um par de elétrons, a ligação iônica e a ligação metálica. Além dessas, também há dois tipos de ligações secundárias: as ligações por dipolo permanente e de van der Waals.

**QUESTÃO 58**

Com relação aos tipos de ligações atômicas, assinale a opção correta.

- A A ligação covalente é direcional, isto é, só é possível na direção que une os átomos participantes da ligação, e é específica para cada par de átomos ligantes.
- B O número de ligações covalentes que um átomo pode fazer independe do seu número de elétrons de valência, mas depende de sua eletronegatividade.
- C Na ligação covalente, nem sempre cada um dos dois átomos contribui com um elétron para o compartilhamento, pois existe a possibilidade de um dos átomos não contribuir com o compartilhamento.
- D A ligação de hidrogênio constitui um tipo especial de ligação, não tendo qualquer relação com a ligação covalente ou de van der Waals.
- E Moléculas polares podem induzir dipolos elétricos em moléculas apolares adjacentes, o que gera uma força de atração entre ambos. No entanto, o tempo de duração desses dipolos induzidos é muito pequeno para que seja possível a formação de uma ligação.

**QUESTÃO 59**

Ainda com base no texto, assinale a opção correta.

- A Na ligação metálica, os elétrons estão rigidamente ligados aos caroços iônicos e interagem com eles através da força eletrostática.
- B A ligação iônica é espacialmente localizada, tendo forte caráter direcional.
- C Em um sólido iônico estável, cada um dos íons deve ter como primeiros vizinhos íons de mesma carga.
- D Na ligação iônica, as forças atrativas entre os íons têm origem exclusivamente eletrostática.
- E Em um metal, os elétrons de valência têm o comportamento aproximado de um gás de elétrons livres, e ao mesmo tempo em que blindam os caroços iônicos da repulsão eletrostática de outros caroços iônicos da rede, promovem uma força de ligação entre eles.

RASCUNHO

**QUESTÃO 60**

Considerando o assunto abordado no texto, assinale a opção correta.

- A** A ligação tipo van der Waals possui energias de ligação da mesma ordem de grandeza das ligações covalente, iônica e metálica, e existe somente em uma classe de átomos.
- B** Gases nobres não realizam ligações, pois possuem camadas eletrônicas completas.
- C** Apesar de possuírem, em geral, energia de ligação relativamente forte em relação aos outros tipos de ligação primária e estarem presentes em somente alguns materiais específicos, as ligações de van der Waals raramente são percebidas.
- D** Uma das formas de ligação de van der Waals ocorre quando, por meio de flutuações estatísticas, um átomo apolar se polariza momentaneamente induzindo um dipolo elétrico em outro átomo apolar, provocando uma força de atração que é responsável pela ligação.
- E** A ligação por dipolos permanentes ocorre entre moléculas polares e tem origem intrinsecamente eletrostática, não tendo qualquer relação com as forças de van der Waals.

**QUESTÃO 61**

Considere que sobre um trilho tenha sido colocado, na sequência, uma fonte de luz não polarizada, um polarizador com polarização vertical, uma placa de  $\lambda/4$ , com o eixo rápido a  $45^\circ$  da vertical, um analisador (polarizador variável) e um detector. Assinale a opção que apresenta a intensidade do sinal que deverá ser medido pelo detector, quando o ângulo  $\theta$  do analisador estiver em  $0^\circ$  e em  $90^\circ$ . (Considere  $\theta = 0^\circ$  e  $\theta = 90^\circ$ , quando analisador tem polarização paralela e perpendicular ao polarizador, respectivamente, e  $\lambda$  o comprimento de onda da luz).

- A** O sinal é máximo quando  $\theta = 0^\circ$  e  $\theta = 90^\circ$ , e mínimo quando  $\theta = 45^\circ$ .
- B** O sinal é mínimo quando  $\theta = 0^\circ$  e  $\theta = 90^\circ$ , e máxima quando  $\theta = 45^\circ$ .
- C** O sinal é aproximadamente igual a zero para todos os ângulos  $\theta$ .
- D** O sinal é aproximadamente igual ao máximo para todos os ângulos  $\theta$ .
- E** O sinal é aproximadamente constante e igual a 50% do máximo para todos os ângulos  $\theta$ .

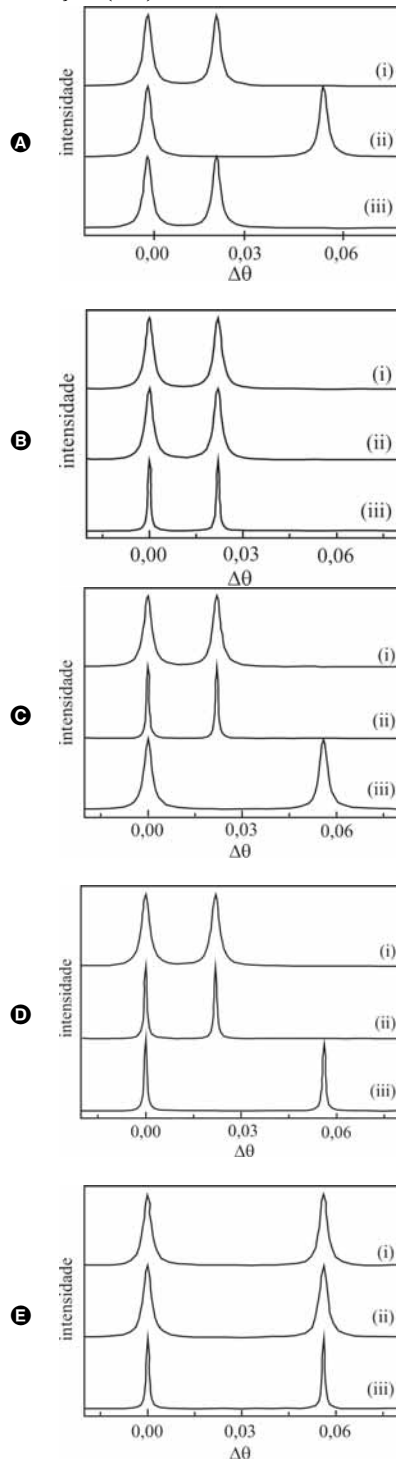
**QUESTÃO 62**

Uma rede de difração por transmissão de 10.000 linhas/cm é usada para medir os dois únicos comprimentos de onda emitidos por uma fonte de luz. Sabendo-se que os dois comprimentos de onda são difratados, na primeira ordem, sob os ângulos de  $30^\circ$  e  $45^\circ$ , então, os comprimentos de onda dos feixes de luz difratados são, respectivamente, iguais a

- A**  $5,0 \times 10^{-4}$  m e  $7,0 \times 10^{-4}$  m.
- B**  $1,0 \times 10^{-6}$  m e  $2,0 \times 10^{-6}$  m.
- C**  $0,5 \times 10^{-6}$  m e  $0,7 \times 10^{-6}$  m.
- D**  $0,1 \times 10^{-6}$  m e  $0,5 \times 10^{-6}$  m.
- E**  $0,1 \times 10^{-7}$  m e  $0,7 \times 10^{-7}$  m.

## QUESTÃO 63

A luz emitida por uma lâmpada de sódio é difratada — por transmissão — por três diferentes redes de difração. A primeira delas é uma rede de 5 cm de comprimento com 600 linhas/mm (i). A segunda, uma rede de 10 cm de comprimento, também com 600 linhas/mm (ii). A terceira, uma rede de 2,5 cm de comprimento e com 1.200 linhas/mm (iii). Considerando que todas as redes estejam igualmente iluminadas e que a luz de sódio apresenta um duplete na região do amarelo com comprimentos de onda de  $\lambda_1 = 5889,950 \text{ \AA}$  e  $\lambda_2 = 5895,924 \text{ \AA}$ , assinale a opção que apresenta o espectro de difração compatível com a situação descrita. Observe que a escala do eixo x é dada em função da variação do ângulo de difração ( $\Delta\theta$ ).



## QUESTÃO 64

A aplicação de argumentos de simetria a átomos, moléculas e cristais começou na década de 1920 e teve suas origens na teoria de grupo desenvolvida pelos matemáticos no século XIX. Ela constitui uma ferramenta essencial para compreender as propriedades de sistemas atômicos, moleculares e cristalino, em particular na área de espectroscopia óptica. A simetria de um dado sistema é descrita em certas operações que transformam um arranjo espacial (atômico, molecular ou cristalino) em um arranjo indistinguível do primeiro. Para realizar uma operação de simetria, se requer que o sistema possua um elemento de simetria, entidade geométrica como um ponto, um plano, ou uma linha em relação a qual será efetuada a operação. Com relação a esse tema, assinale a opção que apresenta os elementos de simetria de uma molécula de água.

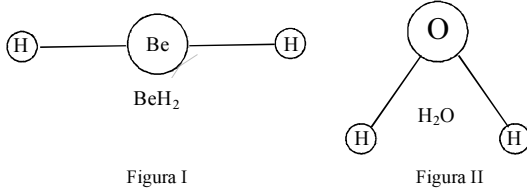
- A**  $E, C_2, I\sigma_v$   
**B**  $E, C_3, 3\sigma_{3v}$   
**C**  $E, 3C_2, 4C_3, 6\sigma_v, 3S_4$   
**D**  $E, C_3, I\sigma_v$   
**E**  $E, C_2, 2\sigma_v$

RASCUNHO

RASCUNHO

## QUESTÃO 65

O movimento dos átomos que constituem as moléculas resulta em movimentos de translações, rotações e vibrações moleculares. O número de cada movimento depende da simetria e do número de átomos da molécula.



Considerando as figuras acima, assinale a opção que apresenta os números de modos vibracionais das moléculas  $\text{BeH}_2$  e da  $\text{H}_2\text{O}$ , respectivamente.

- A 2 e 2
- B 4 e 3
- C 3 e 4
- D 3 e 3
- E 4 e 4

## QUESTÃO 66

A frequência  $\nu$  de um modo vibracional de uma determinada molécula depende da massa dos átomos da molécula assim como da força de ligação entre elas. Considerando um sistema com o mesmo tipo de átomos-carbono, mas com diferentes energias de ligação, ligação tripla ( $\text{C} \equiv \text{C}$ ), ligação dupla ( $\text{C} = \text{C}$ ), ligação simples ( $\text{C} - \text{C}$ ), a sequência da frequência vibracional é

- A  $\nu(\text{C} \equiv \text{C}) > \nu(\text{C} = \text{C}) > \nu(\text{C} - \text{C})$ .
- B  $\nu(\text{C} \equiv \text{C}) < \nu(\text{C} = \text{C}) < \nu(\text{C} - \text{C})$ .
- C  $\nu(\text{C} \equiv \text{C}) < \nu(\text{C} - \text{C}) < \nu(\text{C} = \text{C})$ .
- D  $\nu(\text{C} \equiv \text{C}) < \nu(\text{C} = \text{C}) > \nu(\text{C} - \text{C})$ .
- E  $\nu(\text{C} \equiv \text{C}) = \nu(\text{C} = \text{C}) = \nu(\text{C} - \text{C})$ .

## QUESTÃO 67

Tanto o espalhamento Thomson quanto o espalhamento Rayleigh são processos de espalhamento elásticos. O que os diferencia é a relação entre o comprimento de onda  $\lambda$  da radiação incidente e a dimensão  $d$  dos centros espalhadores. Assinale a opção que apresenta a relação entre  $\lambda$  e  $d$  que é associada ao espalhamento Thomson.

- A  $\lambda \gg d$
- B  $\lambda \ll d$
- C  $\lambda$  da mesma ordem de grandeza de  $d$
- D  $\lambda > d$
- E  $\lambda < d$

## QUESTÃO 68

Diferentemente do espalhamento elástico, no qual o fóton espalhado tem a mesma frequência do fóton incidente, o espalhamento Raman consiste em um espalhamento inelástico da luz, em que o fóton incidente perde ou ganha energia para o material. Assinale a opção correspondente ao processo de espalhamento no qual o fóton espalhado ganha energia vibracional do material.

- A Rayleigh
- B Stokes
- C anti-Stokes
- D Thomson
- E Compton



**Texto para as questões 69 e 70**

A espectroscopia de espalhamento de luz por um cristal está sujeita a regras de seleção que se originam na conservação do vetor de onda  $\vec{k}$  durante o processo de espalhamento, de modo que  $\vec{k}_e = \vec{k}_i \pm \vec{q}$ , em que  $\vec{k}_e$  e  $\vec{k}_i$  são vetores de onda da luz espalhada e incidente, respectivamente, e  $\vec{q}$  o vetor de onda do fônon envolvido.

RASCUNHO

**QUESTÃO 69**

Assinale a opção correspondente à relação entre o módulo dos vetores de onda,  $\vec{k}_i$  e  $\vec{q}$ , com comprimento de onda da luz incidente  $\lambda$  e parâmetro de rede do cristal  $a$ , cujo índice de refração é simbolizado por  $n_i$ .

- A  $k_i = 1.000n_i\lambda$  e  $q = 2\pi\lambda$
- B  $k_i = 2\pi n_i\lambda$  e  $q = 2\pi a$
- C  $k_i = \frac{2\pi n_i}{a}$  e  $q = \frac{2\pi}{\lambda}$
- D  $k_i = \frac{2\pi n_i}{\lambda}$  e  $q = \frac{2\pi}{a}$
- E  $k_i = \lambda n_i$  e  $q = \frac{\pi}{a}$

**QUESTÃO 70**

Com o espalhamento Raman é possível acessar pontos fora do centro da zona de Brillouin. Assinale a opção que apresenta uma situação em que esse fenômeno pode ser observado.

- A Utilização de um espectrômetro triplo.
- B Sistemas monocristalinos.
- C Inserção de placas  $\lambda/2$ , apropriadas para o comprimento de onda do *laser* incidente.
- D Utilização de um *laser* com menor comprimento de onda.
- E Sistemas com baixa simetria translacional.

**QUESTÃO 71**

Considere que  $k_B$  é a constante de Boltzmann,  $\omega$  a frequência da luz incidente e  $\Omega$  a frequência vibracional da matéria. Considerando as informações do texto, assinale a opção que apresenta a relação correta entre a razão das intensidades das linhas Stokes ( $I_S$ ) e anti-Stokes ( $I_{AS}$ ) com a temperatura ( $T$ ).

- A  $\frac{I_{AS}}{I_S} = \frac{(\omega + \Omega)^4}{(\omega - \Omega)^4} \exp\left(\frac{-h\Omega}{k_B T}\right)$
- B  $\frac{I_{AS}}{I_S} = \frac{(\omega + \Omega)}{(\omega - \Omega)} \exp\left(\frac{-h\Omega}{k_B T}\right)$
- C  $\frac{I_{AS}}{I_S} = \exp\left(\frac{-h\Omega}{k_B T}\right)$
- D  $\frac{I_{AS}}{I_S} = \frac{(\omega + \Omega)^4}{(\omega - \Omega)^4} T$
- E  $\frac{I_{AS}}{I_S} = \frac{(\omega + \Omega)^4}{(\omega - \Omega)^4} \exp\left(\frac{-K_B T}{h\Omega}\right)$

## QUESTÃO 72

No espalhamento Raman, estão envolvidas duas transições de dipolo elétrico, relativas às transições do nível inicial ( $\psi_m$ ) para o nível virtual ( $\psi_v$ ) e do nível virtual para o final ( $\psi_n$ ). Portanto, o espalhamento Raman pode ocorrer somente se forem permitidas transições de dipolo entre estados  $\Psi_m$  e  $\Psi_n$  e algum estado virtual ( $\Psi_v$ ). Sendo o momento de dipolo dado por  $\vec{p} = e\vec{r}$ , em que  $e$  é a carga elétrica, então, para que aconteça o espalhamento Raman, deve-se obedecer à condição

- A  $\langle \Psi_m | \vec{r} | \Psi_n \rangle \neq 0$ .
- B  $\langle \Psi_m | \vec{r} | \Psi_m \rangle = 0$ .
- C  $\langle \Psi_m | \vec{r} \vec{r} | \Psi_n \rangle \neq 0$ .
- D  $\langle \Psi_m | \vec{r} \vec{r} | \Psi_v \rangle \neq 0$ .
- E  $\langle \Psi_m | \vec{r} \vec{r} | \Psi_n \rangle = 0$ .

## QUESTÃO 73

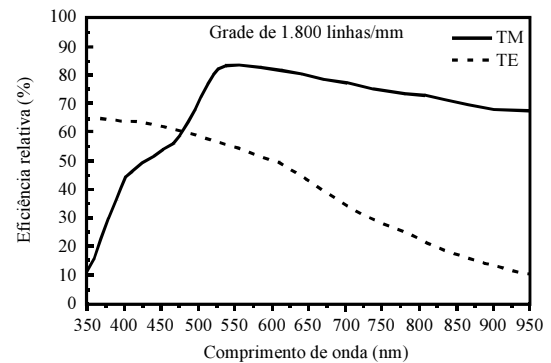
Considere que um determinado material biológico foi estudado com um espectrômetro Raman convencional equipado com uma CCD. No entanto, ao se fazer o espectro Raman com a linha 514,5 nm de um *laser* de  $\text{Ar}^+$ , verificou-se a presença de uma forte fluorescência na região do amarelo, impossibilitando assim a observação do sinal Raman. Considerando essa situação, assinale a opção que demonstra a solução para o problema apresentado sem a necessidade de trocar de espectrômetro e detector.

- A Usar um *laser* sintonizado na linha 488,0 nm.
- B Usar um *laser* sintonizado na linha 632,8 nm.
- C Girar a polarização da linha 514,5 nm do *laser* de  $\text{Ar}^+$ .
- D Aumentar a potência do *laser*.
- E Usar luz não polarizada para excitar a amostra.

## RASCUNHO

## QUESTÃO 74

Considere que um pesquisador deseje estudar monocristais de GaAs (arseneto de gálio) e que, para isso, é necessário obter espectros Raman nas configurações  $z(xx)z$  e  $z(xy)z$ , em que  $x \parallel [100]$ ,  $y \parallel [010]$  e  $z \parallel [001]$ . Considere, ainda, que estes vetores são paralelos às coordenadas do laboratório. Para realizar suas medidas, o pesquisador dispõe, além de um polarizador e de um analisador, um espectrômetro duplo equipado com grades de 1.800 linhas/mm, cuja eficiência é dada pela figura a seguir. Percebe-se que a eficiência da grade na polarização transversa elétrica (TE) é muito menor que na polarização transversa magnética (TM).

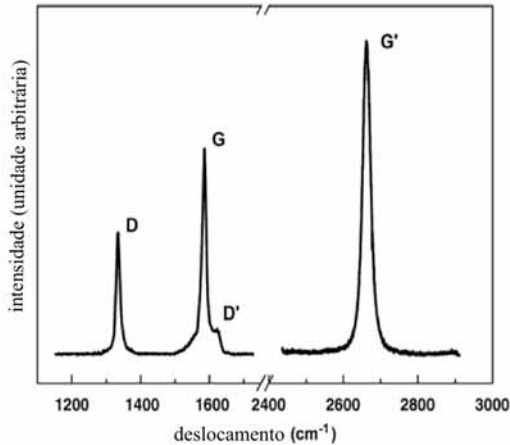


Considerando essa situação, assinale a opção que representa a mudança necessária para que os espectros obtidos na configuração  $z(xy)z$  não tenham suas qualidades prejudicadas.

- A Deve ser acrescentada uma placa  $\lambda/2$  (com orientação adequada) após o analisador.
- B Deve ser acrescentada uma placa  $\lambda/2$  (com orientação adequada) após o polarizador.
- C Deve ser acrescentada uma placa  $\lambda/4$  (com orientação adequada) após o polarizador.
- D Deve ser acrescentada uma placa  $\lambda/4$  (com orientação adequada) após o analisador.
- E Deve ser retirado o analisador.

### Texto para as questões de 75 a 77

A mais importante característica do espectro Raman de uma monocamada de grafeno são as chamadas banda G e G' que aparecem em torno de  $1.580\text{ cm}^{-1}$  e  $2.700\text{ cm}^{-1}$ , respectivamente, conforme mostrado na figura abaixo. Nas amostras de grafeno, além das bandas G e G' também são observadas, em alguns casos, bandas localizadas em torno de  $1.350\text{ cm}^{-1}$  e  $1.620\text{ cm}^{-1}$ , denominadas D e D', respectivamente.



L. M. Malard, M. A. Pimenta, G. Dresselhaus, M. S. Dresselhaus. *Physics Reports*, 473, 51-87, 2009.

### QUESTÃO 75

Com base nas informações do texto, assinale a opção que justifica a presença das bandas D e D'.

- A** presença de bordas e/ou defeitos no filme de grafeno
- B** presença de impurezas na amostra
- C** bandas relacionadas ao substrato
- D** processos de dois fônons
- E** presença de modos de respiração

### QUESTÃO 76

Nanotubos de carbono são sistemas que podem ser considerados quase-unidimensionais, estáveis, obtidos a partir de folhas de grafeno enroladas. Esses sistemas apresentam espectro Raman semelhantes aos do grafeno. Contudo, nos nanotubos, além dos modos vibracionais Raman citados no texto, também são observados modos vibracionais no intervalo entre  $150\text{ cm}^{-1}$  e  $400\text{ cm}^{-1}$ . Esses modos vibracionais estão associados a modos

- A** ópticos longitudinais.
- B** ópticos transversais.
- C** de respiração radial.
- D** vibracionais torcionais.
- E** acústicos.

### QUESTÃO 77

Algumas das bandas presentes nos espectros do grafeno, dos nanotubos ou mesmo do grafite, apresentam um caráter dispersivo, ou seja, suas frequências vibracionais dependem da energia de excitação, enquanto outras bandas são invariantes com a mudança da energia de excitação. Foi proposto um modelo para explicar esse comportamento, no qual o elétron excitado é espalhado por um defeito da rede antes de recombinar com o buraco e emitir um fóton com energia diferente do fóton incidente. Assinale a opção em que estão relacionadas as bandas com caráter dispersivo.

- A** bandas D e G'
- B** bandas D e G
- C** somente a bandas D
- D** somente a bandas G
- E** somente a banda G'

### QUESTÃO 78

A espectroscopia estuda a interação da radiação eletromagnética com a matéria, sendo um dos seus principais objetivos o estudo dos níveis de energia de átomos ou moléculas. Normalmente, as transições eletrônicas são situadas na região do ultravioleta ou visível, as vibracionais na região do infravermelho e as rotacionais na região de microondas. Considerando que geralmente a energia é medida em eV, assinale a opção que apresenta um intervalo de energia pertencente à região do infravermelho.

- A**  $1 \times 10^{-9}\text{ eV}$  a  $2 \times 10^{-6}\text{ eV}$
- B**  $2 \times 10^{-6}\text{ eV}$  a  $1 \times 10^{-3}\text{ eV}$
- C**  $1 \times 10^{-3}\text{ eV}$  a  $2\text{ eV}$
- D**  $2\text{ eV}$  a  $1 \times 10^3\text{ eV}$
- E**  $1 \times 10^3\text{ eV}$  a  $2 \times 10^6\text{ eV}$

### QUESTÃO 79

Só haverá absorção de luz infravermelha por uma molécula se

- A** houver coincidência de frequências ou energias da luz incidente com a frequência de um modo normal de vibração da molécula.
- B** a luz incidente gerar ou variar o momento de dipolo elétrico na molécula.
- C** a molécula estiver no estado fundamental.
- D** a molécula estiver no estado excitado.
- E** houver coincidência de frequências ou energias da luz incidente com a frequência de um modo normal de vibração da molécula e a luz incidente gerar ou variar o momento de dipolo elétrico na molécula.

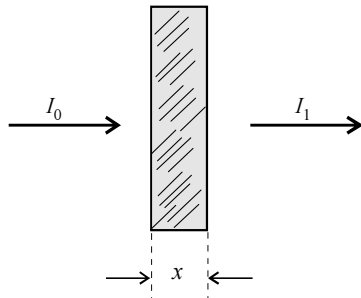
### QUESTÃO 80

Algumas vibrações geram bandas e picos característicos no espectro de infravermelho, sendo facilmente identificados com um pouco de prática. Por serem muito abundantes na natureza, bandas associadas a vibrações da hidroxila estão presentes em muitos compostos analisados. Assinale a opção que demonstra em que região do espectro do infravermelho se encontram as bandas da hidroxila.

- A**  $600\text{ cm}^{-1}$  a  $1.500\text{ cm}^{-1}$
- B**  $1.500\text{ cm}^{-1}$  a  $1.900\text{ cm}^{-1}$
- C**  $1.900\text{ cm}^{-1}$  a  $2.300\text{ cm}^{-1}$
- D**  $2.700\text{ cm}^{-1}$  a  $3.300\text{ cm}^{-1}$
- E**  $3.200\text{ cm}^{-1}$  a  $3.700\text{ cm}^{-1}$

**Texto para as questões 81 e 82**

Se um feixe de luz de intensidade  $I_0$  passa por uma amostra de um determinado material de espessura  $x$ , a intensidade da luz que emerge do outro lado da amostra será dada por  $I_1$ , conforme ilustrado na figura abaixo.



A experiência mostra que  $I_1$  depende da espessura  $x$  da amostra obedecendo à lei exponencial:  $I_1 = I_0 \exp(-\alpha \cdot x)$ , onde  $\alpha$  é usualmente denominado de coeficiente de absorção.

A transmitância (T) é definida como a razão entre a intensidade luminosa que atravessa a amostra e a intensidade luminosa incidente, ambas no mesmo comprimento de onda. A absorvância (A) é a medida do logaritmo na base 10 do inverso da transmitância.

RASCUNHO

**QUESTÃO 81**

Suponha que em duas amostras de um mesmo material (mesma absorvidade  $\alpha$ ), a amostra 1 tenha espessura  $x$  e a amostra 2 tenha espessura  $y$ . A relação entre a absorvância da amostra 1 e a da amostra 2 é dada pela relação

- A  $\frac{A_1}{A_2} = \frac{x}{y}$ .
- B  $\frac{A_1}{A_2} = \frac{y}{x}$ .
- C  $\frac{A_1}{A_2} = \log_{10}\left(\frac{y}{x}\right)$ .
- D  $\frac{A_1}{A_2} = \alpha(y - x)$ .
- E  $\frac{A_1}{A_2} = \log_{10}\left(\frac{x}{y}\right)$ .

**QUESTÃO 82**

Suponha que, em duas amostras de um mesmo material (mesmo coeficiente de absorção  $\alpha$ ), a amostra 1 tenha espessura  $x$  e a amostra 2 tenha espessura  $y$ . A relação entre a transmitância da amostra 1 e a da amostra 2 é dada pela expressão

- A  $\frac{T_1}{T_2} = \frac{x}{y}$ .
- B  $T_2 = T_1^{x/y}$ .
- C  $\frac{T_1}{T_2} = \frac{y}{x}$ .
- D  $\frac{T_1}{T_2} = \alpha(y - x)$ .
- E  $T_2 = T_1^{y/x}$ .

RASCUNHO

**QUESTÃO 83**

Considerando que determinado filtro absorve 19,0% de luz ultravioleta (UV) incidente, então o percentual de luz UV absorvido por um filtro do mesmo material, mas com metade da espessura, em porcentagem (%) será igual a

- A 5,5.
- B 8,1.
- C 9,5.
- D 10,0.
- E 38,0.

**QUESTÃO 84**

Considerando que determinada lâmina de cristal com espessura de 4 mm absorve 30% de uma determinada luz, a espessura necessária para absorver 60 % dessa mesma luz em mm será igual a

- A  $4 \times \frac{\log_{10}(0,4)}{\log_{10}(0,7)}$ .
- B  $4 \times \frac{\ln 0,3}{\ln 0,6}$ .
- C 8.
- D  $4 + \frac{\log_{10}(0,3)}{\log_{10}(0,6)}$ .
- E 2.

**QUESTÃO 85**

Considerando que determinada amostra de água do mar tenha coeficiente de absorção  $0,20 \text{ m}^{-1}$  para a luz de comprimento de onda  $\lambda = 580 \text{ nm}$ , o comprimento do percurso dessa luz para que a transmitância seja reduzida para 80% deverá ser, em m, igual a

- A  $0,2 \ln 0,8$ .
- B 0,2.
- C 0,8.
- D  $5 \cdot \ln 1,25$ .
- E  $\frac{5}{\ln 1,25}$ .

**QUESTÃO 86**

Se 46,4% de luz incidente é transmitida através de uma determinada amostra, então, considerando 0,464 como valor aproximado de,  $10^{\frac{-3}{x}}$ , é correto afirmar que o valor aproximado da absorvância dessa amostra será igual a

- A 53,6.
- B 3.
- C 0,66.
- D 0,536.
- E 0,33.

**QUESTÃO 87**

Considere que determinado filtro de luz de 2,3 mm de espessura absorva 35% da luz incidente. Se o filtro for de 6,9 mm de espessura, o percentual (%) de luz que será transmitida em relação à luz incidente será igual a

- A 9.
- B 15.
- C 27.
- D 54.
- E 65.

RASCUNHO

**QUESTÃO 88**

Considere que um tubo de 10 m de comprimento contenha um determinado gás à pressão atmosférica. Se esse gás tiver coeficiente de absorção  $\alpha = 0,02 \text{ m}^{-1}$ , a fração da luz incidente absorvida por este tubo de gás será igual a

- A**  $1 - \frac{1}{\exp(0,2)}$ .
- B**  $\frac{1}{\exp(0,2)}$ .
- C**  $1 - \frac{1}{10 \exp(-0,02)}$ .
- D**  $1 - \frac{1}{10 \exp(0,02)}$ .
- E**  $\frac{1}{\exp(-0,2)}$ .

**QUESTÃO 89**

Considere que um tubo de 25 cm de comprimento seja preenchido com um líquido que absorva dois terços de luz de um dado comprimento de onda. Nesse caso, o coeficiente de absorção em  $\text{m}^{-1}$  do líquido será igual a

- A**  $\frac{3}{2} \ln 0,25$ .
- B**  $\frac{2}{3} \ln 0,25$ .
- C**  $\frac{1}{3} \ln 0,25$ .
- D**  $\ln 27$ .
- E**  $\ln 81$ .

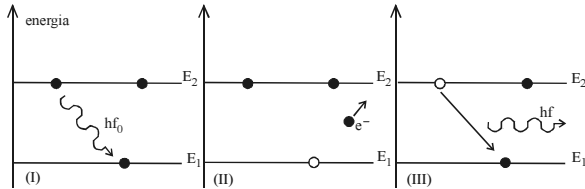
**QUESTÃO 90**

Um material é denominado fotocrômico se, ao absorver luz, torna-se mais escuro ou muda de cor e, quando a luz é removida, retorna ao seu estado inicial. O processo de escurecimento, ou ativação, leva em torno de um minuto, até a absorvância atingir um nível de saturação. Luz com comprimento de onda entre 320 nm e 400 nm é mais efetiva. O processo de volta ao estado inicial, ou aclaração, depende da temperatura ambiente. A aclaração pode ser acelerada por luz com comprimento de onda entre 550 nm e 650 nm. Na região entre a ativação e aclaração, entre 450 nm e 500 nm, a luz não tem nenhum efeito. Se a unidade de memória em um computador óptico é feita de vidro fotocrômico, a luz utilizada para armazenar, ler e apagar a informação será, respectivamente,

- A** laranja, azul, UV.
- B** azul, laranja, UV.
- C** UV, azul, laranja.
- D** laranja, UV, azul.
- E** azul, UV, laranja.

### Texto para as questões 91 e 92

Se uma amostra for fortemente iluminada por uma determinada luz que o material seja capaz de absorver, este poderá reemitir luz fluorescente. A fluorescência decorre do decaimento radiativo dos átomos entre dois níveis de energia bem definidos  $E_2$  e  $E_1$  por exemplo.



O diagrama acima mostra que um determinado fóton de luz absorvido por um elétron (figura I) pode ser ejetado (fotoelétron), deixando uma vacância no nível energético  $E_1$  (figura II) que pode ser ocupado por um elétron do nível  $E_2$  emitindo um fóton fluorescente de energia  $hf$  (figura III). Considere que  $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s} = 4,14 \times 10^{-15} \text{ eV}\cdot\text{s}$  é a constante de Planck e  $f$  é a frequência do fóton dada por:  $f = \frac{E_2 - E_1}{h}$ .

### QUESTÃO 94

Um determinado material no qual a absorção da camada K tem comprimento de onda  $0,15 \text{ \AA}$  é irradiado com raios X de  $0,1 \text{ \AA}$ . Nesse caso, a energia cinética máxima em keV dos fotoelétrons emitidos da camada K é aproximadamente igual a

- A 41,3.
- B 49,6.
- C 82,6.
- D 124.
- E 248.

RASCUNHO

### QUESTÃO 91

Considerando que, para o átomo de hidrogênio, os níveis de energia são  $E_n = -\frac{13,58}{n^2} \text{ eV}$ , o fóton fluorescente infravermelho da transição da camada P para a camada N tem comprimento de onda  $\lambda$ , em  $\mu\text{m}$ , entre

- A 1,00 e 2,00.
- B 2,00 e 3,00.
- C 3,00 e 4,00.
- D 4,00 e 5,00.
- E 5,00 e 6,00.

### QUESTÃO 92

A fluorescência em uma solução alcalina tem uma absorção máxima próxima da luz de comprimento de onda  $414 \text{ nm}$  e uma fluorescência máxima no comprimento de onda  $621 \text{ nm}$ . Desse modo, a quantidade de energia perdida em eV nesse processo de absorção e reemissão de um *quantum* é igual a

- A 6,0.
- B 3,0.
- C 2,0.
- D 1,0.
- E 0,1.

### QUESTÃO 93

Para retirar um elétron da camada K do átomo de urânio é necessário que ele absorva um fóton de raio X de comprimento de onda  $0,107 \text{ \AA}$ . A linha  $K\alpha$  tem comprimento de onda  $0,126 \text{ \AA}$ . O comprimento de onda de absorção da camada L em  $\text{\AA}$  é aproximadamente igual a

- A 0,019.
- B 0,058.
- C 0,233.
- D 0,709.
- E 0,810.

**Texto para as questões de 95 a 97**

As frequências observadas para as linhas espectrais K e L dos raios X fluorescentes podem ser ajustadas pela relação de Moseley:  $\sqrt{f} = A(Z - Z_0)$ , onde  $Z$  é o número atômico do material irradiado e  $A$  e  $Z_0$  são constantes que dependem das transições particulares observadas. Para a série de linhas K, verifica-se experimentalmente que  $Z_0 = 1$  e que o valor de  $A$  varia com as transições  $K\alpha$ ,  $K\beta$ ,  $K\gamma$ , etc, observadas. Para as séries L,  $Z_0 = 7,4$  a constante  $A$  se mantém quase inalterável para as linhas  $L\alpha$ ,  $L\beta$ ,  $L\gamma$  etc. ou seja  $A_{K\alpha} = 4,97 \times 10^7 \text{ Hz}^{1/2}$ ,  $A_{L\alpha} = 2,14 \times 10^7 \text{ Hz}^{1/2}$ .

Esses valores obtidos pela física quântica concordam com os valores experimentais encontrados.

RASCUNHO

**QUESTÃO 95**

Com base no texto acima, é correto afirmar que o comprimento de onda da linha espectral  $K\alpha$  em  $\text{\AA}$  para o molibdênio ( $Z = 42$ ) é aproximadamente igual a

- A 0,072.
- B 0,360.
- C 0,721.
- D 3,600.
- E 7,210.

**QUESTÃO 96**

Considerando que  $\sqrt{1,546}$  é aproximadamente igual a 1,243, o elemento ao qual a medida experimental do comprimento de onda da linha espectral  $K\alpha$  tenha sido dado por 1,94  $\text{\AA}$  é o

- A Fe ( $Z=26$ ).
- B Co ( $Z=27$ ).
- C Ni ( $Z=28$ ).
- D Cu ( $Z=29$ ).
- E Zn ( $Z=30$ ).

**QUESTÃO 97**

A linha espectral fluorescente  $K\alpha_1$  do átomo de tálio (Tl,  $Z = 81$ ) tem energia 72,87 keV. Considerando 4,2 como valor aproximado de  $17,6^{1/2}$ , é correto afirmar que o valor da constante  $A$  em  $\text{Hz}^{1/2}$  da relação de Moseley para esse átomo é igual a

- A  $1,90 \times 10^7$ .
- B  $4,20 \times 10^7$ .
- C  $4,90 \times 10^7$ .
- D  $5,25 \times 10^7$ .
- E  $8,40 \times 10^7$ .



RASCUNHO

**QUESTÃO 98**

Com relação a espectroscopia, assinale a opção correta.

- Ⓐ As linhas espectrais  $K\alpha$  têm comprimento de onda menor que as linhas espectrais  $K\beta$ .
- Ⓑ A espectroscopia XRF apresenta uma radiação de fundo conhecida como *Bremsstrahlung*, devido ao espalhamento elástico (ou *Rayleigh*) e inelástico (ou Compton) dos raios X com a amostra.
- Ⓒ Existem três linhas espectrais para a transição  $K\alpha$ , que são  $K\alpha_1$  ( $L_I \rightarrow K$ ),  $K\alpha_2$  ( $L_{II} \rightarrow K$ ) e  $K\alpha_3$  ( $L_{III} \rightarrow K$ ).
- Ⓓ Em qualquer átomo, a energia necessária para ejetar um elétron da camada K é igual à energia do fóton fluorescente da transição  $K\alpha$ .
- Ⓔ A emissão de luz fosforescente tem tempo de decaimento da ordem de  $10^{-8}$  segundos após cessar a absorção da radiação excitadora, ao passo que a emissão fluorescente persiste um tempo considerável depois de haver cessado a absorção da radiação excitadora.

**QUESTÃO 99**

A respeito da espectroscopia, assinale a opção correta.

- Ⓐ Para utilizar o método da espectroscopia de emissão, a amostra do material a ser analisada não necessita absorver energia.
- Ⓑ A espectroscopia Raman baseia-se no princípio físico da absorção.
- Ⓒ O método da espectroscopia de fluorescência, também chamada espectrofluorimetria ou simplesmente fluorimetria, mede a quantidade de luz espalhada por uma determinada substância, que não tem correspondência com nenhuma mudança de nível quântico dos átomos da substância.
- Ⓓ Ao fazer análises espectroscópicas de fluorescência observa-se que o comprimento de onda da luz reemitida pelo material é menor que o comprimento de onda da luz incidente.
- Ⓔ A espectrometria por fluorescência de raios X é um método não destrutivo para análise da constituição química de sólidos e líquidos. A amostra (geralmente com número atômico  $Z > 11$ ) é irradiada por um feixe intenso de Raios X que causa a emissão de fluorescência.

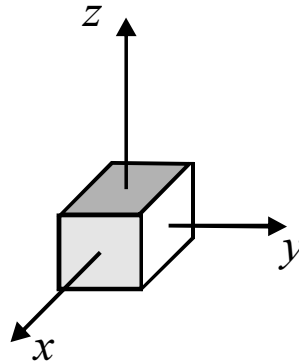
**QUESTÃO 100**

Acerca da espectrometria, assinale a opção correta.

- Ⓐ Em relação a espectrometria por fluorescência de raios X (XRF), uma amostra irradiada com raios X, tanto pode reemitir fótons de raios X fluorescente como ejetar um elétron auger.
- Ⓑ A técnica da espectrometria por fluorescência de raios X (XRF) é possível apenas com raios X como radiação excitadora incidente sobre uma amostra.
- Ⓒ A utilização da espectrometria por fluorescência de raios X (XRF) para analisar amostras cristalinas fundamenta-se teoricamente na lei de Bragg.
- Ⓓ Um microscópio de fluorescência que utiliza radiação ultravioleta de vácuo (VUV: 10 nm-200 nm) tem a vantagem de não ionizar as amostras.
- Ⓔ A tomografia computadorizada de raios X tem como princípio físico o fenômeno XRF.

**PROVA DISCURSIVA**

- Nesta prova, faça o que se pede, usando os espaços para rascunho indicados no presente caderno. Em seguida, transcreva os textos para o **CADERNO DE TEXTOS DEFINITIVOS DA PROVA DISCURSIVA**, nos locais apropriados, pois **não serão avaliados fragmentos de texto escritos em locais indevidos**.
- Em cada questão, qualquer fragmento de texto além da extensão máxima de **trinta** linhas será desconsiderado. Será desconsiderado também o texto que não for escrito na **folha de texto definitivo** correspondente.
- No **caderno de textos definitivos**, identifique-se apenas no cabeçalho da primeira página, pois **não será avaliado** texto que tenha qualquer assinatura ou marca identificadora fora do local apropriado.

**QUESTÃO 1**

Considerando um monocristal disposto em um sistema de coordenadas, como mostrado na figura acima, elabore um texto dissertativo, abordando, necessariamente, os seguintes aspectos:

- ▶ descreva como deveriam ser as direções de propagação e polarização de um feixe de luz monocromática, para se obter a geometria de espalhamento dada por  $x(z, x)y$ , na notação de Porto. Considere  $x//[100]$ ,  $y//[010]$  e  $z//[001]$ ;
- ▶ descreva quais seriam os procedimentos a serem adotados no laboratório para se obter a geometria de espalhamento descrita pelas notações  $x(y, x)y$ ,  $x(z, z)y$ .

**RASCUNHO – QUESTÃO 1**

1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	
24	
25	
26	
27	
28	
29	
30	

**QUESTÃO 2**

Um microscópio convencional utiliza o princípio da reflexão e absorção da luz que incide sobre uma amostra ou espécime para produzir uma imagem ampliada. Já um microscópio de fluorescência utiliza em geral lâmpadas de arco de xenônio ou vapor de mercúrio para excitações fluorescentes dos espécimes para obter imagens ampliadas a partir da radiação fluorescente.

J. W. Lichtman e J. A. Conchello. **Fluorescence microscopy**, **nature methods**. v. 2, n.º 12, dez./2005, p. 910.

Considerando que o fragmentos de texto acima tem caráter unicamente motivador, redija um texto dissertativo que aborde, necessariamente, os seguintes aspectos:

- ▶ técnica da microscopia de fluorescência e seus componentes básicos;
- ▶ técnicas para se obter fluorescência de determinado espécime;
- ▶ aplicações da microscopia de fluorescência.

**RASCUNHO – QUESTÃO 2**

1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	
24	
25	
26	
27	
28	
29	
30	

