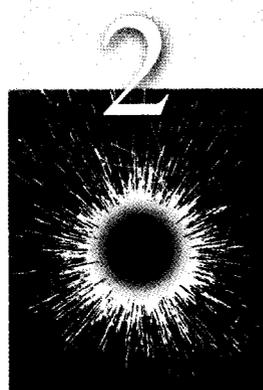


*Lista de aplicaciones* xxi  
*Prefacio* xxiii  
*Una nota para el estudiante* xxxi



## Química: el estudio del cambio 2

- 1.1** Química: una ciencia para el siglo XXI 4  
**1.2** El estudio de la química 7  
**1.3** El método científico 8
-  **LA QUÍMICA en acción**  
El helio primordial y la teoría del Big-Bang 10
- 1.4** Clasificación de la materia 11  
**1.5** Los tres estados de la materia 13  
**1.6** Propiedades físicas y químicas de la materia 14  
**1.7** Mediciones 15
-  **LA QUÍMICA en acción**  
La importancia de las unidades 20
- 1.8** El manejo de los números 21  
**1.9** Análisis dimensional en la resolución de problemas 27
- Resumen de datos y conceptos* 31  
*Palabras clave* 31  
*Preguntas y problemas* 31
-  **MISTERIO de la química**  
La desaparición de los dinosaurios 38

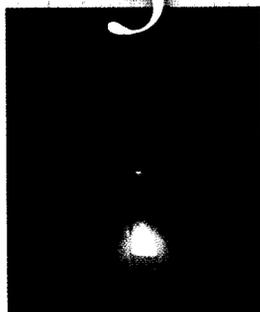


## Átomos, moléculas e iones 40

- 2.1** La teoría atómica 42  
**2.2** La estructura del átomo 43  
**2.3** Número atómico, número de masa e isótopos 49  
**2.4** La tabla periódica 50
-  **LA QUÍMICA en acción**  
Distribución de los elementos en la Tierra  
y en los sistemas vivos 52
- 2.5** Moléculas e iones 53  
**2.6** Fórmulas químicas 54

- 2.7 Nomenclatura de los compuestos 59  
 2.8 Introducción a los compuestos orgánicos 68  
*Resumen de datos y conceptos* 69  
*Palabras clave* 70  
*Preguntas y problemas* 70

## 3



## Relaciones de masa en las reacciones químicas 76

- 3.1 Masa atómica 78  
 3.2 Número de Avogadro y masa molar de un elemento 79  
 3.3 Masa molecular 83  
 3.4 El espectrómetro de masas 86  
 3.5 Composición porcentual de los compuestos 86  
 3.6 Determinación experimental de fórmulas empíricas 90  
 3.7 Reacciones químicas y ecuaciones químicas 92  
 3.8 Cantidades de reactivos y productos 97  
 3.9 Reactivos limitantes 101  
 3.10 Rendimiento de reacción 103
-  LA QUÍMICA *en acción*  
 Fertilizantes químicos 104
- Resumen de datos y conceptos* 106  
*Palabras clave* 107  
*Preguntas y problemas* 107

## 4



## Reacciones en disolución acuosa 118

- 4.1 Propiedades generales de las disoluciones acuosas 120  
 4.2 Reacciones de precipitación 122
-  LA QUÍMICA *en acción*  
 Una reacción de precipitación indeseable 126
- 4.3 Reacciones ácido-base 127  
 4.4 Reacciones oxidación-reducción 131
-  LA QUÍMICA *en acción*  
 Alcoholímetro 143
- 4.5 Concentración de las disoluciones 142  
 4.6 Análisis gravimétrico 148  
 4.7 Valoraciones ácido-base 150  
 4.8 Valoraciones redox 153
-  LA QUÍMICA *en acción*  
 Metal proveniente del mar 155
- Resumen de datos y conceptos* 156  
*Palabras clave* 156  
*Preguntas y problemas* 157

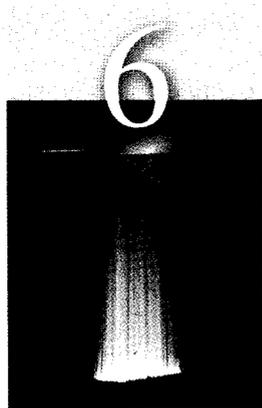
-  MISTERIO *de la química*  
¿Quién asesinó a Napoleón? 166

## Gases 168

- 5.1** Sustancias que existen como gases 170  
**5.2** Presión de un gas 171  
**5.3** Las leyes de los gases 175  
**5.4** Ecuación del gas ideal 181  
**5.5** La estequiometría de los gases 190  
**5.6** Ley de Dalton de las presiones parciales 192  
**5.7** La teoría cinética molecular de los gases 197
-  LA QUÍMICA *en acción*  
El buceo y las leyes de los gases 198
-  LA QUÍMICA *en acción*  
Átomos enfriados 205
- 5.8** Desviación del comportamiento ideal 206
- Resumen de datos y conceptos* 209  
*Palabras clave* 209  
*Preguntas y problemas* 209
-  MISTERIO *de la química*  
Sin oxígeno 220

## Termoquímica 222

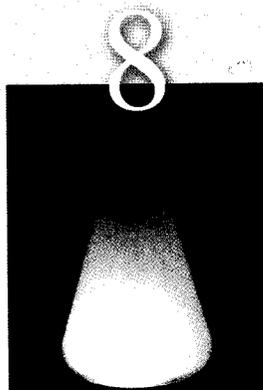
- 6.1** Naturaleza y tipos de energía 224  
**6.2** Cambios de energía en las reacciones químicas 225  
**6.3** Introducción a la termodinámica 227  
**6.4** Entalpía de las reacciones químicas 232
-  LA QUÍMICA *en acción*  
Fabricar nieve e inflar un neumático de bicicleta 233
- 6.5** Calorimetría 239
-  LA QUÍMICA *en acción*  
Valores energéticos de los alimentos y otras sustancias 245
- 6.6** Entalpía estándar de formación y de reacción 246
-  LA QUÍMICA *en acción*  
Cómo se defiende el escarabajo bombardero 251
- 6.7** Calor de disolución y de dilución 252
- Resumen de datos y conceptos* 254  
*Palabras clave* 254  
*Preguntas y problemas* 255
-  MISTERIO *de la química*  
El neumático explosivo 264





## Teoría cuántica y la estructura electrónica de los átomos 266

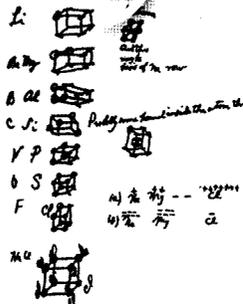
- 7.1 De la física clásica a la teoría cuántica 268
- 7.2 El efecto fotoeléctrico 272
- 7.3 Teoría de Bohr del átomo de hidrógeno 274
- 7.4 La naturaleza dual del electrón 279
  -  LA QUÍMICA *en acción*
  - Láser: la luz esplendorosa 280
  -  LA QUÍMICA *en acción*
  - Microscopía electrónica 283
- 7.5 Mecánica cuántica 283
- 7.6 Números cuánticos 286
- 7.7 Orbitales atómicos 288
- 7.8 Configuración electrónica 292
- 7.9 El principio de construcción 298
  - Resumen de datos y conceptos* 302
  - Palabras clave* 303
  - Preguntas y problemas* 303
-  MISTERIO *de la química*
- Descubrimiento del helio y el surgimiento y caída del coronio 312



## Relaciones periódicas entre los elementos 314

- 8.1 Desarrollo de la tabla periódica 316
- 8.2 Clasificación periódica de los elementos 318
- 8.3 Variaciones periódicas de las propiedades físicas 322
  -  LA QUÍMICA *en acción*
  - ¿El tercer elemento líquido? 329
- 8.4 Energía de ionización 329
- 8.5 Afinidad electrónica 333
- 8.6 Variación de las propiedades químicas de los elementos representativos 335
  -  LA QUÍMICA *en acción*
  - El descubrimiento de los gases nobles 346
- Resumen de datos y conceptos* 347
- Palabras clave* 348
- Preguntas y problemas* 348

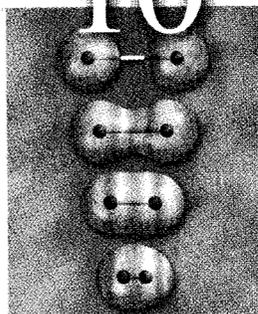
## 9



## Enlace químico I: Conceptos básicos 356

- 9.1 Símbolos de puntos de Lewis 358
- 9.2 El enlace iónico 359
- 9.3 Energía reticular de los compuestos iónicos 361
-  LA QUÍMICA *en acción*  
Cloruro de sodio: un compuesto iónico común e importante 365
- 9.4 El enlace covalente 366
- 9.5 Electronegatividad 369
- 9.6 Escritura de las estructuras de Lewis 372
- 9.7 Carga formal y estructura de Lewis 375
- 9.8 El concepto de resonancia 377
- 9.9 Excepciones a la regla del octeto 379
-  LA QUÍMICA *en acción*  
Sólo diga NO 384
- 9.10 Entalpía de enlace 385
- Resumen de datos y conceptos* 390  
*Palabras clave* 390  
*Preguntas y problemas* 390

## 10



## Enlace químico II: Geometría molecular e hibridación de orbitales atómicos 398

- 10.1 Geometría molecular 400
- 10.2 Momento dipolar 409
-  LA QUÍMICA *en acción*  
Los hornos de microondas: el momento dipolar en acción 412
- 10.3 Teoría del enlace valencia 415
- 10.4 Hibridación de orbitales atómicos 417
- 10.5 Hibridación en moléculas que contienen enlaces dobles y triples 426
- 10.6 Teoría del orbital molecular 429
- 10.7 Configuraciones de orbitales moleculares 432
- 10.8 Orbitales moleculares deslocalizados 437
- Resumen de datos y conceptos* 439
-  LA QUÍMICA *en acción*  
El buckybalón 440
- Palabras clave* 442  
*Preguntas y problemas* 442



## Fuerzas intermoleculares y líquidos y sólidos 450

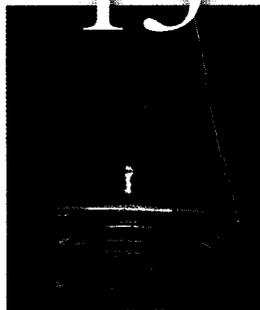
- 11.1** La teoría cinética molecular de líquidos y sólidos 452
- 11.2** Fuerzas intermoleculares 453
- 11.3** Propiedades de los líquidos 459
- 11.4** Estructura cristalina 462
-  **LA QUÍMICA en acción**  
¿Por qué los lagos se congelan desde la superficie hacia el fondo? 463
- 11.5** Difracción de rayos X por los cristales 469
- 11.6** Tipos de cristales 471
-  **LA QUÍMICA en acción**  
Superconductores a altas temperaturas 476
- 11.7** Sólidos amorfos 476
-  **LA QUÍMICA en acción**  
Y todo por un botón 478
- 11.8** Cambios de fase 479
- 11.9** Diagramas de fase 488
-  **LA QUÍMICA en acción**  
Hervir un huevo en la cima de una montaña,  
las ollas de presión y el patinaje sobre hielo 490
-  **LA QUÍMICA en acción**  
Cristales líquidos 491
- Resumen de datos y conceptos* 493  
*Palabras clave* 493  
*Preguntas y problemas* 494



## Propiedades físicas de las disoluciones 502

- 12.1** Tipos de disoluciones 504
- 12.2** Enfoque molecular del proceso de disolución 505
- 12.3** Unidades de concentración 507
- 12.4** Efecto de la temperatura en la solubilidad 511
- 12.5** Efecto de la presión en la solubilidad de los gases 513
- 12.6** Propiedades coligativas de las disoluciones de no electrolitos 515
-  **LA QUÍMICA en acción**  
El lago asesino 516
- 12.7** Propiedades coligativas de las disoluciones de electrolitos 528
-  **LA QUÍMICA en acción**  
Desalinización 530
- 12.8** Coloides 530
- Resumen de datos y conceptos* 534  
*Palabras clave* 534  
*Preguntas y problemas* 534
-  **MISTERIO de la química**  
El cuchillo equivocado 542

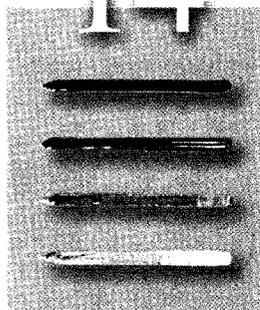
## 13



## Cinética química 544

- 13.1 La velocidad de una reacción 546
- 13.2 Ley de la velocidad 553
- 13.3 Relación entre la concentración de reactivos y el tiempo 557
-  LA QUÍMICA *en acción*  
Determinación de la edad del Sudario de Turín 568
- 13.4 Constantes de velocidad y su dependencia  
de la energía de activación y de la temperatura 568
- 13.5 Mecanismos de reacción 575
-  LA QUÍMICA *en acción*  
Femtoquímica 580
- 13.6 Catálisis 581
- Resumen de datos y conceptos* 588  
*Palabras clave* 589  
*Preguntas y problemas* 589

## 14



## Equilibrio químico 600

- 14.1 El concepto de equilibrio y la constante de equilibrio 602
- 14.2 Escritura de las expresiones de las constantes de equilibrio 604
- 14.3 Relación entre cinética química y equilibrio químico 616
- 14.4 ¿Qué información proporciona la constante de equilibrio? 617
- 14.5 Factores que afectan el equilibrio químico 623
-  LA QUÍMICA *en acción*  
La vida a grandes alturas y la producción de hemoglobina 630
-  LA QUÍMICA *en acción*  
El proceso Haber 631
- Resumen de datos y conceptos* 632  
*Palabras clave* 632  
*Preguntas y problemas* 633

## 15



## Ácidos y bases 644

- 15.1 Ácidos y bases de Brønsted 646
- 15.2 Propiedades ácido-base del agua 647
- 15.3 El pH: una medida de la acidez 649
- 15.4 Fuerza de los ácidos y las bases 652
- 15.5 Ácidos débiles y la constante de ionización de un ácido 656
- 15.6 Bases débiles y la constante de ionización de una base 663
- 15.7 Relación entre las constantes de ionización de los ácidos  
y sus bases conjugadas 665
- 15.8 Ácidos dipróticos y polipróticos 666
- 15.9 Estructura molecular y fuerza de los ácidos 670
- 15.10 Propiedades ácido-base de las sales 674
- 15.11 Propiedades ácido-base de los óxidos y los hidróxidos 679

**15.12** Ácidos y bases de Lewis 682**LA QUÍMICA en acción**

Antiácidos y el balance del pH en el estómago 684

*Resumen de datos y conceptos* 686*Palabras clave* 686*Preguntas y problemas* 686**MISTERIO de la química**

La descomposición de los papeles 694

**Equilibrios ácido-base y equilibrios de solubilidad 696****16.1** Comparación entre los equilibrios homogéneo y heterogéneo en disolución 698**16.2** Efecto del ion común 698**16.3** Disoluciones amortiguadoras 701**LA QUÍMICA en acción**

Mantenimiento del pH de la sangre 706

**16.4** Valoraciones ácido-base 708**16.5** Indicadores ácido-base 716**16.6** Equilibrios de solubilidad 718**16.7** Separación de iones por precipitación fraccionada 725**16.8** El efecto del ion común y la solubilidad 727**16.9** El pH y la solubilidad 728**16.10** Los equilibrios de iones complejos y la solubilidad 731**LA QUÍMICA en acción**

¿Cómo se forma un cascarón de huevo 737

**16.11** Aplicación del principio del producto de solubilidad al análisis cualitativo 737*Resumen de datos y conceptos* 739*Palabras clave* 740*Preguntas y problemas* 740**MISTERIO de la química**

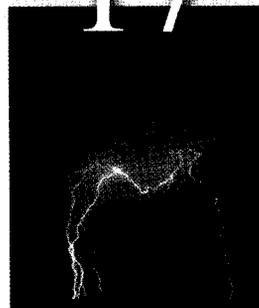
Un duro bocadillo 748

**Química en la atmósfera 750****17.1** La atmósfera terrestre 752**17.2** Los fenómenos en las capas externas de la atmósfera 755**17.3** Disminución del ozono en la estratosfera 757**17.4** Los volcanes 762**17.5** El efecto invernadero 763**17.6** La lluvia ácida 767**17.7** El smog fotoquímico 771**17.8** Contaminación doméstica 773

16



17

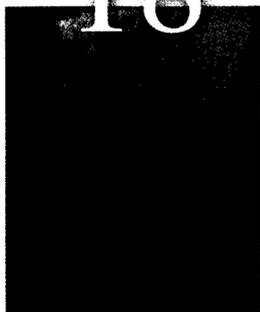


*Resumen de datos y conceptos* 776

*Palabras clave* 776

*Preguntas y problemas* 776

# 18



## Entropía, energía libre y equilibrio 782

**18.1** Las tres leyes de la termodinámica 784

**18.2** Los procesos espontáneos 784

**18.3** Entropía 785

**18.4** La segunda ley de la termodinámica 790



LA QUÍMICA *en acción*

La eficiencia de las máquinas térmicas 796

**18.5** La energía libre de Gibbs 796

**18.6** La energía libre y el equilibrio químico 803



LA QUÍMICA *en acción*

La termodinámica de una liga 807

**18.7** La termodinámica en los sistemas vivos 808

*Resumen de datos y conceptos* 809

*Palabras clave* 810

*Preguntas y problemas* 810

# 19



## Electroquímica 818

**19.1** Reacciones redox 820

**19.2** Celdas electroquímicas 823

**19.3** Potenciales estándar de reducción 825

**19.4** Espontaneidad de las reacciones redox 831

**19.5** Efecto de la concentración sobre la fem de la celda 834

**19.6** Baterías 839



LA QUÍMICA *en acción*

Energía bacteriana 843

**19.7** Corrosión 844

**19.8** Electrólisis 848



LA QUÍMICA *en acción*

Molestia producida por las amalgamas dentales 853

*Resumen de datos y conceptos* 854

*Palabras clave* 855

*Preguntas y problemas* 855



MISTERIO *de la química*

Agua sucia 864

## 20



## Metalurgia y la química de los metales 866

- 20.1 Abundancia de los metales 868
- 20.2 Procesos metalúrgicos 868
- 20.3 Teoría de las bandas de conductividad 876
- 20.4 Tendencias periódicas de las propiedades metálicas 878
- 20.5 Los metales alcalinos 879
- 20.6 Los metales alcalinotérreos 883
- 20.7 Aluminio 885



LA QUÍMICA *en acción*  
Reciclado de aluminio 888

*Resumen de datos y conceptos* 888  
*Palabras clave* 889  
*Preguntas y problemas* 889

## 21



## Elementos no metálicos y sus compuestos 894

- 21.1 Propiedades generales de los no metales 896
- 21.2 Hidrógeno 896



LA QUÍMICA *en acción*  
Hidrógeno metálico 901

- 21.3 Carbono 902



LA QUÍMICA *en acción*  
Gas sintético a partir del carbón 905

- 21.4 Nitrógeno y fósforo 906



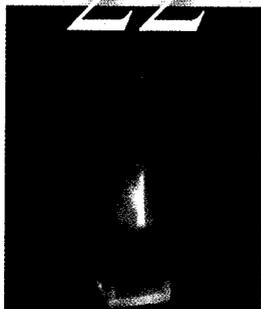
LA QUÍMICA *en acción*  
Nitrato de amonio: el fertilizante explosivo 913

- 21.5 Oxígeno y azufre 914

- 21.6 Los halógenos 921

*Resumen de datos y conceptos* 928  
*Palabras clave* 929  
*Preguntas y problemas* 929

## 22



## Química de los metales de transición y compuestos de coordinación 934

- 22.1 Propiedades de los metales de transición 936
- 22.2 La química del hierro y del cobre 939
- 22.3 Compuestos de coordinación 940
- 22.4 Estructura de los compuestos de coordinación 946
- 22.5 El enlace en los compuestos de coordinación: teoría del campo cristalino 949
- 22.6 Reacciones de los compuestos de coordinación 955
- 22.7 Aplicaciones de los compuestos de coordinación 955

-  **LA QUÍMICA en acción**  
Compuestos de coordinación en los sistemas vivos 956
-  **LA QUÍMICA en acción**  
Cisplatino: el medicamento anticancerígeno 958
- Resumen de datos y conceptos* 959  
*Palabras clave* 960  
*Preguntas y problemas* 960
-  **MISTERIO de la química**  
Datación de pinturas con el azul de Prusia 964

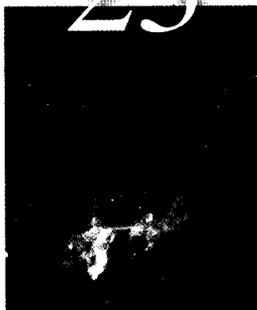
## Química nuclear 966

- 23.1** La naturaleza de las reacciones nucleares 968
- 23.2** Estabilidad nuclear 970
- 23.3** Radiactividad natural 975
- 23.4** Transmutación nuclear 978
- 23.5** Fisión nuclear 981
-  **LA QUÍMICA en acción**  
El reactor de fisión nuclear de la naturaleza 986
- 23.6** Fusión nuclear 987
- 23.7** Aplicaciones de los isótopos 989
- 23.8** Efectos biológicos de la radiación 991
-  **LA QUÍMICA en acción**  
Irradiación de los alimentos 993
- Resumen de datos y conceptos* 994  
*Palabras clave* 994  
*Preguntas y problemas* 994
-  **MISTERIO de la química**  
El arte de la falsificación en el siglo xx 1000

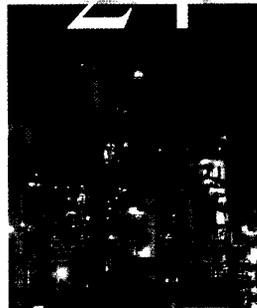
## Química orgánica 1002

- 24.1** Clases de compuestos orgánicos 1004
- 24.2** Hidrocarburos alifáticos 1004
-  **LA QUÍMICA en acción**  
Hielo que se quema 1016
- 24.3** Hidrocarburos aromáticos 1017
- 24.4** Química de los grupos funcionales 1020
-  **LA QUÍMICA en acción**  
La industria del petróleo 1026
- Resumen de datos y conceptos* 1029  
*Palabras clave* 1029  
*Preguntas y problemas* 1029
-  **MISTERIO de la química**  
La desaparición de huellas digitales 1036

23



24



25



## Polímeros orgánicos sintéticos y naturales 1038

25.1 Propiedades de los polímeros 1040

25.2 Polímeros orgánicos sintéticos 1040

25.3 Proteínas 1045



LA QUÍMICA *en acción*

Anemia de células falciformes: una enfermedad molecular 1052

25.4 Ácidos nucleicos 1054



LA QUÍMICA *en acción*

Huella digital del DNA 1057

*Resumen de datos y conceptos* 1058

*Palabras clave* 1058

*Preguntas y problemas* 1058



MISTERIO *de la química*

Una historia que le erizará los cabellos 1062

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 problemas pares* AP-1

*Créditos* C-1

*Índice* I-1