

Exercícios

Energia radiante

- 6.1** Quais são as unidades SI básicas para (a) o comprimento de onda da luz, (b) a freqüência da luz, (c) a velocidade da luz?
- 6.2** (a) Qual é a relação entre o comprimento de onda e a freqüência da energia radiante? (b) O ozônio na camada superior da atmosfera absorve energia na faixa de 210–230 nm do espectro. Em qual região do espectro eletromagnético essa radiação ocorre?
- 6.3** Classifique cada uma das seguintes afirmativas como falsas ou verdadeiras. Corrija as afirmativas que são falsas. (a) A luz visível é uma forma de radiação eletromagnética. (b) A freqüência de radiação aumenta à medida que o comprimento de onda aumenta. (c) A luz ultravioleta tem comprimentos de onda maiores que a luz visível. (d) A radiação eletromagnética e as ondas sonoras movem-se à mesma velocidade.
- 6.4** Determine quais das seguintes afirmativas são falsas e corrija-as. (a) A radiação eletromagnética é incapaz de atravessar a água. (b) A radiação eletromagnética move-se no vácuo a uma velocidade constante, não importando o comprimento de onda. (c) A luz infravermelho tem freqüências mais altas que a luz visível. (d) O calor de uma lareira, a energia em um forno de microondas e o toque da buzina de navios são todos formas de radiação eletromagnética.
- 6.5** Organize os seguintes tipos de energia eletromagnética em ordem crescente de comprimento de onda: infravermelho, luz verde, luz vermelha, ondas de rádio, raios X, luz ultravioleta.
- 6.6** Liste os seguintes tipos de radiação eletromagnética em ordem crescente de comprimento: (a) os raios gama pro-
- duzidos por um radionuclídeo utilizado em formação de imagens na área médica; (b) a radiação de uma estação de rádio FM a 93,1 MHz no mostrador; (c) um sinal de rádio oriundo de uma estação de rádio AM a 680 MHz no mostrador; (d) a luz amarela de lâmpadas de vapor de sódio dos postes de rua; (e) a luz vermelha de um diodo emissor de luz, como em um mostrador de calculadora.
- 6.7** (a) Qual é a freqüência de radiação que tem um comprimento de onda de 0,452 pm? (b) Qual é o comprimento de onda de radiação que tem uma freqüência de $2,55 \times 10^{16} \text{ s}^{-1}$? (c) Quais radiações seriam visíveis a olho nu, as do item (a) ou do item (b)? (d) Qual a distância percorrida por uma radiação eletromagnética em 7,50 ms?
- 6.8** (a) Qual é a freqüência da radiação cujo comprimento de onda é de 589 nm? (b) Qual é o comprimento de onda da radiação que tem a freqüência de $1,2 \times 10^{13} \text{ s}^{-1}$? (c) Quais radiações seriam detectadas por um detector de radiação infravermelho, as do item (a) ou do item (b)? (d) Qual a distância percorrida por uma radiação eletromagnética em $10,0 \mu\text{s}$?
- 6.9** Átomos de mercúrio excitados emitem luz intensa em um comprimento de onda de 436 nm. Qual é a freqüência desta radiação? Utilizando a Figura 6.4, determine a cor associada ao seu comprimento de onda.
- 6.10** Um laser de íon de argônio emite luz a 489 nm. Qual é a freqüência de sua radiação? Essa emissão está no espectro visível? No caso de resposta afirmativa à pergunta anterior, qual é a cor dessa emissão?

Energia quantizada e fótons

- 6.11** (a) O que significa dizer que a energia é quantizada? (b) Por que não notamos a quantização da energia nas atividades cotidianas?
- 6.12** O primeiro artigo de Einstein de 1905 sobre o efeito fotoelétrico foi a primeira importante aplicação da hipótese de quantum de Planck. Descreva a hipótese original de Planck e explique como Einstein a usou em sua teoria do efeito fotoelétrico.
- 6.13** (a) Calcule o menor incremento de energia (um quantum) que pode ser emitido ou absorvido a um comprimento de onda de 812 nm. (b) Calcule a energia de um fóton de freqüência $2,72 \times 10^{13} \text{ s}^{-1}$. (c) Que comprimento de onda de radiação tem fótons de energia $7,84 \times 10^{18} \text{ J}$? Em que porção do espectro eletromagnético essa radiação seria encontrada?
- 6.14** (a) Calcule o menor incremento de energia que pode ser emitido ou absorvido a um comprimento de onda de 3,80 mm. (b) Calcule a energia de um fóton de freqüência de 80,5 MHz. (c) Que freqüência de radiação tem fótons com energia de $1,77 \times 10^{-19} \text{ J}$? Em qual região do espectro eletromagnético essa radiação seria encontrada?
- 6.15** (a) Calcule e compare a energia de um fóton de comprimento de onda de $3,3 \mu\text{m}$ com um de comprimento de onda
- de $0,154 \text{ nm}$. (b) Utilize a Figura 6.4 para identificar a região do espectro eletromagnético à qual cada um pertence. Uma estação de rádio AM transmite a 1.440 kHz, e sua parceira FM transmite a 94,5 MHz. Calcule e compare a energia dos fótons emitidos por essas duas estações de rádio.
- 6.17** Um tipo de queimadura de sol ocorre com a exposição à luz UV de comprimento de onda na vizinhança de 325 nm. (a) Qual é a energia de um fóton com esse comprimento de onda? (b) Qual é a energia de um mol desses fótons? (c) Quantos fótons existem em uma rajada de 1,00 mJ dessa radiação?
- 6.18** A energia de radiação pode ser utilizada para causar a ruptura de ligações químicas. Uma energia mínima de 495 kJ/mol é necessária para quebrar a ligação oxigênio-oxigênio no O_2 . Qual é o comprimento de onda mais longo da radiação que possui a energia necessária para quebrar a ligação? Que tipo de radiação eletromagnética é essa?
- 6.19** Um laser diodo emite um comprimento de onda de 987 nm. Toda a sua potência de energia é absorvida em um detector que mede uma energia total de 0,52 J durante um período de 32 s. Quantos fótons por segundo são emitidos pelo laser?

6.20 Um objeto estelar está emitindo radiação a 1.350 nm. Se o detector está capturando 8×10^7 fótons por segundo nesse comprimento de onda, qual é a energia total dos fótons detectados em uma hora?

6.21 O molibdênio metálico tem de absorver radiação com a freqüência mínima de $1,09 \times 10^{15} \text{ s}^{-1}$ antes que ele emita um elétron de sua superfície via efeito fotoelétrico. (a) Qual é a energia mínima necessária para produzir esse efeito? (b) Qual comprimento de onda de radiação fornecerá um fóton com essa energia? (c) Se o molibdênio é irradiado com luz com comprimento de onda de 120

nm, qual é a possível energia cinética máxima dos elétrons emitidos?

6.22 É necessário um fóton com energia mínima de $4,41 \times 10^{-19} \text{ J}$ para emitir elétrons do metal de sódio. (a) Qual é a freqüência mínima de luz necessária para emitir elétrons do sódio pelo efeito fotoelétrico? (b) Qual é o comprimento de onda dessa luz? (c) Se o sódio é irradiado com luz de 439 nm, qual é a possível energia cinética máxima dos elétrons emitidos? (d) Qual número máximo de elétrons pode ser liberado por uma rajada de luz cuja energia total é de $1,00 \mu\text{J}$?

O modelo de Bohr; ondas de matéria

6.23 Explique como a existência de espectro de linhas é consistente com a teoria de Bohr sobre energias quantizadas para o elétron no átomo de hidrogênio.

6.24 (a) Nos termos da teoria de Bohr para o átomo de hidrogênio, qual processo ocorre quando seus átomos excitados emitem energia radiante com determinados comprimentos de onda e apenas aqueles comprimentos de onda? (b) Um átomo de hidrogênio ‘expande-se ou ‘contrai-se’ ao mover-se de seu estado fundamental para um estado excitado?

6.25 Quando as seguintes transições eletrônicas ocorrem no hidrogênio, a energia é emitida ou absorvida? (a) de $n = 4$ para $n = 2$; (b) de uma órbita de raio 2,12 Å para uma de raio 8,48 Å; (c) um elétron se junta ao íon H^+ e fica no nível $n = 3$.

6.26 Indique se a energia é emitida ou absorvida quando as seguintes transições eletrônicas ocorrem no hidrogênio: (a) de $n = 2$ para $n = 6$; (b) de uma órbita de raio 4,77 Å para uma de raio 0,530 Å; (c) de $n = 6$ para o estado $n = 9$;

6.27 Utilizando a Equação 6.5, calcule a energia de um elétron no átomo de hidrogênio quando $n = 2$ e quando $n = 6$. Calcule o comprimento de onda da radiação liberada quando um elétron se move de $n = 6$ para $n = 2$. Essa linha está na região visível do espectro eletromagnético? Se a resposta for sim, qual sua cor?

6.28 Para cada uma das seguintes transições eletrônicas para o átomo de hidrogênio, calcule a energia, a freqüência e o comprimento de onda da radiação associada, e determine se a radiação é emitida ou absorvida durante a transição: (a) de $n = 5$ para $n = 1$; (b) de $n = 4$ para $n = 2$; (c) de $n = 4$ para $n = 6$. Alguma dessas transições emite ou absorve luz visível?

6.29 Todas as linhas de emissão visíveis observadas por Balmer envolviam $n_f = 2$. (a) Explique por que somente as linhas com $n_f = 2$ foram observadas na região visível do espectro eletromagnético. (b) Calcule os comprimentos de onda das primeiras três linhas na série de Balmer — aquelas cujo $n_i = 3, 4$ e 5 — e identifique essas linhas no espectro de emissão mostrado na Figura 6.12.

6.30 A série de linhas de emissão de Lyman para o átomo de hidrogênio são aquelas para as quais $n_f = 1$. (a) Determine a região do espectro eletromagnético na qual as linhas da série de Lyman são observadas. (b) Calcule os

comprimentos de onda das primeiras três linhas na série de Lyman — aquelas para as quais $n_i = 2, 3$ e 4.

[6.31] Uma das linhas de emissão do átomo de hidrogênio tem comprimento de onda de 93,8 nm. (a) Em qual região do espectro eletromagnético essa emissão é encontrada? (b) Determine os valores inicial e final de n associados a essa emissão.

[6.32] O átomo de hidrogênio pode absorver luz com comprimento de onda de 4.055 nm. (a) Em qual região do espectro eletromagnético essa absorção é encontrada? (b) Determine os valores inicial e final de n associados a essa absorção.

6.33 Utilize a relação de De Broglie para determinar os comprimentos de onda dos seguintes objetos: (a) uma pessoa de 85 kg esquiando a 50 km/h; (b) uma bala de revólver de 10,0 g detonada a 250 m/s; (c) um átomo de lítio movimentando-se a $2,5 \times 10^5 \text{ m/s}$.

6.34 Entre as partículas subatômicas elementares da física está o muon, o qual se decompõe poucos nanosegundos após sua formação. O muon tem massa em estado de repouso absoluto de 206,8 vezes a massa do elétron. Calcule o comprimento de onda de De Broglie associado com o muon movendo-se a uma velocidade de $8,85 \times 10^5 \text{ cm/s}$.

6.35 A difração de nêutrons é uma importante técnica para determinar as estruturas das moléculas. Calcule a velocidade de um nêutron que tem comprimento de onda característico de 0,955 Å. (Consulte o encarte deste livro para a massa do nêutron.)

6.36 O microscópio eletrônico tem sido muito usado para a obtenção de imagens altamente ampliadas, tanto de materiais biológicos como de outros tipos. Quando um elétron é acelerado por um campo potencial específico, ele atinge uma velocidade de $5,93 \times 10^6 \text{ m/s}$. Qual é o comprimento de onda característico desse elétron? O comprimento de onda é comparável ao tamanho dos átomos?

6.37 Usando o princípio da incerteza de Heisenberg, calcule a incerteza na posição de (a) um mosquito de 1,50 mg movendo-se a uma velocidade de 1,40 m/s, sabendo que a velocidade está dentro da faixa de $\pm 0,01 \text{ m/s}$; (b) um próton movimentando-se a uma velocidade de $(5,00 \pm 0,01) \times 10^4 \text{ m/s}$. (A massa de um próton é dada na tabela de constantes fundamentais no encarte que acompanha este livro.)

- 6.38** Calcule a incerteza na posição de (a) um elétron movendo-se a uma velocidade de $(3,00 \pm 0,01) \times 10^5$ m/s; (b) um nêutron movendo-se à mesma velocidade. (As massas de um elétron e de um nêutron são dadas na ta-

bela de constantes fundamentais no encarte que acompanha este livro.) (c) Quais são as implicações desses cálculos para nosso modelo de átomo?

Mecânica quântica e orbitais atômicos

- 6.39** De acordo com o modelo de Bohr, um elétron no estado fundamental de um átomo de hidrogênio move-se em órbita ao redor do núcleo com um raio específico de 0,53 Å. Na descrição do átomo de hidrogênio pela mecânica quântica, a distância mais provável do elétron ao núcleo é 0,53 Å. Por que essas duas afirmativas são diferentes?
- 6.40** (a) Na descrição do átomo de hidrogênio pela mecânica quântica, qual é o significado físico do quadrado da função de onda, ψ^2 ? (b) O que significa a expressão ‘densidade eletrônica’? (c) O que é um orbital?
- 6.41** (a) Para $n = 4$, quais são os possíveis valores de l ? (b) Para $l = 2$, quais são os possíveis valores de m_l ?
- 6.42** Quantos valores possíveis existem para l e m_l quando (a) $n = 3$; (b) $n = 5$?
- 6.43** Dê os valores numéricos de n e l correspondentes a cada uma das seguintes designações: (a) $3p$; (b) $2s$; (c) $4f$; (d) $5d$.
- 6.44** Dê os valores para n , l e m_l para (a) cada orbital no subnível $2p$; (b) cada orbital no subnível $5d$.
- 6.45** Quais das seguintes alternativas representam combinações impossíveis de n e l : (a) $1p$; (b) $4s$; (c) $5f$; (d) $2d$?
- 6.46** Quais das seguintes alternativas são conjuntos permitidos de números quânticos para um elétron em um átomo de hidrogênio: (a) $n = 2, l = 1, m_l = 1$; (b) $n = 1, l = 0, m_l = -1$; (c) $n = 4, l = 2, m_l = -2$; (d) $n = 3, l = 3, m_l = 0$? Para as combinações que forem permitidas, escreva a designa-

- ção apropriada para o subnível a que o orbital pertence (isto é, $1s$, e assim por diante).
- 6.47** Faça um esboço da forma e orientação dos seguintes tipos de orbitais: (a) s ; (b) p_z ; (c) d_{xy} .
- 6.48** Faça um esboço da forma e orientação dos seguintes tipos de orbitais: (a) p_x ; (b) d_{z^2} ; c) $d_{x^2 - y^2}$.
- 6.49** (a) Quais são as similaridades e diferenças entre os orbitais $1s$ e $2s$ do átomo de hidrogênio? (b) Em que sentido um orbital $2p$ tem caráter direcional? Compare as características ‘direcionais’ dos orbitais p_x e $d_{x^2 - y^2}$ (isto é, em qual direção ou região do espaço a densidade do elétron é concentrada?). c) O que você pode dizer sobre a distância média do núcleo de um elétron em um orbital $2s$ quando comparada a um orbital $3s$? (d) Para o átomo de hidrogênio, liste os seguintes orbitais na ordem crescente de energia (ou seja, os mais estáveis primeiro): $4f, 6s, 3d, 1s, 2p$.
- 6.50** (a) Com referência à Figura 6.18, qual é a relação entre o número de nós em um orbital s e o valor do número quântico principal? (b) Identifique o número de nós, isto é, identifique os lugares onde a densidade eletrônica é zero, no orbital $2p_x$; no orbital $3s$. (c) Os nós no orbital s são superfícies esféricas (Figura 6.18). Em que tipo de superfície você espera que os nós estejam nos orbitais p (Figura 6.20)? (d) Para o átomo de hidrogênio, liste os seguintes orbitais na ordem crescente de energia: $3s, 2s, 2p, 5s, 4d$.

Átomos polieletônicos e configurações eletrônicas

- 6.51** Para certo valor do número quântico principal, n , como as energias dos subníveis s , p , d e f variam para (a) hidrogênio; (b) um átomo polieletônico?
- 6.52** (a) A distância média do núcleo de um elétron $3s$ em um átomo de cloro é menor que para um elétron $3p$. Considerando esse fato, qual orbital é de energia mais alta? (b) Você esperaria que a remoção de um elétron $3s$ de um átomo de cloro necessite de mais ou menos energia quando comparado a um elétron $2p$? Explique.
- 6.53** (a) Quais são os possíveis valores do número quântico de spin do elétron? (b) Que peça de equipamento experimental pode ser utilizada para distinguir os elétrons que tenham valores diferentes do número quântico de spin de elétron? (c) Dois elétrons em um átomo ocupam o orbital $1s$. Qual grandeza deve ser diferente para os dois elétrons? Que princípio governa a resposta a essa pergunta?
- 6.54** (a) Explique o princípio da exclusão de Pauli com suas próprias palavras. (b) O princípio da exclusão de Pauli

- é, em um sentido importante, o segredo para a compreensão da tabela periódica. Explique por quê.
- 6.55** Qual é o número máximo de elétrons que podem ocupar cada um dos seguintes subníveis: (a) $3d$; (b) $4s$; c) $2p$; (d) $5f$?
- 6.56** Qual é o número máximo de elétrons em um átomo que podem ter os seguintes números quânticos: (a) $n = 2, m_s = -1/2$; (b) $n = 5, l = 3$; (c) $n = 4, l = 3, m_l = -3$; (d) $n = 4, l = 1, m_l = 1$.
- 6.57** (a) O que cada quadrícula em uma configuração de quadrículas representa? (b) Que grandeza é representada pelo sentido (para cima ou para baixo) das setas em uma configuração de quadrículas? (c) A regra de Hund é necessária para se escrever a configuração eletrônica do berílio? Explique.
- 6.58** (a) O que são ‘elétrons de nível mais externo’? (b) O que são ‘elétrons desemparelhados’? (c) Quantos elétrons de nível mais externo um átomo de Si possui? Quantos deles são desemparelhados?

6.59 Escreva as configurações eletrônicas condensadas para os seguintes átomos, usando as abreviaturas de núcleo de gás nobre apropriadas: (a) Cs; (b) Ni; (c) Se; (d) Cd; (e) Ac; (f) Pb.

6.60 Escreva as configurações eletrônicas condensadas para os seguintes átomos: (a) Al; (b) Sc; (c) Co; (d) Br; (e) Ba; (f) Re; (g) Lu.

6.61 Faça a configuração de quadrículas para os elétrons de valência de cada um dos seguintes elementos e indique quantos elétrons desemparelhados cada um tem: (a) S; (b) Sr; (c) Fe; (d) Zr; (e) Sb; (f) U.

6.62 Utilizando a configuração de quadrículas, determine o número de elétrons desemparelhados em cada um dos seguintes átomos: (a) Ti; (b) Ga; (c) Rh; (d) I; (e) Po.

6.63 Identifique o elemento específico que corresponde a cada uma das seguintes configurações eletrônicas:

(a) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$; (b) $[Ne]3s^2 3p^1$; (c) $[Ar]4s^1 3d^5$; (d) $[Kr]5s^2 4d^{10} 5p^4$.

6.64 Identifique o grupo de elementos que corresponde a cada uma das seguintes configurações eletrônicas gerais:

(a) $[\text{gás nobre}]ns^2 np^5$
 (b) $[\text{gás nobre}]ns^2(n-1)d^2$
 (c) $[\text{gás nobre}]ns^2(n-1)d^{10} np^1$
 (d) $[\text{gás nobre}]ns^2(n-2)f^6$

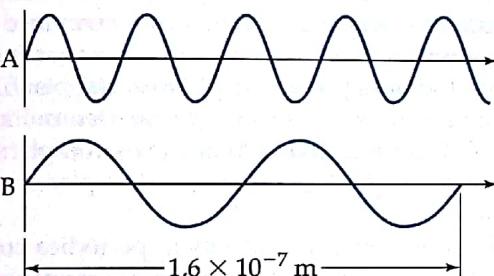
6.65 O que está errado nas seguintes configurações eletrônicas para átomos em seus estados fundamentais?

(a) $1s^2 2s^2 3s^1$; (b) $[\text{Ne}]2s^2 2p^3$; (c) $[\text{Ne}]3s^2 3d^5$.

6.66 As seguintes configurações eletrônicas representam estados excitados. Identifique o elemento e escreva sua configuração eletrônica condensada para estado fundamental. (a) $1s^2 2s^2 3p^2 4p^1$; (b) $[\text{Ar}]3d^{10} 4s^1 4p^4 5s^1$; (c) $[\text{Kr}]4d^6 5s^2 5p^1$.

Exercícios adicionais

6.67 Considere as duas ondas mostradas a seguir, que representam duas radiações eletromagnéticas:



(a) Qual é o comprimento de onda da onda A? E da onda B?

(b) Qual é a freqüência da onda A? E da onda B?

(c) Identifique as regiões do espectro eletromagnético às quais as ondas A e B pertencem.

6.68 Certos elementos emitem luz de um comprimento de onda específico quando são queimados. Historicamente, os químicos utilizavam tais comprimentos de onda de emissão para determinar se certos elementos estavam presentes em uma amostra. Alguns comprimentos de onda característicos para alguns desses elementos são:

Ag	328,1 nm	Fe	372,0 nm
Au	267,6 nm	K	404,7 nm
Ba	455,4 nm	Mg	285,2 nm
Ca	422,7 nm	Na	589,6 nm
Cu	324,8 nm	Ni	341,5 nm

(a) Determine quais elementos emitem radiação na parte visível do espectro. (b) Qual elemento emite fótons de energia mais alta? E de energia mais baixa? (c) Ao ser queimada, uma amostra de substância desconhecida emite luz de freqüência $6,59 \times 10^{14} \text{ s}^{-1}$. Qual desses elementos provavelmente está na amostra?

6.69 Imagens de Ganímede, a maior lua de Júpiter, foram transmitidas da *Galileo*, nave espacial não tripulada, quando sua distância da Terra era de 522 milhões de milhas. Quanto tempo os sinais transmitidos levaram para percorrer a distância entre a nave espacial e a Terra?

6.70 Os raios do sol que causam o bronzeamento e as queimaduras estão na porção ultravioleta do espectro eletromagnético. Esses raios são categorizados por comprimento de onda: a chamada radiação UV-A tem comprimentos de onda na faixa de 320–380 nm, enquanto a radiação UV-B tem comprimentos de onda na faixa de 290–320 nm. (a) Calcule a freqüência de luz que tem comprimento de onda de 320 nm. (b) Calcule a energia de um mol de fótons de 320 nm. (c) Quais são mais energéticos, fótons de radiação UV-A ou de radiação UV-B? (d) A radiação UV-B do sol é considerada maior causadora de queimaduras em humanos do que a radiação UV-A. Essa observação é consistente com sua resposta ao item (c)?

6.71 O watt é a unidade derivada SI que indica potência, a medida de energia por unidade de tempo: $1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$. Um laser semicondutor em um aparelho de CD tem comprimento de onda igual a 780 nm e nível de potência de 0,10 mW. Quantos fótons incidem em sua superfície durante a execução de um CD com 69 minutos de duração?

6.72 Carotenóides, presentes em todos os organismos capazes de realizar fotossíntese, ampliam a faixa de luz absorvida pelo organismo. Eles exibem capacidade máxima para absorção de luz na faixa de 440–470 nm. Calcule a energia representada pela absorção de um número de Avogadro de fótons de comprimento de onda de 455 nm.

6.73 Uma fotocélula, como a ilustrada na Figura 6.7 (b), é um aparelho utilizado para medir a intensidade de luz. Em certo experimento, quando uma luz de comprimento de onda de 550 nm é dirigida para a fotocélula, elétrons são emitidos à proporção de $5,8 \times 10^{-13} \text{ C/s}$. Suponha que cada fóton que colide na fotocélula emita um elétron. Quantos fótons por segundo atingem a fotocélula? Quanto de energia por segundo a fotocélula absorve?

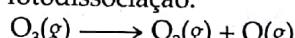
6.74 Uma substância sensível à luz no filme fotográfico preto-e-branco é AgBr. Os fótons fornecem a energia necessária para transferir um elétron de Br^- para Ag^+ a fim de produzir Ag e Br e, por meio disso, escurecer o filme.

- (a) Se um mínimo de energia de $2,00 \times 10^5$ J/mol é necessário para esse processo, qual é a energia mínima necessária para cada fóton? (b) Calcule o comprimento de onda de luz necessário para fornecer essa energia para os fótons. (c) Explique por que esse filme pode ser manuseado em um quarto escuro sob luz vermelha.
- 6.75** Quando o espectro de luz do sol é examinado em alta resolução em determinado experimento similar ao ilustrado na Figura 6.10, linhas escuras são evidentes. Essas são chamadas linhas Fraunhofer, em homenagem ao cientista que as estudou extensivamente no início do século XIX. De modo geral, cerca de 25 mil linhas foram identificadas no espectro solar entre 2.950 Å e 10 mil Å. As linhas Fraunhofer são atribuídas à absorção de determinados comprimentos de onda de luz 'branca' do sol por elementos gasosos na atmosfera solar. (a) Descreva o processo que causa a absorção de comprimentos de onda específicos de luz do espectro solar. (b) Se um cientista quisesse saber quais linhas Fraunhofer pertencem a dado elemento, digamos o neônio, que experimentos poderiam ser conduzidos aqui na Terra para fornecer dados?
- [6.76]** O modelo de Bohr pode ser utilizado para íons semelhantes ao hidrogênio — íons que tenham apenas um elétron, como He^+ e Li^{2+} . (a) Por que o modelo de Bohr é aplicável para íons de He^+ , mas não para átomos neutros de He? (b) As energias do estado fundamental de H, He^+ e Li^{2+} são arranjadas em tabela como segue:
- | Átomo ou íon | H | He^+ | Li^{2+} |
|-------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Energia do estado fundamental | $-2,18 \times 10^{-18}$ J | $-8,72 \times 10^{-18}$ J | $-1,96 \times 10^{-17}$ J |
- Após examinar esses números, proponha uma relação entre a energia do estado fundamental de sistemas semelhantes ao hidrogênio e a carga nuclear, Z. (c) Utilize a relação que você obtiver no item (b) para fazer determinar a energia do estado fundamental do íon de C^{5+} .
- 6.77** Em condições apropriadas, o molibdênio emite raios X que têm comprimento de onda característico de 0,711 Å. Esses raios X são utilizados em experimentos de difração para determinar as estruturas de moléculas. Qual a rapidez com que um elétron teria de se mover para ter o mesmo comprimento de onda desses raios X?
- [6.78]** Um elétron é acelerado por um potencial elétrico para uma energia cinética de 82,4 KeV. Qual é seu comprimento de onda característico? (Dica: lembre-se de que a energia cinética de um objeto em movimento é $E = \frac{1}{2}mv^2$, onde m é a massa do objeto e v, a velocidade do objeto.)
- 6.79** Qual dos números quânticos governa (a) a forma de um orbital; (b) a energia de um orbital; (c) as propriedades de spin de um elétron; (d) a orientação espacial do orbital?
- 6.80** Dê a designação do subnível para cada um dos seguintes casos: (a) $n = 3, l = 1$; (b) $n = 6, l = 4$; (c) $n = 2, l = 0$; (d) $n = 4, l = 3$.
- 6.81** Quantos orbitais em um átomo podem ter cada uma das seguintes designações: (a) $3s$; (b) $2p$; (c) $4d$; (d) $n = 3$?
- 6.82** Os 'números mágicos' na tabela periódica são os números atômicos dos elementos com alta estabilidade (os gases nobres): 2, 10, 18, 36, 54 e 86. Em termos de valores permitidos de orbitais e números quânticos de spin, explique por que esses arranjos de elétrons correspondem à estabilidade especial.
- [6.83]** Para orbitais simétricos não-esféricos, as representações de superfície limite (como nas figuras 6.20 e 6.21) sugerem onde existem planos nodais (isto é, onde a densidade eletrônica é zero). Por exemplo, o orbital p_x tem um nó onde quer que $x = 0$; essa equação é satisfeita por todos os pontos no plano yz ; tal plano é chamado plano nodal do orbital p_x . (a) Determine o plano nodal do orbital p_z . (b) Quais são os dois planos nodais do orbital d_{xy} ? (c) Quais são os dois planos nodais do orbital $d_x^2 - \frac{y^2}{z^2}$?
- 6.84** Utilizando somente um tabela periódica como guia, escreva as configurações eletrônicas condensadas para os seguintes átomos: (a) Se; (b) Rh; (c) Si; (d) Hg; (e) Hf.
- 6.85** O meitnério, Mt, elemento 109, nome dado em homenagem à cientista Lisa Meitner, é um metal de transição que se espera ter a mesma configuração eletrônica externa do irídio. Usando essa observação (e sem olhar a Figura 6.28), escreva a configuração eletrônica do meitnério. Use [Rn] para representar os primeiros 86 elétrons da configuração eletrônica.
- 6.86** Cientistas têm considerado que o elemento 126 possa ter estabilidade moderada que o permite ser sintetizado e caracterizado. Faça a previsão de como deve ser a configuração eletrônica condensada desse elemento.

Exercícios cumulativos

- [6.87]** Os fornos de microondas utilizam radiação de micro-onda para aquecer os alimentos. As microondas são absorvidas pela umidade no alimento, que é transferida para outros componentes do alimento. Suponha que a radiação de microonda tenha comprimento de onda de 11,2 cm. Quantos fótons são necessários para aquecer 200 mL de café de 23 °C para 60 °C?
- 6.88** A camada de ozônio estratosférico (O_3) ajuda a nos proteger da radiação ultravioleta prejudicial. Ela o faz absorvendo luz ultravioleta e se decompondo em uma

molécula de O_2 e um átomo de oxigênio, processo conhecido como fotodissociação:



- Utilize os dados do Apêndice C para calcular a variação de entalpia para essa reação. Qual é o comprimento de onda máximo que um fóton pode ter se ele deve possuir energia suficiente para causar essa dissociação? Em qual porção do espectro esse comprimento de onda ocorre?
- 6.89** A descoberta do hafnio, elemento número 72, promoveu um episódio controverso na química. G. Urbain, um

químico francês, alegou em 1911 ter isolado um elemento número 72 de uma amostra de compostos de terra rara (elementos 58 – 71). No entanto, Niels Bohr acreditava que háfnio seria mais provável de ser encontrado com zircônio do que com terras raras. D. Coster e G. von Hevesy, que trabalhavam no laboratório de Bohr em Copenhagen, mostraram em 1922 que o elemento 72 estava presente em uma amostra de zircão norueguês, um mineral de zircônio. (O nome háfnio vem do nome latino para Copenhagen, *Hafnia*).

(a) Como você utilizaria os argumentos de configuração eletrônica para justificar a previsão de Bohr? (b) O zircônio, vizinho do háfnio no grupo 4B, pode ser produzido como um metal pela redução do sólido $ZrCl_4$ com metal de sódio fundido. Escreva uma equação química balanceada para a reação. Ela é uma reação de oxirredução? Se for, o que é reduzido e o que é oxidado? (c) O dióxido de zircônio sólido, ZrO_2 , reage com gás cloro na presença de carbono. Os produtos da reação são $ZrCl_4$ e dois gases, CO_2 e CO , na proporção 1 : 2. Escreva uma equação química balanceada para a reação. Começando com uma amostra de 55,4 g de ZrO_2 , calcule a massa formada de $ZrCl_4$, supondo que ZrO_2 é o reagente limitante e supondo 100% de rendimento. (d) Utilizando suas configurações eletrônicas, considere o fato de Zr e Hf formarem cloreto MCl_4 e óxido MO_2 .

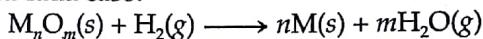
6.90

(a) Considere a formação das seguintes séries de óxidos em termos de configurações eletrônicas dos elementos

e da abordagem sobre compostos iônicos na Seção 2.7: K_2O , CaO , Sc_2O_3 , TiO_2 , V_2O_5 , CrO_3 . (b) Dê os nomes desses óxidos. (c) Considere os óxidos de metal cujas entalpias de formação (em kJ mol^{-1}) estão listadas aqui.

Óxido	$K_2O(s)$	$CaO(s)$	$TiO_2(s)$	$V_2O_5(s)$
ΔH_f°	- 363,2	- 635,1	- 938,7	- 1.550,6

Calcule as variações de entalpia na seguinte reação geral para cada caso:



(Você precisará escrever a equação balanceada para cada caso, e só então calcular ΔH°) (d) Baseado nas informações fornecidas, estime o valor de ΔH_f° para $Sc_2O_3(s)$.

6.91

Os primeiros 25 anos do século XX foram significativos para a rápida mudança na compreensão dos cientistas sobre a natureza da matéria. (a) De que forma os experimentos de Rutherford, sobre dispersão de partículas α ao longo de uma chapa de ouro, prepararam o terreno para a teoria de Bohr sobre o átomo de hidrogênio? (b) De que modo a hipótese de De Broglie, quando aplicada aos elétrons, é consistente com a conclusão de J. J. Thomson de que o elétron tem massa? Em que sentido ela corrobora com a proposta de que raios catódicos deveriam ser tratados como fenômenos ondulatórios nos experimentos que precederam os trabalhos de Thomson?