

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	



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	

LA QUÍMICA EN ACCIÓN: ALÓTROPOS 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 electrólitos	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	

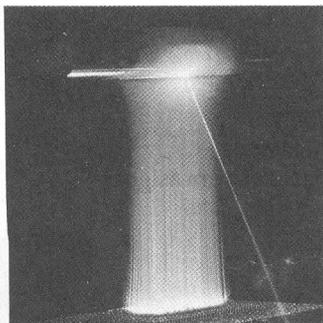
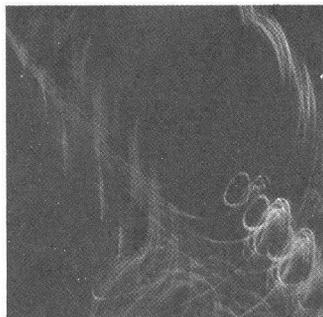
LA QUÍMICA EN ACCIÓN: VALORES ENERGÉTICOS DE LOS ALIMENTOS Y OTRAS SUSTANCIAS 229

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

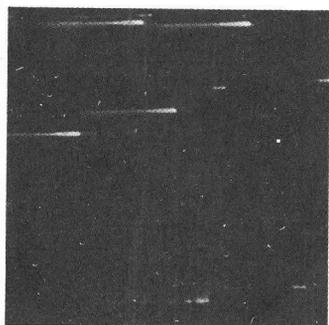
7.5 Mecánica cuántica	278
7.6 Aplicación de la ecuación de Schrödinger al átomo de hidrógeno	279
7.7 Números cuánticos	280
El número cuántico principal (n) 280 • El número cuántico de momento angular (l) 280 • El número cuántico magnético (m_l) 281 • El número cuántico de espín-electrónico (m_s) 281	
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	Stontian 46		
Nitrogen 7	Barytes 68		
Carbon 6	Iron 50		
Oxygen 8	Zinc 56		
Phosphorus 9	Copper 56		
Sulphur 16	Lead 90		
Magnesia 20	Silver 190		
Lime 24	Gold 190		
Soda 28	Platina 190		
Potash 42	Mercury 167		

Carga nuclear efectiva 315 • Radio atómico 315 • Radio iónico 318 •
Variación de propiedades físicas a lo largo de un periodo 320 •

LA QUÍMICA EN ACCIÓN: EL TERCER ELEMENTO LÍQUIDO 322

Predicción de propiedades físicas 323

8.4 Energía de ionización 323

Energías de ionización de átomos polielectrónicos 324

8.5 Afinidad electrónica 327

8.6 Variación de las propiedades químicas 329

Tendencias generales de las propiedades químicas 329 • Propiedades químicas de los grupos individuales 330 • Comparación de los elementos del grupo 1A y del 1B (1 y 2) 337 • Propiedades de los óxidos a lo largo de un periodo 337

LA QUÍMICA EN ACCIÓN: DISTRIBUCIÓN DE LOS ELEMENTOS

EN LA CORTEZA TERRESTRE Y EN SISTEMAS VIVOS 340

Resumen 341

Palabras clave 342

Ejercicios 342

CAPÍTULO 9 ENLACE QUÍMICO I: CONCEPTOS BÁSICOS 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
• La energía reticular y las fórmulas de los compuestos iónicos 356

LA QUÍMICA EN ACCIÓN: EL CLORURO DE SODIO: UN COMPUESTO IÓNICO

COMÚN E IMPORTANTE 357

9.4 El enlace covalente 358

Comparación entre las propiedades de los compuestos covalentes e 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 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 energías de enlace en termoquímica 376

Resumen 379

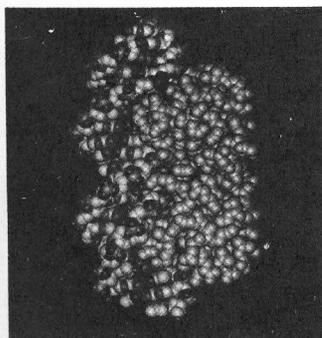
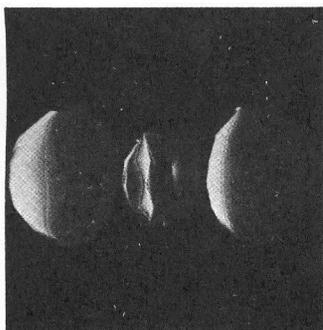
Ejemplo de Química aplicada: el dicloruro de etileno 380

Palabras clave 382

Ejercicios 383

CAPÍTULO 10 ENLACE QUÍMICO II: GEOMETRÍA MOLECULAR Y ORBITALES MOLECULARES 389

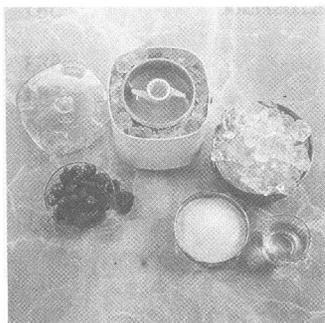
10.1 Geometría molecular 390



	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
	CAPÍTULO 11 LAS FUERZAS INTERMOLECULARES Y LOS LÍQUIDOS Y SÓLIDOS	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



LA QUÍMICA EN ACCIÓN: FIBRAS ÓPTICAS	471
11.8 Cambios de fase	472
Equilibrio líquido-vapor 472 • Calor de evaporación y punto de ebullición 474	
LA QUÍMICA EN ACCIÓN: EXTRACCIÓN CON UN FLUIDO SUPERCRÍTICO	478
Equilibrio sólido-líquido 480 • Equilibrio sólido-vapor 482	
LA QUÍMICA EN ACCIÓN: CAFÉ LIOFILIZADO Y SIEMBRA DE NUBES	484
11.9 Diagramas de fase	484
Agua 485 • Dióxido de carbono 485	
LA QUÍMICA EN ACCIÓN: COCIMIENTO DE UN HUEVO EN LA CIMA DE UNA MONTAÑA, OLLAS DE PRESIÓN Y PATINAJE SOBRE HIELO	486
Resumen	487
Ejemplo de Química aplicada: el silicio	488
Palabras clave	490
Ejercicios	491
CAPÍTULO 12 PROPIEDADES FÍSICAS DE LAS DISOLUCIONES	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
LA QUÍMICA EN ACCIÓN: LA BOTELLA DE REFRESCO, LOS "CALAMBRES" Y LA SOLUBILIDAD DE LOS GASES	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
LA QUÍMICA EN ACCIÓN: DESALACIÓN	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

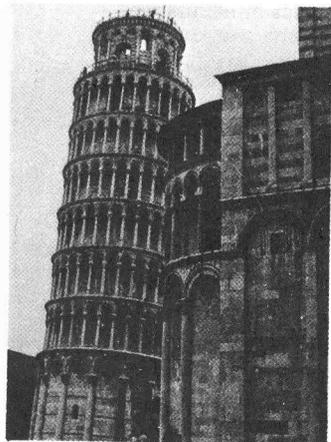
CAPÍTULO 14 EQUILIBRIO QUÍMICO ✓ 593

- 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

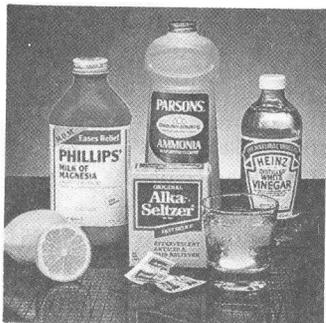
LA QUÍMICA EN ACCIÓN: EL PROCESO HABER 622

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 Par conjugado ácido-base 636 • El protón hidratado 637	636
15.2 La autoionización del agua y la escala de pH El producto iónico del agua 638 • El pH, una medida de la acidez 639	638
15.3 Fuerza de ácidos y bases El efecto nivelador 645	642
15.4 La estructura molecular y la fuerza de los ácidos Ácidos binarios 646 • Ácidos ternarios 647	646
15.5 Algunas reacciones ácido-base típicas 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	649
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

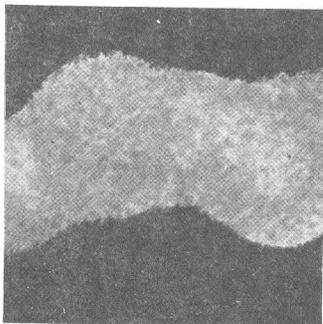
Resumen	660
Ejemplo de Química aplicada: el ácido clorhídrico	661
Palabras clave	662
Ejercicios	662

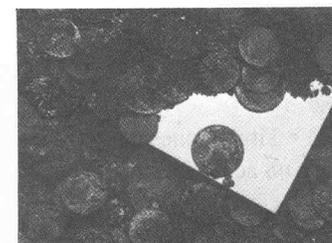
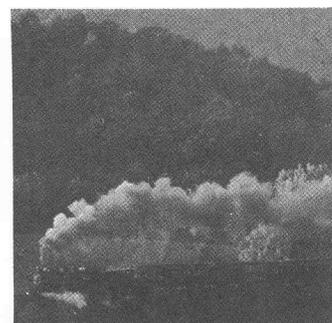
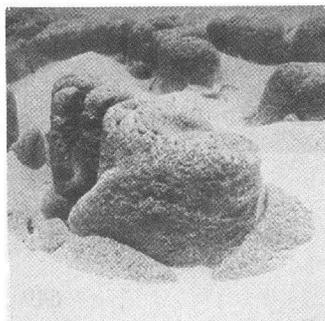
CAPÍTULO 16 EQUILIBRIOS ÁCIDO-BASE ✓ 667

16.1 Ácidos débiles y constantes de ionización ácida ¿Cuándo se puede ignorar la ionización del agua? 672 • Porcentaje de ionización 673	668
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 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	683
16.6 El efecto del ion común	689
16.7 Disoluciones amortiguadoras Diagramas de distribución 696 • Preparación de una disolución amortiguadora con un pH específico 697	692

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

16.8 Una visión más detallada de las titulaciones ácido-base 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	700
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 CARIES 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	

LA QUÍMICA EN ACCIÓN: MOLESTIAS CAUSADAS POR LAS OBTURACIONES DENTALES	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

LA QUÍMICA EN ACCIÓN: RECICLADO DEL ALUMINIO	844
---	------------

20.8	Estaño y plomo	845
	Estaño 845 • Plomo 846	

LA QUÍMICA EN ACCIÓN: LA TOXICIDAD DEL PLOMO	847
---	------------

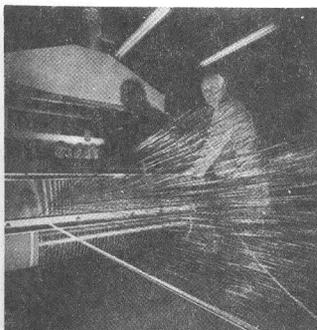
20.9	Zinc, cadmio y mercurio	848
	Zinc y cadmio 849 • Mercurio 851	

LA QUÍMICA EN ACCIÓN: MÁS LOCO QUE UN SOMBRERERO	852
---	------------

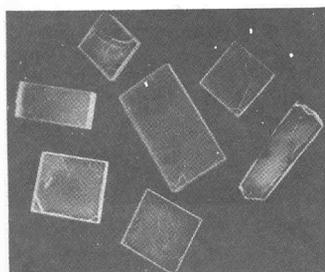
Resumen	854
Palabras clave	855
Ejercicios	855

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

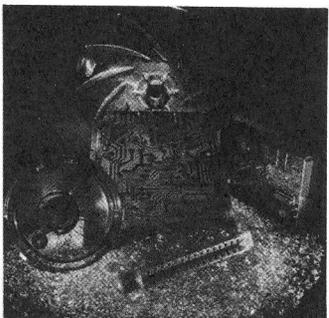
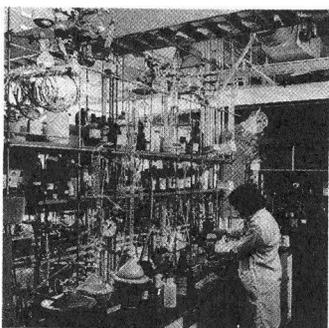
24.1 Hidrocarburos	994
Alcanos 994 • Alquenos 1001 • Alquinos 1003 • Hidrocarburos aromáticos 1004	
24.2 Grupos funcionales	1007
Alcoholes 1007 • Éteres 1009 • Aldehídos y cetonas 1009 • Ácidos carboxílicos 1010 • Ésteres 1011 • Aminas 1012 • Resumen de los grupos funcionales 1012	

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
	CAPÍTULO 26 QUÍMICA INDUSTRIAL	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
	APÉNDICE 1 LOS ELEMENTOS Y LA DERIVACIÓN DE SUS NOMBRES Y SÍMBOLOS	A1
	APÉNDICE 2 UNIDADES DE LA CONSTANTE DE LOS GASES	A6
	APÉNDICE 3 DATOS TERMODINÁMICOS SELECTOS A UN ATM Y 25°C	A7
	APÉNDICE 4 OPERACIONES MATEMÁTICAS	A13
	GLOSARIO	A15
	RESPUESTAS A LOS PROBLEMAS NUMÉRICOS PARES	A25
	ÍNDICE	I1
	CRÉDITOS FOTOGRÁFICOS	I15

