

comprimento de onda da radiação que será emitida quando o elétron vai do nível $n = 3$ para o de $n = 2$. (b) Repita o cálculo para um elétron mudando entre os níveis $n = 4$ e $n = 2$.

1.22 Orbitais atômicos podem ser combinados para formar orbitais moleculares. Nesses orbitais, há uma probabilidade diferente de zero de encontrar um elétron em qualquer dos átomos que contribui para esse orbital molecular. Considere um elétron que é confinado em um orbital molecular que se estende sobre dois átomos de carbono adjacentes. O elétron pode mover-se livremente entre os dois átomos. A distância C – C é 139 pm. (a) Usando o modelo da partícula em uma caixa, calcule a energia requerida para promover um elétron do nível $n = 1$ para o nível de $n = 2$, assumindo que o comprimento da caixa é igual à distância entre dois átomos de carbono. (b) A que comprimento de onda de radiação isto corresponde? (c) Repita o cálculo para uma cadeia linear de 1.000 átomos de carbono. (d) O que você pode concluir sobre a energia de separação entre os níveis de energia quando o tamanho da cadeia atômica aumenta?

1.23 (a) Defina *energia de ponto zero*. (b) Usando a equação para E obtida do modelo para a “partícula na caixa”, explique porque a energia de ponto zero não é observada para sistemas macroscópicos.

1.24 Hoje em dia, em muitos museus de ciências, a estrutura atômica é ilustrada por um modelo de um átomo com o núcleo central rodeado de elétrons movendo-se em órbitas circulares. O que está errado nesta visão do átomo?

Os espectros atômicos e níveis de energia

1.25 No espectro do hidrogênio atômico, muitas linhas são geralmente classificadas juntas como pertencendo a uma série (por ex., série de Balmer, série de Lyman, série de Paschen) como mostrado na Figura 1.21. O que as linhas de uma série têm em comum que torna lógico juntá-las em um grupo?

1.26 (a) O que é o efeito fotoelétrico? (b) O que torna o efeito fotoelétrico diferente de uma simples absorção da luz por um átomo ou molécula? (c) O que acontece, se acontece, com o “excesso” de energia na parte (a)? (d) Considere uma amostra de gás neônio. Qual condição que deve ser preenchida para que a luz que passa através de uma amostra seja absorvida?

1.27 Qual mudança de energia ocorre quando um átomo de sódio emite um fóton amarelo com comprimento de onda de 589 nm? Isto é comumente chamado de “linha D” do sódio.

1.28 Uma transição particular em um átomo de mercúrio emite um fóton de luz azul com comprimento de onda de 435,8 nm. Qual é a mudança de energia no átomo?

1.29 Use a fórmula de Rydberg para o hidrogênio atômico para calcular o comprimento de onda da transição de $n = 6$ para $n = 2$. (b) Use a Tabela 1.1 para determinar a região do espectro na qual a transição ocorre. Se a mudança ocorre na região visível do espectro, qual a cor que será emitida?

1.30 (a) Qual é a energia mais alta do fóton que pode ser absorvida por um átomo de hidrogênio? (b) Qual é o

comprimento de onda deste fóton? (c) Em que parte do espectro eletrônico encontra-se este fóton?

Os orbitais atômicos

1.31 Avalie a probabilidade de encontrar um elétron em uma pequena região do orbital $1s$ do átomo de hidrogênio, a uma distância $0,25a_0$ do núcleo, relativamente à de encontrar a mesma pequena região localizada no núcleo.

1.32 Avalie a probabilidade de encontrar um elétron em uma pequena região do orbital $1s$ do átomo de hidrogênio, a uma distância $0,75a_0$ do núcleo, relativamente à de encontrar a mesma pequena região localizada no núcleo.

1.33 Quantas subcamadas existem para $n =$ (a) 2; (b) 3? (c) Quais são os valores permitidos para l quando $n = 3$?

1.34 (a) Quantas subcamadas existem para $n = 6$? (b) Identifique as subcamadas dando o nome associado (por exemplo, $6s$, etc.). (c) Quantos orbitais (total) há em uma camada com $n = 6$?

1.35 Quantos orbitais há em uma subcamada com $l =$ (a) 2; (b) 1; (c) 1; (d) 3?

1.36 (a) Quantas subcamadas existem para o número principal $n = 5$? (b) Identifique as subcamadas na forma ns .

1.37 Quais são os números quânticos, principal e de momento angular do orbital, para cada um dos seguintes orbitais: (a) $3p$; (b) $5d$; (c) $4f$; (d) $6s$?

1.38 Quais são os números quânticos, principal e de momento angular do orbital, para cada um dos seguintes orbitais: (a) $5s$; (b) $5f$; (c) $2p$; (d) $3d$?

1.39 Para cada um dos orbitais listados no Exercício 1.38, dê os valores possíveis do número quântico magnético.

1.40 Para os orbitais do Exercício 1.38, dê os valores do número quântico magnético.

1.41 Quantos elétrons, no total, podem ocupar (a) os $4p$; (b) os orbitais $3d$; (c) o orbital $1s$; (d) os orbitais $4s$?

1.42 Quantos elétrons podem ocupar uma subcamada com $l =$ (a) 0; (b) 1; (c) 2; (d) 3?

1.43 Escreva a notação da subcamada ($3d$, por exemplo) e o número de orbitais que têm os seguintes números quânticos: (a) $n = 5, l = 2$; (b) $n = 1, l = 0$; (c) $n = 6, l = 3$; (d) $n = 7, l = 4$.

1.44 Escreva a notação da subcamada ($3d$, por exemplo) e o número de elétrons que podem ter os seguintes números quânticos, se todos os orbitais da subcamada estão preenchidos: (a) $n = 3, l = 2$; (b) $n = 5, l = 0$; (c) $n = 7, l = 4$; (d) $n = 4, l = 3$.

1.45 Identifique os valores do número quântico principal e do número quântico de momento angular, l , para as seguintes subcamadas: (a) $2p$; (b) $5f$; (c) $3s$; (d) $4d$.

1.46 Identifique os valores do número quântico principal e do número quântico de momento angular, l , para as seguintes subcamadas: (a) $4s$; (b) $3d$; (c) $6p$; (d) $7f$.

EXERCÍCIOS

As forças intermoleculares

5.1 Identifique os tipos de forças intermoleculares que possam surgir entre as moléculas das seguintes substâncias: (a) Cl_2 ; (b) HCl ; (c) C_6H_6 ; (d) $\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl}$.

5.2 Identifique os tipos de forças intermoleculares que possam surgir entre as moléculas das seguintes substâncias: (a) N_2 ; (b) H_2O ; (c) $\text{CH}_2 = \text{CH}_2$; (d) $\text{CHCl} = \text{CHCl}$ (os dois isômeros).

5.3 Para quais das seguintes moléculas as interações dipolo-dipolo serão importantes: (a) CH_4 ; (b) CH_3Cl ; (c) CH_2Cl_2 ; (d) CHCl_3 ; (e) CCl_4 ?

5.4 Para quais das seguintes moléculas e íons as interações dipolo-dipolo serão importantes: (a) SF_6 ; (b) PF_5 ; (c) PF_3 ; (d) SF_4 ?

5.5 Coloque os seguintes tipos de interações iônicas e moleculares na ordem crescente de magnitude: (a) íon-dipolo; (b) dipolo induzido-dipolo induzido; (c) dipolo-dipolo na fase gasosa; (d) íon-íon; (e) dipolo-dipolo na fase sólida.

5.6 Explique por que sólidos como o NaCl têm altos pontos de fusão e ainda se dissolvem rapidamente na água ao passo que sólidos reticulares como o diamante têm pontos de fusão altíssimos e não se dissolvem em água.

5.7 Quais das seguintes moléculas provavelmente formam ligações de hidrogênio: (a) HF ; (b) CH_4 ; (c) NH_3 ; (d) CH_3OH ?

5.8 Quais das seguintes moléculas provavelmente formam ligações de hidrogênio: (a) D_2O ; (b) CH_3COOH ; (c) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$; (d) H_3PO_4 ?

5.9 Sugira, dando razões, qual substância, em cada par, provavelmente tem o ponto de fusão mais alto (as estruturas de Lewis poderão ajudar em seus argumentos): (a) HCl ou NaCl ; (b) $\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5$ (éter dietílico) ou $\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$ (butanol); (c) HF ou HCl ; (d) H_2O ou CH_3OH .

5.10 Sugira, dando razões, qual substância, em cada par, tem provavelmente o ponto de ebulição mais alto: (a) H_2S ou H_2O ; (b) NH_3 ou PH_3 ; (c) KBr ou CH_3Br ; (d) CH_4 ou SiH_4 .

5.11 Usando a teoria VSEPR, preveja as formas de cada uma das seguintes moléculas. Qual, de cada par, deve ter o ponto de ebulição mais alto: (a) PF_3 ou PCl_3 ; (b) SO_2 ou CO_2 ; (c) BF_3 ou BCl_3 ; (d) AsF_5 ou AsF_3 ?

5.12 Usando a teoria VSEPR, preveja as formas de cada uma das seguintes moléculas. Qual, de cada par, deve ter o ponto de ebulição mais alto: (a) SF_4 ou SF_6 ; (b) BF_3 ou ClF_3 ; (c) SF_4 ou CF_4 ; (d) $\text{cis-CHCl} = \text{CHCl}$ ou $\text{trans-CHCl} = \text{CHCl}$?

5.13 Calcule a relação das energias potenciais para a interação íon-dipolo de uma molécula de água com um íon Be^{2+} e com um íon Al^{3+} . Qual atrairá mais fortemente a molécula de água?

5.14 Calcule a relação das energias potenciais para a interação íon-dipolo da molécula de água com um íon Ca^{2+} e com um íon In^{3+} . Qual atrairá mais fortemente a molécula de água?

A estrutura dos líquidos

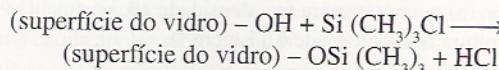
5.15 Preveja quais líquidos têm a maior tensão superficial:

- cis-dicloroeteno ou trans-dicloroeteno (ver estrutura 5 e 6);
- benzeno a 20°C ou benzeno a 60°C.

5.16 Preveja qual substância tem maior viscosidade na sua forma líquida a 0°C: (a) etanol, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$, ou dimetil éter, CH_3OCH_3 ; (b) butano, C_4H_{10} , ou propanona, CH_3COCH_3 .

5.17 Coloque as seguintes moléculas em ordem de viscosidade crescente a 50°C: $\text{C}_6\text{H}_5\text{SH}$, $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$, C_6H_6 .

5.18 A superfície de um vidro contém muitos grupos —OH ligados aos átomos de silício do SiO_2 , que é o maior componente do vidro. Se o vidro for tratado com $\text{Si}(\text{CH}_3)_3\text{Cl}$ (clorotrimetilsilano), uma reação acontece para eliminar o HCl e unir o átomo de Si ao átomo de oxigênio:



Como esta reação irá afetar a interação dos líquidos com a superfície do vidro?

5.19 O que irá subir mais alto em um tubo de 0,15 mm de diâmetro a 25°C, água ou etanol? A densidade da água é de 1,00 g·cm⁻³ e a do etanol 0,79 g·cm⁻³. Ver Tabela 5.3.

5.20 Calcule a altura na qual a água líquida irá subir em um tubo capilar que tem 0,30 mm de diâmetro a (a) 25°C e (b) 100°C. A densidade da água a 25°C é 0,997 g·cm⁻³ e a 100°C é de 0,958 g·cm⁻³. Ver Tabela 5.3.

A estrutura dos sólidos

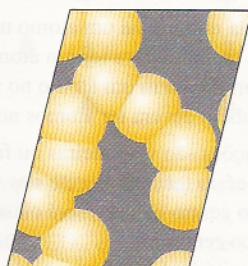
5.21 Três substâncias desconhecidas foram testadas para classificação. A tabela abaixo mostra os resultados dos testes. Use a Tabela 5.4 para classificar cada substância X, Y e Z como metálica, iônica, reticular ou sólido molecular.

Substância	Aparência	Ponto de fusão, °C	Conduvidade elétrica	Solubilidade na água
X	dura, sem cor	146	nenhuma	solúvel
Y	muito dura, sem cor	1.600	nenhuma	insolúvel
Z	dura, laranja	398	só se fundida ou dissolvida na água	solúvel

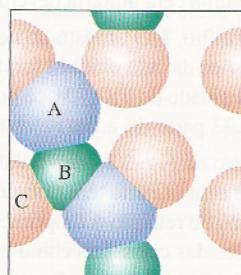
Substância	Aparência	Ponto de fusão, °C	Conduvidade elétrica	Solubilidade na água
A	dura, sem cor	800	só se fundida ou dissolvida em água	solúvel
B	brilhante, maleável	1.500	alta	insolúvel
C	macia, amarela	113	nenhuma	insolúvel

Os sólidos moleculares

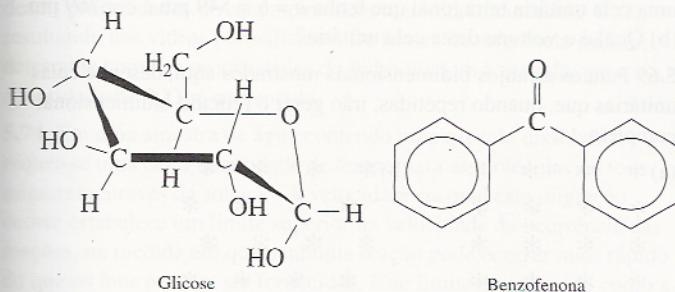
5.41 Uma cela unitária bidimensional hipotética de um elemento é mostrada na figura abaixo. Quantos átomos deste elemento estão presentes na cela unitária?



5.42 A figura que segue mostra uma cela unitária bidimensional para um composto polimérico formado pelos elementos A, B e C. Qual é a sua fórmula empírica?



5.43 Glicose, benzofenona ($C_6H_5COC_6H_5$), e metano são exemplos de compostos que formam sólidos moleculares. As estruturas da glicose e da benzofenona são



EXERCÍCIOS INTEGRADOS

5.51 Explique as seguintes observações em termos do tipo e intensidade das forças intermoleculares: (a) O ponto de fusão do xenônio é -112°C e o do argônio é -189°C . (b) A pressão do vapor do dietil éter ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5$) é maior do que a da água. (c) O ponto de ebulição do pentano, $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CH}_3$, é $36,1^{\circ}\text{C}$, entretanto o de 2,2-dimetilpropano (também conhecido como neopentano) é $9,5^{\circ}\text{C}$.

5.52 Classifique os seguintes sólidos como iônicos, reticulares ou moleculares: (a) quartzo, SiO_2 ; (b) pedra calcária, CaCO_3 ; (c) gelo seco, CO_2 ; (d) sacarose, $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$; (e) polietileno, um polímero de unidades de repetição — CH_2CH_2 —.

5.53 Calcule o número relativo de átomos de cada elemento contido em cada liga: (a) cunhagem de cobre-níquel que é 25% Ni por massa de cobre; (b) peltre, o qual é por volta de 7% de antimônio e 3% de

(a) Quais os tipos de forças que seguram estas moléculas no sólido molecular? (b) Coloque os sólidos em ordem de ponto de fusão crescente.

5.44 Clorometano (CH_3Cl), metano e ácido acético (CH_3COOH) formam sólidos moleculares. (a) Quais tipos de forças seguram estas moléculas no sólido molecular? (b) Coloque os sólidos na ordem crescente de ponto de fusão.

Os sólidos reticulares

5.45 Nomeie dois compostos que existem como sólidos reticulares à temperatura e pressão ambiente.

5.46 Nomeie pelo menos quatro elementos que, em pelo menos uma de suas formas alotrópicas, sejam um sólido reticular.

Os cristais líquidos

5.47 Por que moléculas longas de hidrocarbonetos que não têm ligações múltiplas, tais como o decano, $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{CH}_3$, nem formam cristais líquidos?

5.48 Considere a estrutura do *p*-azoxianizol (14). (a) Usando regras VSEPR simples, desenhe uma figura que represente a forma das moléculas e preveja os ângulos de ligação C—N—N. (b) Que aspectos da ligação desta molécula resulta na sua forma semelhante a de um bastão? (c) Use suas conclusões da parte (b) para desenhar outra molécula simples composta somente de C, H, N e O que provavelmente poderia formar materiais cristalinos líquidos e em forma de bastão.

5.49 Quando moléculas surfactantes longas que tem uma cabeça polar e uma cauda apolar são colocadas na água, *micelas* são formadas nas quais as caudas não-polares se agregam com as cabeças polares apontando para fora em direção ao solvente. *Micelas inversas* são similares mas têm os grupos apolares apontando para fora. Como as *micelas inversas* podem ser produzidas?

5.50 A molécula d *p*-azoxianizol (**14**) é um cristal líquido no intervalo de 117° – 137°C. Como esta molécula poderia ser modificada para abaixar seu ponto de fusão de modo que fosse mais útil para aplicações de temperaturas mais baixas (próximas à temperatura ambiente, por exemplo)? Lembre-se que a substância exibe propriedades de cristal líquido em um intervalo curto de temperatura pouco acima do ponto de fusão de sólido.

cobre por massa em estanho; (c) metal de Wood, que é uma liga de baixo ponto de fusão usada para disparar sistemas borrifadores automáticos e é 12,5% estanho, 12,5% cádmio e 24% chumbo por massa em bismuto.

5.54 Se o comprimento da aresta da cela unitária fcc do RbI é 732,6 pm, que comprimento deve ter a aresta de um cristal único cúbico de RbI a fim de conter 1,00 mol de RbI?

5.55 O comprimento da aresta de uma cela unitária fcc de NaCl é 562,8 pm. (a) Quantas celas unitárias estão presentes em um único cristal de NaCl (sal de mesa), que é um cubo com aresta de 1,00 mm de comprimento? (b) Quantos mols de NaCl estão presentes neste cristal?

5.56 O criptônio cristaliza com a cela unitária cúbica de face centrada de aresta de 559 pm. (a) Qual é a densidade do criptônio sólido? (b)