

*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



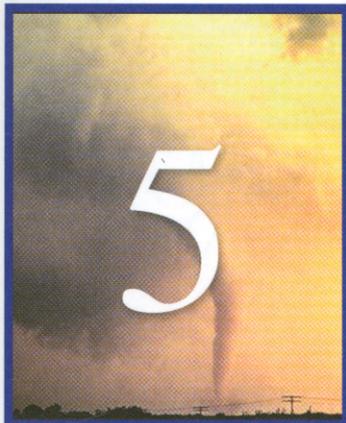
**QUÍMICA en acción**  
 Metal proveniente del mar 158

*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



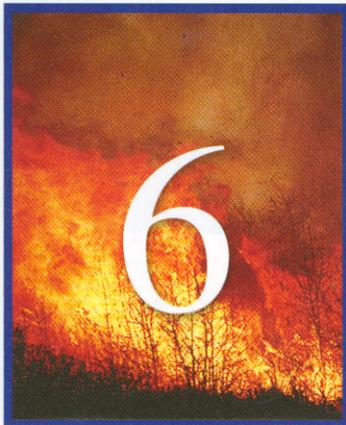
**QUÍMICA en acción**  
 Átomos superenfriados 210

- 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**  
 Microscopia 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



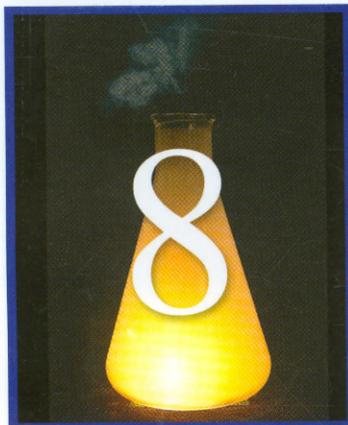
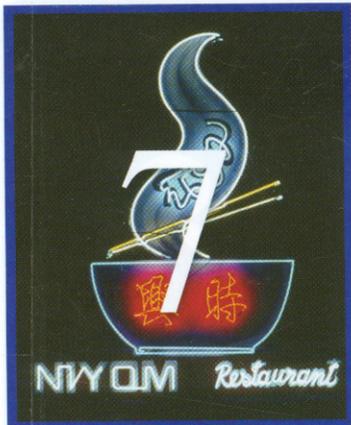
**MISTERIO de la química**  
 Descubrimiento del helio y el surgimiento y caída del coronio 320

## Relaciones periódicas entre los elementos 322

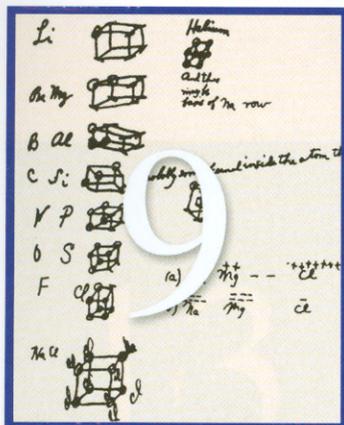
- 8.1** Desarrollo de la tabla periódica 324  
**8.2** Clasificación periódica de los elementos 326  
**8.3** Variaciones periódicas de las propiedades físicas 330
-  **QUÍMICA en acción**  
 ¿El tercer elemento líquido? 337
- 8.4** Energía de ionización 337  
**8.5** Afinidad electrónica 341  
**8.6**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

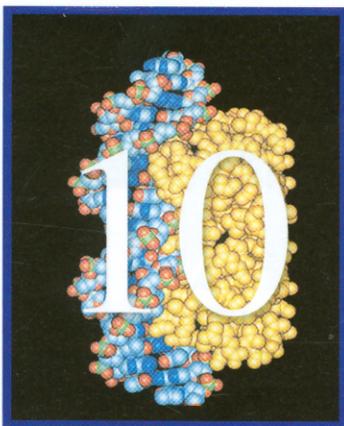
**9.10** Entalpía de enlace 394

*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*

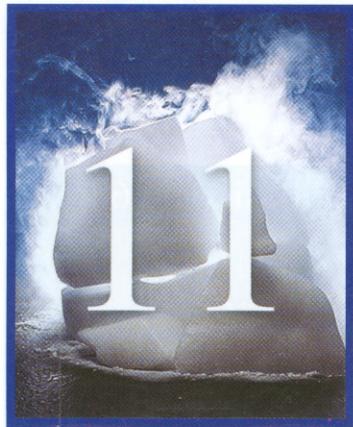
El buckybalón ¿un balón cualquiera? 450

*Ecuaciones básicas* 452

*Resumen de conceptos* 452

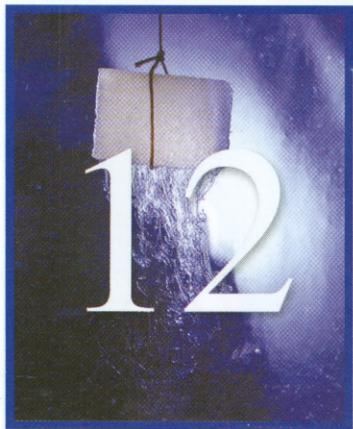
*Términos básicos* 453

*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

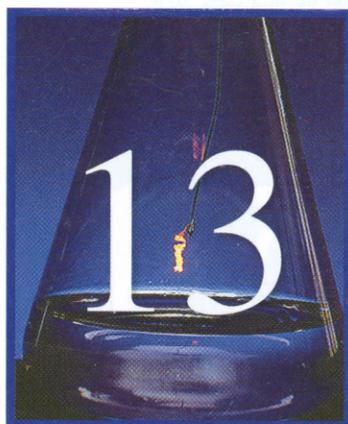
- 12.1** Tipos de disoluciones 514
- 12.2** Enfoque molecular del proceso de disolución 515
- 12.3** Unidades de concentración 517
- 12.4** Efecto de la temperatura en la solubilidad 521
- 12.5** Efecto de la presión en la solubilidad de los gases 524
-  **QUÍMICA en acción**  
El lago asesino 526
- 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

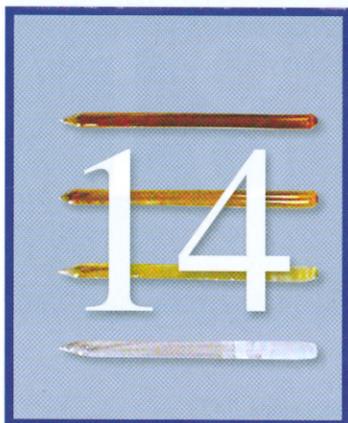
**QUÍMICA en acción**  
 Determinación de la edad del Sudario de Turín 580

**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

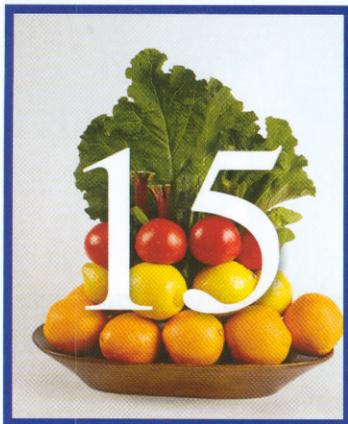
**Equilibrio químico 614****14.1** El concepto de equilibrio y la constante de equilibrio 616**14.2** Escritura de las expresiones de las constantes de equilibrio 618**14.3** Relación entre cinética química y equilibrio químico 630**14.4** ¿Qué información proporciona la constante de equilibrio? 632**14.5**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

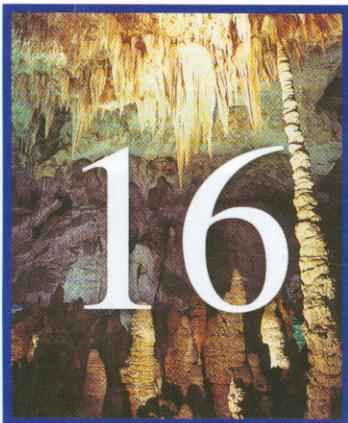
*Términos básicos* 702

*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*

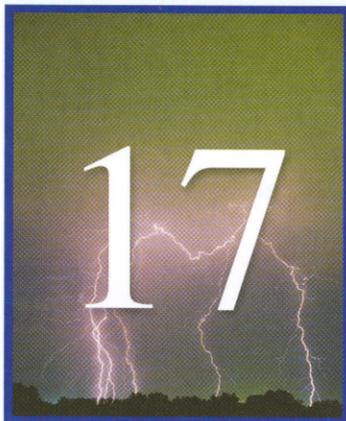
*Términos básicos 757*

*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

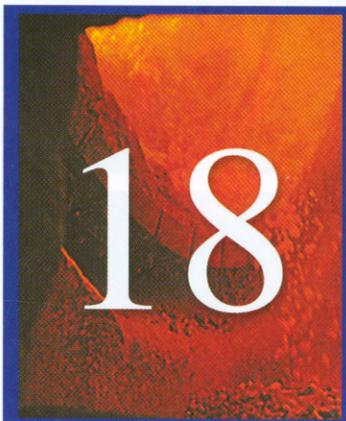
**17.7** Esmog fotoquímico 789

**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**

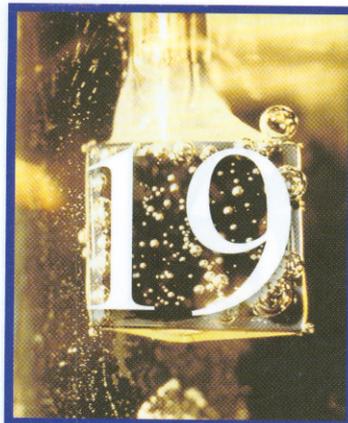
La termodinámica de una liga 826

*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



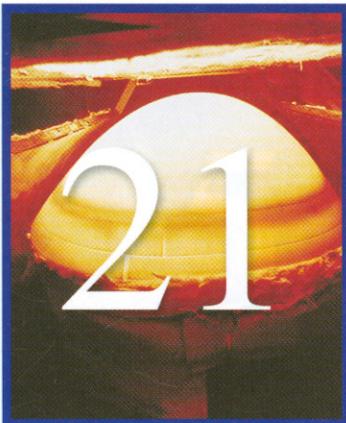
## Metalurgia y la química de los metales 884

- 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

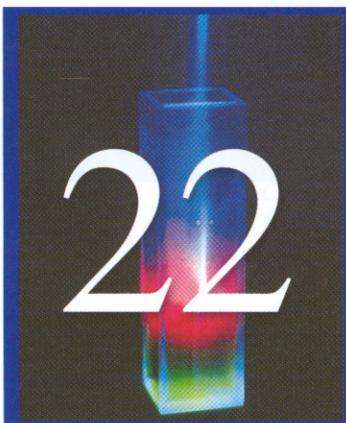
**21.5** Oxígeno y azufre 932

**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



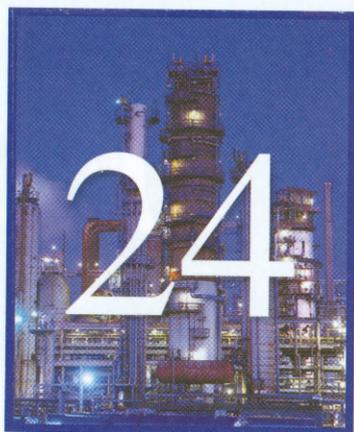
MISTERIO *de la química*

Datación de pinturas con el azul de Prusia 984



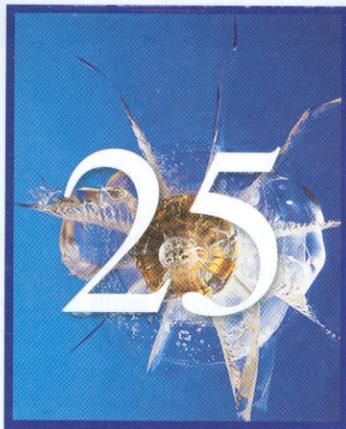
## Química nuclear 986

- 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*