

# CONTENIDO

## PREFACIO

xxiii

## CAPÍTULO 1 LAS HERRAMIENTAS DE LA QUÍMICA

3

- 1.1 La Química hoy 4
- 1.2 La ciencia y sus métodos 5
  - El estudio de la Química 6
- 1.3 Algunas definiciones básicas 7
  - Materia 7 • Masa y peso 7 • Sustancias y mezclas 7 • Propiedades físicas y químicas 8 • Átomos y moléculas 9 • Elementos y compuestos 9
- 1.4 Los elementos químicos y la tabla periódica 10
- 1.5 Los tres estados de la materia 12
- 1.6 Medición 13
- 1.7 Unidades de medición 14
  - Unidades SI 14 • Unidades SI derivadas 15 • Escalas de temperatura 19
- 1.8 Manejo de números 20
  - Notación científica 20 • Análisis de cifras significativas 22
- 1.9 Método del factor unitario para resolver problemas 26

## LA QUÍMICA EN ACCIÓN: EL MÉTODO CIENTÍFICO Y LA EXTINCIÓN DE LOS DINOSAURIOS

29

- Resumen 30
- Palabras clave 31
- Ejercicios 31

## CAPÍTULO 2 ÁTOMOS, MOLÉCULAS E IONES

37

- 2.1 Teoría atómica: de las primeras ideas a John Dalton 38
- 2.2 Estructura del átomo 39
  - El electrón 39 • Rayos X y radiactividad 40 • El protón y el núcleo 41 • El neutrón 43
- 2.3 Relaciones de masa de los átomos 43
  - Número atómico, número de masa e isótopos 43 • Masas atómicas 45 • Masa atómica promedio 46 • Masa molar de un elemento y número de Avogadro 46
- 2.4 Moléculas: átomos en combinación 50
  - Moléculas y fórmulas químicas 50 • Fórmula molecular 50 • Fórmula empírica 52 • Masa molecular 53
- 2.5 Iones y compuestos iónicos 54
- 2.6 Composición porcentual en masa de los compuestos 56
  - Determinación experimental de fórmulas empíricas 59 • Determinación de fórmulas moleculares 60

ix



|     |                                                                       |    |
|-----|-----------------------------------------------------------------------|----|
| 2.7 | Leyes de la combinación química                                       | 62 |
| 2.8 | Determinación experimental de masas atómicas y moleculares            | 64 |
| 2.9 | Nomenclatura de compuestos inorgánicos                                | 65 |
|     | Compuestos iónicos 66 • Compuestos moleculares 69 • Ácidos y bases 71 |    |
|     | • Hidratos 74 • Compuestos inorgánicos comunes 75                     |    |

|                                        |    |
|----------------------------------------|----|
| <b>LA QUÍMICA EN ACCIÓN: ALÓTROPOS</b> | 75 |
| Resumen                                | 76 |
| Química aplicada, ejemplo: la potasa   | 78 |
| Palabras clave                         | 79 |
| Ejercicios                             | 80 |

### CAPÍTULO 3 REACCIONES QUÍMICAS I: ECUACIONES QUÍMICAS Y REACCIONES EN DISOLUCIÓN ACUOSA 87

|     |                                                                          |    |
|-----|--------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.1 | Ecuaciones químicas                                                      | 88 |
|     | Escritura de ecuaciones químicas 88 • Balanceo de ecuaciones químicas 90 |    |
| 3.2 | Propiedades de las disoluciones acuosas                                  | 94 |
|     | Electrólitos y no electrolitos                                           | 94 |
| 3.3 | Reacciones de precipitación                                              | 96 |

#### LA QUÍMICA EN ACCIÓN: UNA REACCIÓN DE PRECIPITACIÓN INDESEABLE 100

|     |                                                                                                                  |     |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.4 | Reacciones ácido-base                                                                                            | 100 |
|     | Propiedades generales de ácidos y bases 100 • Definiciones de ácidos y bases 101 • Neutralización ácido-base 103 |     |
| 3.5 | Reacciones de oxidación-reducción                                                                                | 104 |

#### LA QUÍMICA EN ACCIÓN: RESCATE DE LAS GRABACIONES DEL CHALLENGER 105

|     |                                                         |     |
|-----|---------------------------------------------------------|-----|
|     | Número de oxidación 106 • Tipos de reacciones redox 109 |     |
| 3.6 | Balanceo de ecuaciones de óxido-reducción               | 115 |

#### LA QUÍMICA EN ACCIÓN: FOTOGRAFÍA EN BLANCO Y NEGRO 118

|                                              |     |
|----------------------------------------------|-----|
| Resumen                                      | 120 |
| Ejemplo de Química aplicada: ácido fosfórico | 120 |
| Palabras clave                               | 122 |
| Ejercicios                                   | 122 |

### CAPÍTULO 4 REACCIONES QUÍMICAS II: RELACIONES PONDERALES 129

|     |                                     |     |
|-----|-------------------------------------|-----|
| 4.1 | Cantidades de reactivos y productos | 130 |
| 4.2 | Reactivo limitante                  | 134 |
| 4.3 | Rendimientos de las reacciones      | 137 |

#### LA QUÍMICA EN ACCIÓN: LOS FERTILIZANTES QUÍMICOS 139

|     |                                                                                 |     |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.4 | Concentración y dilución de disoluciones                                        | 140 |
|     | Concentración de disoluciones 140 • Dilución de soluciones (o disoluciones) 143 |     |
| 4.5 | Análisis gravimétrico                                                           | 144 |
| 4.6 | Titulaciones ácido-base                                                         | 147 |
| 4.7 | Titulaciones redox                                                              | 150 |

#### LA QUÍMICA EN ACCIÓN: ANALIZADOR DE ALIENTO 152

|                                            |     |
|--------------------------------------------|-----|
| Resumen                                    | 154 |
| Ejemplo de Química aplicada: ácido nítrico | 154 |
| Palabras clave                             | 156 |
| Ejercicios                                 | 157 |

## CAPÍTULO 5 EL ESTADO GASEOSO 165

|                                                                                                                                                                |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.1 Sustancias que existen como gases                                                                                                                          | 166 |
| 5.2 Presión de un gas                                                                                                                                          | 167 |
| 5.3 Las leyes de los gases                                                                                                                                     | 170 |
| Relación presión-volumen: ley de Boyle 170 • Relación temperatura-volumen: ley de Charles y Gay Lussac 174 • La relación volumen-cantidad: ley de Avogadro 178 |     |
| 5.4 La ecuación del gas ideal                                                                                                                                  | 178 |
| Cálculos de densidad 182 • La masa molar de una sustancia gaseosa 183                                                                                          |     |
| 5.5 Estequiometría con gases                                                                                                                                   | 185 |
| 5.6 Ley de Dalton de las presiones parciales                                                                                                                   | 188 |
| 5.7 La teoría cinética molecular de los gases                                                                                                                  | 192 |

### LA QUÍMICA EN ACCIÓN: BUCEO PROFUNDO Y LAS LEYES DE LOS GASES 193

Aplicación de las leyes de los gases 195 • Distribución de velocidades moleculares 196 • Trayectoria libre media 198

|                                            |     |
|--------------------------------------------|-----|
| 5.8 Ley de Graham de la difusión y efusión | 198 |
| Difusión 198 • Efusión 200                 |     |

### LA QUÍMICA EN ACCIÓN: SEPARACIÓN DE ISÓTOPOS POR EFUSIÓN GASEOSA 202

|                                         |     |
|-----------------------------------------|-----|
| 5.9 Desviación del comportamiento ideal | 203 |
|-----------------------------------------|-----|

|                                                |     |
|------------------------------------------------|-----|
| Resumen                                        | 206 |
| Ejemplo de Química aplicada: cloruro de vinilo | 207 |
| Palabras clave                                 | 208 |
| Ejercicios                                     | 208 |

## CAPÍTULO 6 TERMOQUÍMICA 217

|                                                    |     |
|----------------------------------------------------|-----|
| 6.1 Algunas definiciones                           | 218 |
| 6.2 Cambios energéticos en las reacciones químicas | 219 |
| 6.3 Entalpía                                       | 221 |

### LA QUÍMICA EN ACCIÓN: VELAS, MECHEROS Y SOPLETES 223

|                                                                                                                           |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 6.4 Calorimetría                                                                                                          | 225 |
| Calor específico y capacidad calorífica 225 • Calorimetría a volumen constante 226 • Calorimetría a presión constante 228 |     |

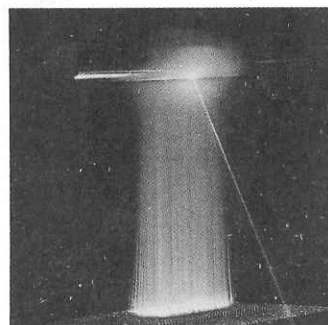
### LA QUÍMICA EN ACCIÓN: VALORES ENERGÉTICOS DE LOS ALIMENTOS Y OTRAS SUSTANCIAS 229

|                                                  |     |
|--------------------------------------------------|-----|
| 6.5 Entalpía estándar de formación y de reacción | 231 |
| 6.6 Calor de solución y dilución                 | 236 |

### LA QUÍMICA EN ACCIÓN: AUTODEFENSA DEL ESCARABAJO BOMBARDERO 237

|                                                 |     |
|-------------------------------------------------|-----|
| Calor de disolución 237 • Calor de dilución 240 |     |
| 6.7 La primera ley de la termodinámica          | 240 |

### LA QUÍMICA EN ACCIÓN: COMPRESAS INSTANTÁNEAS FRÍAS Y CALIENTES 241



La primera ley de la termodinámica 241 • Trabajo y calor 243 • Entalpía 246

Resumen 248

LA QUÍMICA EN ACCIÓN: FABRICACIÓN DE NIEVE E INFLADO DE UNA LLANTA 249

Ejemplo de Química aplicada: cal 250

Palabras clave 251

Ejercicios 251

## CAPÍTULO 7 LA TEORÍA CUÁNTICA Y LA ESTRUCTURA ELECTRÓNICA DE LOS ÁTOMOS 259

7.1 De la Física clásica a la teoría cuántica 260

Propiedades de las ondas 260 • Radiación electromagnética 262 • Teoría cuántica de Planck 264

7.2 El efecto fotoeléctrico 265

7.3 Teoría de Bohr del átomo de hidrógeno 267

Espectros de emisión 267 • Espectro de emisión del átomo de hidrógeno 268

7.4 La naturaleza dual del electrón 271

LA QUÍMICA EN ACCIÓN: EMISIÓN ATÓMICA: ALUMBRADO PÚBLICO, LUCES FLUORESCENTES Y SEÑALES DE NEÓN 272

LA QUÍMICA EN ACCIÓN: LÁSER: LA ESPLÉNDIDA LUZ 273

LA QUÍMICA EN ACCIÓN: EL MICROSCOPIO ELECTRÓNICO 277

7.5 Mecánica cuántica 278

7.6 Aplicación de la ecuación de Schrödinger al átomo de hidrógeno 279

7.7 Números cuánticos 280

El número cuántico principal ( $n$ ) 280 • El número cuántico de momento angular ( $l$ ) 280 • El número cuántico magnético ( $m_l$ ) 281 • El número cuántico de espín-electrónico ( $m_s$ ) 281

7.8 Orbitales atómicos 282

Las energías de los orbitales 285

7.9 Configuración electrónica 287

El principio de exclusión de Pauli 288 • Diamagnetismo y paramagnetismo 289 • El efecto de apantallamiento en átomos polielectrónicos 290 • Regla de Hund 290 • Reglas generales para asignar electrones a orbitales atómicos 292

7.10 El principio de construcción progresiva 294

Resumen 297

Palabras clave 299

Ejercicios 299

## CAPÍTULO 8 RELACIONES PERIÓDICAS ENTRE LOS ELEMENTOS 305

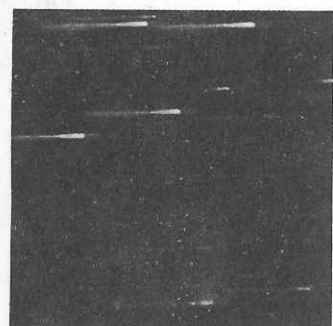
8.1 Desarrollo de la tabla periódica 306

8.2 Clasificación periódica de los elementos 309

Representación de los elementos libres en las ecuaciones químicas 312 • Configuraciones electrónicas de cationes y aniones 312

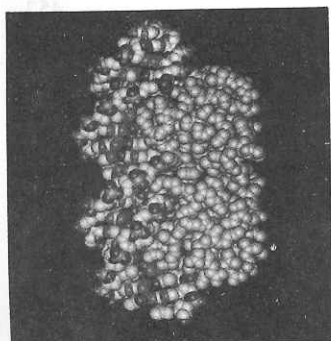
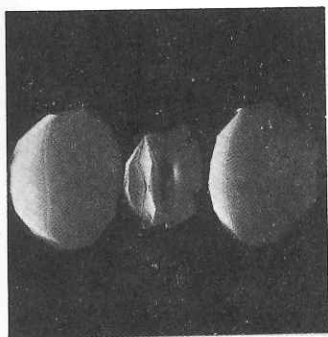
8.3 Variaciones periódicas de las propiedades físicas 313

LA QUÍMICA EN ACCIÓN: LA TABLA PERIÓDICA ACTUAL 314



| ELEMENTS   |    |           |     |
|------------|----|-----------|-----|
| Hydrogen   | 1  | Strontian | 46  |
| Nitrogen   | 5  | Barytes   | 68  |
| Carbon     | 6  | Iron      | 50  |
| Oxygen     | 7  | Zinc      | 56  |
| Phosphorus | 9  | Copper    | 56  |
| Sulphur    | 13 | Lead      | 90  |
| Magnesia   | 20 | Silver    | 190 |
| Line       | 24 | Gold      | 190 |
| Soda       | 28 | Platina   | 190 |
| Potash     | 42 | Mercury   | 167 |

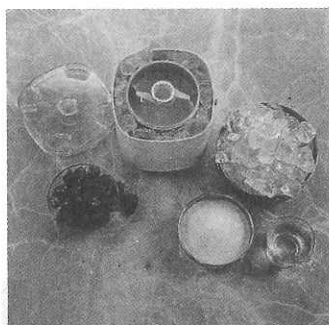
|                                                                                                                                                                                                                                               |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Carga nuclear efectiva 315 • Radio atómico 315 • Radio iónico 318 •<br>Variación de propiedades físicas a lo largo de un periodo 320 •                                                                                                        | 322 |
| <b>LA QUÍMICA EN ACCIÓN: EL TERCER ELEMENTO LÍQUIDO</b>                                                                                                                                                                                       |     |
| Predicción de propiedades físicas 323                                                                                                                                                                                                         | 323 |
| 8.4 Energía de ionización                                                                                                                                                                                                                     | 327 |
| Energías de ionización de átomos polieletrónicos 324                                                                                                                                                                                          | 329 |
| 8.5 Afinidad electrónica                                                                                                                                                                                                                      | 329 |
| 8.6 Variación de las propiedades químicas                                                                                                                                                                                                     |     |
| Tendencias generales de las propiedades químicas 329 • Propiedades<br>químicas de los grupos individuales 330 • Comparación de los elementos<br>del grupo 1A y del 1B (1 y 2) 337 • Propiedades de los óxidos a lo largo<br>de un periodo 337 |     |
| <b>LA QUÍMICA EN ACCIÓN: DISTRIBUCIÓN DE LOS ELEMENTOS<br/>EN LA CORTEZA TERRESTRE Y EN SISTEMAS VIVOS</b>                                                                                                                                    | 340 |
| Resumen                                                                                                                                                                                                                                       | 341 |
| Palabras clave                                                                                                                                                                                                                                | 342 |
| Ejercicios                                                                                                                                                                                                                                    | 342 |
| <b>CAPÍTULO 9 ENLACE QUÍMICO I: CONCEPTOS BÁSICOS</b>                                                                                                                                                                                         | 349 |
| 9.1 Símbolos de puntos de Lewis                                                                                                                                                                                                               | 350 |
| 9.2 Elementos que forman compuestos iónicos                                                                                                                                                                                                   | 350 |
| Iones poliatómicos 353                                                                                                                                                                                                                        |     |
| 9.3 La energía reticular de los compuestos iónicos                                                                                                                                                                                            | 353 |
| El ciclo de Born-Haber para la determinación de energías reticulares 353<br>• La energía reticular y las fórmulas de los compuestos iónicos 356                                                                                               |     |
| <b>LA QUÍMICA EN ACCIÓN: EL CLORURO DE SODIO: UN COMPUESTO IÓNICO<br/>COMÚN E IMPORTANTE</b>                                                                                                                                                  | 357 |
| 9.4 El enlace covalente                                                                                                                                                                                                                       | 358 |
| Comparación entre las propiedades de los compuestos covalentes e<br>iónicos 360                                                                                                                                                               |     |
| 9.5 Electronegatividad                                                                                                                                                                                                                        | 361 |
| Electronegatividad y número de oxidación 364                                                                                                                                                                                                  |     |
| 9.6 Escritura de las estructuras de Lewis                                                                                                                                                                                                     | 364 |
| 9.7 Carga formal y estructura de Lewis                                                                                                                                                                                                        | 367 |
| 9.8 El concepto de resonancia                                                                                                                                                                                                                 | 369 |
| 9.9 Excepciones a la regla del octeto                                                                                                                                                                                                         | 372 |
| El octeto incompleto 372 • Moléculas con número impar de electrones<br>373 • El octeto expandido 373                                                                                                                                          |     |
| 9.10 Fuerza del enlace covalente                                                                                                                                                                                                              | 375 |
| Energía de disociación del enlace y energía de enlace 375 • Uso de las<br>energías de enlace en termoquímica 376                                                                                                                              |     |
| Resumen                                                                                                                                                                                                                                       | 379 |
| Ejemplo de Química aplicada: el dicloruro de etileno                                                                                                                                                                                          | 380 |
| Palabras clave                                                                                                                                                                                                                                | 382 |
| Ejercicios                                                                                                                                                                                                                                    | 383 |
| <b>CAPÍTULO 10 ENLACE QUÍMICO II: GEOMETRÍA MOLECULAR<br/>Y ORBITALES MOLECULARES</b>                                                                                                                                                         | 389 |
| 10.1 Geometría molecular                                                                                                                                                                                                                      | 390 |



|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Moléculas en las que el átomo central no tiene pares libres 390 •                                                                                                                                                                                                                                                                |     |
| Moléculas en las cuales el átomo central tiene uno o más pares libres 393                                                                                                                                                                                                                                                        |     |
| • Geometría de moléculas con más de un átomo central 398 • Guía para explicar el modelo de RPECV 398                                                                                                                                                                                                                             |     |
| 10.2 Momentos dipolo                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 400 |
| LA QUÍMICA EN ACCIÓN: MODELOS MOLECULARES                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 401 |
| 10.3 Teoría enlace valencia                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 405 |
| 10.4 Hibridación de orbitales atómicos                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 406 |
| Hibridación $sp$ 408 • Hibridación $sp^2$ 409 • Hibridación de orbitales $s$ , $p$ y $d$ 414                                                                                                                                                                                                                                     |     |
| 10.5 La hibridación en moléculas formadas por dobles y triples enlaces                                                                                                                                                                                                                                                           | 416 |
| 10.6 Teoría del orbital molecular                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 419 |
| Orbitales moleculares de enlace y de antienlace 420                                                                                                                                                                                                                                                                              |     |
| 10.7 Configuraciones de orbitales moleculares                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 422 |
| Reglas que gobiernan las configuraciones electrónicas moleculares y la estabilidad 422 • Las moléculas de hidrógeno y de helio 423 • Moléculas diatómicas homonucleares de elementos del segundo periodo 425 • La molécula de litio ( $Li_2$ ) 427 • La molécula de carbono ( $C_2$ ) 427 • La molécula de oxígeno ( $O_2$ ) 427 |     |
| 10.8 Orbitales moleculares deslocalizados                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 429 |
| Las moléculas de benceno 429 • El ion carbonato 430                                                                                                                                                                                                                                                                              |     |
| Resumen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 431 |
| Ejemplo de Química aplicada: kevlar                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 432 |
| Palabras clave                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 434 |
| Ejercicios                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 434 |
| <b>CAPÍTULO 11 LAS FUERZAS INTERMOLECULARES Y LOS LÍQUIDOS Y SÓLIDOS</b>                                                                                                                                                                                                                                                         | 441 |
| 11.1 La teoría cinético-molecular de líquidos y sólidos                                                                                                                                                                                                                                                                          | 442 |
| 11.2 Fuerzas intermoleculares                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 442 |
| Fuerzas dipolo-dipolo 443 • Fuerzas ion-dipolo 443 • Fuerzas de dispersión 444 • Fuerzas de van der Waals y radios de van der Waals 446 • El enlace de hidrógeno 446                                                                                                                                                             |     |
| 11.3 El estado líquido                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 449 |
| Tensión superficial 449 • Viscosidad 450 • La estructura y propiedades del agua 451                                                                                                                                                                                                                                              |     |
| 11.4 Estructura cristalina                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 453 |
| LA QUÍMICA EN ACCIÓN: ¿POR QUÉ LOS LAGOS SE CONGELAN DESDE LA SUPERFICIE HACIA EL FONDO?                                                                                                                                                                                                                                         | 453 |
| Empaquetación de esferas 455 • Empaquetamiento compacto 457                                                                                                                                                                                                                                                                      |     |
| 11.5 Difracción de rayos X por medio de cristales                                                                                                                                                                                                                                                                                | 462 |
| 11.6 Tipos de cristales                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 464 |
| Cristales iónicos 464 • Cristales covalentes 466 • Cristales moleculares 467 • Cristales metálicos 467                                                                                                                                                                                                                           |     |
| LA QUÍMICA EN ACCIÓN: SUPERCONDUCTORES DE ALTA TEMPERATURA                                                                                                                                                                                                                                                                       | 469 |
| 11.7 Sólidos amorfos                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 470 |



|                                                                                                                                                                                                                              |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>LA QUÍMICA EN ACCIÓN: FIBRAS ÓPTICAS</b>                                                                                                                                                                                  | 471 |
| 11.8 Cambios de fase                                                                                                                                                                                                         | 472 |
| Equilibrio líquido-vapor 472 • Calor de evaporación y punto de ebullición 474                                                                                                                                                |     |
| <b>LA QUÍMICA EN ACCIÓN: EXTRACCIÓN CON UN FLUIDO SUPERCRTICO</b>                                                                                                                                                            | 478 |
| Equilibrio sólido-líquido 480 • Equilibrio sólido-vapor 482                                                                                                                                                                  |     |
| <b>LA QUÍMICA EN ACCIÓN: CAFÉ LIOFILIZADO Y SIEMBRA DE NUBES</b>                                                                                                                                                             | 484 |
| 11.9 Diagramas de fase                                                                                                                                                                                                       | 484 |
| Agua 485 • Dióxido de carbono 485                                                                                                                                                                                            |     |
| <b>LA QUÍMICA EN ACCIÓN: COCIMIENTO DE UN HUEVO EN LA CIMA DE UNA MONTAÑA, OLLAS DE PRESIÓN Y PATINAJE SOBRE HIELO</b>                                                                                                       | 486 |
| Resumen                                                                                                                                                                                                                      | 487 |
| Ejemplo de Química aplicada: el silicio                                                                                                                                                                                      | 488 |
| Palabras clave                                                                                                                                                                                                               | 490 |
| Ejercicios                                                                                                                                                                                                                   | 491 |
| <b>CAPÍTULO 12 PROPIEDADES FÍSICAS DE LAS DISOLUCIONES</b>                                                                                                                                                                   | 499 |
| 12.1 Tipos de disoluciones                                                                                                                                                                                                   | 500 |
| 12.2 Una visión molecular del proceso de disolución                                                                                                                                                                          | 500 |
| 12.3 Disoluciones de líquidos en líquidos                                                                                                                                                                                    | 502 |
| 12.4 Disoluciones de sólidos en líquidos                                                                                                                                                                                     | 502 |
| Cristales iónicos 503 • Cristales covalentes 504 • Cristales moleculares 504 • Cristales metálicos 504                                                                                                                       |     |
| 12.5 Unidades de concentración                                                                                                                                                                                               | 505 |
| Tipos de unidades de concentración 505 • Comparación entre unidades de concentración 508                                                                                                                                     |     |
| 12.6 Efecto de la temperatura en la solubilidad                                                                                                                                                                              | 510 |
| La solubilidad de los sólidos y la temperatura 510 • Cristalización fraccionada 511 • La solubilidad de los gases y la temperatura 512                                                                                       |     |
| 12.7 Efecto de la presión en la solubilidad de los gases                                                                                                                                                                     | 513 |
| <b>LA QUÍMICA EN ACCIÓN: LA BOTELLA DE REFRESCO, LOS "CALAMBRES" Y LA SOLUBILIDAD DE LOS GASES</b>                                                                                                                           | 515 |
| 12.8 Propiedades coligativas de disoluciones no electrolíticas                                                                                                                                                               | 515 |
| Disminución de la presión de vapor 516 • Elevación del punto de ebullición 519 • Depresión del punto de congelación 520 • Presión osmótica 522 • Uso de las propiedades coligativas en la determinación de la masa molar 524 |     |
| 12.9 Las propiedades coligativas de soluciones electrolíticas                                                                                                                                                                | 526 |
| <b>LA QUÍMICA EN ACCIÓN: DESALACIÓN</b>                                                                                                                                                                                      | 529 |
| Resumen                                                                                                                                                                                                                      | 530 |
| Ejemplo de Química aplicada: el benceno                                                                                                                                                                                      | 531 |
| Palabras clave                                                                                                                                                                                                               | 533 |
| Ejercicios                                                                                                                                                                                                                   | 533 |





## CAPÍTULO 13 CINÉTICA QUÍMICA 541

- 13.1 La velocidad de una reacción 542  
Velocidades de reacción y estequiometría 346
- 13.2 Las leyes de velocidad 548  
Determinación experimental de la ley de velocidad 349
- 13.3 Relación entre las concentraciones de los reactivos y el tiempo 552  
Reacciones de primer orden 552 • Reacciones de segundo orden 558

### LA QUÍMICA EN ACCIÓN: DETERMINACIÓN DE LA EDAD DEL SUDARIO DE TURÍN 561

- 13.4 Dependencia de las constantes de velocidad respecto a la energía de activación y a la temperatura 562  
La teoría de las colisiones en cinética química 562 • La ecuación de Arrhenius 564
- 13.5 Mecanismos de reacción 568  
Leyes de velocidad y etapas elementales 569 • Fundamento experimental de los mecanismos de reacción 572
- 13.6 Catálisis 573  
Catálisis heterogénea 574 • Catálisis homogénea 578 • Catálisis enzimática 579

### LA QUÍMICA EN ACCIÓN: DESINTEGRACIÓN DE OZONO EN LA ESTRATOSFERA 581

- Resumen 583
- Ejemplo de Química aplicada: el polietileno 584
- Palabras clave 586
- Ejercicios 586

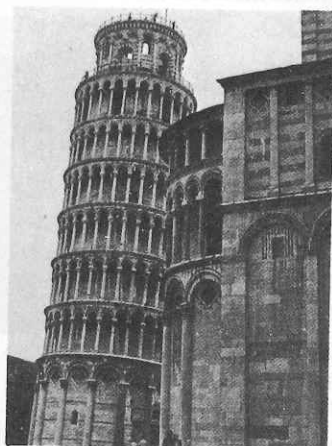
## CAPÍTULO 14 EQUILIBRIO QUÍMICO 593

- 14.1 El concepto de equilibrio 594
- 14.2 Equilibrio químico 594  
La magnitud de la constante de equilibrio 496
- 14.3 Formas de expresar las constantes de equilibrio 597  
Equilibrios homogéneos 597 • Equilibrios heterogéneos 601 • Equilibrios múltiples 604 • La forma de  $K$  y la ecuación de equilibrio 605 • Resumen de las reglas para formular las expresiones de las constantes de equilibrio 607
- 14.4 Relación entre cinética química y equilibrio químico 607
- 14.5 ¿Qué información proporciona la constante de equilibrio? 609  
Predicción de la dirección de una reacción 609 • Cálculo de las concentraciones de equilibrio 610
- 14.6 Factores que afectan el equilibrio químico 615  
Principio de Le Chatelier 615 • Cambios en concentraciones 615 • Cambios en el volumen y la presión 617 • Cambios en la temperatura 619 • El efecto de un catalizador 620 • Resumen de los factores que pueden afectar la posición del equilibrio 621

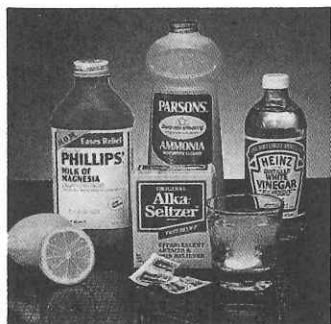
### LA QUÍMICA EN ACCIÓN: EL PROCESO HABER 622

### LA QUÍMICA EN ACCIÓN: LA VIDA A ELEVADAS ALTITUDES Y LA PRODUCCIÓN DE HEMOGLOBINA 623

### Resumen 624



|                                           |     |
|-------------------------------------------|-----|
| Ejemplo de Química aplicada: el hidrógeno | 625 |
| Palabras clave                            | 626 |
| Ejercicios                                | 627 |



## CAPÍTULO 15 ÁCIDOS Y BASES: PROPIEDADES GENERALES 635

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 15.1 Ácidos y bases de Brønsted                                                                                                                                                                                                                                                                 | 636 |
| Par conjugado ácido-base 636 • El protón hidratado 637                                                                                                                                                                                                                                          |     |
| 15.2 La autoionización del agua y la escala de pH                                                                                                                                                                                                                                               | 638 |
| El producto iónico del agua 638 • El pH, una medida de la acidez 639                                                                                                                                                                                                                            |     |
| 15.3 Fuerza de ácidos y bases                                                                                                                                                                                                                                                                   | 642 |
| El efecto nivelador 645                                                                                                                                                                                                                                                                         |     |
| 15.4 La estructura molecular y la fuerza de los ácidos                                                                                                                                                                                                                                          | 646 |
| Ácidos binarios 646 • Ácidos ternarios 647                                                                                                                                                                                                                                                      |     |
| 15.5 Algunas reacciones ácido-base típicas                                                                                                                                                                                                                                                      | 649 |
| Reacciones de ácidos fuertes con bases fuertes 650 • Reacciones de ácidos débiles con bases fuertes 650 • Reacciones de ácidos fuertes con bases débiles 650 • Reacciones de ácidos débiles con bases débiles 651 • Óxidos ácidos, básicos y anfóteros 651 • Hidróxidos básicos y anfóteros 653 |     |
| 15.6 Ácidos y bases de Lewis                                                                                                                                                                                                                                                                    | 653 |

### LA QUÍMICA EN ACCIÓN: LOS ANTIÁCIDOS Y EL BALANCE DEL pH EN EL ESTÓMAGO 654

### LA QUÍMICA EN ACCIÓN: LA LLUVIA ÁCIDA 657

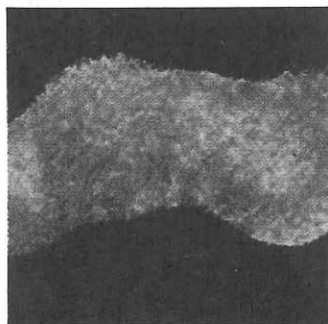
|                                                   |     |
|---------------------------------------------------|-----|
| Resumen                                           | 660 |
| Ejemplo de Química aplicada: el ácido clorhídrico | 661 |
| Palabras clave                                    | 662 |
| Ejercicios                                        | 662 |

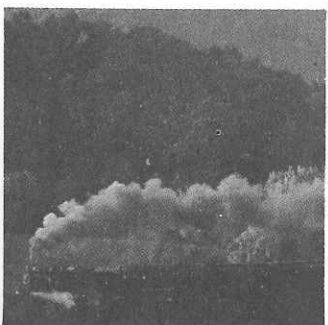
## CAPÍTULO 16 EQUILIBRIOS ÁCIDO-BASE 667

|                                                                                                                                                                                                           |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 16.1 Ácidos débiles y constantes de ionización ácida                                                                                                                                                      | 668 |
| ¿Cuándo se puede ignorar la ionización del agua? 672 • Porcentaje de ionización 673                                                                                                                       |     |
| 16.2 Bases débiles y constantes de ionización básica                                                                                                                                                      | 676 |
| 16.3 La relación entre las constantes de ionización de pares conjugados ácido-base                                                                                                                        | 678 |
| 16.4 Ácidos dipróticos y polipróticos                                                                                                                                                                     | 679 |
| 16.5 Propiedades ácido-base de las sales                                                                                                                                                                  | 683 |
| Sales que producen disoluciones neutras 683 • Sales que producen disoluciones básicas 684 • Sales que producen disoluciones ácidas 685 • Sales en las que se hidrolizan tanto el anión como el catión 689 |     |
| 16.6 El efecto del ion común                                                                                                                                                                              | 689 |
| 16.7 Disoluciones amortiguadoras                                                                                                                                                                          | 692 |
| Diagramas de distribución 696 • Preparación de una disolución amortiguadora con un pH específico 697                                                                                                      |     |

### LA QUÍMICA EN ACCIÓN: MANTENIMIENTO DEL pH EN LA SANGRE 699

|                                                                                                                                                                           |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 16.8 Una visión más detallada de las titulaciones ácido-base                                                                                                              | 700 |
| Titulaciones de un ácido fuerte con una base fuerte 701 • Titulaciones de un ácido débil con una base fuerte 703 • Titulaciones de un ácido fuerte con una base débil 705 |     |
| 16.9 Indicadores ácido-base                                                                                                                                               | 707 |





|                                               |     |
|-----------------------------------------------|-----|
| Resumen                                       | 709 |
| Ejemplo de Química aplicada: el ácido cítrico | 710 |
| Palabras clave                                | 711 |
| Ejercicios                                    | 712 |

## CAPÍTULO 17 EQUILIBRIOS DE SOLUBILIDAD 717

|                                                                                                                                                                                     |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 17.1 La solubilidad y el producto de solubilidad                                                                                                                                    | 718 |
| El producto de solubilidad 718 • Los equilibrios de solubilidad de los sulfuros 720 • La solubilidad molar y la solubilidad 721 • Predicción de las reacciones de precipitación 724 |     |
| 17.2 Separación de iones por precipitación fraccionada                                                                                                                              | 725 |
| 17.3 El efecto del ion común y la solubilidad                                                                                                                                       | 727 |
| 17.4 El pH y la solubilidad                                                                                                                                                         | 729 |

### LA QUÍMICA EN ACCIÓN: EL pH, SOLUBILIDAD Y CRIES DENTAL 732

|                                                                                   |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 17.5 Los equilibrios de iones complejos y la solubilidad                          | 733 |
| 17.6 Aplicación del principio del producto de solubilidad al análisis cualitativo | 737 |

### LA QUÍMICA EN ACCIÓN: LOS EQUILIBRIOS DE SOLUBILIDAD Y LA FORMACIÓN DE SUMIDEROS, ESTALAGMITAS Y ESTALACTITAS 740

|                                                    |     |
|----------------------------------------------------|-----|
| Resumen                                            | 741 |
| Ejemplo de Química aplicada: ablandamiento de agua | 742 |
| Palabras clave                                     | 743 |
| Ejercicios                                         | 743 |

## CAPÍTULO 18 ENTROPÍA, ENERGÍA LIBRE Y EQUILIBRIO 747

|                                                                                                                                               |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 18.1 Procesos espontáneos y entropía                                                                                                          | 748 |
| Procesos espontáneos 748 • Entropía 749                                                                                                       |     |
| 18.2 La segunda ley de la termodinámica                                                                                                       | 753 |
| Cambios de entropía en el sistema 753 • Cambios de entropía en el entorno 755 • La tercera ley de la termodinámica y la entropía absoluta 756 |     |
| 18.3 La energía libre de Gibbs                                                                                                                | 757 |
| Cálculo de los cambios de energía libre 758 • Aplicaciones de la ecuación (18.7) 759                                                          |     |
| 18.4 Energía libre y equilibrio químico                                                                                                       | 763 |

### LA QUÍMICA EN ACCIÓN: LA TERMODINÁMICA DE UNA BANDA DE HULE 767

### LA QUÍMICA EN ACCIÓN: LA EFICIENCIA DE LOS MOTORES TÉRMICOS 768

|                                                         |     |
|---------------------------------------------------------|-----|
| Resumen                                                 | 770 |
| Ejemplo de Química aplicada: la reacción de intercambio | 770 |
| Palabras clave                                          | 772 |
| Ejercicios                                              | 772 |

## CAPÍTULO 19 ELECTROQUÍMICA 777

|                                                         |     |
|---------------------------------------------------------|-----|
| 19.1 Revisión de reacciones redox                       | 778 |
| 19.2 Celdas galvánicas                                  | 778 |
| 19.3 Potenciales estándar de electrodo                  | 780 |
| 19.4 Espontaneidad de las reacciones redox              | 786 |
| 19.5 Efecto de la concentración en la FEM de la celda   | 790 |
| La ecuación de Nernst 790 • Celdas de concentración 793 |     |

|      |                                                                                                                                                                                                 |     |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 19.6 | Baterías                                                                                                                                                                                        | 793 |
|      | La batería de pilas secas 794 • La batería de mercurio 794 • El acumulador de plomo 794 • Baterías de litio-estado sólido 795 • Celdas de combustión 796 • La batería de aluminio-aire 798      |     |
| 19.7 | Corrosión                                                                                                                                                                                       | 799 |
| 19.8 | Electrólisis                                                                                                                                                                                    | 803 |
|      | La electrólisis del cloruro de sodio fundido 803 • La electrólisis del agua 803 • Electrólisis de una disolución acuosa de cloruro de sodio 804 • Aspectos cuantitativos de la electrólisis 806 |     |

|                                                                               |     |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>LA QUÍMICA EN ACCIÓN: MOLESTIAS CAUSADAS POR LAS OBTURACIONES DENTALES</b> | 808 |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----|

|                                          |     |
|------------------------------------------|-----|
| Resumen                                  | 809 |
| Ejemplo de Química aplicada: el magnesio | 810 |
| Palabras clave                           | 811 |
| Ejercicios                               | 811 |

## **CAPÍTULO 20 - METALURGÍA Y QUÍMICA DE LOS METALES** 819

|      |                                                                                                                                                 |     |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 20.1 | Los metales en la naturaleza                                                                                                                    | 820 |
| 20.2 | Procesos metalúrgicos                                                                                                                           | 821 |
|      | Preparación de la mena 821 • Producción de metales 822 • La metalurgia del hierro 823 • Manufactura del acero 824 • Purificación de metales 826 |     |
| 20.3 | El enlace en los metales y elementos semiconductores                                                                                            | 828 |
|      | Conductores 829 • Semiconductores 830                                                                                                           |     |
| 20.4 | Periodicidad de las propiedades metálicas                                                                                                       | 831 |
| 20.5 | Los metales alcalinos                                                                                                                           | 832 |
|      | Litio 833 • Sodio y potasio 834                                                                                                                 |     |
| 20.6 | Los metales alcalinotérreos                                                                                                                     | 837 |
|      | Berilio 838 • Magnesio 839 • Calcio 840 • Estroncio y bario 841                                                                                 |     |
| 20.7 | Aluminio                                                                                                                                        | 841 |

|                                                     |     |
|-----------------------------------------------------|-----|
| <b>LA QUÍMICA EN ACCIÓN: RECICLADO DEL ALUMINIO</b> | 844 |
|-----------------------------------------------------|-----|

|      |                        |     |
|------|------------------------|-----|
| 20.8 | Estaño y plomo         | 845 |
|      | Estaño 845 • Plomo 846 |     |

|                                                     |     |
|-----------------------------------------------------|-----|
| <b>LA QUÍMICA EN ACCIÓN: LA TOXICIDAD DEL PLOMO</b> | 847 |
|-----------------------------------------------------|-----|

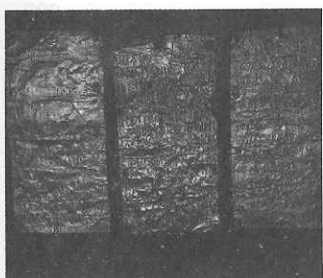
|      |                                  |     |
|------|----------------------------------|-----|
| 20.9 | Zinc, cadmio y mercurio          | 848 |
|      | Zinc y cadmio 849 • Mercurio 851 |     |

|                                                         |     |
|---------------------------------------------------------|-----|
| <b>LA QUÍMICA EN ACCIÓN: MÁS LOCO QUE UN SOMBRERERO</b> | 852 |
|---------------------------------------------------------|-----|

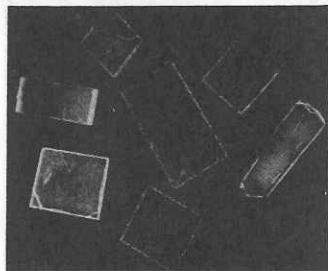
|                |     |
|----------------|-----|
| Resumen        | 854 |
| Palabras clave | 855 |
| Ejercicios     | 855 |

## **CAPÍTULO 21 ELEMENTOS NO METÁLICOS Y SUS COMPUESTOS** 861

|      |                                                     |     |
|------|-----------------------------------------------------|-----|
| 21.1 | Propiedades generales de los elementos no metálicos | 862 |
| 21.2 | El hidrógeno 862                                    |     |



|      |                                                                                                                                                                                                     |     |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
|      | Hidruros binarios 863 • Isótopos del hidrógeno 865 • Hidrogenación 866<br>• La economía del hidrógeno 866                                                                                           |     |
| 21.3 | Boro                                                                                                                                                                                                | 867 |
| 21.4 | Carbono y silicio                                                                                                                                                                                   | 869 |
|      | Carbono 869                                                                                                                                                                                         |     |
|      | LA QUÍMICA EN ACCIÓN: GAS SINTÉTICO A PARTIR DE CARBÓN.                                                                                                                                             | 873 |
|      | LA QUÍMICA EN ACCIÓN: EL DIÓXIDO DE CARBONO Y EL CLIMA                                                                                                                                              | 875 |
|      | Silicio 877                                                                                                                                                                                         |     |
| 21.5 | Nitrógeno y fósforo                                                                                                                                                                                 | 880 |
|      | Nitrógeno 880                                                                                                                                                                                       |     |
|      | LA QUÍMICA EN ACCIÓN: NEBLUMO FOTOQUÍMICO                                                                                                                                                           | 885 |
|      | Fósforo 886                                                                                                                                                                                         |     |
| 21.6 | El oxígeno y el azufre                                                                                                                                                                              | 889 |
|      | Oxígeno 889 • Azufre 893                                                                                                                                                                            |     |
|      | LA QUÍMICA EN ACCIÓN: LOS VOLCANES                                                                                                                                                                  | 897 |
| 21.7 | Los halógenos                                                                                                                                                                                       | 898 |
|      | Preparación y propiedades generales de los halógenos 898 • Los<br>halogenuros de hidrógeno 902 • Oxoácidos de los halógenos 903 •<br>Compuestos interhalógenos 904 • Usos de los halógenos 904      |     |
| 21.8 | Los gases nobles                                                                                                                                                                                    | 906 |
|      | Helio 907 • Neón y argón 908 • Kriptón y xenón 908 • Radón 909                                                                                                                                      |     |
|      | Resumen                                                                                                                                                                                             | 910 |
|      | Palabras clave                                                                                                                                                                                      | 911 |
|      | Ejercicios                                                                                                                                                                                          | 911 |
|      | <b>CAPÍTULO 22 LA QUÍMICA DE LOS METALES DE TRANSICIÓN<br/>Y LOS COMPUESTOS DE COORDINACIÓN</b>                                                                                                     | 917 |
| 22.1 | Propiedades de los metales de transición                                                                                                                                                            | 918 |
|      | Propiedades físicas generales 919 • Configuraciones electrónicas 920 •<br>Estados de oxidación 920 • Color 922 • Magnetismo 922 • Formación de<br>iones complejos 922 • Propiedades catalíticas 922 |     |
| 22.2 | Química de los metales de la primera serie de transición                                                                                                                                            | 922 |
|      | Escandio 923 • Titanio 923 • Vanadio 924 • Cromo 924 • Manganeso 926<br>• Hierro 927 • Cobalto 927 • Níquel 928 • Cobre 928                                                                         |     |
| 22.3 | Compuestos de coordinación                                                                                                                                                                          | 929 |
|      | Números de oxidación de los metales en los compuestos de coordinación<br>931 • Nomenclatura de los compuestos de coordinación 932                                                                   |     |
| 22.4 | Estereoquímica de los compuestos de coordinación                                                                                                                                                    | 934 |
|      | Isómeros geométricos 934 • Isómeros ópticos 935                                                                                                                                                     |     |
| 22.5 | El enlace en los compuestos de coordinación                                                                                                                                                         | 938 |
|      | Teoría del campo cristalino 939                                                                                                                                                                     |     |
| 22.6 | Reacciones de los compuestos de coordinación                                                                                                                                                        | 944 |
| 22.7 | Aplicaciones de los compuestos de coordinación                                                                                                                                                      | 945 |
|      | Metalurgia 945 • Agentes quelantes terapéuticos 946 • Análisis químico<br>946 • Crecimiento de plantas 947 • Detergentes 947                                                                        |     |
|      | LA QUÍMICA EN ACCIÓN: LOS COMPUESTOS DE COORDINACIÓN EN LOS<br>SISTEMAS VIVOS                                                                                                                       | 947 |



|                |     |
|----------------|-----|
| Resumen        | 950 |
| Palabras clave | 950 |
| Ejercicios     | 950 |

## CAPÍTULO 23 QUÍMICA NUCLEAR 955

|                                                                                            |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 23.1 La naturaleza de las reacciones nucleares                                             | 956 |
| 23.2 Estabilidad nuclear                                                                   | 957 |
| Energía de enlace nuclear 960                                                              |     |
| 23.3 Radiactividad natural                                                                 | 963 |
| Cinética del decaimiento radiactivo 964 • Datación basada en el decaimiento radiactivo 965 |     |
| 23.4 Radiactividad artificial                                                              | 966 |
| Trasmutación nuclear 966 • Los elementos transuránicos 968                                 |     |
| 23.5 Fisión nuclear                                                                        | 969 |
| La bomba atómica 971 • Reactores nucleares 971                                             |     |

### LA QUÍMICA EN ACCIÓN: EL REACTOR DE FISIÓN DE LA NATURALEZA MISMA 975

|                                                     |     |
|-----------------------------------------------------|-----|
| 23.6 Fusión nuclear                                 | 976 |
| Reactores de fusión 977 • La bomba de hidrógeno 978 |     |

### LA QUÍMICA EN ACCIÓN: LA CONTROVERSIA EN TORNO A LA FUSIÓN FRÍA 979

|                                                                                                  |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 23.7 Aplicaciones de los isótopos                                                                | 980 |
| Determinación estructural 980 • Estudio de la fotosíntesis 981 • Los isótopos en la medicina 981 |     |
| 23.8 Efectos biológicos de la radiación                                                          | 982 |

### LA QUÍMICA EN ACCIÓN: LA RADIATIVIDAD EN EL TABACO 984

|                                                                |     |
|----------------------------------------------------------------|-----|
| Resumen                                                        | 985 |
| Ejemplo de Química aplicada: disposición de desechos nucleares | 986 |
| Palabras clave                                                 | 988 |
| Ejercicios                                                     | 988 |

## CAPÍTULO 24 QUÍMICA ORGÁNICA 993

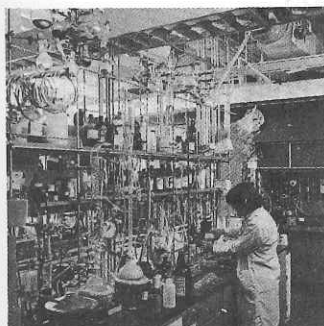
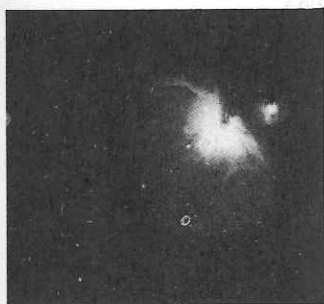
|                                                                                                                                                          |      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 24.1 Hidrocarburos                                                                                                                                       | 994  |
| Alcanos 994 • Alquenos 1001 • Alquinos 1003 • Hidrocarburos aromáticos 1004                                                                              |      |
| 24.2 Grupos funcionales                                                                                                                                  | 1007 |
| Alcoholes 1007 • Éteres 1009 • Aldehídos y cetonas 1009 • Ácidos carboxílicos 1010 • Ésteres 1011 • Aminas 1012 • Resumen de los grupos funcionales 1012 |      |

### LA QUÍMICA EN ACCIÓN: LA INDUSTRIA DEL PETRÓLEO 1014

|                                             |      |
|---------------------------------------------|------|
| Resumen                                     | 1017 |
| Ejemplo de Química aplicada: el isopropanol | 1017 |
| Palabras clave                              | 1018 |
| Ejercicios                                  | 1018 |

## CAPÍTULO 25 POLÍMEROS ORGÁNICOS: SINTÉTICOS Y NATURALES 1023

|                                   |      |
|-----------------------------------|------|
| 25.1 Propiedades de los polímeros | 1024 |
|-----------------------------------|------|



|      |                                                                                                                                                                                       |      |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 25.2 | Polímeros orgánicos sintéticos                                                                                                                                                        | 1024 |
|      | Reacciones de adición 1024 • Reacciones de condensación 1029                                                                                                                          |      |
| 25.3 | Las proteínas                                                                                                                                                                         | 1030 |
|      | LA QUÍMICA EN ACCIÓN: LA ANEMIA DE CÉLULAS FALCIFORMES: UNA ENFERMEDAD MOLECULAR                                                                                                      | 1039 |
| 25.4 | Los ácidos nucleicos                                                                                                                                                                  | 1041 |
|      | Resumen                                                                                                                                                                               | 1043 |
|      | Ejemplo de Química aplicada: el nylon y la seda                                                                                                                                       | 1044 |
|      | Palabras clave                                                                                                                                                                        | 1045 |
|      | Ejercicios                                                                                                                                                                            | 1045 |
|      | <b>CAPÍTULO 26 QUÍMICA INDUSTRIAL</b>                                                                                                                                                 | 1049 |
| 26.1 | La naturaleza y los alcances de la industria química                                                                                                                                  | 1050 |
|      | La escala de laboratorio frente a la escala industrial 1050                                                                                                                           |      |
| 26.2 | Materias primas para la industria química                                                                                                                                             | 1051 |
|      | Aire 1051 • Agua de mar y sal de roca 1051 • Minerales 1051 • Carbón mineral 1052 • Gas natural y petróleo 1052 • Vegetación 1052                                                     |      |
| 26.3 | Los cincuenta principales productos químicos industriales                                                                                                                             | 1054 |
|      | Los siete productos básicos para la industria química orgánica 1056 • Productos de la industria química inorgánica 1057                                                               |      |
| 26.4 | La industria química y el medio ambiente                                                                                                                                              | 1059 |
|      | Fuentes de energía 1059 • Extracción de materias primas 1060 • Procesos químicos 1060 • Disposición de los desechos sólidos 1061 • Riesgos potenciales de los productos químicos 1061 |      |
|      | Resumen                                                                                                                                                                               | 1063 |
|      | Ejercicios                                                                                                                                                                            | 1063 |
|      | <b>APÉNDICE 1 LOS ELEMENTOS Y LA DERIVACIÓN DE SUS NOMBRES Y SÍMBOLOS</b>                                                                                                             | A1   |
|      | <b>APÉNDICE 2 UNIDADES DE LA CONSTANTE DE LOS GASES</b>                                                                                                                               | A6   |
|      | <b>APÉNDICE 3 DATOS TERMODINÁMICOS SELECTOS A UN ATM Y 25°C</b>                                                                                                                       | A7   |
|      | <b>APÉNDICE 4 OPERACIONES MATEMÁTICAS</b>                                                                                                                                             | A13  |
|      | <b>GLOSARIO</b>                                                                                                                                                                       | A15  |
|      | <b>RESPUESTAS A LOS PROBLEMAS NUMÉRICOS PARES</b>                                                                                                                                     | A25  |
|      | <b>ÍNDICE</b>                                                                                                                                                                         | I1   |
|      | <b>CRÉDITOS FOTOGRÁFICOS</b>                                                                                                                                                          | I15  |

