

Prefacio xxi

Herramientas para obtener mayor provecho xxvi

Nota para el estudiante xxx



Química. El estudio del cambio 2

1.1 Química: una ciencia para el siglo XXI 2

1.2 Estudio de la química 7

1.3 El método científico 8



QUÍMICA en acción

El helio primordial y la teoría del Big Bang 10

1.4 Clasificación de la materia 10

1.5 Los tres estados de la materia 13

1.6 Propiedades físicas y químicas de la materia 14

1.7 Mediciones 16



QUÍMICA en acción

La importancia de las unidades 21

1.8 Manejo de los números 22

1.9 Análisis dimensional en la resolución de problemas 27

Ecuaciones básicas 31

Resumen de conceptos 31

Términos básicos 31

Preguntas y problemas 32



MISTERIO de la química

La desaparición de los dinosaurios 38



Átomos, moléculas y iones 40

2.1 Teoría atómica 42

2.2 Estructura del átomo 43

2.3 Número atómico, número de masa e isótopos 49

2.4 La tabla periódica 51



QUÍMICA en acción

Distribución de los elementos en la Tierra y en los sistemas vivos 52

2.5 Moléculas y iones 53

2.6 Fórmulas químicas 55

2.7 Nomenclatura de los compuestos 59

2.8 Introducción a los compuestos orgánicos 68

Ecuaciones básicas 70
Resumen de conceptos 70
Términos básicos 70
Preguntas y problemas 71

Relaciones de masa en las reacciones químicas 78



- 3.1** Masa atómica 80
3.2 Número de Avogadro y masa molar de un elemento 81
3.3 Masa molecular 85
3.4 Espectrómetro de masas 88
3.5 Composición porcentual de los compuestos 88
3.6 Determinación experimental de fórmulas empíricas 92
3.7 Reacciones químicas y ecuaciones químicas 94
3.8 Cantidades de reactivos y productos 99
3.9 Reactivo limitante 103
3.10 Rendimiento de reacción 106



QUÍMICA en acción
 Fertilizantes químicos 108

Ecuaciones básicas 109
Resumen de conceptos 109
Términos básicos 109
Preguntas y problemas 110

Reacciones en disolución acuosa 120

- 4.1** Propiedades generales de las disoluciones acuosas 122
4.2 Reacciones de precipitación 124
-  **QUÍMICA en acción**
 Una reacción de precipitación indeseable 129
- 4.3** Reacciones ácido-base 129
4.4 Reacciones de oxidación-reducción 135
-  **QUÍMICA en acción**
 Alcoholímetro 146
- 4.5** Concentración de las disoluciones 147
4.6 Análisis gravimétrico 151
4.7 Valoraciones ácido-base 153
4.8 Valoraciones redox 156



QUÍMICA en acción
 Metal proveniente del mar 158

Ecuaciones básicas 159
Resumen de conceptos 159

Términos básicos 160
Preguntas y problemas 160



MISTERIO de la química
 ¿Quién asesinó a Napoleón? 170



Gases 172

- 5.1 Sustancias que existen como gases 174
- 5.2 Presión de un gas 175
- 5.3 Leyes de los gases 179
- 5.4 Ecuación del gas ideal 185
- 5.5 Estequiometría de los gases 194
- 5.6 Ley de Dalton de las presiones parciales 196
- 5.7 Teoría cinética molecular de los gases 201



QUÍMICA en acción
 El buceo y las leyes de los gases 202



QUÍMICA en acción
 Átomos superenfriados 210

- 5.8 Desviación del comportamiento ideal 211

Ecuaciones básicas 214
Resumen de conceptos 214
Términos básicos 215
Preguntas y problemas 215



MISTERIO de la química
 Sin oxígeno 226



Termoquímica 228

- 6.1 Naturaleza y tipos de energía 230
- 6.2 Cambios de energía en las reacciones químicas 231
- 6.3 Introducción a la termodinámica 233



QUÍMICA en acción
 Fabricar nieve e inflar un neumático de bicicleta 239

- 6.4 Entalpía de las reacciones químicas 239
- 6.5 Calorimetría 245



QUÍMICA en acción
 Valores energéticos de los alimentos y otras sustancias 251

- 6.6 Entalpía estándar de formación y de reacción 252



QUÍMICA en acción
 Cómo se defiende el escarabajo bombardero 257

- 6.7 Calor de disolución y de dilución 258



Ecuaciones básicas 261
Resumen de conceptos 261

Términos básicos 262
Preguntas y problemas 262



MISTERIO de la química
 El neumático explosivo 272

Teoría cuántica y la estructura electrónica de los átomos 274


- 7.1** De la física clásica a la teoría cuántica 276
7.2 El efecto fotoeléctrico 280
7.3 Teoría de Bohr del átomo de hidrógeno 282
-  **QUÍMICA en acción**
 Láser: la luz esplendorosa 288
- 7.4** La naturaleza dual del electrón 288
-  **QUÍMICA en acción**
 Microscopía electrónica 292
- 7.5** Mecánica cuántica 293
7.6 Números cuánticos 294
7.7 Orbitales atómicos 297
7.8 Configuración electrónica 300
7.9 El principio de construcción 307

Ecuaciones básicas 311
Resumen de conceptos 311
Términos básicos 312
Preguntas y problemas 312



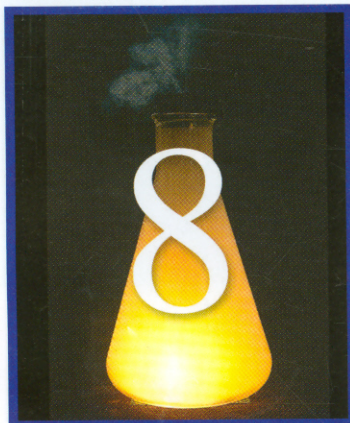
MISTERIO de la química
 Descubrimiento del helio y el surgimiento y caída del coronio 320

Relaciones periódicas entre los elementos 322

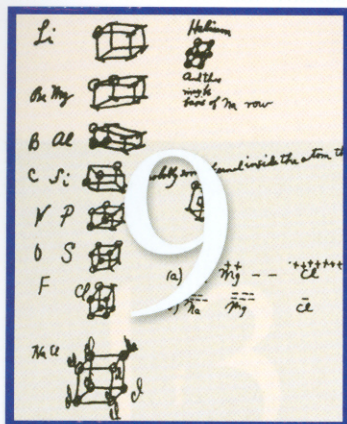
- 8.1** Desarrollo de la tabla periódica 324
8.2 Clasificación periódica de los elementos 326
8.3 Variaciones periódicas de las propiedades físicas 330
-  **QUÍMICA en acción**
 ¿El tercer elemento líquido? 337
- 8.4** Energía de ionización 337
8.5 Afinidad electrónica 341
8.6 Variación de las propiedades químicas de los elementos representativos 344



QUÍMICA en acción
 El descubrimiento de los gases nobles 355



Ecuaciones básicas 356
Resumen de conceptos 356
Términos básicos 356
Preguntas y problemas 356



Enlace químico I: Conceptos básicos 364

9.1 Símbolos de puntos de Lewis 366

9.2 Enlace iónico 367

9.3 Energía reticular de los compuestos iónicos 369



QUÍMICA en acción

Cloruro de sodio: un compuesto iónico común e importante 373

9.4 Enlace covalente 374

9.5 Electronegatividad 377

9.6 Escritura de las estructuras de Lewis 380

9.7 Carga formal y estructura de Lewis 383

9.8 El concepto de resonancia 386

9.9 Excepciones a la regla del octeto 389



QUÍMICA en acción

Sólo diga NO 393

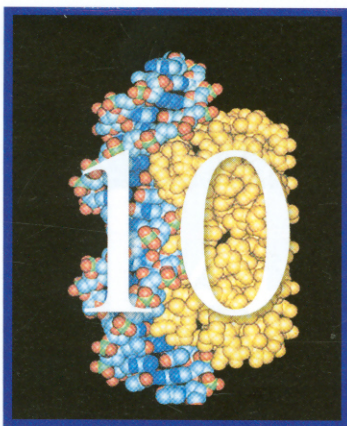
9.10 Entalpía de enlace 394

Ecuaciones básicas 399

Resumen de conceptos 399

Términos básicos 399

Preguntas y problemas 399



Enlace químico II: Geometría molecular e hibridación de orbitales atómicos 408

10.1 Geometría molecular 410

10.2 Momento dipolar 420



QUÍMICA en acción

Los hornos de microondas: el momento dipolar en acción 424

10.3 Teoría de enlace valencia 424

10.4 Hibridación de orbitales atómicos 428

10.5 Hibridación en moléculas que contienen enlaces dobles y triples 437

10.6 Teoría de orbitales moleculares 440

10.7 Configuraciones de orbitales moleculares 443

10.8 Orbitales moleculares deslocalizados 448



QUÍMICA en acción

El buckybalón ¿un balón cualquiera? 450

Ecuaciones básicas 452

Resumen de conceptos 452

Términos básicos 453

Preguntas y problemas 453



Fuerzas intermoleculares y líquidos y sólidos 460

11.1 Teoría cinética molecular de líquidos y sólidos 462

11.2 Fuerzas intermoleculares 463

11.3 Propiedades de los líquidos 469

11.4 Estructura cristalina 472



QUÍMICA en acción

¿Por qué los lagos se congelan desde la superficie hacia el fondo? 473

11.5 Difracción de rayos X de estructuras cristalinas 480

11.6 Tipos de cristales 482



QUÍMICA en acción

Superconductores a altas temperaturas 486

11.7 Sólidos amorfos 486



QUÍMICA en acción

Y todo por un botón 488

11.8 Cambios de fase 489

11.9 Diagramas de fases 498



QUÍMICA en acción

Hervir un huevo en la cima de una montaña, las ollas de presión y el patinaje sobre hielo 500



QUÍMICA en acción

Cristales líquidos 501

Ecuaciones básicas 503

Resumen de conceptos 503

Términos básicos 504

Preguntas y problemas 504



Propiedades físicas de las disoluciones 512

12.1 Tipos de disoluciones 514

12.2 Enfoque molecular del proceso de disolución 515

12.3 Unidades de concentración 517

12.4 Efecto de la temperatura en la solubilidad 521

12.5 Efecto de la presión en la solubilidad de los gases 524



QUÍMICA en acción

El lago asesino 526

12.6 Propiedades coligativas de las disoluciones de no electrólitos 526

12.7 Propiedades coligativas de las disoluciones de electrólitos 539



QUÍMICA en acción

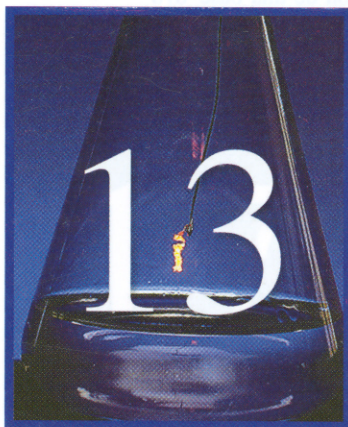
Desalinización 541

12.8 Coloides 541

Ecuaciones básicas 545
Resumen de conceptos 545
Términos básicos 545
Preguntas y problemas 546



MISTERIO de la química
 El cuchillo equivocado 554

**Cinética química 556****13.1** La rapidez de una reacción 558**13.2** La ley de rapidez 565**13.3** Relación entre la concentración de reactivos y el tiempo 569

QUÍMICA en acción
 Determinación de la edad del Sudario de Turín 580

13.4 Constantes de rapidez y su dependencia de la energía de activación y de la temperatura 582**13.5** Mecanismos de reacción 588

QUÍMICA en acción
 Femtoquímica 593

13.6 Catálisis 594

Ecuaciones básicas 601
Resumen de conceptos 602
Términos básicos 602
Preguntas y problemas 602

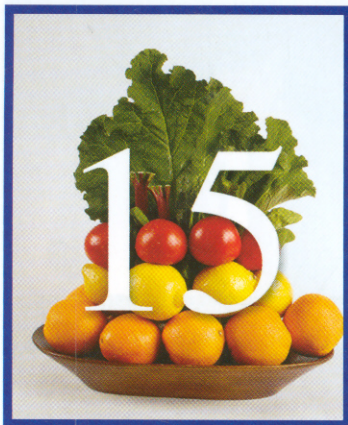
**Equilibrio químico 614****14.1** El concepto de equilibrio y la constante de equilibrio 616**14.2** Escritura de las expresiones de las constantes de equilibrio 618**14.3** Relación entre cinética química y equilibrio químico 630**14.4** ¿Qué información proporciona la constante de equilibrio? 632**14.5** Factores que afectan el equilibrio químico 638

QUÍMICA en acción
 La vida a grandes alturas y la producción de hemoglobina 645



QUÍMICA en acción
 El proceso Haber 646

Ecuaciones básicas 646
Resumen de conceptos 646
Términos básicos 647
Preguntas y problemas 648



Ácidos y bases 658

- 15.1** Ácidos y bases de Brønsted 660
- 15.2** Propiedades ácido-base del agua 661
- 15.3** El pH: una medida de la acidez 663
- 15.4** Fuerza de los ácidos y las bases 666
- 15.5** Ácidos débiles y la constante de ionización de un ácido 670
- 15.6** Bases débiles y la constante de ionización de una base 678
- 15.7** Relación entre las constantes de ionización de los ácidos y sus bases conjugadas 680
- 15.8** Ácidos dipróticos y polipróticos 681
- 15.9** Estructura molecular y fuerza de los ácidos 685
- 15.10** Propiedades ácido-base de las sales 689
- 15.11** Propiedades ácido-base de los óxidos y los hidróxidos 695
- 15.12** Ácidos y bases de Lewis 697



QUÍMICA *en acción*

Antiácidos y el balance del pH en el estómago 698

Ecuaciones básicas 701

Resumen de conceptos 701

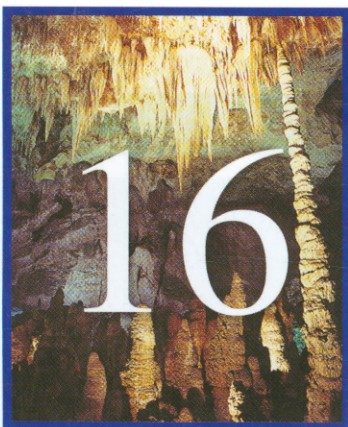
Términos básicos 702

Preguntas y problemas 702



MISTERIO *de la química*

La descomposición de los papeles 710



Equilibrios ácido-base y equilibrios de solubilidad 712

- 16.1** Comparación entre los equilibrios homogéneo y heterogéneo en disolución 714
- 16.2** Efecto del ion común 714
- 16.3** Disoluciones amortiguadoras 717
- 16.4** Valoraciones ácido-base 723



QUÍMICA *en acción*

Mantenimiento del pH de la sangre 724

- 16.5** Indicadores ácido-base 732
- 16.6** Equilibrios de solubilidad 735
- 16.7** Separación de iones por precipitación fraccionada 742
- 16.8** El efecto del ion común y la solubilidad 744
- 16.9** El pH y la solubilidad 746
- 16.10** Los equilibrios de iones complejos y la solubilidad 749



QUÍMICA *en acción*

¿Cómo se forma un cascarón de huevo? 753

16.11 Aplicación del principio del producto de solubilidad al análisis cualitativo 754

Ecuaciones básicas 756

Resumen de conceptos 757

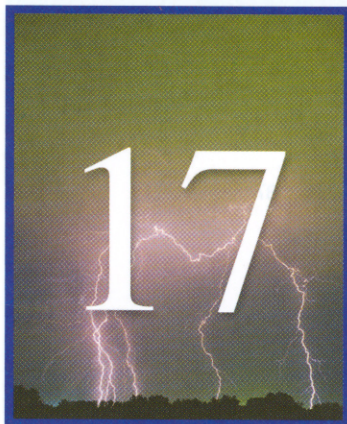
Términos básicos 757

Preguntas y problemas 757



MISTERIO de la química

Un duro bocadillo 766



Química en la atmósfera 768

17.1 Atmósfera terrestre 770

17.2 Fenómenos en las capas externas de la atmósfera 773

17.3 Destrucción del ozono en la estratosfera 775

17.4 Volcanes 780

17.5 Efecto invernadero 781

17.6 Lluvia ácida 785

17.7 Esmog fotoquímico 789

17.8 Contaminación doméstica 791

Resumen de conceptos 794

Términos básicos 794

Preguntas y problemas 794



Entropía, energía libre y equilibrio 800

18.1 Las tres leyes de la termodinámica 802

18.2 Procesos espontáneos 802

18.3 Entropía 803

18.4 Segunda ley de la termodinámica 808



QUÍMICA en acción

La eficiencia de las máquinas térmicas 814

18.5 Energía libre de Gibbs 814

18.6 Energía libre y equilibrio químico 821

18.7 Termodinámica en los sistemas vivos 825



QUÍMICA en acción

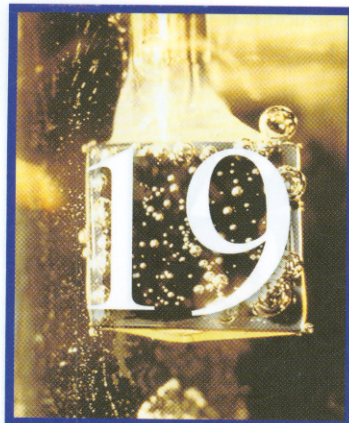
La termodinámica de una liga 826

Ecuaciones básicas 828

Resumen de conceptos 828

Términos básicos 828

Preguntas y problemas 829



Electroquímica 836

- 19.1** Reacciones redox 838
- 19.2** Celdas galvánicas 841
- 19.3** Potenciales estándar de reducción 843
- 19.4** Termodinámica de las reacciones redox 849
- 19.5** Efecto de la concentración sobre la fem de la celda 852
- 19.6** Baterías 857



QUÍMICA en acción
Energía bacteriana 861

- 19.7** Corrosión 862
- 19.8** Electrólisis 866



QUÍMICA en acción
Molestia producida por las amalgamas dentales 871

Ecuaciones básicas 872
Resumen de conceptos 873
Términos básicos 873
Preguntas y problemas 873



MISTERIO de la química
Agua sucia 882



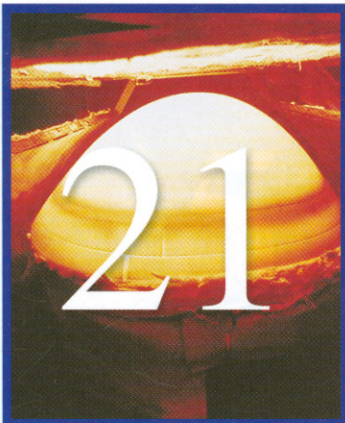
Metalurgia y la química de los metales 884

- 20.1** Presencia de los metales 886
- 20.2** Procesos metalúrgicos 886
- 20.3** Teoría de las bandas de conductividad eléctrica 894
- 20.4** Tendencias periódicas de las propiedades metálicas 896
- 20.5** Metales alcalinos 897
- 20.6** Metales alcalinotérreos 901
- 20.7** Aluminio 903



QUÍMICA en acción
Reciclamiento de aluminio 906

Resumen de conceptos 906
Términos básicos 907
Preguntas y problemas 908



Elementos no metálicos y sus compuestos 912

21.1 Propiedades generales de los no metales 914

21.2 Hidrógeno 914



QUÍMICA *en acción*
Hidrógeno metálico 919

21.3 Carbono 920



QUÍMICA *en acción*
Gas sintético a partir del carbón 923

21.4 Nitrógeno y fósforo 924



QUÍMICA *en acción*
Nitrato de amonio: el fertilizante explosivo 931

21.5 Oxígeno y azufre 932

21.6 Halógenos 939

Resumen de conceptos 946

Términos básicos 946

Preguntas y problemas 947



Química de los metales de transición y compuestos de coordinación 952

22.1 Propiedades de los metales de transición 954

22.2 La química del hierro y del cobre 957

22.3 Compuestos de coordinación 959

22.4 Estructura de los compuestos de coordinación 964

22.5 El enlace en los compuestos de coordinación:
teoría de campo cristalino 967

22.6 Reacciones de los compuestos de coordinación 973

22.7 Aplicaciones de los compuestos de coordinación 974



QUÍMICA *en acción*
Compuestos de coordinación en los sistemas vivos 976

Ecuaciones básicas 976

Resumen de conceptos 976



QUÍMICA *en acción*
Cisplatino: el medicamento anticancerígeno 978

Términos básicos 978

Preguntas y problemas 978



MISTERIO *de la química*

Datación de pinturas con el azul de Prusia 984



Química nuclear 986

23.1 Naturaleza de las reacciones nucleares 988

23.2 Estabilidad nuclear 990

23.3 Radiactividad natural 995

23.4 Transmutación nuclear 999

23.5 Fisión nuclear 1001



QUÍMICA en acción

El reactor de fisión nuclear de la naturaleza 1006

23.6 Fusión nuclear 1007

23.7 Aplicaciones de los isótopos 1010

23.8 Efectos biológicos de la radiación 1012



QUÍMICA en acción

Irradiación de los alimentos 1014



QUÍMICA en acción

Terapia por captura neutrónica de boro 1015

Ecuaciones básicas 1015

Resumen de conceptos 1016

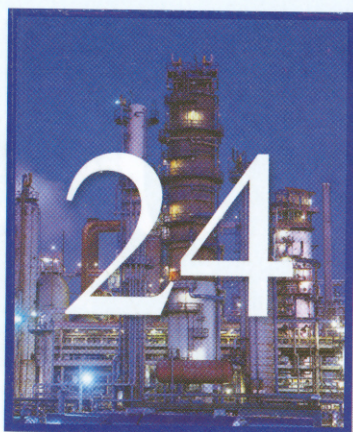
Términos básicos 1016

Preguntas y problemas 1016



MISTERIO de la química

El arte de la falsificación en el siglo xx 1022



Química orgánica 1024

24.1 Clases de compuestos orgánicos 1026

24.2 Hidrocarburos alifáticos 1026



QUÍMICA en acción

El hielo que se quema 1038

24.3 Hidrocarburos aromáticos 1039

24.4 Química de los grupos funcionales 1042



QUÍMICA en acción

La industria del petróleo 1048

Resumen de conceptos 1051

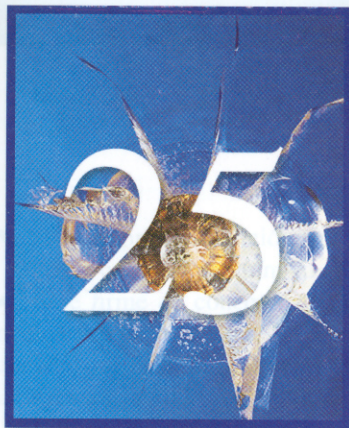
Términos básicos 1051

Preguntas y problemas 1051



MISTERIO de la química

Desaparición de huellas digitales 1058



Polímeros orgánicos sintéticos y naturales 1060

25.1 Propiedades de los polímeros 1062

25.2 Polímeros orgánicos sintéticos 1062

25.3 Proteínas 1067



QUÍMICA en acción

Anemia falciforme: una enfermedad molecular 1074

25.4 Ácidos nucleicos 1076



QUÍMICA en acción

Huella digital del ADN 1079

Resumen de conceptos 1080

Términos básicos 1080

Preguntas y problemas 1080



MISTERIO de la química

Una historia que le erizará los cabellos 1084

APÉNDICE 1 Derivación de los nombres de los elementos A-1

APÉNDICE 2 Unidades para la constante de los gases A-7

APÉNDICE 3 Datos termodinámicos a 1 atm y 25°C A-8

APÉNDICE 4 Operaciones matemáticas A-13

Glosario G-1

Respuestas a las preguntas pares R-1

Créditos C-1

Índice I-1