

## Derivación de los nombres de los elementos\*

Elemento	Símbolo	Número atómico	Masa atómica**	Fecha de descubrimiento	Descubridor y nacionalidad***	Derivación
Actinio	Ac	89	(227)	1899	A. Debierne (Fr.)	Del gr., <i>aktis</i> , haz o rayo
Aluminio	Al	13	26.98	1827	F. Woehler (Al.)	Alumbre, el compuesto de aluminio en el cual fue descubierto; se deriva de la locución l., <i>alumen</i> , gusto astringente
Americio	Am	95	(243)	1944	A. Ghiorso (EUA) R. A. James (EUA) G. T. Seaborg (EUA) S. G. Thompson (EUA)	De América
Antimonio	Sb	51	121.8	Antigüedad		Del l., <i>antimonio</i> ( <i>anti</i> , opuesto a; <i>monium</i> , de condición aislada), así llamado debido a que es una sustancia tangible (metálica) la cual se combina con facilidad; el símbolo proviene del l., <i>stibium</i> , marca
Argón	Ar	18	39.95	1894	Lord Raleigh (GB) Sir William Ramsay (GB)	Del gr., <i>argos</i> , inactivo
Arsénico	As	33	74.92	1250	Albèrtus Magnus (Al.)	Del gr., <i>arsenikon</i> , pigmento amarillo; del l., <i>arsenicum</i> , oropimento; los griegos usaban el trisulfuro de arsénico como pigmento
Astatino	At	85	(210)	1940	D. R. Corson (EUA) K. R. MacKenzie (EUA) E. Segre (EUA)	Del gr., <i>astatos</i> , inestable
Azufre	S	16	32.07	Antigüedad		Del l., <i>sulphurium</i> (del sánscrito, <i>sulvere</i> )
Bario	Ba	56	137.3	1808	Sir Humphry Davy (GB)	barita, palo pesado derivado del Gr <i>barys</i> , pesado
Berilio	Be	4	9.012	1828	F. Woehler (Al.) A. A. Bussy (Fr.)	Del fr. y l., <i>beryl</i> , dulce
Berkelio	Bk	97	(247)	1950	G. T. Seaborg (EUA) S. G. Thompson (EUA) A. Ghiorso (EUA)	Berkeley, Calif.

Fuente: Reimpreso con autorización de "The Elements and Derivation of Their Names and Symbols", G. P. Dinga, *Chemistry* 41 (2), 20-22 (1968). Derechos reservados por American Chemical Society.

\* En la época en que esta tabla se redactó, sólo se conocían 103 elementos.

\*\* Las masas atómicas mencionadas aquí corresponden a los valores de 1961 de la Commission on Atomic Weights.

Las masas entre paréntesis son de los isótopos más estables o los más comunes.

Las abreviaturas son: (Ar.) árabe; (Au.) austriaco; (Hol.) holandés; (Fr.) francés; (Al.) alemán; (GB) británico; (Gr.) griego; (H.) húngaro; (I.) italiano; (L) latín; (P) polaco; (R.) ruso; (Esp.) español; (Sue.) sueco; (EUA) estadounidense.

(continúa)

Elemento	Símbolo	Número atómico	Masa atómica**	Fecha de descubrimiento	Descubridor y nacionalidad***	Derivación
Bismuto	Bi	83	209.0	1753	Claude Geoffroy (Fr.)	Del al., <i>bismuth</i> , probablemente una distorsión de <i>weisse masse</i> (masa blanca) en la cual se encontró
Boro	B	5	10.81	1808	Sir Humphry Davy (GB) J. L. Gay-Lussac (Fr.) L. J. Thenard (Fr.)	El compuesto bórax, derivado del ár., <i>buraq</i> , blanco.
Bromo	Br	35	79.90	1826	A. J. Balard (Fr.)	Del gr., <i>bromos</i> , hedor
Cadmio	Cd	48	112.4	1817	Fr. Stromeyer (Al.)	Del gr., <i>kadmia</i> , tierra; del l., <i>cadmia</i> , calamina (porque se encontró junto a la calamina)
Calcio	Ca	20	40.08	1808	Sir Humphry Davy (GB)	Del l., <i>calx</i> , cal
Californio	Cf	98	(249)	1950	G. T. Seaborg (EUA) S. G. Thompson (EUA) A. Ghiorso (EUA) K. Street, Jr. (EUA)	California
Carbono	C	6	12.01	Antigüedad		Del l., <i>carbo</i> , carbón
Cerio	Ce	58	140.1	1803	J. J. Berzelius (Sue.) William Hisinger (Sue.) M. H. Klaproth (Al.)	Del asteroide Ceres
Cesio	Cs	55	132.9	1860	R. Bunsen (Al.) G. R. Kirchhoff (Al.)	Del l., <i>caesium</i> , azul (el cesio se descubrió gracias a sus líneas espectrales, las cuales son azules)
Cloro	Cl	17	35.45	1774	K. W. Scheele (Sue.)	Del gr., <i>chloros</i> , verde claro
Cobalto	Co	27	58.93	1735	G. Brandt (Al.)	Del al., <i>Kobold</i> , duende (como la mena producía cobalto en lugar del metal esperado, cobre, esto se atribuyó a los duendes)
Cobre	Cu	29	63.55	Antigüedad		Del l., <i>cuprum</i> , cobre, derivado de <i>cyprium</i> , Isla de Chipre, la principal fuente de cobre en la antigüedad
Criptón	Kr	36	83.80	1898	Sir William Ramsey (GB) M.W. Travers (GB)	Del gr., <i>kryptos</i> , escondido
Cromo	Cr	24	52.00	1797	L. N. Vauquelin (Fr.)	Del gr., <i>chroma</i> , color (porque se utilizó en la pigmentación)
Curio	Cm	96	(247)	1944	G. T. Seaborg (EUA) R. A. James (EUA) A. Ghiorso (EUA)	Marie y Pierre Curie
Disprosio	Dy	66	162.5	1886	Lecoq de Boisbaudran (Fr.)	Del gr., <i>dysprositos</i> , difícil de obtener
Einsteinio	Es	99	(254)	1952	A. Ghiorso (EUA)	Albert Einstein
Erbio	Er	68	167.3	1843	C. G. Mosander (Sue.)	Ytterby, Suecia, donde se descubrieron muchas tierras raras.
Escandio	Sc	21	44.96	1879	L.F. Nilson (Sue.)	Escandinavia
Estaño	Sn	50	118.7	1896	Antigüedad	Símbolo, del l., <i>stannum</i> , estaño

(continúa)

Elemento	Símbolo	Número atómico	Masa atómica**	Fecha de descubrimiento	Descubridor y nacionalidad***	Derivación
Estroncio	Sr	38	87.62	1808	Sir Humphrey Daby (GB)	Strontian, Escocia, derivado del mineral estroncionita
Europio	Eu	63	152.0	1896	E. Demarcay (Fr.)	Europa
Fermio	Fm	100	(253)	1953	A. Ghiorso (EUA)	Enrico Fermi
Flúor	F	9	19.00	1886	H. Moissan (Fr.)	Fluorita mineral, del l., <i>fluere</i> , flujo (porque la flourita se utilizaba como un fundente)
Fósforo	P	15	30.97	1669	H. Brandt (Al.)	Del gr., <i>phosphoros</i> , que lleva un peso ligero
Francio	Fr	87	(223)	1939	Marguerite Perey (Fr.)	Francia
Gadolinio	Gd	64	157.3	1880	J. C. Marignac (Fr.)	Johan Gadolin, químico finlandés que estudió las tierras raras
Galio	Ga	31	69.72	1875	Lecoq de Boisbaudran (Fr.)	Del l., <i>Gallia</i> , Francia
Germanio	Ge	32	72.59	1886	Clemens Winkler (Al.)	Del l., <i>Germania</i> , Alemania
Hafnio	Hf	72	178.5	1923	D. Coster (Au.) G. von Hevesey (H.)	Del l., <i>Hafnia</i> , Copenhague
Helio	He	2	4.003	1868	P. Janssen (espectr) (Fr.) Sir William Ramsay (aslam) (GB)	Del gr., <i>helios</i> , sol (porque se descubrió en el espectro del Sol)
Hidrógeno	H	1	1.008	1766	Sir Henry Cavendish (GB)	Del gr., <i>hydro</i> , agua; <i>genes</i> , formación (debido a que produce agua cuando entra en combustión con el oxígeno)
Hierro	Fe	26	55.85	1879	Antigüedad	Del l., <i>ferrum</i> , hierro
Holmio	Ho	67	164.9	1879	P. T. Cleve (Sue.)	Del l., <i>Holmia</i> , Estocolmo
Indio	In	49	114.8	1863	F. Reich (Al.) T. Richter (Ge.)	Índigo, por sus líneas de color azul índigo en el espectro
Iridio	Ir	77	192.2	1803	S. Tennant (GB)	Del l., <i>iris</i> , arcoiris
Iterbio	Yb	70	173.0	1907	G. Urbain (Fr.)	Ytterby, suecia
Itrio	Y	39	88.91	1843	C.G. Mosander (Sue.)	Ytterby, Suecia
Lantano	La	57	138.9	1839	C. G. Mosander (Sue.)	Del gr., <i>lanthanein</i> , oculto
Laurencio	Lr	103	(257)	1961	A. Ghiorso (EUA) T. Sikkeland (EUA) A. E. Larsh (EUA) R. M. Latimer (EUA)	E. O. Lawrence (EUA), inventor del ciclotrón
Litio	Li	3	6.941	1817	A. Arfvedson (Sue.)	Del gr., <i>lithos</i> , piedra (debido a que se presenta en las rocas)
Lutecio	Lu	71	175.0	1907	G. Urbain (Fr.) C. A. von Welsbach (Au.)	<i>Lutetia</i> , nombre antiguo de París
Magnesio	Mg	12	24.31	1808	Sir Humphry Davy (GB)	<i>Magnesia</i> , un distrito en Thessaly, posiblemente derivado del l., <i>magnesia</i>
Manganeso	Mn	25	54.94	1774	J. G. Gahn (Sue.)	Del l., <i>magnes</i> , imán

(continúa)

Elemento	Símbolo	Número atómico	Masa atómica**	Fecha de descubrimiento	Descubridor y nacionalidad***	Derivación
Mendelevio	Md	101	(256)	1955	A. Ghiorso (EUA) G. R. Choppin (EUA) G. T. Seaborg (EUA) B. G. Harvey (EUA) S. G. Thompson (EUA)	Mendeleev, químico ruso que preparó la tabla periódica y predijo las propiedades de los elementos que no se habían descubierto en ese entonces.
Mercurio	Hg	80	200.6	Antigüedad		Símbolo, del l., <i>hydrargyrum</i> , plata líquida
Molibdeno	Mo	42	95.94	1778	G. W. Scheele (Sue.)	Del gr., <i>molybdos</i> , plomo
Neodimio	Nd	60	144.2	1885	C. A. von Welsbach (Au.)	Del gr., <i>neos</i> , nuevo; <i>didymos</i> , gemelo
Neón	Ne	10	20.18	1898	Sir William Ramsay (GB) M. W. Travers (GB)	Del gr., <i>neos</i> , nuevo
Neptunio	Np	93	(237)	1940	E. M. McMillan (EUA) P. H. Abelson (EUA)	Planeta Neptuno
Niobio	Nb	41	92.91	1801	Charles Hatchett (GB)	Del gr., <i>Niobe</i> , hija de Tantalus (el niobio fue considerado idéntico al tántalo, llamado así por <i>Tantalus</i> , hasta 1884)
Níquel	Ni	28	58.69	1751	A. F. Cronstedt (Sue.)	Del sue., <i>kopparnickel</i> , cobre falso; también del al., <i>nickel</i> , que se refiere al diablo que impidió que el cobre se extrajera de las minas de níquel
Nitrógeno	N	7	14.01	1772	Daniel Rutherford (GB)	Del fr., <i>nitrogene</i> , derivado del l., <i>nitrum</i> , sosa nativa, o del gr., <i>nitron</i> , sosa nativa, y del gr., <i>genes</i> , formación
Nobelio	No	102	(253)	1958	A. Ghiorso (EUA) T. Sikkeland (EUA) J. R. Walton (EUA) G. T. Seaborg (EUA)	Alfred Nobel
Oro	Au	79	197.0	Antigüedad		Del l., <i>aurum</i> , aurora brillante
Osmio	Os	76	190.2	1803	S. Tennant (GB)	Del gr., <i>osme</i> , olor
Oxígeno	O	8	16.00	1774	Joseph Priestley (GB) C. W. Scheele (Sue.)	Del fr., <i>oxygene</i> , generador de ácido derivado del Gr., <i>oxys</i> , ácido y del l., <i>genes</i> , formación (debido a que una vez se consideró como una parte de todos los ácidos)
Paladio	Pd	46	106.4	1803	W. H. Wollaston (GB)	Asteroide Palas
Plata	Ag		47	107.9	Antigüedad	Símbolo, del l., <i>argentum</i> , plata
Platino	Pt	78	195.1	1735 1741	A. de Ulloa (Esp.) Charles Wood (GB)	Del esp., <i>platina</i> , plata
Plomo	Pb	82	207.2	Antigüedad		Símbolo, del l., <i>plumbum</i> , plomo, que significa pesado

(continúa)

Elemento	Símbolo	Número atómico	Masa atómica**	Fecha de descubrimiento	Descubridor y nacionalidad***	Derivación
Plutonio	Pu	94	(242)	1940	G. T. Seaborg (EUA) E. M. McMillan (EUA) J. W. Kennedy (EUA) A. C. Wahl (EUA)	Planeta Plutón
Polonio	Po	84	(210)	1898	Marie Curie (P.)	Polonia
Potasio	K	19	39.10	1807	Sir Humphry Davy (GB)	Símbolo, del l., <i>kalium</i> , potasa
Praseodimio	Pr	59	140.9	1885	C. A. von Welsbach (Au.)	Del gr., <i>prasios</i> , verde; <i>didymos</i> , gemelo
Prometio	Pm	61	(147)	1945	J. A. Marinsky (EUA) L. E. Glendenin (EUA) C. D. Coryell (EUA)	De la mitología gr., <i>Prometheus</i> , el titán griego que robó el fuego del cielo
Protactinio	Pa	91	(231)	1917	O. Hahn (Al.) L. Meitner (Au.)	Del gr., <i>protos</i> , primero; <i>actinium</i> (porque se desintegra en actinio)
Radio	Ra	88	(226)	1898	Pierre and Marie Curie (Fr., P.)	Del l., <i>radius</i> , rayo
Radón	Rn	86	(222)	1900	F. E. Dorn (Al.)	Derivado del radio
Renio	Re	75	186.2	1925	W. Noddack (Al.) I. Tacke (Al.) Otto Berg (Al.)	Del l., <i>Rhenus</i> , Rin
Rodio	Rh	45	102.9	1804	W. H. Wollaston (GB)	Del gr., <i>rhodon</i> , rosa (porque algunas de sus sales son de color rosado)
Rubidio	Rb	37	85.47	1861	R. W. Bunsen (Al.) G. Kirchhoff (Al.)	Del l., <i>rubidius</i> , rojo oscuro (descubierto con el espectroscopio, su espectro muestra líneas rojas)
Rutenio	Ru	44	101.1	1844	K. K. Klaus (R.)	Del l., <i>Ruthenia</i> , Rusia
Samario	Sm	62	150.4	1879	Lecoq de Boisbaudran (Fr.)	De Samarskite, de Samarski, ingeniero ruso
Selenio	Se	34	78.96	1817	J. J. Berzelius (Sue.)	Del gr., <i>selenes</i> , Luna (debido a que se parece al telurio, nombrado así por la Tierra)
Silicio	Si	14	28.09	1824	J. J. Berzelius (Sue.)	Del l., <i>silex</i> , <i>silicis</i> , pedernal
Sodio	Na	11	22.99	1807	Sir Humphry Davy (GB)	Del l., <i>sodanum</i> , remedio para el dolor de cabeza, símbolo, del l. <i>natrium</i> , carbonato de sodio
Talio	Tl	81	204.4	1861	Sir William Crookes (GB)	Del gr., <i>thallos</i> , una rama germinando (porque su espectro muestra una brillante línea verde)
Tántalo	Ta	73	180.9	1802	A. G. Ekeberg (Sue.)	De la mitología gr., <i>Tantalus</i> , por la dificultad para aislarlo

(continúa)

Elemento	Símbolo	Número atómico	Masa atómica**	Fecha de descubrimiento	Descubridor y nacionalidad***	Derivación
Tecnecio	Tc	43	(99)	1937	C. Perrier (I.)	Del gr., <i>Technetos</i> , artificial (porque fue el primer elemento artificial)
Telurio	Te	52	127.6	1782	F. J. Müller (Au.)	Del l., <i>tellus</i> , Tierra
Terbio	Tb	65	158.9	1843	C. G. Mosander (Sue.)	Ytterby, Suecia
Titanio	Ti	22	47.88	1791	W. Gregor (GB)	Del gr., gigantes, los titanes, y del l., <i>titans</i> , deidades gigantes
Torio	Th	90	232.0	1828	J. J. Berzelius (Sue.)	Torita mineral, derivada de <i>Thor</i> , dios noruego de la guerra
Tulio	Tm	69	168.9	1879	P. T. Cleve (Sue.)	<i>Thule</i> , nombre antiguo de Escandinavia
Tungsteno	W	74	183.9	1783	J. J. y F. de Elhuyar (Esp.)	Suecia, <i>tung sten</i> , piedra pesada; símbolo, wolframita, un mineral
Uranio	U	92	238.0	1789 1841	M. H. Klaproth (Al.) E. M. Peligot (Fr.)	Planeta Urano
Vanadio	V	23	50.94	1801 1830	A. M. del Río (Esp.) N. G. Sefstrom (Sue.)	<i>Vanadis</i> , diosa noruega del amor y la belleza
Xenón	Xe	54	131.3	1898	Sir William Ramsay (GB) M. W. Travers (GB)	Del gr., <i>xenos</i> , extraño
Yodo	I	53	126.9	1811	B. Courtois (Fr.)	Del gr., <i>iodes</i> , violeta
Zinc	Zn	30	65.39	1746	A. S. Marggraf (Al.)	Del gr., <i>zink</i> , de origen oscuro
Zirconio	Zr	40	91.22	1789	M. H. Klaproth (Al.)	Circón, en el cual se encontró, derivó del ár., <i>zargum</i> , color dorado

Apéndice 2

Unidades para la constante de los gases

En este apéndice se verá cómo la constante de los gases *R* puede expresarse en unidades J/K · mol. El primer paso es derivar una relación entre atm y pascal. Se comienza con

$$\begin{aligned} \text{presión} &= \frac{\text{fuerza}}{\text{área}} \\ &= \frac{\text{masa} \times \text{aceleración}}{\text{área}} \\ &= \frac{\text{volumen} \times \text{densidad} \times \text{aceleración}}{\text{área}} \\ &= \text{longitud} \times \text{densidad} \times \text{aceleración} \end{aligned}$$

Por definición, la atmósfera estándar es la presión que una columna de mercurio de exactamente 76 cm de altura, de densidad 13.5951 g/cm³, ejerce en un lugar donde la aceleración debida a la gravedad es de 980.665 cm/s². No obstante, para expresar la presión en N/m² es necesario escribir

$$\begin{aligned} \text{densidad de mercurio} &= 1.35951 \times 10^4 \text{ kg/m}^3 \\ \text{aceleración debida a la gravedad} &= 9.80665 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

La atmósfera estándar está dada por

$$\begin{aligned} 1 \text{ atm} &= (0.76 \text{ m Hg})(1.35951 \times 10^4 \text{ kg/m}^3)(9.80665 \text{ m/s}^2) \\ &= 101,325 \text{ kg m/m}^2 \cdot \text{s}^2 \\ &= 101,325 \text{ N/m}^2 \\ &= 101,325 \text{ Pa} \end{aligned}$$

De la sección 5.4 se ve que la constante de los gases *R* está dada por 0.082057 L · atm/K · mol. Mediante los factores de conversión se tiene

$$\begin{aligned} 1 \text{ L} &= 1 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \\ 1 \text{ atm} &= 101\,325 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

se escribe

$$\begin{aligned} R &= \left(0.082057 \frac{\text{L atm}}{\text{K mol}}\right) \left(\frac{1 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{1 \text{ L}}\right) \left(\frac{101\,325 \text{ N/m}^2}{1 \text{ atm}}\right) \\ &= 8.314 \frac{\text{N m}}{\text{K mol}} \\ &= 8.314 \frac{\text{J}}{\text{K mol}} \\ 1 \text{ L} \cdot \text{atm} &= (1 \times 10^{-3} \text{ m}^3)(101\,325 \text{ N/m}^2) \\ &= 101.3 \text{ N m} \\ &= 101.3 \text{ J} \end{aligned}$$

y

Datos termodinámicos a 1 atm y 25°C\*

Sustancias inorgánicas			
Sustancia	$\Delta H_f^\circ$ (kJ/mol)	$\Delta G_f^\circ$ (kJ/mol)	$S^\circ$ (J/K · mol)
Ag(s)	0	0	42.7
Ag <sup>+</sup> (ac)	105.9	77.1	73.9
AgCl(s)	-127.0	-109.7	96.1
AgBr(s)	-99.5	-95.9	107.1
AgI(s)	-62.4	-66.3	114.2
AgNO <sub>3</sub> (s)	-123.1	-32.2	140.9
Al(s)	0	0	28.3
Al <sup>3+</sup> (ac)	-524.7	-481.2	-313.38
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (s)	-1 669.8	-1 576.4	50.99
As(s)	0	0	35.15
AsO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (ac)	-870.3	-635.97	-144.77
AsH <sub>3</sub> (g)	171.5		
H <sub>3</sub> AsO <sub>4</sub> (s)	-900.4		
Au(s)	0	0	47.7
Au <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (s)	80.8	163.2	125.5
AuCl(s)	-35.2		
AuCl <sub>3</sub> (s)	-118.4		
B(s)	0	0	6.5
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (s)	-1 263.6	-1 184.1	54.0
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> (s)	-1 087.9	-963.16	89.58
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> (ac)	-1 067.8	-963.3	159.8
Ba(s)	0	0	66.9
Ba <sup>2+</sup> (ac)	-538.4	-560.66	12.55
BaO(s)	-558.2	-528.4	70.3
BaCl <sub>2</sub> (s)	-860.1	-810.66	125.5
BaSO <sub>4</sub> (s)	-1 464.4	-1 353.1	132.2
BaCO <sub>3</sub> (s)	-1 218.8	-1 138.9	112.1
Be(s)	0	0	9.5
BeO(s)	-610.9	-581.58	14.1
Br <sub>2</sub> (l)	0	0	152.3
Br <sup>-</sup> (ac)	-120.9	-102.8	80.7
HBr(g)	-36.2	-53.2	198.48
C(grafito)	0	0	5.69
C(diamante)	1.90	2.87	2.4
CO(g)	-110.5	-137.3	197.9
CO <sub>2</sub> (g)	-393.5	-394.4	213.6
CO <sub>2</sub> (ac)	-412.9	-386.2	121.3
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (ac)	-676.3	-528.1	-53.1

Sustancia	$\Delta H_f^\circ$ (kJ/mol)	$\Delta G_f^\circ$ (kJ/mol)	$S^\circ$ (J/K · mol)
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (ac)	-691.1	-587.1	94.98
H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (ac)	-699.7	-623.2	187.4
CS <sub>2</sub> (g)	115.3	65.1	237.8
CS <sub>2</sub> (l)	87.3	63.6	151.0
HCN(ac)	105.4	112.1	128.9
CN <sup>-</sup> (ac)	151.0	165.69	117.99
(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CO(s)	-333.19	-197.15	104.6
(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CO(ac)	-319.2	-203.84	173.85
Ca(s)	0	0	41.6
Ca <sup>2+</sup> (ac)	-542.96	-553.0	-55.2
CaO(s)	-635.6	-604.2	39.8
Ca(OH) <sub>2</sub> (s)	-986.6	-896.8	83.4
CaF <sub>2</sub> (s)	-1 214.6	-1 161.9	68.87
CaCl <sub>2</sub> (s)	-794.96	-750.19	113.8
CaSO <sub>4</sub> (s)	-1 432.69	-1 320.3	106.69
CaCO <sub>3</sub> (s)	-1 206.9	-1 128.8	92.9
Cd(s)	0	0	51.46
Cd <sup>2+</sup> (ac)	-72.38	-77.7	-61.09
CdO(s)	-254.6	-225.06	54.8
CdCl <sub>2</sub> (s)	-389.1	-342.59	118.4
CdSO <sub>4</sub> (s)	-926.17	-820.2	137.2
Cl <sub>2</sub> (g)	0	0	223.0
Cl <sup>-</sup> (ac)	-167.2	-131.2	56.5
HCl(g)	-92.3	-95.27	187.0
Co(s)	0	0	28.45
Co <sup>2+</sup> (ac)	-67.36	-51.46	155.2
CoO(s)	-239.3	-213.38	43.9
Cr(s)	0	0	23.77
Cr <sup>2+</sup> (ac)	-138.9		
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (s)	-1 128.4	-1 046.8	81.17
CrO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (ac)	-863.16	-706.26	38.49
Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> <sup>2-</sup> (ac)	-1 460.6	-1 257.29	213.8
Cs(s)	0	0	82.8
Cs <sup>+</sup> (ac)	-247.69	-282.0	133.05
Cu(s)	0	0	33.3
Cu <sup>+</sup> (ac)	51.88	50.2	-26.4
Cu <sup>2+</sup> (ac)	64.39	64.98	-99.6
CuO(s)	-155.2	-127.2	43.5
Cu <sub>2</sub> O(s)	-166.69	-146.36	100.8
CuCl(s)	-134.7	-118.8	91.6
CuCl <sub>2</sub> (s)	-205.85	?	?
CuS(s)	-48.5	-49.0	66.5
CuSO <sub>4</sub> (s)	-769.86	-661.9	113.39
F <sub>2</sub> (g)	0	0	203.34
F <sup>-</sup> (ac)	-329.1	-276.48	-9.6
HF(g)	-271.6	-270.7	173.5
Fe(s)	0	0	27.2
Fe <sup>2+</sup> (ac)	-87.86	-84.9	-113.39

(continúa)

\* Las cantidades termodinámicas de los iones están basadas en los estados de referencia:  
 $\Delta H_f^\circ[\text{H}^+(\text{ac})] = 0$ ,  $\Delta G_f^\circ[\text{H}^+(\text{ac})] = 0$ , y  $S^\circ[\text{H}^+(\text{ac})] = 0$ .

Sustancia	$\Delta H_f^\circ$ (kJ/mol)	$\Delta G_f^\circ$ (kJ/mol)	$S^\circ$ (J/K · mol)
Fe <sup>3+</sup> (ac)	-47.7	-10.5	-293.3
FeO(s)	-272.0	-255.2	60.8
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (s)	-822.2	-741.0	90.0
Fe(OH) <sub>2</sub> (s)	-568.19	-483.55	79.5
Fe(OH) <sub>3</sub> (s)	-824.25	?	?
H(g)	218.2	203.2	114.6
H <sub>2</sub> (g)	0	0	131.0
H <sup>+</sup> (ac)	0	0	0
OH <sup>-</sup> (ac)	-229.94	-157.30	-10.5
H <sub>2</sub> O(g)	-241.8	-228.6	188.7
H <sub>2</sub> O(l)	-285.8	-237.2	69.9
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (l)	-187.6	-118.1	?
Hg(l)	0	0	77.4
Hg <sup>2+</sup> (ac)		-164.38	
HgO(s)		-58.5	72.0
HgCl <sub>2</sub> (s)	-90.7		
Hg <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> (s)	-230.1		
HgS(s)	-264.9	-210.66	196.2
HgSO <sub>4</sub> (s)	-58.16	-48.8	77.8
Hg <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (s)	-704.17		
I <sub>2</sub> (s)	-741.99	-623.92	200.75
I <sub>2</sub> (s)	0	0	116.7
I <sup>-</sup> (ac)	-55.9	-51.67	109.37
HI(g)	25.9	1.30	206.3
K(s)	0	0	63.6
K <sup>+</sup> (ac)	-251.2	-282.28	102.5
KOH(s)	-425.85		
KCl(s)	-435.87	-408.3	82.68
KClO <sub>3</sub> (s)	-391.20	-289.9	142.97
KClO <sub>4</sub> (s)	-433.46	-304.18	151.0
KBr(s)	-392.17	-379.2	96.4
KI(s)	-327.65	-322.29	104.35
KNO <sub>3</sub> (s)	-492.7	-393.1	132.9
Li(s)	-42.7	0	28.0
Li <sup>+</sup> (ac)	-278.46	-293.8	14.2
Li <sub>2</sub> O(s)	-595.8	?	?
LiOH(s)	-487.2	-443.9	50.2
Mg(s)	0	0	32.5
Mg <sup>2+</sup> (ac)	-461.96	-456.0	-117.99
MgO(s)	-601.8	-569.6	26.78
Mg(OH) <sub>2</sub> (s)	-924.66	-833.75	63.1
MgCl <sub>2</sub> (s)	-641.8	-592.3	89.5
MgSO <sub>4</sub> (s)	-1 278.2	-1 173.6	91.6
MgCO <sub>3</sub> (s)	-1 112.9	-1 029.3	65.69
Mn(s)	0	0	31.76
Mn <sup>2+</sup> (ac)	-218.8	-223.4	-83.68
MnO <sub>2</sub> (s)	-520.9	-466.1	53.1
N <sub>2</sub> (g)	0	0	191.5
N <sub>3</sub> <sup>-</sup> (ac)	245.18	?	?

(continúa)

Sustancia	$\Delta H_f^\circ$ (kJ/mol)	$\Delta G_f^\circ$ (kJ/mol)	$S^\circ$ (J/K · mol)
NH <sub>3</sub> (g)	-46.3	-16.6	193.0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (ac)	-132.80	-79.5	112.8
NH <sub>4</sub> Cl(s)	-315.39	-203.89	94.56
NH <sub>3</sub> (ac)	-80.3	-26.5	111.3
N <sub>2</sub> H <sub>4</sub> (l)	50.4		
NO(g)	90.4	86.7	210.6
NO <sub>2</sub> (g)	33.85	51.8	240.46
N <sub>2</sub> O <sub>4</sub> (g)	9.66	98.29	304.3
N <sub>2</sub> O(g)	81.56	103.6	219.99
HNO <sub>2</sub> (ac)	-118.8	-53.6	
HNO <sub>3</sub> (l)	-173.2	-79.9	155.6
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (ac)	-206.57	-110.5	146.4
Na(s)	0	0	51.05
Na <sup>+</sup> (ac)	-239.66	-261.87	60.25
Na <sub>2</sub> O(s)	-415.9	-376.56	72.8
NaCl(s)	-411.0	-384.0	72.38
NaI(s)	-288.0		
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (s)	-1 384.49	-1 266.8	149.49
NaNO <sub>3</sub> (s)	-466.68	-365.89	116.3
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (s)	-1 130.9	-1 047.67	135.98
NaHCO <sub>3</sub> (s)	-947.68	-851.86	102.09
Ni(s)	0	0	30.1
Ni <sup>2+</sup> (ac)	-64.0	-46.4	-159.4
NiO(s)	-244.35	-216.3	38.58
Ni(OH) <sub>2</sub> (s)	-538.06	-453.1	79.5
O(g)	249.4	230.1	160.95
O <sub>2</sub> (g)	0	0	205.0
O <sub>3</sub> (ac)	-12.09	16.3	110.88
O <sub>3</sub> (g)	142.2	163.4	237.6
P(blanco)	0	0	44.0
P(rojo)	-18.4	13.8	29.3
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (ac)	-1 284.07	-1 025.59	-217.57
P <sub>4</sub> O <sub>10</sub> (s)	-3 012.48		
PH <sub>3</sub> (g)	9.25	18.2	210.0
HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (ac)	-1 298.7	-1 094.1	-35.98
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (ac)	-1 302.48	-1 135.1	89.1
Pb(s)	0	0	64.89
Pb <sup>2+</sup> (ac)	1.6	-24.3	21.3
PbO(s)	-217.86	-188.49	69.45
PbO <sub>2</sub> (s)	-276.65	-218.99	76.57
PbCl <sub>2</sub> (s)	-359.2	-313.97	136.4
PbS(s)	-94.3	-92.68	91.2
PbSO <sub>4</sub> (s)	-918.4	-811.2	147.28
Pt(s)	0	0	41.84
PtCl <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (ac)	-516.3	-384.5	175.7
Rb(s)	0	0	69.45
Rb <sup>+</sup> (ac)	-246.4	-282.2	124.27
S(rómbico)	0	0	31.88

(continúa)

Sustancia	$\Delta H_f^\circ$ (kJ/mol)	$\Delta G_f^\circ$ (kJ/mol)	$S^\circ$ (J/K · mol)
S(monoclínico)	0.30	0.10	32.55
SO <sub>2</sub> (g)	-296.4	-300.4	248.5
SO <sub>3</sub> (g)	-395.2	-370.4	256.2
SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (ac)	-624.25	-497.06	43.5
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (ac)	-907.5	-741.99	17.15
H <sub>2</sub> S(g)	-20.15	-33.0	205.64
HSO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (ac)	-627.98	-527.3	132.38
HSO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (ac)	-885.75	-752.87	126.86
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (l)	-811.3	?	?
SF <sub>6</sub> (g)	-1 096.2	?	?
Si(s)	0	0	18.70
SiO <sub>2</sub> (s)	-859.3	-805.0	41.84
Sr(s)	0	0	54.39
Sr <sup>2+</sup> (ac)	-545.5	-557.3	-39.33
SrCl <sub>2</sub> (s)	-828.4	-781.15	117.15
SrSO <sub>4</sub> (s)	-1 444.74	-1 334.28	121.75
SrCO <sub>3</sub> (s)	-1 218.38	-1 137.6	97.07
Zn(s)	0	0	41.6
Zn <sup>2+</sup> (ac)	-152.4	-147.2	-106.48
ZnO(s)	-348.0	-318.2	43.9
ZnCl <sub>2</sub> (s)	-415.89	-369.26	108.37
ZnS(s)	-202.9	-198.3	57.7
ZnSO <sub>4</sub> (s)	-978.6	-871.6	124.7

Sustancias orgánicas				
Sustancia	Fórmula	$\Delta H_f^\circ$ (kJ/mol)	$\Delta G_f^\circ$ (kJ/mol)	$S^\circ$ (J/K · mol)
Acetaldehído(g)	CH <sub>3</sub> CHO	-166.35	-139.08	264.2
Acetileno(g)	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	226.6	209.2	200.8
Acetona(l)	CH <sub>3</sub> COCH <sub>3</sub>	-246.8	-153.55	198.7
Ácido acético(l)	CH <sub>3</sub> COOH	-484.2	-389.45	159.8
Ácido fórmico(l)	HCOOH	-409.2	-346.0	129.0
Benceno(l)	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	49.04	124.5	172.8
Butano(g)	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	-124.7	-15.7	310.0
Etano(g)	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	-84.7	-32.89	229.5
Etanol(l)	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	-276.98	-174.18	161.0
Etileno(g)	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	52.3	68.1	219.5
Glucosa(s)	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	-1 274.5	-910.56	212.1
Metano(g)	CH <sub>4</sub>	-74.85	-50.8	186.2
Metanol(l)	CH <sub>3</sub> OH	-238.7	-166.3	126.8
Propano(g)	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	-103.9	-23.5	269.9
Sacarosa(s)	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub>	-2 221.7	-1 544.3	360.2

Operaciones matemáticas

Logaritmos

Logaritmos comunes

El concepto de logaritmos es una extensión del concepto de exponentes, el cual se analizó en el capítulo 1. El logaritmo *común*, o base-10 de cualquier número, es la potencia a la cual 10 debe elevarse para igualar el número. Los siguientes ejemplos ilustran esta relación:

Logaritmo	Exponente
log 1 = 0	10 <sup>0</sup> = 1
log 10 = 1	10 <sup>1</sup> = 10
log 100 = 2	10 <sup>2</sup> = 100
log 10 <sup>-1</sup> = -1	10 <sup>-1</sup> = 0.1
log 10 <sup>-2</sup> = -2	10 <sup>-2</sup> = 0.01

En cada caso, el logaritmo del número se puede obtener mediante análisis.

Debido a que los logaritmos de los números son exponentes, tienen las mismas propiedades que éstos. Así se tiene que

Logaritmo	Exponente
log AB = log A + log B	10 <sup>A</sup> × 10 <sup>B</sup> = 10 <sup>A+B</sup>
log $\frac{A}{B}$ = log A - log B	$\frac{10^A}{10^B}$ = 10 <sup>A-B</sup>

Además, log A<sup>n</sup> = n log A.

Ahora suponga que se desea encontrar el logaritmo común de 6.7 × 10<sup>-4</sup>. En la mayor parte de las calculadoras electrónicas, el número se ingresa primero y después se presiona la tecla log. Esta operación da el siguiente resultado

log 6.7 × 10<sup>-4</sup> = -3.17

Observe que hay tantos dígitos *después* del punto decimal como cifras significativas en el número original. El número original tiene dos cifras significativas y el “17” en -3.17 implica que el log tiene dos cifras significativas. El “3” en -3.17 sólo sirve para localizar el punto decimal en el número 6.7 × 10<sup>-4</sup>. Otros ejemplos son

Número	Logaritmo común
62	1.79
0.872	-0.0595
1.0 × 10 <sup>-7</sup>	-7.00

Algunas veces (como en el caso de los cálculos del pH) es necesario obtener el número cuyo logaritmo se conoce. Este procedimiento se conoce como sacar el antilogaritmo; esto simplemente es lo contrario de sacar el logaritmo de un número. Suponga que en determinado cálculo se tiene que pH = 1.46 y se pide que se calcule [H<sup>+</sup>]. Con base en la definición del pH (pH = -log [H<sup>+</sup>]) se puede escribir

[H<sup>+</sup>] = 10<sup>-1.46</sup>

Muchas calculadoras tienen una tecla log<sup>-1</sup> o INV log para obtener los antilogaritmos. Otras calculadoras tienen una tecla 10<sup>x</sup> o y<sup>x</sup> (donde x corresponde a -1.46 en este ejemplo y y es 10 para el logaritmo base-10). Por lo tanto, se tiene que [H<sup>+</sup>] = 0.035 M.



## Logaritmos naturales

Los logaritmos que se sacan en base  $e$  en lugar de en base 10 se conocen como logaritmos naturales (designados por  $\ln$  o  $\log_e$ );  $e$  es igual a 2.7183. La relación entre logaritmos comunes y logaritmos naturales es como sigue:

$$\begin{aligned}\log 10 &= 1 & 10^1 &= 10 \\ \ln 10 &= 2.303 & e^{2.303} &= 10\end{aligned}$$

Por lo tanto,

$$\ln x = 2.303 \log x$$

Por ejemplo, para encontrar el logaritmo natural de 2.27, primero se ingresa el número en la calculadora electrónica y después se presiona la tecla  $\ln$  para obtener

$$\ln 2.27 = 0.820$$

Si no se tiene la tecla  $\ln$ , se puede hacer lo siguiente:

$$\begin{aligned}2.303 \log 2.27 &= 2.303 \times 0.356 \\ &= 0.820\end{aligned}$$

Algunas veces se conoce el logaritmo natural y se pide que se encuentre el número que representa. Por ejemplo,

$$\ln x = 59.7$$

En muchas calculadoras, simplemente se ingresa el número y se presiona la tecla  $e$ :

$$e^{59.7} = 8 \times 10^{25}$$

## La ecuación cuadrática

La ecuación cuadrática tiene la siguiente forma

$$ax^2 + bx + c = 0$$

Si se conocen los coeficientes  $a$ ,  $b$  y  $c$ , entonces  $x$  estará dada por

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

Suponga que se tiene la siguiente ecuación cuadrática:

$$2x^2 + 5x - 12 = 0$$

Para encontrar el valor de  $x$ , se escribe

$$\begin{aligned}x &= \frac{-5 \pm \sqrt{(5)^2 - 4(2)(-12)}}{2(2)} \\ &= \frac{-5 \pm \sqrt{25 + 96}}{4}\end{aligned}$$

Por lo tanto,

$$x = \frac{-5 + 11}{4} = \frac{3}{2}$$

y

$$x = \frac{-5 - 11}{4} = -4$$

El número entre paréntesis corresponde a la sección en la que aparece el término por primera vez.

## A

**ácido.** Sustancia que libera iones hidrógeno ( $H^+$ ) cuando se disuelve en agua. (2.7)

**ácido de Brønsted.** Sustancia capaz de donar un protón. (4.3)

**ácido de Lewis.** Sustancia capaz de aceptar un par de electrones. (15.12)

**ácido desoxirribonucleico (ADN).** Un tipo de ácido nucleico. (25.4)

**ácido diprótico.** La ionización de cada unidad del ácido produce dos iones hidrógeno. (4.3)

**ácido fuerte.** Electrólitos fuertes que, se supone, se ionizan por completo en agua. (15.4)

**ácido monoprótico.** Cada unidad del ácido libera un ion hidrógeno por la ionización. (4.3)

**ácido ribonucleico (ARN).** Un tipo de ácido nucleico. (25.4)

**ácido triprótico.** Cada unidad del ácido produce tres protones cuando se ioniza. (4.3)

**ácidos carboxílicos.** Ácidos que contienen el grupo carboxilo  $-\text{COOH}$ . (24.4)

**ácidos débiles.** Ácidos con una baja ionización en agua. (15.4)

**ácidos nucleicos.** Polímeros de alta masa molar que tienen una función esencial en la síntesis de proteínas. (25.4)

**adhesión.** Atracción entre moléculas diferentes. (11.3)

**afinidad electrónica.** Cambio de energía que se produce cuando un átomo en estado gaseoso acepta un electrón para formar un anión. (8.5)

**agente oxidante.** Sustancia que puede aceptar electrones de otra sustancia o aumentar el número de oxidación de otra sustancia. (4.4)

**agente quelante.** Sustancia que forma iones complejos con los iones metálicos en disolución. (22.3)

**agente reductor.** Sustancia que puede donar electrones a otra sustancia o disminuir los números de oxidación de la misma. (4.4)

**aislante.** Sustancia incapaz de conducir la electricidad. (20.3)

**alcanos.** Hidrocarburos que tienen la fórmula general  $C_nH_{2n+2}$ , donde  $n = 1, 2, \dots$  (24.2)

**alcohol.** Compuesto orgánico que contiene el grupo hidroxilo  $-\text{OH}$ . (24.4)

**aldehídos.** Compuestos con el grupo funcional carbonilo y la fórmula general  $RCHO$ , donde  $R$  es un átomo de  $H$ , un grupo alquilo o un grupo aromático. (24.4)

**aleación.** Disolución sólida compuesta por dos o más metales, o por un metal o metales y uno o más no metales. (20.2)

**alótropos.** Dos o más formas del mismo elemento que difieren sustancialmente en propiedades químicas y físicas. (2.6)

**alquenos.** Hidrocarburos que contienen uno o más dobles enlaces carbono-carbono. Tienen la fórmula general  $C_nH_{2n-2}$ , donde  $n = 2, 3, \dots$  (24.2)

**alquinos.** Hidrocarburos que contienen uno o más triples enlaces carbono-carbono. Tienen la fórmula general  $C_nH_{2n-2}$ , donde  $n = 2, 3, \dots$  (24.2)

**alrededores.** Resto del universo fuera del sistema. (6.2)

**amalgama.** Aleación de mercurio con otro metal o metales. (20.2)

**aminas.** Bases orgánicas que tienen el grupo funcional  $-\text{NR}_2$ , donde  $R$  puede ser  $H$ , un grupo alquilo o un grupo aromático. (24.4)

**aminoácidos.** Compuestos que contienen por lo menos un grupo amino, y por lo menos un grupo carboxilo. (25.3)

**amplitud.** Distancia vertical desde la mitad de una onda hasta la cresta o el valle. (7.1)

**análisis cualitativo.** Determinación de los tipos de iones presentes en una disolución. (16.11)

**análisis cuantitativo.** Determinación de las cantidades de sustancias presentes en una muestra. (4.5)

**análisis gravimétrico.** Procedimiento experimental que implica la medición de masas. (4.6)

**anión.** Ion con carga neta negativa. (2.5)

**ánodo.** Electrodo en el que se lleva a cabo la oxidación. (19.2)

**átomo.** Unidad fundamental de un elemento que puede intervenir en una combinación química. (2.2)

**átomo donador.** El átomo de un ligando que se une directamente con el átomo metálico. (22.3)

**átomos polieletrónicos.** Átomos que contienen dos o más electrones. (7.5)

## B

**barómetro.** Instrumento que mide la presión atmosférica. (5.2)

**base.** Sustancia que libera iones hidróxido ( $\text{OH}^-$ ) cuando se disuelve en agua. (2.7)

**base débil.** Electrólitos débiles que se ionizan sólo hasta cierto grado en agua. (15.4)

**base de Brønsted.** Sustancia capaz de aceptar un protón. (4.3)

**base de Lewis.** Sustancia capaz de donar un par de electrones. (15.12)

**bases fuertes.** Electrólitos fuertes que, se supone, se ionizan por completo en agua. (15.4)

**batería.** Celda electroquímica o conjunto de celdas electroquímicas combinadas que se pueden utilizar como fuente de corriente eléctrica directa a voltaje constante. (19.6)

## C

**calor.** Transferencia de energía entre dos cuerpos que están a diferente temperatura. (6.2)

**calor de dilución.** Cambio de energía asociado al proceso de dilución. (6.7)

**calor de disolución.** Vea entalpía de disolución.

**calor de hidratación ( $\Delta H_{\text{hidr}}$ ).** Cambio de energía asociado al proceso de hidratación. (6.7)

**calor específico ( $s$ ).** Cantidad de energía calorífica que se requiere para elevar un grado Celsius la temperatura de un gramo de una sustancia. (6.5)

**calor molar de evaporación ( $\Delta H_{\text{evap}}$ ).** Energía (en kilojoules) que se requiere para evaporar un mol de un líquido. (11.8)

**calor molar de fusión ( $\Delta H_{\text{fus}}$ ).** Energía (en kilojoules) que se requiere para fundir un mol de un sólido. (11.8)

**calor molar de sublimación ( $\Delta H_{\text{subl}}$ ).** Energía (en kilojoules) que se requiere para sublimar un mol de un sólido. (11.8)

**calorimetría.** Medición de los cambios de calor. (6.5)

**cambio de fase.** Transformación de una fase en otra. (11.8)

**cantidades estequiométricas.** Cantidades molares exactas de reactivos y productos que aparecen en la ecuación química balanceada. (3.9)

**capa de valencia.** Capa electrónica externa de un átomo que contiene los electrones que participan en el enlace. (10.1)

**capacidad calorífica ( $C$ ).** Cantidad de calor que se requiere para elevar la temperatura de una cantidad dada de sustancia en un grado Celsius. (6.5)

**carburos.** Compuestos iónicos que contienen el ion  $\text{C}_2^{2-}$  o  $\text{C}^{4-}$ . (21.3)

**carga formal.** Diferencia entre los electrones de valencia de un átomo aislado y el número de electrones asignados al átomo en una estructura de Lewis. (9.7)

**catalizador.** Sustancia que aumenta la velocidad de una reacción química sin consumirse. (13.6)

**cation.** Ion con una carga neta positiva. (2.5)



**cátodo.** Electrodo en el que se lleva a cabo la reducción. (19.2)

**celda de combustible.** Celda electroquímica que requiere de un suministro continuo de reactivos para su funcionamiento. (19.6)

**celda electrolítica.** Aparato en el que se efectúa la electrólisis. (19.8)

**celda electroquímica.** Aparato experimental para generar electricidad por medio de una reacción redox espontánea. (19.2)

**celda unitaria.** Unidad fundamental de átomos, moléculas o iones, que se repite en un sólido cristalino. (11.4)

**centro de gas noble.** Configuración electrónica del gas noble que precede al elemento que se está considerando. (7.9)

**cero absoluto.** En teoría, la mínima temperatura que se puede alcanzar. (5.3)

**cetonas.** Compuestos con un grupo funcional carbonilo y la fórmula general  $RR'CO$ , donde R y R' son grupos alquilo, aromáticos, o ambos. (24.4)

**cianuros.** Compuestos que contienen el ion  $CN^-$ . (21.3)

**ciclo de Born-Haber.** Ciclo que relaciona las energías reticulares de los compuestos iónicos con las energías de ionización, las afinidades electrónicas, los calores de sublimación y de formación, y las energías de disociación de enlace. (9.3)

**cicloalcanos.** Alcanos cuyos átomos de carbono se unen formando anillos. (24.2)

**cifras significativas.** Número de dígitos significativos en una medida o cantidad calculada. (1.8)

**cinética química.** Área de la química relacionada con la velocidad o la rapidez a la cual se llevan a cabo las reacciones. (13.1)

**cociente de reacción ( $Q$ ).** Número igual a la relación de las concentraciones de los productos entre las concentraciones de los reactivos, cada una elevada a la potencia de su coeficiente estequiométrico en un punto diferente al de equilibrio. (14.4)

**cohesión.** Atracción intermolecular entre moléculas semejantes. (11.3)

**coloide.** Dispersión de partículas de una sustancia (la fase dispersa) en un medio dispersante hecho de otra sustancia. (12.8)

**complejo activado.** Especie formada temporalmente por moléculas del reactivo, como resultado de los choques previos a la formación del producto. (13.4)

**complejo inerte.** Ion complejo que participa lentamente en reacciones de intercambio de ligandos. (22.6)

**complejo lábil.** Complejos que experimentan rápidas reacciones de intercambio de ligandos. (22.6)

**compuesto.** Sustancia compuesta por átomos de dos o más elementos, unidos químicamente en proporciones fijas. (1.4)

**compuesto de coordinación.** Especie neutra que contiene uno o más iones complejos. (22.3)

**compuesto iónico.** Cualquier compuesto neutro que contiene cationes y aniones. (2.5)

**compuesto ternario.** Compuesto formado por tres elementos. (2.7)

**compuestos binarios.** Compuestos formados sólo por dos elementos. (2.7)

**compuestos covalentes.** Compuestos que sólo contienen enlaces covalentes. (9.4)

**compuestos inorgánicos.** Compuestos diferentes a los compuestos orgánicos. (2.7)

**compuestos orgánicos.** Compuestos que contienen carbono, por lo general en combinación con elementos como el hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y azufre. (2.7)

**concatenación.** Capacidad de los átomos de un elemento para formar enlaces entre sí. (21.3)

**concentración de una disolución.** Cantidad de soluto presente en determinada cantidad de disolvente o de disolución. (4.5)

**concentración molar.** Vea molaridad.

**condensación.** Fenómeno en el que se pasa del estado gaseoso al estado líquido. (11.8)

**conductor.** Sustancia capaz de conducir la corriente eléctrica. (20.3)

**configuración electrónica.** Distribución de los electrones entre los diversos orbitales de un átomo o una molécula. (7.8)

**constante de equilibrio ( $K$ ).** Número igual a la relación de las concentraciones de equilibrio de los productos entre las concentraciones de equilibrio de los reactivos, cada una elevada a una potencia igual a sus coeficientes estequiométricos. (14.1)

**constante de formación ( $K_f$ ).** Constante de equilibrio para la formación de un ion complejo. (16.10)

**constante de ionización de un ácido ( $K_a$ ).** Constante de equilibrio de la ionización de un ácido. (15.5)

**constante de ionización de una base ( $K_b$ ).** Constante de equilibrio de la ionización de la base. (15.6)

**constante de los gases ( $R$ ).** Constante que aparece en la ecuación del gas ideal. Usualmente se expresa como  $0.08206 \text{ L} \cdot \text{atm/K} \cdot \text{mol}$  o  $8.314 \text{ J/K} \cdot \text{mol}$ . (5.4)

**constante de velocidad ( $k$ ).** Constante de proporcionalidad entre la velocidad de la reacción y las concentraciones de los reactivos. (13.1)

**constante del producto iónico.** Producto de las concentraciones de los iones hidrógeno e hidróxido (ambas expresadas en molaridad) a una temperatura determinada. (15.2)

**copolímero.** Polímero que contiene dos o más monómeros diferentes. (25.2)

**corrosión.** Deterioro de los metales por un proceso electroquímico. (19.7)

**cristalización.** Proceso en el que un soluto disuelto se separa de la disolución y forma cristales. (12.1)

**cristalización fraccionada.** Separación de una mezcla de sustancias en sus componentes puros, que se basa en las diferentes solubilidades. (12.4)

**cualitativo.** Observaciones generales acerca de un sistema. (1.3)

**cuantitativo.** Valores numéricos obtenidos por diversas mediciones de un sistema. (1.3)

**cuanto.** La mínima cantidad de energía que puede ser emitida (o absorbida) en forma de radiación electromagnética. (7.1)

**D**

**defecto de masa.** Diferencia entre la masa de un átomo y la suma de la masa de sus protones, neutrones y electrones. (23.2)

**densidad.** La masa de una sustancia dividida entre su volumen. (1.6)

**densidad electrónica.** Probabilidad de que un electrón se encuentre en una región particular de un orbital atómico. (7.5)

**deposición.** Proceso en el cual las moléculas pasan directamente de la fase vapor a la fase sólida. (11.8)

**desdoblamiento del campo cristalino ( $\Delta$ ).** Diferencia energética entre dos conjuntos de orbitales  $d$  en un átomo metálico cuando están presentes los ligandos. (22.5)

**destilación fraccionada.** Procedimiento de separación de los componentes líquidos de una disolución que se basa en sus diferentes puntos de ebullición. (12.6)

**diagrama de fases.** Diagrama que muestra las condiciones a las cuales una sustancia existe como sólido, líquido o gas. (11.9)

**diagrama de superficies límite.** Diagrama de la región que contiene una gran cantidad de densidad electrónica (alrededor de 90%) en un orbital. (7.7)

**diamagnético.** Repelido por un imán; una sustancia diamagnética sólo contiene electrones apareados. (7.8)

**difracción de rayos X.** Dispersión de los rayos X producida por las unidades de un sólido cristalino común. (11.5)

**difusión.** Mezcla gradual de las moléculas de un gas con las moléculas de otro, en virtud de sus propiedades cinéticas. (5.7)

**dilución.** Procedimiento para preparar una disolución menos concentrada a partir de otra más concentrada. (4.5)

**dipolo inducido.** Separación de las cargas positiva y negativa en un átomo neutro (o en una molécula no polar) causada por la proximidad de un ion o una molécula polar. (11.2)

**disminución del punto de congelación ( $\Delta T_f$ ).** El punto de congelación del disolvente puro ( $T_f^\circ$ ) menos el punto de congelación de la disolución ( $T_f$ ). (12.6)

**disolución acuosa.** Disolución en la que el disolvente es agua. (4.1)

**disolución amortiguadora.** Disolución de: *a*) un ácido débil o una base débil y *b*) su sal; ambos componentes deben estar presentes. La disolución tiene la capacidad de resistir cambios de pH cuando se le adicionan pequeñas cantidades de ácido o de base. (16.3)

**disolución estándar.** Disolución cuya concentración se conoce con exactitud. (4.7)

**disolución ideal.** Cualquier disolución que obedece la ley de Raoult. (12.6)

**disolución no saturada.** Disolución que contiene menos soluto del que puede disolver. (12.1)

**disolución saturada.** Disolución que resulta cuando, a una temperatura determinada, se disuelve la máxima cantidad de una sustancia en un disolvente. (12.1)

**disolución sobresaturada.** Disolución que contiene más soluto del que está presente en una disolución saturada. (12.1)

**disolvente.** Sustancia presente en mayor cantidad en una disolución. (4.1)

## E

**ecuación de Nernst.** Relación entre la fem de una celda electroquímica, la fem estándar y la concentración de los agentes oxidante y reductor. (19.5)

**ecuación de van der Waals.** Ecuación que describe  $P$ ,  $V$  y  $T$  de un gas no ideal. (5.8)

**ecuación del gas ideal.** Ecuación que expresa las relaciones entre presión, volumen, temperatura y cantidad de gas ( $PV = nRT$ , donde  $R$  es la constante de los gases). (5.4)

**ecuación iónica.** Ecuación que muestra las especies disueltas como iones libres. (4.2)

**ecuación iónica neta.** Ecuación que indica sólo las especies iónicas que realmente toman parte en la reacción. (4.2)

**ecuación química.** Ecuación que utiliza símbolos químicos para mostrar lo que ocurre durante una reacción química. (3.7)

**ecuación termoquímica.** Ecuación que muestra tanto las relaciones de masa como las de entalpía. (6.4)

**ecuaciones moleculares.** Ecuaciones en las que se escriben las fórmulas de los compuestos como si todas las especies existieran como moléculas o entidades unitarias. (4.2)

**efecto del ion común.** El desplazamiento en el equilibrio causado por la adición de un compuesto que tiene un ion en común con las sustancias disueltas. (16.2)

**efecto fotoeléctrico.** Fenómeno en el cual se expulsan electrones desde la superficie de ciertos metales expuestos a la luz de cierta frecuencia mínima. (7.2)

**efecto invernadero.** Influencia del dióxido de carbono y otros gases en la temperatura terrestre. (17.5)

**efusión.** Proceso mediante el cual un gas bajo presión escapa de un compartimiento de un contenedor hacia otro atravesando un pequeño orificio. (5.7)

**electrólisis.** Proceso en el que se utiliza la energía eléctrica para que se lleve a cabo una reacción química no espontánea. (19.8)

**electrólito.** Sustancia que, al disolverse en agua, da origen a una solución que puede conducir la electricidad. (4.1)

**electrón.** Partícula subatómica que tiene una masa muy pequeña y una carga eléctrica unitaria negativa. (2.2)

**electronegatividad.** Capacidad de un átomo para atraer electrones hacia él en un enlace químico. (9.5)

**electrones de valencia.** Electrones externos de un átomo que se utilizan en los enlaces químicos. (8.2)

**electroquímica.** Rama de la química que estudia la interconversión de la energía eléctrica y la energía química. (19.1)

**elemento.** Sustancia que no puede separarse en sustancias más sencillas por métodos químicos. (1.4)

**elementos representativos.** Elementos de los grupos 1A a 7A, los cuales tienen incompletos los subniveles  $s$  o  $p$  del número cuántico principal más alto. (8.2)

**elementos transuránicos.** Elementos con números atómicos mayores de 92. (23.4)

**elevación del punto de ebullición ( $\Delta T_{eb}$ ).** Punto de ebullición de la disolución ( $T_{eb}$ ) menos el punto de ebullición del disolvente puro ( $T_{eb}^\circ$ ). (12.6)

**empaquetamiento compacto.** Distribución de máxima eficiencia para el acomodo de átomos, moléculas o iones en un cristal. (11.4)

**enantiómeros.** Isómeros ópticos, es decir, compuestos que representan imágenes especulares que no se pueden superponer. (22.4)

**energía.** Capacidad para realizar un trabajo o producir un cambio. (6.1)

**energía cinética (EC).** Energía disponible como consecuencia del movimiento de un objeto. (5.7)

**energía de activación ( $E_a$ ).** La mínima cantidad de energía que se requiere para iniciar una reacción química. (13.4)

**energía de ionización.** Energía mínima que se requiere para separar un electrón de un átomo aislado (o un ion) en su estado basal. (8.4)

**energía de unión nuclear.** Energía que se requiere para romper un núcleo en sus protones y neutrones. (23.2)

**energía libre ( $G$ ).** Energía disponible para realizar un trabajo útil. (18.5)

**energía libre de Gibbs.** Vea energía libre.

**energía libre estándar de formación ( $\Delta G_f^\circ$ ).** Cambio de energía libre cuando se sintetiza 1 mol de un compuesto a partir de sus elementos en estado estándar. (18.5)

**energía libre estándar de reacción ( $\Delta G_{reacción}^\circ$ ).** Cambio de energía libre cuando la reacción se lleva a cabo en condiciones estándar. (18.5)

**energía potencial.** Energía disponible en virtud de la posición de un objeto. (6.1)

**energía química.** Energía almacenada dentro de las unidades estructurales de las sustancias químicas. (6.1)

**energía radiante.** Energía que se transmite en forma de ondas. (6.1)

**energía reticular.** Energía que se requiere para separar completamente un mol de un compuesto sólido iónico en sus iones gaseosos. (6.7)

**energía térmica.** Energía asociada con la aleatoriedad del movimiento de los átomos y moléculas. (6.1)

**enlace covalente.** Enlace en el que dos átomos comparten dos electrones. (9.4)

**enlace covalente coordinado.** Enlace en el que uno de los dos átomos enlazados proporcio-

na el par de electrones; también se llama enlace dativo. (9.9)

**enlace covalente polar.** En este enlace, los electrones están más tiempo cerca de uno de los átomos que del otro. (9.5)

**enlace de hidrógeno.** Un tipo especial de interacción dipolo-dipolo entre el átomo de hidrógeno unido a un átomo de un elemento muy electronegativo (F, N, O) y a otro átomo de uno de esos tres elementos electronegativos. (11.2)

**enlace doble.** Dos átomos están unidos por medio de dos pares de electrones. (9.4)

**enlace iónico.** Fuerza electrostática que mantiene unidos a los iones en un compuesto iónico. (9.2)

**enlace pi ( $\pi$ ).** Enlace covalente formado por el traslape lateral de los orbitales; su densidad electrónica se concentra arriba y abajo del plano de los núcleos de los átomos que están unidos. (10.5)

**enlace sencillo.** Dos átomos se unen a través de un par de electrones. (9.4)

**enlace sigma ( $\sigma$ ).** Enlace covalente formado por orbitales que se traslapan por los extremos; tiene su densidad electrónica concentrada entre los núcleos de los átomos que se unen. (10.5)

**enlace triple.** Dos átomos están unidos a través de tres pares de electrones. (9.4)

**enlaces múltiples.** Enlaces formados cuando dos átomos comparten dos o más pares de electrones. (9.4)

**entalpía ( $H$ ).** Cantidad termodinámica que se utiliza para describir los cambios de energía que se llevan a cabo a presión constante. (6.4)

**entalpía de disolución ( $\Delta H_{disol}$ ).** Calor generado o absorbido cuando cierta cantidad de soluto se disuelve en cierta cantidad de disolvente. (6.7)

**entalpía de enlace.** El cambio de entalpía requerido para romper un enlace en un mol de moléculas gaseosas. (9.10)

**entalpía de reacción ( $\Delta H_{reacción}$ ).** Diferencia entre las entalpías de los productos y las entalpías de los reactivos. (6.4)

**entalpía estándar de formación ( $\Delta H_f^\circ$ ).** Cambio de energía que resulta cuando se forma un mol de un compuesto a partir de sus elementos en estado estándar. (6.6)

**entalpía estándar de reacción ( $\Delta H_{reacción}^\circ$ ).** Cambio de entalpía cuando se lleva a cabo una reacción en condiciones estándar. (6.6)

**entropía ( $S$ ).** Medida directa de la aleatoriedad o el desorden de un sistema. (18.3)

**entropía estándar de reacción ( $\Delta S_{reacción}^\circ$ ).** Cambio de entropía cuando la reacción se lleva a cabo en condiciones estándar. (18.4)

**enzima.** Un catalizador biológico. (13.6)

**equilibrio dinámico.** Condición en la que la velocidad de un proceso en una dirección está balanceada exactamente por la velocidad del proceso en la dirección inversa. (11.8)

**equilibrio físico.** Equilibrio en el que sólo cambian las propiedades físicas. (14.1)

**equilibrio heterogéneo.** Estado de equilibrio en el que no todas las especies en reacción están en la misma fase. (14.2)

**equilibrio homogéneo.** Estado de equilibrio en el que todas las especies en reacción están en la misma fase. (14.2)

**equilibrio químico.** Estado en el cual se igualan las velocidades de las reacciones directa e inversa. (14.1)

**escala de temperatura absoluta.** Escala de temperatura que utiliza el cero absoluto como la temperatura mínima. (5.3)

**escala de temperatura Kelvin.** Vea escala de temperatura absoluta.

**esmog fotoquímico.** Formación de esmog a partir de las reacciones de las emisiones de los automóviles en presencia de la luz solar. (17.7)

**espectros de emisión.** Espectros continuos o de líneas emitidos por las sustancias. (7.3)

**espectros de líneas.** Espectros producidos cuando las sustancias absorben o emiten radiación de determinadas longitudes de onda. (7.3).

**estado (o nivel) basal.** Estado de menor energía de un sistema. (7.3)

**estado (o nivel) excitado.** Estado que tiene mayor energía que el estado basal. (7.3)

**estado de oxidación.** Vea número de oxidación.

**estado de un sistema.** Valores de todas las variables macroscópicas pertinentes (por ejemplo, composición, volumen, presión y temperatura) de un sistema. (6.3)

**estado estándar.** Condición de una atmósfera de presión. (6.6)

**estequiometría.** Estudio cuantitativo de los reactivos y productos en una reacción química. (3.8)

**estereoisómeros.** Compuestos formados de la misma clase y número de átomos unidos en la misma secuencia pero con distribución espacial diferente. (22.4)

**ésteres.** Compuestos que tienen la fórmula general  $R'COOR$ , donde  $R'$  puede ser H, un grupo alquilo o un grupo aromático, y  $R$  es un grupo alquilo o un grupo aromático. (24.4)

**estratósfera.** Región de la atmósfera que se extiende a partir de la troposfera, hasta aproximadamente 50 km de la superficie terrestre. (17.1)

**estructura de Lewis.** Representación de los enlaces covalentes utilizando los símbolos de Lewis. Los pares electrónicos compartidos se representan como líneas o como pares de puntos entre dos átomos, y los pares electrónicos libres se muestran como pares de puntos en átomos individuales. (9.4)

**estructura de resonancia.** Una de dos o más estructuras de Lewis alternativas para una molécula que no puede describirse completamente con una sola estructura de Lewis. (9.8)

**éter.** Compuesto orgánico que contiene el enlace  $R-O-R'$ , donde  $R$  y  $R'$  son grupos alquilo, aromáticos, o ambos. (24.4)

**evaporación.** Proceso en el que un líquido se transforma en gas. Salida de las moléculas de la superficie de un líquido; también se llama vaporización. (11.8)

**exactitud.** La cercanía de una medición al valor real de la cantidad que es medida. (1.8)

## F

**factor de van't Hoff.** Relación del número real de partículas en disolución después de la disociación y el número de unidades formulares inicialmente disueltas en la disolución. (12.7)

**familia.** Los elementos de una columna de la tabla periódica. (2.4)

**Faraday.** Carga eléctrica contenida en 1 mol de electrones, equivalente a 96 485.3 coulombs. (19.4)

**fase.** Parte homogénea de un sistema en contacto con las otras partes del mismo sistema pero separada de ellas mediante límites bien definidos. (11.1)

**fem estándar ( $E^\circ$ ).** Diferencia del potencial estándar de reducción de la sustancia que se reduce y el potencial estándar de reducción de la sustancia que se oxida. (19.3)

**ferromagnético.** Que lo atrae un imán. Los espines desapareados de una sustancia ferromagnética se alinean en la misma dirección. (20.2)

**fijación de nitrógeno.** Conversión de nitrógeno molecular en compuestos nitrogenados. (17.1)

**fisión nuclear.** Proceso en el que un núcleo pesado (con número de masa  $> 200$ ) se divide para formar núcleos más pequeños de masa intermedia y uno o más neutrones. (23.5)

**fórmula empírica.** Expresión que muestra los elementos presentes y las relaciones más simples de las diferentes clases de átomos. (2.6)

**fórmula estructural.** Fórmula química que muestra cómo están unidos los átomos entre sí en una molécula. (2.6)

**fórmula molecular.** Expresión que muestra los números exactos de átomos de cada elemento en una molécula. (2.6)

**fórmula química.** Expresión que muestra la composición química de un compuesto, en términos de los símbolos de los elementos implicados. (2.6)

**fotón.** Una partícula de luz. (7.2)

**fracción molar.** Relación del número de moles de un componente de una mezcla con el número total de moles de todos los componentes de la misma. (5.6)

**frecuencia ( $\nu$ ).** Número de ondas que pasan por un punto específico en la unidad de tiempo. (7.1)

**fuerza electromotriz (fem) ( $E$ ).** Diferencia de voltaje entre electrodos. (19.2)

**fuerzas de dispersión.** Fuerzas de atracción que surgen como resultado de dipolos temporales inducidos en los átomos o moléculas; también se denominan fuerzas de London. (11.2)

**fuerzas de van der Waals.** Fuerzas dipolo-dipolo, dipolo-dipolo inducido y fuerzas de dispersión. (11.2)

**fuerzas dipolo-dipolo.** Fuerzas que actúan entre moléculas polares. (11.2)

**fuerzas intermoleculares.** Fuerzas de atracción que existen entre las moléculas. (11.2)

**fuerzas intramoleculares.** Fuerzas que mantienen juntos a los átomos en una molécula. (11.2)

**fuerzas ion-dipolo.** Fuerzas que operan entre un ion y un dipolo. (11.2)

**función de estado.** Propiedad determinada por el estado del sistema. (6.3)

**fusión nuclear.** Combinación de núcleos pequeños para formar núcleos mayores. (23.6)

## G

**gas ideal.** Gas hipotético cuyo comportamiento presión-volumen-temperatura puede explicarse completamente mediante la ecuación del gas ideal. (5.4)

**gases nobles.** Elementos no metálicos del grupo 8A (He, Ne, Ar, Kr, Xe y Rn). (2.4)

**grupo.** Los elementos de una columna de la tabla periódica. (2.4)

**grupo funcional.** Parte de una molécula que se caracteriza por un acomodo especial de los átomos, el que es responsable, en gran medida, del comportamiento químico de la molécula base. (24.1)

## H

**halógenos.** Elementos no metálicos del grupo 7A (F, Cl, Br, I y At). (2.4)

**hibridación.** El proceso de combinar los orbitales atómicos de un átomo (por lo regular el átomo central) para generar un conjunto de nuevos orbitales atómicos. (10.4)

**hidratación.** Proceso en el que un ion o una molécula se rodea de moléculas de agua acomodadas en una forma específica. (4.1)

**hidratos.** Compuestos que tienen un número específico de moléculas de agua unidas a ellos. (2.7)

**hidrocarburo aromático.** Hidrocarburo que contiene uno o más anillos bencénicos. (24.1)

**hidrocarburos.** Compuestos formados sólo por carbono e hidrógeno. (24.1)

**hidrocarburos alifáticos.** Hidrocarburos que no contienen el grupo benceno o el anillo bencénico. (24.1)

**hidrocarburos no saturados.** Hidrocarburos que contienen dobles o triples enlaces carbono-carbono. (24.2)

**hidrocarburos saturados.** Hidrocarburos que contienen el máximo número de átomos de hidrógeno que se pueden unir con la cantidad de átomos de carbono presentes. (24.2)

**hidrofílico.** Atraído por el agua. (12.8)

**hidrofóbico.** Que teme al agua. (12.8)

**hidrogenación.** Adición de hidrógeno, especialmente a compuestos con dobles y triples enlaces carbono-carbono. (21.2)

**hidrólisis salina.** Reacción del anión o del catión, o de ambos, de una sal con agua. (15.10)

**hipótesis.** Explicación tentativa para un conjunto de observaciones. (1.3)

**homopolímero.** Polímero formado por un solo tipo de monómero. (25.2)

## I

**impurezas aceptoras.** Impurezas que pueden aceptar electrones en los semiconductores. (20.3)

**impurezas donadoras.** Impurezas que aportan electrones de conducción a los semiconductores. (20.3)

**indicadores.** Sustancias que presentan colores distintivos muy diferentes en medios ácido y básico. (4.7)

**intermediario.** Especie que aparece en el mecanismo de una reacción (es decir, en las etapas elementales) pero no en la ecuación global balanceada. (13.5)

**ion complejo.** Ion que contiene un catión metálico central enlazado a una o más moléculas o iones. (16.10)

**ion hidronio.** Protón hidratado,  $H_3O^+$ . (4.3)

**ion monoatómico.** Ion que contiene sólo un átomo. (2.5)

**ion poliatómico.** Ion que contiene más de un átomo. (2.5)

**ion.** Átomo o grupo de átomos que tiene una carga neta positiva o negativa. (2.5)

**iones espectadores.** Iones que no se ven implicados en la reacción global. (4.2)

**ionósfera.** La capa más alta de la atmósfera. (17.1)

**isoelectrónico.** Se dice que los iones, o átomos y iones que poseen el mismo número de electrones, y por lo tanto la misma configuración electrónica del estado basal, son isoelectrónicos. (8.2)

**isómeros estructurales.** Moléculas que tienen la misma fórmula molecular pero diferente estructura. (24.2)

**isómeros geométricos.** Compuestos que tienen el mismo número y tipo de átomos y los mismos enlaces químicos pero diferentes arreglos espaciales; dichos isómeros no pueden ser interconvertidos sin romper un enlace químico. (22.4)

**isómeros ópticos.** Compuestos que son imágenes especulares que no se pueden superponer. (22.4)

**isótopos.** Átomos que tienen el mismo número atómico, pero diferentes números de masa. (2.3)

## J

**Joule (J).** Unidad de energía dada por newtons  $\times$  metros. (5.7)

## K

**kelvin.** Unidad básica del SI para la temperatura. (1.7)

puro y la fracción molar del disolvente de la disolución. (12.6)

**ligando.** Molécula o ion que está unido al ion metálico de un ion complejo. (22.3)

**litro.** Volumen que ocupa un decímetro cúbico. (1.7)

**longitud de enlace.** Distancia entre los centros de dos átomos unidos en una molécula. (9.4)

**longitud de onda ( $\lambda$ ).** Distancia entre dos puntos idénticos de ondas sucesivas. (7.1)

## M

**manómetro.** Dispositivo empleado para medir la presión de los gases. (5.2)

**masa.** Medida de la cantidad de materia que contiene un objeto. (1.6)

**masa atómica.** Masa de un átomo en unidades de masa atómica. (3.1)

**masa crítica.** Masa mínima de material fisiónable que se requiere para generar una reacción nuclear en cadena autosostenida. (23.5)

**masa molar (M).** Masa (en gramos o kilogramos) de un mol de átomos, moléculas u otras partículas. (3.2)

**masa molecular.** Suma de las masas atómicas (en una) presentes en la molécula. (3.3)

**materia.** Cualquier cosa que ocupa espacio y posee masa. (1.4)

**mecanismo de reacción.** Secuencia de pasos elementales que conduce a la formación del producto. (13.5)

**membrana semipermeable.** Membrana que permite el paso de moléculas del disolvente pero impide el paso de moléculas de soluto. (12.6)

**mena.** Material de un depósito mineral en forma suficientemente concentrada para permitir la recuperación económica del metal deseado. (20.1)

**mesosfera.** Región entre la estratósfera y la ionósfera. (17.1)

**metales.** Elementos que son buenos conductores del calor y electricidad y tienen tendencia a formar iones positivos en los compuestos iónicos. (2.4)

**metales alcalinos.** Los elementos del grupo 1A (Li, Na, K, Rb, Cs y Fr). (2.4)

**metales alcalinotérreos.** Los elementos del grupo 2A (Be, Mg, Ca, Sr, Ba y Ra). (2.4)

**metales de transición.** Elementos que tienen incompletos los subniveles  $d$  o que forman fácilmente cationes que tienen incompletos los subniveles  $d$ . (7.9)

**metalóide.** Elemento con propiedades intermedias entre las de los metales y los no metales. (2.4)

**metalurgia.** La ciencia y la tecnología de la separación de los metales a partir de sus menas y de las aleaciones que forman. (20.2)

**método científico.** Enfoque sistemático de la investigación. (1.3)

**método del mol.** Procedimiento para determinar la cantidad de producto formado en una reacción. (3.8)

**mezcla.** Combinación de dos o más sustancias en las que cada una conserva su identidad. (1.4)

**mezcla heterogénea.** Los componentes individuales de una mezcla permanecen físicamente separados y es posible apreciarlos como tales. (1.4)

**mezcla homogénea.** La composición de una mezcla, después de suficiente movimiento, es la misma a través de la solución. (1.4)

**mezcla racémica.** Mezcla equimolar de dos enantiómeros. (22.4)

**mineral.** Sustancia de origen natural con una composición química promedio. (20.1)

**miscible.** Dos líquidos que son completamente solubles uno en el otro en todas las proporciones se dice que son miscibles. (12.2)

**modelo de la repulsión de los pares electrónicos de la capa de valencia (RPECV).** Modelo que explica la distribución geométrica de los pares electrónicos compartidos y no compartidos alrededor de un átomo central en términos de las repulsiones entre los pares de electrones. (10.1)

**moderador.** Sustancia que puede reducir la energía cinética de los neutrones. (23.5)

**mol.** Cantidad de sustancia que contiene tantas entidades elementales (átomos, moléculas u otras partículas) como átomos hay en exactamente 12 gramos (o 0.012 kilogramos) del isótopo carbono-12. (3.2)

**molalidad.** Número de moles de soluto disueltos en un kilogramo de disolvente. (12.3)

**molaridad (M).** Número de moles de soluto en un litro de disolución. (4.5)

**molécula.** Agregado de por lo menos dos átomos con una distribución definida, que se mantienen unidos por fuerzas especiales. (2.5)

**molécula diatómica homonuclear.** Molécula diatómica que contiene átomos del mismo elemento. (10.7)

**molécula diatómica.** Molécula formada por dos átomos. (2.5)

**molécula no polar.** Molécula que no posee un momento dipolo. (10.2)

**molécula polar.** Molécula que posee un momento dipolo. (10.2)

**molécula poliatómica.** Molécula que está compuesta por más de un átomo. (2.5)

**molecularidad de una reacción.** Número de moléculas que reaccionan en un paso elemental. (13.5)

**momento dipolo ( $\mu$ ).** El producto de la carga y la distancia entre las cargas en una molécula. (10.2)

**monómero.** Unidad sencilla que se repite en un polímero. (25.2)

## N

**neutrón.** Partícula subatómica que no tiene carga eléctrica neta. Su masa es ligeramente mayor que la de un protón. (2.2)

**newton (N).** Unidad de fuerza en el SI. (5.2)

**no electrólito.** Sustancia que, cuando se disuelve en agua, produce una disolución que no conduce la electricidad. (4.1)

**no metales.** Elementos que, por lo general, son malos conductores del calor y la electricidad. (2.4)

**no volátil.** Que no tiene una presión de vapor medible. (12.6)

**nodo.** Punto en el cual la amplitud de la onda es igual a cero. (7.4)

**núcleo.** Centro de un átomo. (2.2)

**nucleón.** Término general para designar a los protones y neutrones en un núcleo. (23.2)

**nucleótido.** Unidad que se repite en cada molécula de ADN que consiste en un conjunto de base-desoxirribosa-fosfato. (25.4)

**número atómico (Z).** Número de protones en el núcleo de un átomo. (2.3)

**número de Avogadro ( $N_A$ ).**  $6.022 \times 10^{23}$ ; número de partículas en un mol. (3.2)

**número de coordinación.** En una red cristalina se define como el número de átomos (o iones) que rodean a un átomo (o ion) (11.4). En los compuestos de coordinación se define como el número de átomos donadores que rodean al átomo metálico central en un complejo. (22.3)

**número de masa (A).** Número total de neutrones y protones presentes en el núcleo de un átomo. (2.3)

**número de oxidación.** Número de cargas que tendría un átomo en una molécula si los electrones fueran transferidos completamente en la dirección indicada por la diferencia de electronegatividades. (4.4)

**números cuánticos.** Números que describen la distribución de los electrones en el átomo de hidrógeno y entre otros. (7.6)

## O

**onda.** Perturbación vibratoria mediante la cual se transmite energía. (7.1)

**onda electromagnética.** Onda que tiene un componente de campo eléctrico y un componente de campo magnético, mutuamente perpendiculares. (7.1)

**orbital.** Vea orbital atómico y orbital molecular.

**orbital atómico.** Función de onda ( $\Psi$ ) de un electrón en un átomo. (7.5)

**orbital molecular.** Orbital que resulta de la interacción de los orbitales atómicos de los átomos que se unen. (10.6)

**orbital molecular de antienlace.** Orbital molecular que tiene mayor energía y menor estabilidad que los orbitales atómicos de los que proviene. (10.6)

**orbital molecular de enlace.** Orbital molecular que tiene menor energía y mayor estabilidad que los orbitales atómicos de los que proviene. (10.6)

**orbital molecular pi.** Orbital molecular en el que la densidad electrónica se concentra arriba y abajo de la línea que une los dos núcleos de los átomos unidos. (10.6)

**orbital molecular sigma.** Orbital molecular cuya densidad electrónica está concentrada alrededor de una línea entre los dos núcleos que se unen. (10.6)

**orbitales híbridos.** Orbitales atómicos que se obtienen cuando se combinan dos o más orbitales no equivalentes del mismo átomo. (10.4)

**orbitales moleculares deslocalizados.** Orbitales moleculares que no se encuentran confinados entre dos átomos adyacentes unidos entre sí, sino que en realidad se extienden sobre tres o más átomos. (10.8)

**orden de enlace.** Diferencia entre el número de electrones que están en los orbitales moleculares de enlace y los que están en los orbitales moleculares de antienlace, dividida entre dos. (10.7)

**orden de reacción.** Suma de las potencias a las cuales aparecen elevadas las concentraciones de todos los reactivos en la ley de la velocidad. (13.2)

**ósmosis.** Movimiento neto de las moléculas del disolvente a través de una membrana semipermeable desde el disolvente puro o de una disolución diluida hacia una disolución más concentrada. (12.6)

**oxiácido.** Ácido que contiene hidrógeno, oxígeno y otro elemento (el elemento central). (2.7)

**oxianión.** Anión que se forma a partir de un oxiácido. (2.7)

**óxido anfótero.** Óxido que presenta propiedades tanto ácidas como básicas. (8.6)

## P

**par conjugado ácido-base.** Un ácido y su base conjugada o una base y su ácido conjugado. (15.1)

**par iónico.** Especie constituida por lo menos por un catión y un anión que se mantienen unidos mediante fuerzas electrostáticas. (12.7)

**paramagnético.** Que lo atrae un imán. Una sustancia paramagnética contiene uno o más electrones desapareados. (7.8)

**pares libres.** Electrones de valencia que no están implicados en la formación de enlaces covalentes. (9.4)

**partículas alfa.** Vea rayos alfa.

**partículas beta.** Vea rayos beta.

**pascal (Pa).** Presión de un newton por metro cuadrado ( $1 \text{ N/m}^2$ ). (5.2)

**paso determinante de la velocidad.** El paso más lento en la secuencia de etapas que conducen a la formación de productos. (13.5)

**pasos elementales.** Serie de reacciones simples que representan el progreso de la reacción general en el nivel molecular. (13.5)

**periodo.** Línea horizontal en la tabla periódica. (2.4)

**peso.** Fuerza que ejerce la gravedad sobre un objeto. (1.7)

**pH.** Logaritmo negativo de la concentración de iones hidrógeno. (15.3)

**pirometalurgia.** Procesos metalúrgicos que se llevan a cabo a altas temperaturas. (20.2)

**plasma.** Mezcla gaseosa de iones positivos y electrones. (23.6)

**polarímetro.** Instrumento que se utiliza para medir la rotación de la luz polarizada provocada por los isómeros ópticos. (22.4)

**polímero.** Compuesto que se distingue por su alta masa molar que puede llegar a miles o

millones de gramos y está formado por muchas unidades que se repiten. (25.1)

**porcentaje de composición en masa.** Porcentaje en masa de cada elemento que forma un compuesto. (3.5)

**porcentaje de ionización.** Relación de la concentración del ácido ionizado en el equilibrio respecto de la concentración inicial del ácido. (15.5)

**porcentaje de masa.** La proporción de la masa de un soluto respecto de la masa de la disolución multiplicada por 100%. (12.3)

**porcentaje de rendimiento.** Relación del rendimiento real respecto del rendimiento teórico, multiplicada por 100%. (3.10)

**positrón.** Partícula que tiene la misma masa que el electrón, pero tiene una carga +1. (23.1)

**potencial estándar de reducción.** Voltaje medido cuando se lleva a cabo una reducción en el electrodo y todos los solutos son 1 M y todos los gases están a 1 atm. (19.3)

**precipitado.** Sólido insoluble que se separa de la disolución. (4.2)

**precisión.** Aproximación en la concordancia de dos o más mediciones de la misma cantidad. (1.8)

**presión.** Fuerza aplicada por unidad de área. (5.2)

**presión atmosférica.** Presión ejercida por la atmósfera terrestre. (5.2)

**presión atmosférica estándar (1 atm).** Presión que mantiene una columna de mercurio exactamente a una altura de 76 cm a 0°C a nivel del mar. (5.2)

**presión crítica.** Presión mínima necesaria para que se realice la licuefacción a la temperatura crítica. (11.8)

**presión de vapor en equilibrio.** La presión de vapor medida, a cierta temperatura, en el equilibrio dinámico de condensación y evaporación. (11.8)

**presión osmótica (p).** Presión que se requiere para detener la ósmosis. (12.6)

**presión parcial.** Presión de uno de los componentes en una mezcla de gases. (5.6)

**primera ley de la termodinámica.** La energía se puede convertir de una forma a otra, pero no puede crearse ni destruirse. (6.3)

**principio de Aufbau.** Del mismo modo que se agregan los protones de uno en uno al núcleo para construir los elementos, los electrones se agregan de manera semejante a los orbitales atómicos. (7.9)

**principio de exclusión de Pauli.** En un átomo no es posible que dos electrones tengan los cuatro números cuánticos iguales. (7.8)

**principio de incertidumbre de Heisenberg.** Es imposible conocer simultáneamente y con certeza tanto el momento como la posición de una partícula. (7.5)

**principio de Le Châtelier.** Si se aplica un esfuerzo externo a un sistema en equilibrio, el sistema se ajustará a sí mismo de forma tal que contrarresta parcialmente el esfuerzo y alcanza una nueva posición de equilibrio. (14.5)

## R

**radiación.** Emisión y transmisión de energía a través del espacio, en forma de partículas u ondas. (2.2)

**radiación electromagnética.** La emisión y transmisión de energía en la forma de ondas electromagnéticas. (7.1)

**radioactividad.** Rompimiento espontáneo de un átomo mediante la emisión de partículas, radiación, o ambos. (2.2)

**radical.** Cualquier fragmento neutro de una molécula que contenga un electrón desapareado. (23.8)

**radio atómico.** La mitad de la distancia entre los núcleos de dos átomos adyacentes del mismo elemento de un metal. Para elementos que existen como unidades diatómicas, el radio atómico es la mitad de la distancia entre los núcleos de los dos átomos en una molécula específica. (8.3)

**radio iónico.** Radio de un catión o un anión medido en un compuesto iónico. (8.3)

**raíz de la velocidad cuadrática media (rms) ( $u_{rms}$ ).** Medida de la velocidad molecular promedio a una temperatura determinada. (5.7)

**rayos alfa ( $\alpha$ ).** Iones de helio con carga positiva de +2. (2.2)

**rayos beta ( $\beta$ ).** Electrones. (2.2)

**rayos gamma ( $\gamma$ ).** Radiación de alta energía. (2.2)

**reacción bimolecular.** Etapa elemental que implica dos moléculas. (13.5)

**reacción de adición.** Reacción en la que una molécula se adiciona a otra. (24.2)

**reacción de combinación.** Reacción en la que dos o más sustancias se combinan para formar un solo producto. (4.4)

**reacción de combustión.** Reacción en la cual una sustancia reacciona con el oxígeno, por lo general con la liberación de calor y luz, para producir una flama. (4.4)

**reacción de condensación.** Reacción en la cual se combinan dos moléculas pequeñas para formar una molécula grande. Invariablemente, el agua es uno de los productos de dichas reacciones. (24.4)

**reacción de descomposición.** Ruptura de un compuesto en dos o más componentes. (4.4)

**reacción de desplazamiento.** Un átomo o un ion de un compuesto se reemplaza por un átomo o un ion de otro elemento. (4.4)

**reacción de dismutación.** Reacción en la que un elemento en un estado de oxidación se oxida y se reduce. (4.4)

**reacción de metátesis.** Reacción que implica el intercambio de partes entre dos compuestos. (4.2)

**reacción de neutralización.** Reacción entre un ácido y una base. (4.3)

**reacción de oxidación.** Semirreacción que implica pérdida de electrones. (4.4)

**reacción de oxidación-reducción.** Reacción que implica la transferencia de electrones o el cambio en el estado de oxidación de los reactivos. (4.4)

**reacción de precipitación.** Reacción que tiene como resultado la formación de un precipitado. (4.2)

**reacción de primer orden.** Reacción cuya velocidad depende de la concentración del reactivo elevada a la primera potencia. (13.3)

**reacción de reducción.** Semirreacción que implica ganancia de electrones. (4.4)

**reacción de segundo orden.** Reacción cuya velocidad depende de la concentración de un reactivo elevada a la segunda potencia o bien de las concentraciones de dos reactivos diferentes, cada una elevada a la primera potencia. (13.3)

**reacción de sustitución.** Reacción en la que un átomo o grupo de átomos reemplaza a un átomo o grupo de átomos de otra molécula. (24.3)

**reacción nuclear en cadena.** Secuencia de reacciones de fisión nuclear que se mantiene a sí misma. (23.5)

**reacción química.** Proceso durante el cual una sustancia (o sustancias) cambia para formar una o más sustancias nuevas. (3.7)

**reacción redox.** Reacción en la que hay transferencia de electrones o cambio en los números de oxidación de las sustancias que toman parte en ella. (4.4)

**reacción reversible.** Reacción que puede ocurrir en ambas direcciones. (4.1)

**reacción termolecular.** Paso elemental que implica tres moléculas. (13.5)

**reacción unimolecular.** Paso elemental en el que sólo participa una molécula de reactivo. (13.5)

**reacciones de semicelda.** Reacciones de oxidación y de reducción en los electrodos. (19.2)

**reacciones termonucleares.** Reacciones de fusión nuclear que se llevan a cabo a temperaturas muy elevadas. (23.6)

**reactivo limitante.** Reactivo que se consume primero en una reacción. (3.9)

**reactivos.** Sustancias de las que se parte en una reacción química. (3.7)

**reactivos en exceso.** Uno o más reactivos presentes en cantidades superiores a las necesarias para reaccionar con la cantidad del reactivo limitante. (3.9)

**reactor regenerador.** Reactor nuclear que produce más material fisionable del que utiliza. (23.5)

**regla de Hund.** La distribución más estable de electrones en los subniveles es la que corresponde al máximo número de espines paralelos. (7.8)

**regla del octeto.** Un átomo diferente del hidrógeno tiende a formar enlaces hasta estar rodeado por ocho electrones de valencia. (9.4)

**relaciones diagonales.** Semejanzas entre pares de elementos que pertenecen a diferentes grupos y periodos de la tabla periódica. (8.6)

**rendimiento real.** Cantidad de producto obtenido realmente en una reacción. (3.10)

**rendimiento teórico.** Cantidad de producto que se predice por medio de la ecuación balan-

ceada cuando ha reaccionado todo el reactivo limitante. (3.10)

**resonancia.** El uso de dos o más estructuras de Lewis para representar una molécula específica. (9.8)

## S

**sal.** Compuesto iónico formado por un catión diferente a  $H^+$  y un anión diferente a  $OH^-$  u  $O^{2-}$ . (4.3)

**saponificación.** Manufactura de jabón. (24.4)

**segunda ley de la termodinámica.** La entropía del universo aumenta en un proceso espontáneo y permanece constante en un proceso en equilibrio. (18.4)

**semiconductores.** Elementos que normalmente no conducen la electricidad pero que incrementan su conductividad cuando se les aumenta la temperatura o se les adicionan ciertas impurezas. (20.3)

**semiconductores tipo *n*.** Semiconductores que contienen impurezas donadoras. (20.3)

**semiconductores tipo *p*.** Semiconductores que contienen impurezas aceptoras. (20.3)

**semirreacción.** Reacción que muestra explícitamente los electrones implicados en la oxidación o en la reducción. (4.4)

**serie actínida.** Elementos que tienen incompleto el subnivel  $5f$  o que fácilmente forman cationes con el subnivel  $5f$  incompleto. (7.9)

**serie de actividad.** Resumen de los resultados de muchas posibles reacciones de desplazamiento. (4.4)

**serie de desintegración radiactiva.** Secuencia de reacciones nucleares que tiene como resultado la formación de un isótopo estable. (23.3)

**serie de las tierras raras.** Vea serie lantánida.

**serie espectroquímica.** Lista de ligandos ordenados de acuerdo con su capacidad para desdoblar los niveles de energía de los orbitales *d*. (22.5)

**serie lantánida (tierras raras).** Elementos que tienen incompletos los subniveles  $4f$ , o que fácilmente forman cationes que tienen el subnivel  $4f$  incompleto. (7.9)

**símbolo de puntos de Lewis.** Símbolo de un elemento con uno o más puntos que representan el número de electrones de valencia de un átomo del elemento. (9.1)

**sistema.** Parte específica del universo bajo estudio. (6.2)

**sistema abierto.** Sistema que puede intercambiar masa y energía (por lo general en forma de calor) con sus alrededores. (6.2)

**sistema aislado.** Sistema que no permite la transferencia de masa ni de energía hacia sus alrededores ni desde éstos. (6.2)

**sistema cerrado.** Sistema que permite el intercambio de energía (por lo general en forma de calor) pero no permite el intercambio de masa con los alrededores. (6.2)

**Sistema Internacional de Unidades (SI).** Sistema de unidades basado en las unidades métricas. (1.7)

**sobreenfriamiento.** Enfriamiento de un líquido por debajo de su punto de congelación sin formar el sólido. (11.8)

**sobrevoltaje.** Diferencia entre el potencial del electrodo y el voltaje real requerido para provocar la electrólisis. (19.8)

**sólido amorfo.** Sólido que carece de organización tridimensional regular de sus átomos o moléculas. (11.7)

**sólido cristalino.** Sólido que posee un alto grado de orden; sus átomos, moléculas o iones ocupan posiciones específicas. (11.4)

**solubilidad.** Máxima cantidad de soluto que se puede disolver en determinada cantidad de disolvente a una temperatura específica. (4.2, 16.6)

**solubilidad molar.** Número de moles de soluto en un litro de una disolución saturada (mol/L). (16.6)

**solución.** Mezcla homogénea de dos o más sustancias. (4.1)

**soluto.** Sustancia presente en menor cantidad en una disolución. (4.1)

**solvatación.** Proceso en el cual un ion o una molécula es rodeado por moléculas del disolvente distribuidas de manera específica. (12.2)

**sublimación.** Proceso en el que las moléculas pasan directamente de la fase sólida a la fase de vapor. (11.8)

**sustancia.** Forma de materia que tiene una composición definida o constante (número y clase de unidades básicas presentes) y propiedades que la distinguen. (1.4)

## T

**tabla periódica.** Distribución tabular de los elementos. (2.4)

**temperatura crítica.** Temperatura arriba de la cual no se licua un gas. (11.8)

**temperatura y presión estándar (TPE).**  $0^{\circ}\text{C}$  y 1 atm. (5.4)

**tensión superficial.** Cantidad de energía que se requiere para extender o aumentar la superficie de un líquido por unidad de área. (11.3)

**teoría.** Principio unificador que explica un conjunto de hechos y las leyes en que se basan. (1.3)

**teoría cinética molecular de los gases.** Tratamiento del comportamiento de los gases en función del movimiento aleatorio de las moléculas. (5.7)

**teoría de las bandas.** Los electrones deslocalizados se mueven libremente a través de las "bandas" formadas por el traslape de los orbitales moleculares. (20.3)

**tercera ley de la termodinámica.** La entropía de una sustancia cristalina perfecta es cero a la temperatura de cero absoluto. (18.4)

**termodinámica.** Estudio científico de la interconversión del calor y otras formas de energía. (6.3)

**termoquímica.** Estudio de los cambios de energía en las reacciones químicas. (6.2)

**termosfera.** Región de la atmósfera en la que la temperatura aumenta continuamente con la altura. (17.1)

**trabajo.** Cambio de energía dirigida que resulta de un proceso. (6.1)

**transmutación nuclear.** Cambio que experimenta un núcleo como resultado del bombardeo con neutrones u otras partículas. (23.1)

**trazadores.** Isótopos, especialmente los isótopos radiactivos, que se utilizan para seguir la trayectoria de los átomos de un elemento en un proceso químico o biológico. (23.7)

**troposfera.** Capa de la atmósfera que contiene aproximadamente 80% de la masa total del

aire y prácticamente todo el vapor de agua de la atmósfera. (17.1)

## U

**unidad de masa atómica (uma).** Masa exactamente igual a  $\frac{1}{12}$  parte de la masa de un átomo de carbono-12. (3.1)

## V

**valoración.** Adición gradual de una disolución de concentración exactamente conocida a otra disolución de concentración desconocida hasta que se completa la reacción química entre ellas. (4.7)

**vaporización.** Escape de moléculas desde la superficie de un líquido; también llamada evaporación. (11.8)

**velocidad de reacción.** Cambio en las concentraciones de reactivos o productos respecto del tiempo. (13.1)

**vida media ( $t_{\frac{1}{2}}$ ).** Tiempo requerido para que la concentración de un reactivo disminuya a la mitad de su concentración inicial. (13.3)

**vidrio.** Producto de la fusión de materiales inorgánicos, ópticamente transparente, que es enfriado a un estado rígido sin cristalizar. (11.7)

**viscosidad.** Medida de la resistencia de un líquido a fluir. (11.3)

**volátil.** Que tiene una presión de vapor cuantificable. (12.6)

**voltaje de celda.** Diferencia del potencial eléctrico entre el ánodo y el cátodo de una celda electroquímica. (19.2)

**volumen.** La longitud elevada al cubo. (1.6)



## Capítulo 1

**1.4** *a)* Hipótesis. *b)* Ley. *c)* Teoría. **1.12** *a)* Cambio físico. *b)* Cambio químico. *c)* Cambio físico. *d)* Cambio químico. *e)* Cambio físico. **1.14** *a)* K. *b)* Sn. *c)* Cr. *d)* B. *e)* Ba. *f)* Pu. *g)* S. *h)* Ar. *i)* Hg. **1.16** *a)* Mezcla homogénea. *b)* Elemento. *c)* Compuesto. *d)* Mezcla homogénea. *e)* Mezcla heterogénea. *f)* Mezcla homogénea. *g)* Mezcla heterogénea. **1.22** 13.9 g. **1.24** *a)* 41°C. *b)* 11.3°F. *c)*  $1.1 \times 10^4$ °F. *d)* 233°C. **1.26** *a)* -196°C. *b)* -269°C. *c)* 328°C. **1.30** *a)* 0.0152. *b)* 0.0000000778. **1.32** *a)*  $1.8 \times 10^{-2}$ . *b)*  $1.14 \times 10^{10}$ . *c)*  $-5 \times 10^4$ . *d)*  $1.3 \times 10^3$ . **1.34** *a)* Uno. *b)* Tres. *c)* Tres. *d)* Cuatro. *e)* Dos o tres. *f)* Uno. *g)* Uno o dos. **1.36** *a)* 1.28. *b)*  $3.18 \times 10^{-3}$  mg. *c)*  $8.14 \times 10^7$  dm. **1.38** *a)*  $1.10 \times 10^8$  mg. *b)*  $6.83 \times 10^{-5}$  m<sup>3</sup>. *c)*  $7.2 \times 10^3$  L. *d)*  $6.24 \times 10^{-8}$  lb. **1.40**  $3.1557 \times 10^7$  s. **1.42** *a)* 81 in/s. *b)*  $1.2 \times 10^2$  m/min. *c)* 7.4 km/h. **1.44** 88 km/h. **1.46**  $3.7 \times 10^{-3}$  g Pb. **1.48** *a)*  $1.85 \times 10^{-7}$  m. *b)*  $1.4 \times 10^{17}$  s. *c)*  $7.12 \times 10^{-5}$  m<sup>3</sup>. *d)*  $8.86 \times 10^4$  L. **1.50**  $6.25 \times 10^{-4}$  g/cm<sup>3</sup>. **1.52** *a)* Química. *b)* Química. *c)* Física. *d)* Física. *e)* Química. **1.54** 2.6 g/cm<sup>3</sup>. **1.56** 0.882 cm. **1.58** 767 mph. **1.60** El líquido debe ser menos denso que el hielo; temperatura por debajo de 0°C. **1.62**  $2.3 \times 10^3$  cm<sup>3</sup>. **1.64** 6.3¢. **1.66** 73°S. **1.68** *a)*  $8.6 \times 10^3$  L. *b)* 0.018 L. *c)* CO/día. **1.70**  $5.5 \times 10^{10}$  L. **1.72**  $7.0 \times 10^{20}$  L. **1.74**  $9.0 \times 10^1$  lb; 41 kg. **1.76** O:  $4.0 \times 10^4$  g; C:  $1.1 \times 10^4$  g; H:  $6.2 \times 10^3$  g; N:  $2 \times 10^3$  g; Ca:  $9.9 \times 10^2$  g; P:  $7.4 \times 10^2$  g. **1.78**  $4.6 \times 10^{23}$ °C;  $8.6 \times 10^{23}$ °F. **1.80**  $\$9.0 \times 10^{11}$ . **1.82**  $5.4 \times 10^{22}$  Fe átomos. **1.84** 30 veces. **1.86**  $1.450 \times 10^{-2}$  mm. **1.88**  $1.3 \times 10^3$  mL. **1.90** 2.5 nm. **1.92** *a)*  $\$3.06 \times 10^{-3}$ /L. *b)* 5.5¢. **1.94** 1 725 conjuntos;  $4.576 \times 10^4$  g. **1.96**  $4.97 \times 10^4$  g. La composición de la aleación es homogénea. **1.98** 2.413 g/mL. Sí. Los líquidos deben ser totalmente miscibles y sus volúmenes aditivos. **1.100** 0.13 L.

## Capítulo 2

**2.8** 0.12 mi. **2.14** 145. **2.16** N(7,8,7); S(16,17,16); Cu(29,34,29); Sr(38,46,38); Ba(56,74,56); W(74,112,74); Hg(80,122,80). **2.18** *a)* <sup>186</sup>W. *b)* <sup>201</sup>Hg. **2.24** *a)* El carácter metálico se incrementa a medida que se desciende en el grupo. *b)* El carácter metálico desciende de izquierda a derecha. **2.26** F y Cl; Na y K; P y N. **2.32** *a)* Molécula diatómica y compuesto. *b)* Molécula poliatómica y compuesto. *c)* Molécula poliatómica y elemento. **2.34** *a)* H<sub>2</sub> y F<sub>2</sub>. *b)* HCl y CO. *c)* S<sub>8</sub> y P<sub>4</sub>. *d)* H<sub>2</sub>O y C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>11</sub> (sacarosa). **2.36** (protones, electrones): K<sup>+</sup>(19,18); Mg<sup>2+</sup>(12,10); Fe<sup>3+</sup>(26,23); Br<sup>-</sup>(35,36); Mn<sup>2+</sup>(25,23); C<sup>4-</sup>(6,10); Cu<sup>2+</sup>(29,27). **2.44** *a)* CuBr. *b)* Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. *c)* Hg<sub>2</sub>I<sub>2</sub>. *d)* Mg<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>. **2.46** *a)* AlBr<sub>3</sub>. *b)* NaSO<sub>2</sub>. *c)* N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. *d)* K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>. **2.48** C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O. **2.50** Iónico: NaBr, BaF<sub>2</sub>, CsCl. Molecular: CH<sub>4</sub>, CCl<sub>4</sub>, ICl, NF<sub>3</sub>. **2.58** *a)* Hipoclorito de potasio. *b)* Carbonato de plata. *c)* Ácido nítrico. *d)* Permanganato de potasio. *e)* Clorato de cesio. *f)* Sulfato amonio de potasio. *g)* Óxido de hierro(II). *h)* Óxido de hierro(III). *i)* Cloruro de titanio(IV). *j)* Hidruro de sodio. *k)* Nitrato de litio. *l)* Óxido de sodio. *m)* Peróxido de sodio. **2.60** *a)* CuCN. *b)* Sr(ClO<sub>2</sub>)<sub>2</sub>. *c)* HBrO<sub>4</sub>. *d)* HI. *e)* Na<sub>2</sub>(NH<sub>4</sub>)PO<sub>4</sub>. *f)* PbCO<sub>3</sub>. *g)* SnF<sub>2</sub>. *h)* P<sub>4</sub>S<sub>10</sub>. *i)* HgO. *j)* Hg<sub>2</sub>I<sub>2</sub>. *k)* SeF<sub>6</sub>. **2.62** C-12 y C-13. **2.64** I<sup>-</sup>. **2.66** NaCl como compuesto iónico. **2.68** Elemento: *b)*, *c)*, *e)*, *f)*, *g)*, *j)*, *k)*. Moléculas: *b)*, *f)*, *g)*, *k)*. Compuestos: *i)*, *h)*. Compuestos y moléculas: *a)*, *d)*, *h)*. **2.70** *a)* (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. *b)* Ca(OH)<sub>2</sub>. *c)* CdS. *d)* ZnCr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>. **2.72** *a)* Compuestos iónicos formados entre elementos metálicos y no metálicos. *b)* Metales de transición. **2.74** <sup>23</sup>Na. **2.76** Hg y Br<sub>2</sub>. **2.78** H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, F<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub>, He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn. **2.80** No reactivos. He, Ne y Ar son químicamente inertes. **2.82** El

Ra es un producto descompuesto radiactivo proveniente del U-238. **2.84** Argentina. **2.86** *a)* Hidruro de sodio, NaH. *b)* Trióxido de diboro, B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. *c)* Sulfuro de sodio, Na<sub>2</sub>S. *d)* AlF<sub>3</sub>, fluoruro de aluminio. *e)* OF<sub>2</sub> difluoruro de oxígeno. *f)* Cloruro de estroncio SrCl<sub>2</sub>. **2.88** NF<sub>3</sub> (trifluoruro de nitrógeno), PBr<sub>5</sub> (pentabromuro de fósforo), SCl<sub>2</sub> (dicloruro de azufre). **2.90** Primera fila: Mg<sup>2+</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Mg(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>. Segunda fila: Sr<sup>2+</sup>, Cl<sup>-</sup>, cloruro de estroncio. Tercera fila: Fe(NO<sub>2</sub>)<sub>3</sub>, nitrato de hierro(III). Cuarta fila: Mn<sup>2+</sup>, ClO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Mn(ClO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>. Quinta fila: Sn<sup>4+</sup>, Br<sup>-</sup>, bromuro de estaño(IV). Sexta fila: Co<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> fosfato de cobalto(II). Séptima fila: Hg<sub>2</sub>I<sub>2</sub>, yoduro de mercurio(I). Octava fila: Cu<sup>+</sup>, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, carbonato de cobre(I). Novena fila: Li<sup>+</sup>, N<sup>3-</sup>, Li<sub>3</sub>N. Décima fila: Al<sub>2</sub>S<sub>3</sub>, sulfuro de aluminio. **2.92**  $1.91 \times 10^{-8}$  g. La masa es demasiado pequeña para detectarse. **2.94** *b)* Densidad del núcleo:  $3.24 \times 10^{14}$  g/cm<sup>3</sup>; densidad de espacio ocupada por electrones:  $3.71 \times 10^{-4}$  g/cm<sup>3</sup>. Los resultados apoyan el modelo de Rutherford. **2.96** *a)* Sí. *b)* Etano: CH<sub>3</sub> y C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>. Acetileno: CH y C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>. **2.98** Manganeseo (Mn). **2.100** Ácido clórico, ácido nitroso, ácido cianhídrico y ácido sulfúrico.

## Capítulo 3

**3.6** 92.5% **3.8**  $5.1 \times 10^{24}$  uma. **3.12**  $5.8 \times 10^3$  año luz. **3.14**  $9.96 \times 10^{-15}$  mol Co. **3.16**  $3.01 \times 10^3$  g Au. **3.18** *a)*  $1.244 \times 10^{-22}$  g/As átomo. *b)*  $9.746 \times 10^{-23}$  g/Ni átomo. **3.20**  $2.98 \times 10^{22}$  Cu átomos. **3.22** Pb. **3.24** *a)* 73.89 g. *b)* 76.15 g. *c)* 119.37 g. *d)* 176.12 g. *e)* 101.11 g. *f)* 100.95 g. **3.26**  $6.69 \times 10^{21}$  C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> moléculas. **3.28** N:  $3.37 \times 10^{26}$  átomos; C:  $1.69 \times 10^{26}$  átomos; O:  $1.69 \times 10^{26}$  átomos; H:  $6.74 \times 10^{26}$  átomos. **3.30**  $8.56 \times 10^{22}$  moléculas. **3.34** 7. **3.40** C: 10.06%; H: 0.8442%; Cl: 89.07%. **3.42** NH<sub>3</sub>. **3.44** C<sub>3</sub>H<sub>3</sub>NO<sub>5</sub>. **3.46** 39.3 g S. **3.48** 5.97 g F. **3.50** *a)* CH<sub>3</sub>O. *b)* KCN. **3.52** C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>. **3.54** C<sub>5</sub>H<sub>8</sub>O<sub>4</sub>NNa. **3.60** *a)* 2N<sub>2</sub>O<sub>5</sub> → 2N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> + O<sub>2</sub>. *b)* 2KNO<sub>3</sub> → 2KNO<sub>2</sub> + O<sub>2</sub>. *c)* NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> → N<sub>2</sub>O + 2H<sub>2</sub>O. *d)* NH<sub>4</sub>NO<sub>2</sub> → N<sub>2</sub> + 2H<sub>2</sub>O. *e)* 2NaHCO<sub>3</sub> → Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>O + CO<sub>2</sub>. *f)* P<sub>4</sub>O<sub>10</sub> + 6H<sub>2</sub>O → 4H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>. *g)* 2HCl + CaCO<sub>3</sub> → CaCl<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O + CO<sub>2</sub>. *h)* 2Al + 3H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> → Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> + 3H<sub>2</sub>. *i)* CO<sub>2</sub> + 2KOH → K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>O. *j)* CH<sub>4</sub> + 2O<sub>2</sub> → CO<sub>2</sub> + 2H<sub>2</sub>O. *k)* Be<sub>2</sub>C + 4H<sub>2</sub>O → 2Be(OH)<sub>2</sub> + CH<sub>4</sub>. *l)* 3Cu + 8HNO<sub>3</sub> → 3Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> + 2NO + 4H<sub>2</sub>O. *m)* S + 6HNO<sub>3</sub> → H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + 6NO<sub>2</sub> + 2H<sub>2</sub>O. *n)* 2NH<sub>3</sub> + 3CuO → 3Cu + N<sub>2</sub> + 3H<sub>2</sub>O. **3.64** *d)*. **3.66** 1.01 mol. **3.68** 20 moles. **3.70** *a)* 2NaHCO<sub>3</sub> → Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> + CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O. *b)* 78.3 g. **3.72** 255.9 g; 0.324 L. **3.74** 0.294 moles. **3.76** *a)* NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> → N<sub>2</sub>O + 2H<sub>2</sub>O. *b)* 20 g N<sub>2</sub>O. **3.78** 18.0 g. **3.82** N<sub>2</sub>; 1 H<sub>2</sub> y 6 NH<sub>3</sub>. **3.84** O<sub>3</sub>; 0.709 g NO<sub>2</sub>;  $6.9 \times 10^{-3}$  mol NO. **3.86** HCl; 23.4 g. **3.90** *a)* 7.05 g. *b)* 92.9%. **3.92**  $3.47 \times 10^3$  g. **3.94** 8.55 g; 76.6%. **3.96** *b)*. **3.98** Cl<sub>2</sub>O<sub>7</sub>. **3.100** *a)* 0.212 moles. *b)* 0.424 moles. **3.102** 18. **3.104**  $2.4 \times 10^{23}$  átomos. **3.106** 65.4 uma; Zn. **3.108** 89.6%. **3.110** CH<sub>3</sub>O; C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>. **3.112** 51.8 g/mol; Cr. **3.114**  $1.6 \times 10^4$  g/mol. **3.116** NaBr: 24.0%; Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>: 76.0%. **3.118** Ca: 38.76%; P: 19.97%; O: 41.26%. **3.120** Sí. **3.122**  $2.01 \times 10^{21}$  moléculas. **3.124** 16.00 uma. **3.126** *e)*. **3.128** PtCl<sub>2</sub>; PtCl<sub>4</sub>. **3.130** *a)* X: MnO<sub>2</sub>; Y: Mn<sub>3</sub>O<sub>4</sub>. *b)* 3MnO<sub>2</sub> → Mn<sub>3</sub>O<sub>4</sub> + O<sub>2</sub>. **3.132**  $6.1 \times 10^5$  tons. **3.134** Mg<sub>3</sub>N<sub>2</sub> (nitrato de magnesio). **3.136** PbC<sub>8</sub>H<sub>20</sub>. **3.138** *a)*  $4.3 \times 10^{22}$  átomos. *b)*  $1.6 \times 10^2$  pm. **3.140** 28.97 g/mol. **3.142**  $3.1 \times 10^{23}$  moléculas/mol. **3.144** *a)* C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> + 3H<sub>2</sub>O → 3CO + 7H<sub>2</sub>. *b)*  $9.09 \times 10^2$  kg. **3.146** *a)* CH<sub>4</sub> (16 uma). NH<sub>3</sub> (17 uma). H<sub>2</sub>O (18 uma). SO<sub>2</sub> (64 uma). *b)* C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> porque puede dar origen a un fragmento de CH<sub>3</sub> (15 uma). Ningún fragmento de CO<sub>2</sub> tiene una masa de 15 uma. *c)* ±0.030 uma.

**3.148**  $\text{Mg}_3\text{N}_2$ : 8.337 g;  $\text{MgO}$ : 25.66 g. **3.150**  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  formado: 9.6 g;  $\text{KClO}_3$  descompuesto: 7.4 g.

## Capítulo 4

**4.8 c).** **4.10 a)** Electrolito fuerte. *b)* No electrolito. *c)* Electrolito débil. *d)* Electrolito fuerte. **4.12 b)** y *c)* **4.14**  $\text{HCl}$  no se ioniza en benceno. **4.18 b).** **4.20 a)** Insoluble. *b)* Soluble *c)* Soluble. *d)* Insoluble. *e)* Soluble. **4.24 a)** Agregar iones cloruro. *b)* Agregar iones hidróxido. *c)* Agregar iones carbonato. *d)* Agregar iones sulfato. **4.32 a)** Base de Brønsted. *b)* Base de Brønsted. *c)* Ácido Brønsted. *d)* Base de Brønsted y ácido Brønsted. **4.34 a)**  $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{K}^+ + \text{OH}^- \longrightarrow \text{K}^+ + \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{OH}^- \longrightarrow \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_2\text{O}$ . *b)*  $\text{H}_2\text{CO}_3 + 2\text{Na}^+ + 2\text{OH}^- \longrightarrow 2\text{Na}^+ + \text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{H}_2\text{CO}_3 + 2\text{OH}^- \longrightarrow \text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$ . *c)*  $2\text{H}^+ + 2\text{NO}_3^- + \text{Ba}^{2+} + 2\text{OH}^- \longrightarrow \text{Ba}^{2+} + 2\text{NO}_3^- + 2\text{H}_2\text{O}$ ;  $2\text{H}^+ + 2\text{OH}^- \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ . **4.44 a)**  $\text{Fe} \longrightarrow \text{Fe}^{3+} + 3\text{e}^-$ ;  $\text{O}_2 + 4\text{e}^- \longrightarrow 2\text{O}^{2-}$ . Agente oxidante:  $\text{O}_2$ ; agente reductor:  $\text{Fe}$ . *b)*  $2\text{Br}^- \longrightarrow \text{Br}_2 + 2\text{e}^-$ ;  $\text{Cl}_2 + 2\text{e}^- \longrightarrow 2\text{Cl}^-$ . Agente oxidante:  $\text{Cl}_2$ ; agente reductor:  $\text{Br}^-$ . *c)*  $\text{Si} \longrightarrow \text{Si}^{4+} + 4\text{e}^-$ ;  $\text{F}_2 + 2\text{e}^- \longrightarrow 2\text{F}^-$ . Agente oxidante:  $\text{F}_2$ ; agente reductor:  $\text{Si}$ . *d)*  $\text{H}_2 \longrightarrow 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$ ;  $\text{Cl}_2 + 2\text{e}^- \longrightarrow 2\text{Cl}^-$ . Agente oxidante:  $\text{Cl}_2$ ; agente reductor:  $\text{H}_2$ . **4.46 a)** +5. *b)* +1. *c)* +3. *d)* +5. *e)* +5. *f)* +5. **4.48** Todos son cero. **4.50 a)** -3. *b)*  $-\frac{1}{2}$ . *c)* -1. *d)* +4. *e)* +3. *f)* -2. *g)* +3. *h)* +6. **4.52** Li y Ca. **4.54 a)** Ninguna reacción. *b)* Ninguna reacción. *c)*  $\text{Mg} + \text{CuSO}_4 \longrightarrow \text{MgSO}_4 + \text{Cu}$ . *d)*  $\text{Cl}_2 + 2\text{KBr} \longrightarrow \text{Br}_2 + 2\text{KCl}$ . **4.56 a)** Combinación. *b)* Descomposición. *c)* Desplazamiento. *d)* Dismutación. **4.60** Disolver 15.0 g de  $\text{NaNO}_3$  en suficiente agua para integrar 250 mL. **4.62** 10.8 g. **4.64 a)** 1.37 M. *b)* 0.426 M. *c)* 0.716 M. **4.66 a)** 6.50 g. *b)* 2.45 g. *c)* 2.65 g. *d)* 7.36 g. *e)* 3.95 g. **4.70** 0.0433 M. **4.72** 126 mL. **4.74** 1.09 M. **4.78** 35.72%. **4.80**  $2.31 \times 10^{-4}$  M. **4.86** 0.217 M. **4.88 a)** 6.00 mL. *b)* 8.00 mL. **4.92**  $9.45 \times 10^{-3}$  g. **4.94** 0.06020 M. **4.96** 6.16 mL. **4.98** 0.231 mg. **4.100 i)** Sólo el oxígeno soporta la combustión. *ii)* Sólo el  $\text{CO}_2$  reacciona con  $\text{Ca(OH)}_2$  para formar  $\text{CaCO}_3$  (precipitado blanco). **4.102** 1.26 M. **4.104** 0.171 M. **4.106** 0.115 M. **4.108** Ag: 1.25 g; Zn: 2.12 g. **4.110**  $\text{NaOH}$  0.0722 M. **4.112** 24.0 g/mol; Mg. **4.114** 1.73 M. **4.116** Sólo  $\text{Fe(II)}$  se oxida por medio de una disolución de  $\text{KMnO}_4$  y por lo tanto puede cambiar del color púrpura a incoloro. **4.118** Los iones son eliminados al precipitarse el  $\text{BaSO}_4$ . **4.120 a)** Prueba de conductividad. *b)* Sólo el  $\text{NaCl}$  reacciona con  $\text{AgNO}_3$  para formar el precipitado de  $\text{AgCl}$ . **4.122** El ion  $\text{Cl}^-$  no puede aceptar ningún electrón. **4.124** La reacción es demasiado violenta. **4.126** Usar bicarbonato de sodio:  $\text{HCO}_3^- + \text{H}^+ \longrightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ . El  $\text{NaOH}$  es una sustancia cáustica y este uso de ella no es seguro. **4.128 a)** Conductividad. Reacción con  $\text{AgNO}_3$  para formar  $\text{AgCl}$ . *b)* Soluble en agua. No electrolítica. *c)* Posee propiedades de los ácidos. *d)* Soluble. Reacciona con ácidos para producir  $\text{CO}_2$ . *e)* Electrolito soluble y fuerte. Reacciona con ácidos para producir  $\text{CO}_2$ . *f)* Electrolito débil y ácido débil. *g)* Soluble en agua. Reacciona con  $\text{NaOH}$  para producir un precipitado de  $\text{Mg(OH)}_2$ . *h)* Electrolito fuerte y base fuerte. *i)* Olor característico. Electrolito débil y base débil. *j)* Insoluble. Reacciona con ácidos. *k)* Insoluble. Reacciona con ácidos para producir  $\text{CO}_2$ . **4.130**  $\text{NaCl}$ : 44.11%;  $\text{KCl}$ : 55.89%. **4.132** 1.33 g. **4.134** 56.18%. **4.136 a)** 1.40 M. *b)* 4.96 g. **4.138 a)**  $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \longrightarrow \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$ . *b)* 97.99%. **4.140** Cero. **4.142** 0.224%. **4.144 a)**  $\text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2$ . *b)*  $2\text{KClO}_3 \longrightarrow 2\text{KCl} + 3\text{O}_2$ . *c)*  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{HCl} \longrightarrow 2\text{NaCl} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ . *d)*  $\text{NH}_4\text{NO}_2 \longrightarrow \text{N}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ . **4.146** Sí. **4.148 a)**  $8.316 \times 10^{-7}$  M. *b)*  $3.286 \times 10^{-5}$  g. **4.150** 0.0680 M. **4.152 a)** Precipitación:  $\text{Mg}^{2+} + 2\text{OH}^- \longrightarrow \text{Mg(OH)}_2$ ; ácido-base:  $\text{Mg(OH)}_2 + 2\text{HCl} \longrightarrow \text{MgCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ ; redox:  $\text{MgCl}_2 \longrightarrow \text{Mg} + \text{Cl}_2$ . *b)*  $\text{NaOH}$  es más costoso que el  $\text{CaO}$ . *c)* La dolomita proporciona Mg adicional. **4.154 a)** Reacciones (2) y (4). *b)* Reacción (5). *c)* Reacción (3). *d)* Reacción (1).

## Capítulo 5

**5.14** 0.797 atm; 80.8 kPa. **5.18 (1) b)** (2) *a)* (3) *c)* (4) *a)* **5.20** 53 atm. **5.22 a)** 0.69 L. *b)* 61 atm. **5.24**  $1.3 \times 10^3$  K. **5.26**  $\text{ClF}_3$ . **5.32** 6.2 atm. **5.34** 745 K. **5.36** 1.9 atm. **5.38** 0.82 L. **5.40** 45.1 L. **5.42**  $6.1 \times 10^{-3}$  atm. **5.44** 35.0 g/mol. **5.46**  $\text{N}_2$ :  $2.1 \times 10^{22}$ ;  $\text{O}_2$ :  $5.7 \times 10^{21}$ ; Ar:  $3 \times 10^{20}$ . **5.48** 2.97 g/L. **5.50**  $\text{SF}_4$ . **5.52** 370 L. **5.54** 88.9%. **5.56**  $\text{M} + 3\text{HCl} \longrightarrow 1.5\text{H}_2 + \text{MCl}_3$ ;  $\text{M}_2\text{O}_3$ ,  $\text{M}_2(\text{SO}_4)_3$ . **5.58**  $2.84 \times 10^{-2}$  mol  $\text{CO}_2$ ; 94.7%. **5.60**  $1.71 \times 10^3$  L. **5.64 a)** 0.89 atm. *b)* 1.4 L. **5.66** 349 mmHg. **5.68** 19.8 g. **5.70**  $\text{H}_2$ : 650 mmHg;  $\text{N}_2$ : 217 mmHg. **5.78**  $\text{N}_2$ : 472 m/s;  $\text{O}_2$ : 441 m/s;  $\text{O}_3$ : 360 m/s. **5.80** 2.8 m/s; 2.7 m/s. La elevación al cuadrado favorece los valores mayores. **5.82** 1.0043. **5.84** 4. **5.90** No. **5.92** Ne. **5.94**  $\text{C}_6\text{H}_6$ . **5.96** 445 mL. **5.98 a)** 9.53 atm. *b)*  $\text{NiCO}_4$  se descompone para producir  $\text{CO}$ , el cual incrementa la presión. **5.100**  $1.30 \times 10^{22}$  moléculas;  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ . **5.102**  $5.25 \times 10^{18}$  kg. **5.104** 0.0701 M. **5.106** He: 0.16 atm; Ne: 2.0 atm. **5.108**  $\text{HCl}$  se disuelve en agua, lo que crea un vacío parcial. **5.110** 7. **5.112 a)** 61.2 m/s. *b)*  $4.58 \times 10^{-4}$  s. *c)* 328 m/s; 366 m/s. **5.114**  $2.09 \times 10^4$  g;  $1.58 \times 10^4$  L. **5.116** Mayor presión parcial al interior de una bolsa de papel. **5.118** Para igualar la presión a medida que disminuye la cantidad de tinta. **5.120 a)**  $\text{NH}_4\text{NO}_3 \longrightarrow \text{N}_2\text{O} + 2\text{H}_2\text{O}$ . *b)* 0.0821 L · atm/K · mol. **5.122**  $\text{C}_6\text{H}_6$ . **5.124** La baja presión atmosférica causó que los gases dañinos ( $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ) fluyeran hacia afuera de la mina y que el hombre se sofocara. **5.126 a)** 4.90 L. *b)* 6.0 atm. *c)* 1 atm. **5.128 a)**  $5 \times 10^{-22}$  atm. *b)*  $5 \times 10^{20}$  L. **5.130** 91%. **5.132**  $1.7 \times 10^{12}$  moléculas. **5.134**  $\text{NO}_2$ . **5.136**  $7.0 \times 10^{-3}$  m/s;  $3.5 \times 10^{-30}$  J. **5.138**  $2.3 \times 10^3$  L. **5.140**  $1.8 \times 10^2$  mL. **5.142 a)**  $1.09 \times 10^{44}$  moléculas. *b)*  $1.18 \times 10^{22}$  moléculas/respiración. *c)*  $2.60 \times 10^{30}$  moléculas. *d)*  $2.39 \times 10^{-14}$ ;  $3 \times 10^8$  moléculas. *e)* Mezcla completa de aire; ninguna molécula se escapa a la atmósfera exterior; ninguna molécula se consume durante el metabolismo, fijación de nitrógeno, etc. **5.144** 3.7 nm; 0.31 nm. **5.146** 0.54 atm. **5.148** 53.4%. **5.150**  $\text{CO}$ : 54.4%;  $\text{CO}_2$ : 45.6%. **5.152**  $\text{CH}_4$ : 0.789;  $\text{C}_2\text{H}_6$ : 0.211. **5.154 a)**  $8(4\pi r^3/3)$ . *b)*  $(16/3)N_A \pi r^3$ . El volumen excluido es cuatro veces los volúmenes de los átomos. **5.156**  $\text{NO}$ . **5.158** *b)*.

## Capítulo 6

**6.16 a)** 0. *b)* -9.5 J. *c)* -18 J. **6.18** 48 J. **6.20**  $-3.1 \times 10^3$  J. **6.26**  $-1.57 \times 10^4$  kJ. **6.28** -553.8 kJ/mol. **6.34** 728 kJ. **6.36** 50.7°C. **6.38** 26.3°C. **6.46**  $\text{O}_2$ . **6.48 a)**  $\Delta H_f^\circ[\text{Br}_2(l)] = 0$ ;  $\Delta H_f^\circ[\text{Br}_2(g)] > 0$ . *b)*  $\Delta H_f^\circ[\text{I}_2(s)] = 0$ ;  $\Delta H_f^\circ[\text{I}_2(g)] > 0$ . **6.50** Medir  $\Delta H_f^\circ$  para la formación del  $\text{Ag}_2\text{O}$  a partir de Ag y  $\text{O}_2$  y del  $\text{CaCl}_2$  a partir del Ca y  $\text{Cl}_2$ . **6.52 a)** -167.2 kJ/mol. *b)* -56.2 kJ/mol. **6.54 a)** -1 411 kJ/mol. *b)* -1 124 kJ/mol. **6.56** 218.2 kJ/mol. **6.58** -71.58 kJ/g. **6.60**  $2.70 \times 10^2$  kJ. **6.62** -84.6 kJ/mol. **6.64** -847.6 kJ/mol. **6.72**  $\Delta H_2 - \Delta H_1$ . **6.74 a)** -336.5 kJ/mol. *b)*  $\text{NH}_3$ . **6.76** -43.6 kJ. **6.78** 0. **6.80** -350.7 kJ/mol. **6.82** 0.492 J/g · °C. **6.84** La primera reacción exotérmica) se puede utilizar para promover la segunda reacción (endotérmica). **6.86**  $1.09 \times 10^4$  L. **6.88** 4.10 L. **6.90** 5.60 kJ/mol. **6.92 a)**. **6.94 a)** 0. *b)* -9.1 J. *c)* 2.4 L; -48 J. **6.96 a)** Un congelador más lleno tiene mayor masa y por lo tanto mayor capacidad calorífica. *b)* El café o el té tienen mayor cantidad de agua, la cual tienen mayor capacidad calorífica que los fideos. **6.98**  $-1.84 \times 10^3$  kJ. **6.100**  $3.0 \times 10^9$ . **6.102** 5.35 kJ/°C. **6.104** -5.2 ×  $10^6$  kJ. **6.106 a)**  $3.4 \times 10^5$  g. *b)*  $-2.0 \times 10^8$  J. **6.108 a)**  $1.4 \times 10^2$  kJ. *b)*  $3.9 \times 10^2$  kJ. **6.110 a)** -65.2 kJ/mol. *b)* -9.0 kJ/mol. **6.112** -110.5 kJ/mol. Pueden ser  $\text{CO}$  y  $\text{CO}_2$ . **6.114 a)** 0.50 J. *b)* 32 m/s. *c)* 0.12°C. **6.116** -277.0 kJ/mol. **6.118** 104 g. **6.120**  $9.9 \times 10^8$  J; 304°C. **6.122** 1.51 ×  $10^3$  kJ. **6.124**  $\Delta E = -5$  153 kJ/mol;  $\Delta H = -5$  158 kJ/mol. **6.126** 564.2 kJ/mol. **6.128** 96.21%. **6.130 a)** CH. *b)* 49 kJ/mol. **6.132** 43 kJ/mol.

## Capítulo 7

**7.8 a)**  $6.58 \times 10^{14}$ /s. *b)*  $1.22 \times 10^8$  nm. **7.10** 2.5 min. **7.12** 4.95 ×  $10^{14}$ /s. **7.16 a)**  $4.0 \times 10^2$  nm. *b)*  $5.0 \times 10^{-19}$  J. **7.18** 1.2 ×

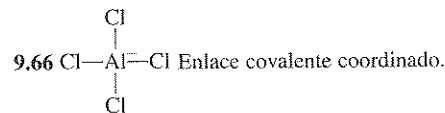
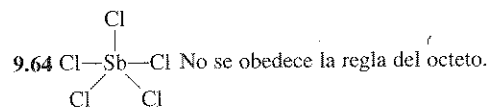
$10^2$  nm (UV). **7.20 a)**  $3.70 \times 10^2$  nm. *b)* UV. *c)*  $5.38 \times 10^{-19}$  J. **7.26** Usar un prisma. **7.28** Comparar los espectros de emisión con los que hay en la Tierra de los elementos conocidos. **7.30**  $3.027 \times 10^{-19}$  J. **7.32**  $6.17 \times 10^{14}$ /s. 486 nm. **7.34** 5. **7.40**  $1.37 \times 10^{-6}$  nm. **7.42**  $1.7 \times 10^{-23}$  nm. **7.56**  $\ell = 2$ ;  $m_\ell = -2, -1, 0, 1, 2$ .  $\ell = 1$ ;  $m_\ell = -1, 0, 1$ .  $\ell = 0$ ;  $m_\ell = 0$ . **7.58 a)**  $n = 3$ ,  $\ell = 0$ ,  $m_\ell = 0$ . *b)*  $n = 4$ ,  $\ell = 1$ ,  $m_\ell = -1, 0, 1$ . *c)*  $n = 3$ ,  $\ell = 2$ ,  $m_\ell = -2, -1, 0, 1, 2$ . En todos los casos,  $m_s = +\frac{1}{2}$  o  $-\frac{1}{2}$ . **7.60** La diferencia sólo es en la orientación. **7.62** 6s, 6p, 6d, 6f, 6g y 6h. **7.64**  $2\pi^2$ . **7.66 a)** 3. *b)* 6. *c)* 0. **7.68** No hay apantallamiento en un átomo de H. **7.70 a)**  $2s < 2p$ . *b)*  $3p < 3d$ . *c)*  $3s < 4s$ . *d)*  $4d < 5f$ . **7.76** Al:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$ . B:  $1s^2 2s^2 2p^1$ . F:  $1s^2 2s^2 2p^5$ . **7.78** B(1), Ne(0), P(3), Sc(1), Mn(5), Se(2), Kr(0), Fe(4), Cd(0), I(1), Pb(2). **7.88** [Kr] $5s^2 4d^6$ . **7.90** Ge: [Ar] $4s^2 3d^{10} 4p^2$ . Fe: [Ar] $4s^2 3d^6$ . Zn: [Ar] $4s^2 3d^{10}$ . Ni: [Ar] $4s^2 3d^8$ . W: [Xe] $6s^2 4f^{14} 5d^4$ . Tl: [Xe] $6s^2 4f^{14} 5d^{10} 6p^1$ . **7.92**  $\text{S}^{+}$ . **7.94 a)** Incorrecto. *b)* Correcto. *c)* Incorrecto. **7.96 a)** Un *e* en un  $2s$  y un *e* en cada orbital  $2p$ . *b)*  $2e$  en cada orbital  $4p$ ,  $4d$  y  $4f$ . *c)*  $2e$  en cada uno de los 5 orbitales  $3d$ . *d)* Un *e* en un orbital  $2s$ . *e)*  $2e$  en un orbital *f*. **7.98** Propiedades de onda. **7.100 a)**  $1.05 \times 10^{-25}$  nm. *b)* 8.86 nm. **7.102 a)**  $1.20 \times 10^{18}$  fotones. *b)*  $3.76 \times 10^8$  W. **7.104** 419 nm. En teoría sí, en la práctica, no. **7.106**  $3.0 \times 10^{19}$  fotones. **7.108** He<sup>+</sup>: 164 nm, 121 nm, 109 nm, 103 nm (todos en la región UV). H: 657 nm, 487 nm, 434 nm, 411 nm (todos en la región visible). **7.110**  $1.2 \times 10^2$  fotones. **7.112** La luz amarilla generará más electrones, la luz azul generará más electrones con mayor energía cinética. **7.114 a)** He. *b)* N. *c)* Na. *d)* As. *e)* Cl. Vea la tabla 7.3 para ver las configuraciones electrónicas en estado fundamental. **7.116** Pudieron haber descubierto las propiedades de onda de los electrones. **7.118**  $7.39 \times 10^{-2}$  nm. **7.120 a)** Falso. *b)* Falso. *c)* Verdadero. *d)* Falso. *e)* Verdadero. **7.122**  $2.0 \times 10^{-5}$  m/s. **7.124 a)** y *f)* violan el principio de exclusión de Pauli; *b)*, *d)* y *e)* violan la regla de Hund. **7.126**  $2.8 \times 10^6$  K. **7.128**  $2.76 \times 10^{-11}$  m. **7.130** 17.4 pm. **7.132** 0.929 pm;  $3.23 \times 10^{20}$ /s. **7.134 a)** B: 4  $\longrightarrow$  2; C: 5  $\longrightarrow$  2. *b)* A: 41.1 nm; B: 30.4 nm. *c)*  $2.18 \times 10^{-18}$  J. *d)* La secuencia muestra que el electrón ha sido desprendido del ion. **7.136**  $n = 1$ ;  $1.96 \times 10^{-17}$  J;  $n = 5$ ;  $7.85 \times 10^{-19}$  J. 10.6 nm. **7.138**  $3.87 \times 10^5$  m/s. **7.140 a)** Fotosíntesis y visión. *b)* Mediante la comparación de la curva de radiación de cuerpo negro de la estrella con la obtenida de los objetos a diferentes temperaturas en el laboratorio.

## Capítulo 8

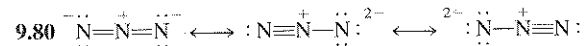
**8.20 a)**  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$ . *b)* Representativo. *c)* Paramagnético. **8.22 a)** y *d)*; *b)* y *e)*; *c)* y *f)*. **8.24 a)** Grupo 1A. *b)* Grupo 5A. *c)* Grupo 8A. *d)* Grupo 8B. **8.26** Fe. **8.28 a)** [Ne]. *b)* [Ne]. *c)* [Ar]. *d)* [Ar]. *e)* [Ar]. *f)* [Ar] $3d^6$ . *g)* [Ar] $3d^9$ . *h)* [Ar] $3d^{10}$ . **8.30 a)**  $\text{Cr}^{3+}$ . *b)*  $\text{Sc}^{3+}$ . *c)*  $\text{Rh}^{3+}$ . *d)*  $\text{Ir}^{3+}$ . **8.32**  $\text{Be}^{2+}$  y He;  $\text{F}^-$  y  $\text{N}^{3-}$ ;  $\text{Fe}^{2+}$  y  $\text{Co}^{3+}$ ;  $\text{S}^{2-}$  y Ar. **8.38** Na > Mg > Al > P > Cl. **8.40** F. **8.42** La carga nuclear efectiva que los electrones exteriores sienten se incrementa a lo largo del periodo. **8.44**  $\text{Mg}^{2+} < \text{Na}^+ < \text{F}^- < \text{O}^{2-} < \text{N}^{3-}$ . **8.46**  $\text{Te}^{2-}$ . **8.48** -199.4°C. **8.52** K < Ca < P < F < Ne. **8.54** El electrón sólo  $3p$  en Al está bien protegido por los electrones  $1s$ ,  $2s$  y  $3s$ . **8.56**  $1s^2 2s^2 2p^6$ : 2 080 kJ/mol. **8.58**  $8.40 \times 10^6$  kJ/mol. **8.62** Cl. **8.64** La configuración  $ns^1$  permite aceptar otro electrón. **8.68** Fr debe ser el más reactivo hacia el agua y el oxígeno, formando  $\text{FrOH}$  y  $\text{Fr}_2\text{O}_2$  y  $\text{FrO}_2$ . **8.70** El grupo de elementos 1B tiene energías de ionización más altas debido al apantallamiento incompleto de los electrones *d* internos. **8.72 a)**  $\text{Li}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{LiOH}$ . *b)*  $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Ca(OH)}_2$ . *c)*  $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$ . **8.74** BaO. **8.76 a)** Bromo. *b)* Nitrógeno. *c)* Rubidio. *d)* Magnesio. **8.78 a)**  $\text{Mg}^{2+} < \text{Na}^+ < \text{F}^- < \text{O}^{2-}$ . *b)*  $\text{O}^{2-} < \text{F}^- < \text{Na}^+ < \text{Mg}^{2+}$ . **8.80** M es K; X es Br. **8.82** N y O<sup>+</sup>; Ne y  $\text{N}^{3-}$ ; Ar y  $\text{S}^{2-}$ ; Zn y  $\text{As}^{3+}$ ; Cs<sup>+</sup> y Xe. **8.84 a)** y *d)*. **8.86** Gas amarillo verdoso:  $\text{F}_2$ ; gas amarillo:  $\text{Cl}_2$ ; líquido rojo:  $\text{Br}_2$ ; sólido oscuro:  $\text{I}_2$ . **8.88** Flúor. **8.90** H<sup>+</sup>. **8.92**  $\text{Li}_2\text{O}$  (básico); BeO (anfótero);  $\text{B}_2\text{O}_3$  (ácido);  $\text{CO}_2$  (ácido);  $\text{N}_2\text{O}_5$  (ácido). **8.94** Forma iones  $\text{H}^+$  y  $\text{H}^-$ ;  $\text{H}^+$  es un solo protón. **8.96** 0.65. **8.98** 76.7%. **8.100** 418 kJ/mol. Usar la longitud de onda máxima. **8.102**  $7.28 \times 10^3$  kJ/mol. **8.104** X: Sn o Pb; Y:

P; Z: metal alcalino. **8.106** 495.9 kJ/mol. **8.108** 343 nm (UV). **8.110** 604.3 kJ/mol. **8.112**  $\text{K}_2\text{TiO}_4$ . **8.114**  $2\text{K}_2\text{MnF}_6 + 4\text{SbF}_5 \longrightarrow 4\text{KSbF}_6 + 2\text{MnF}_3 + \text{F}_2$ . **8.116**  $\text{N}_2\text{O}$  (+1). NO (+2),  $\text{N}_2\text{O}_3$  (+3),  $\text{NO}_2$  y  $\text{N}_2\text{O}_4$  (+4),  $\text{N}_2\text{O}_5$  (+5). **8.118** Cuanto más grande sea la carga nuclear efectiva, más apretadamente se encontrarán sujetos los electrones. El radio atómico será pequeño y la energía de ionización será grande. **8.120** punto de fusión: 6.3°C; punto de ebullición: 74.9°C. **8.122** El calor generado a partir de la desintegración nuclear puede descomponer compuestos. **8.124** Ar: 39.95 uma; K: 39.10 uma. **8.126** Z = 119; [Rn] $7s^2 5f^{14} 6d^{10} 7p^6 8s^1$ . **8**

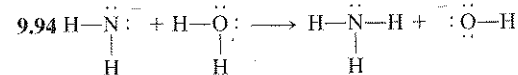




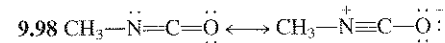
9.70 303.0 kJ/mol. 9.72 a) -2 759 kJ/mol. b) -2 855 kJ/mol. 9.74 Iónico: RbCl, KO<sub>2</sub>; covalente: PF<sub>5</sub>, BrF<sub>3</sub>, Cl<sub>4</sub>. 9.76 Iónico: NaF, MgF<sub>2</sub>, AlF<sub>3</sub>; covalente: SiF<sub>4</sub>, PF<sub>3</sub>, SF<sub>6</sub>, ClF<sub>3</sub>. 9.78 KF: iónico, punto de fusión alto, soluble en agua, su fusión y disolución conducen la electricidad. C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>: molécula discreta y covalente, punto de fusión bajo, insoluble en agua, no conduce la electricidad.



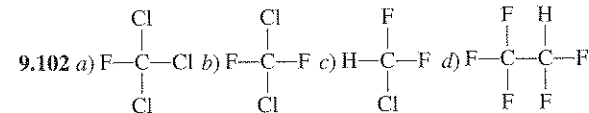
9.82 a) AlCl<sub>4</sub><sup>-</sup>. b) AlF<sub>6</sub><sup>3-</sup>. c) AlCl<sub>3</sub>. 9.84 CF<sub>2</sub>: viola la regla del octeto; LiO<sub>2</sub>: energía reticular demasiado baja; CsCl<sub>2</sub>: segunda energía de ionización demasiado alta para producir Cs<sup>2+</sup>; PI<sub>5</sub>: el átomo de I es demasiado voluminoso para encajar alrededor de P. 9.86 a) Falso. b) Verdadero. c) Falso. d) Falso. 9.88 -67 kJ/mol. 9.90 N<sub>2</sub>. 9.92 NH<sub>4</sub><sup>+</sup> y CH<sub>4</sub>; CO y N<sub>2</sub>; B<sub>3</sub>N<sub>3</sub>H<sub>6</sub> y C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>.



9.96 F<sub>3</sub><sup>-</sup> viola la regla del octeto.



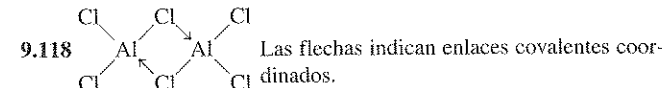
9.100 c) No hay enlace entre C y O. d) Grandes cargas formales.



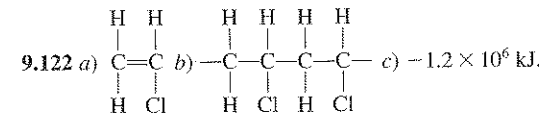
9.104 a) -9.2 kJ/mol. b) -9.2 kJ/mol. 9.106 a)  $\text{C} \equiv \text{O}^+ \cdot^-$  b)  $\text{N} \equiv \text{O}^+ \cdot^-$  c)  $\text{C} \equiv \text{N}^+ \cdot^-$  d)  $\text{N} \equiv \text{N}$ : 9.108 Verdadero. 9.110 a) 114 kJ/mol. b) El electrón adicional incrementa la repulsión entre los átomos de F. 9.112 Par libre en C y carga formal negativa en C.

9.114 a)  $\text{N} \equiv \ddot{\text{O}} \longleftrightarrow \cdot \ddot{\text{N}} = \ddot{\text{O}}^+$  b) No.

9.116 Viola la regla del octeto.



9.120 347 kJ/mol.

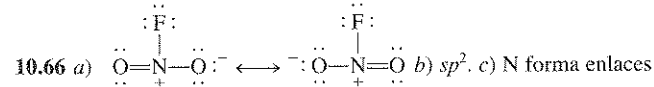


9.124 O: 3.16; F: 4.37; Cl: 3.48. 9.126 1) El MgO sólido que contiene iones Mg<sup>2+</sup> y O<sup>2-</sup> sería paramagnético. 2) La energía reticular sería parecida al NaCl (demasiado baja). 9.128 -629 kJ/mol. 9.130 268 nm. 9.132 a) -1 413.9 kJ/mol y -1 937 kJ/mol. b) 162 L. c) 11.0 atm.

## Capítulo 10

10.8 a) Plana trigonal. b) Lineal. c) Tetraédrica. 10.10 a) Tetraédrica. b) Con forma de T. c) Angular. d) Plana trigonal. e) Tetraédrica. 10.12 a) Tetraédrica. b) Angular. c) Plana trigonal. d) Lineal. e) Plana cuadrada. f) Tetraédrica. g) Bipiramidal trigonal. h) Trigonal piramidal. i) Tetraédrica. 10.14 SiCl<sub>4</sub>, Cl<sub>4</sub>, CdCl<sub>4</sub><sup>2-</sup>. 10.20 La electronegatividad disminuye de F a I. 10.22 Más alta. 10.24 b) = d) < c) < a). 10.34 sp<sup>3</sup>

para ambos. 10.36 B: sp<sup>2</sup> a sp<sup>3</sup>; N: sigue sp<sup>3</sup>. 10.38 De izquierda a derecha. a) sp<sup>3</sup>. b) sp<sup>3</sup>, sp<sup>2</sup>, sp<sup>2</sup>. c) sp<sup>3</sup>, sp, sp, sp<sup>3</sup>. d) sp<sup>3</sup>, sp<sup>2</sup>. e) sp<sup>3</sup>, sp<sup>2</sup>. 10.40 sp. 10.42 sp<sup>3</sup>d. 10.44 9 enlaces pi y 9 enlaces sigma. 10.50 Los espines de electrón deben aparearse en H<sub>2</sub>. 10.52 Li<sub>2</sub><sup>+</sup> = Li<sub>2</sub><sup>+</sup> < Li<sub>2</sub>. 10.54 B<sub>2</sub><sup>+</sup>. 10.56 La teoría MO predice que O<sub>2</sub> es paramagnético. 10.58 O<sub>2</sub><sup>2-</sup> < O<sub>2</sub><sup>-</sup> < O<sub>2</sub> < O<sub>2</sub><sup>+</sup>. 10.60 B<sub>2</sub> contiene un enlace pi; C<sub>2</sub> contiene 2 enlaces pi. 10.64 El círculo presenta deslocalización electrónica.



sigma con átomos de F y O. Hay un orbital molecular pi deslocalizado sobre los átomos de N y O. 10.68 sp<sup>2</sup>. 10.70 Lineal. Medición de momento dipolar. 10.72 El gran tamaño de Si produce deficientes traslapes laterales de los orbitales p para formar enlaces pi. 10.74 XeF<sub>3</sub><sup>+</sup>: en forma de T; XeF<sub>5</sub><sup>+</sup>: piramidal cuadrada; SbF<sub>6</sub><sup>-</sup>: octaédrica. 10.76 a) 180°. b) 120°. c) 109.5°. d) Aproximadamente 109.5°. e) 180°. f) Aproximadamente 120°. g) Aproximadamente 109.5°. h) 109.5°. 10.78 sp<sup>3</sup>d. 10.80 ICl<sub>2</sub><sup>-</sup> y CdBr<sub>2</sub>. 10.82 a) sp<sup>2</sup>. b) Molécula a la derecha. 10.84 El enlace pi en el *cis*-dicloroetileno impide la rotación. 10.86 O<sub>3</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>, CFCl<sub>3</sub>. 10.88 C: todos los átomos de C de un solo enlace son sp<sup>3</sup>, los átomos de C de enlace doble son sp<sup>2</sup>; N: los átomos de N de enlace sencillo son sp<sup>3</sup>, los átomos de N que forman un enlace doble son sp<sup>2</sup>, el átomo de N que forma dos enlaces dobles es sp. 10.90 Sí tiene orbitales 3d así que se puede agregar agua a Si (expansión de nivel de valencia). 10.92 C: sp<sup>2</sup>; N: el átomo de N que forma un enlace doble es sp<sup>2</sup>, los otros son sp<sup>3</sup>. 10.94 a) Utilizar un horno convencional. b) No. Las moléculas polares absorberían las microondas. c) Las moléculas de agua absorben parte de las microondas. 10.96 El pequeño tamaño de F produce un enlace más corto y una mayor repulsión del par libre. 10.98 43.6%. 10.100 Segunda y tercera vibraciones. CO, NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O. 10.102 a) Las dos rotaciones de 90° se romperán y conformarán el enlace pi y convertirán el *cis*-dicloroetileno en *trans*-dicloroetileno. b) En enlace pi es más débil debido al menor alcance de los traslapes laterales de orbitales. c) 444 nm. 10.104 a) H<sub>2</sub>. El electrón se elimina del orbital molecular de enlazamiento estable. b) N<sub>2</sub>. Lo mismo que a). c) O. El orbital atómico en O es más estable que el orbital molecular de antienlace en O<sub>2</sub>. d) El orbital atómico en F es más estable que el orbital molecular de antienlace en F<sub>2</sub>. 10.106 a) [Ne<sub>2</sub>](σ<sub>3s</sub>)<sup>2</sup>(σ<sub>3s</sub><sup>\*</sup>)<sup>2</sup>(π<sub>3p<sub>y</sub></sub>)<sup>2</sup>(π<sub>3p<sub>z</sub></sub>)<sup>2</sup>(σ<sub>3p<sub>x</sub></sub>)<sup>2</sup>. b) 3. c) Diamagnético. 10.108 Para todos los electrones a ser apareados en O<sub>2</sub> (vea tabla 10.5), la energía es necesaria para girar el espín de uno de los electrones en los orbitales moleculares de antienlace. Esta distribución es menos estable de acuerdo con la regla de Hund. 10.110 a) Plana y sin momento dipolo. b) 20 enlaces sigma y 6 enlaces pi. 10.112 La carga formal negativa se coloca en el carbono menos electronegativo, así que hay menor separación de carga y un momento dipolo menor. b) Tanto la estructura de Lewis como el tratamiento del orbital molecular predice un enlace triple. c) C.

## Capítulo 11

11.8 Metano. 11.10 a) Fuerzas de dispersión. b) Fuerzas de dispersión y fuerzas dipolo-dipolo. c) Igual que b). d) Fuerzas de dispersión e ion-ion. e) Igual que a). 11.12 e). 11.14 Sólo el 1-butanol puede formar enlaces de hidrógeno. 11.16 a) Xe. b) CS<sub>2</sub>. c) Cl<sub>2</sub>. d) LiF. e) NH<sub>3</sub>. 11.18 a) Enlace hidrógeno y fuerzas de dispersión. b) Fuerzas de dispersión. c) Fuerzas de dispersión. d) Enlace covalente. 11.20 El compuesto a la izquierda puede formar un enlace hidrógeno intramolecular. 11.32 Entre el etanol y el glicerol. 11.38 sec: 1; bcc: 2; fcc: 4. 11.40 6.20 × 10<sup>23</sup> Ba átomos/mol. 11.42 458 pm. 11.44 XY<sub>3</sub>, 11.48 0.220 nm. 11.52 Sólido molecular. 11.54 Sólidos moleculares: Se<sub>8</sub>, HBr, CO<sub>2</sub>, P<sub>4</sub>O<sub>6</sub>, SiH<sub>4</sub>. Sólidos covalentes: Si, C. 11.56 Cada átomo de C en el diamante está enlazado covalentemente a otros cuatro átomos de C. El grafito tiene electrones deslocalizados en dos dimensiones.

11.78 2.67 × 10<sup>3</sup> kJ. 11.80 47.03 kJ/mol. 11.82 Congelamiento, sublimación. 11.84 Cuando el vapor se condensa a 100°C, libera calor igual al calor de vaporización. 11.86 331 mmHg. 11.88 75.9 kJ/mol. 11.92 En un principio, el hielo se derrite debido al incremento de la presión. Al hundirse el cable en el hielo, el agua por encima de él se congela. De esta forma, el cable se mueve a través del hielo sin cortarlo a la mitad. 11.94 a) El hielo se derrite. b) El vapor de agua se condensa en hielo. c) El agua hierve. 11.96 d). 11.98 Cristal covalente. 11.100 CCl<sub>4</sub>. 11.102 760 mmHg. 11.104 Éste es el punto crítico. 11.106 SiO<sub>2</sub> cristalino. 11.108 a), b), d). 11.110 8.3 × 10<sup>-3</sup> atm. 11.112 a) K<sub>2</sub>S. b) Br<sub>2</sub>. 11.114 SO<sub>2</sub>. Es una molécula polar. 11.116 62.4 kJ/mol. 11.118 Los iones más pequeños tienen mayores densidades de carga y un mayor grado de hidratación. 11.120 a) 30.7 kJ/mol. b) 192.5 kJ/mol. 11.122 a) Disminuye. b) Sin cambio. c) Sin cambio. 11.124 CaCO<sub>3</sub>(s) → CaO(s) + CO<sub>2</sub>(g). Tres fases. 11.126 SiO<sub>2</sub> es un cristal covalente. CO<sub>2</sub> existe como moléculas discretas. 11.128 66.8%. 11.130 scc: 52.4%; bcc: 68.0%; fcc: 74.0%. 11.132 1.69 g/cm<sup>3</sup>. 11.134 a) Dos (diamante/grafito/líquido y grafito/líquido/vapor). b) Diamante. c) Aplicar alta presión a alta temperatura. 11.136 Las moléculas en el bastón se mantienen juntas por fuerzas intermoleculares. 11.138 Cuando el filamento de tungsteno se calienta a una temperatura alta (ca. 3 000°C), se sublima y se condensa en las paredes internas. El gas inerte presurizado de Ar retarda la sublimación. 11.140 Cuando el metano se quema en el aire, forma CO<sub>2</sub> y vapor de agua. Ésta se condensa afuera del vaso frío. 11.142 6.019 × 10<sup>23</sup> Fe átomos/mol. 11.144 Na (186 pm y 0.965 g/cm<sup>3</sup>). 11.146 d).

## Capítulo 12

12.10 El ciclohexano no puede formar enlaces de hidrógeno. 12.12 Las cadenas más largas se vuelven más no polares. 12.16 a) 25.9 g. b) 1.72 × 10<sup>3</sup> g. 12.18 a) 2.68 m. b) 7.82 m. 12.20 0.010 m. 12.22 5.0 × 10<sup>2</sup> m; 18.3 M. 12.24 a) 2.41 m. b) 2.13 M. c) 0.0587 L. 12.28 45.9 g. 12.36 La presión del CO<sub>2</sub> es mayor en la parte inferior de la mina. 12.38 0.28 L. 12.52 1.3 × 10<sup>3</sup> g. 12.54 Etanol: 30.0 mmHg; 1-propanol: 26.3 mmHg. 12.56 128 g. 12.58 0.59 m. 12.60 120 g/mol. C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>O<sub>4</sub>. 12.62 -8.6°C. 12.64 4.3 × 10<sup>2</sup> g/mol. C<sub>24</sub>H<sub>20</sub>P<sub>4</sub>. 12.66 1.75 × 10<sup>4</sup> g/mol. 12.68 343 g/mol. 12.74 Punto de ebullición, presión de vapor, presión osmótica. 12.76 0.50 m glucosa > 0.50 m ácido acético > 0.50 m HCl. 12.78 0.9420 m. 12.80 7.6 atm. 12.82 1.6 atm. 12.86 3.5 atm. 12.88 a) 104 mmHg. b) 116 mmHg. 12.90 2.95 × 10<sup>3</sup> g/mol. 12.92 No. 12.94 El AlCl<sub>3</sub> se disocia en Al<sup>3+</sup> y 3 iones Cl<sup>-</sup>. 12.96 NaCl: 143.8 g; MgCl<sub>2</sub>: 5.14 g; Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>: 7.25 g; CaCl<sub>2</sub>: 1.11 g; KCl: 0.67 g; NaHCO<sub>3</sub>: 0.17 g. 12.98 La masa molar en B (248 g/mol) es dos veces más grande que en A (124 g/mol). Un proceso de dimerización. 12.100 a) Último alcohol. b) Metanol. c) Último alcohol. 12.102 I<sub>2</sub>-agua: dipolo débil-dipolo inducido; I<sub>3</sub><sup>-</sup>-agua: interacción ion-dipolo favorable. 12.104 a) La misma disolución de NaCl en ambos lados. b) Sólo el agua se movería de izquierda a derecha. c) Ósmosis normal. 12.106 12.3 M. 12.108 14.2%. 12.110 a) Disminuye con la energía reticular. b) Aumenta con la polaridad del solvente. c) Aumenta con la entalpía de hidratación. 12.112 1.80 g/mL. 5.0 × 10<sup>2</sup> m. 12.114 0.815. 12.116 El NH<sub>3</sub> puede formar enlaces de hidrógeno con el agua. 12.118 3%. 12.120 1.2 × 10<sup>2</sup> g/mol. Forma un dímero en el benceno. 12.122 a) 1.1 m. b) La proteína impide la formación de cristales de hielo. 12.124 Se debe a los minerales precipitados que refractan la luz y crean una apariencia opaca. 12.126 1.9 m. 12.128 a) X<sub>A</sub> = 0.524, X<sub>B</sub> = 0.476. b) A: 50 mmHg; B: 20 mmHg. c) X<sub>A</sub> = 0.71, X<sub>B</sub> = 0.29. P<sub>A</sub> = 67 mmHg. P<sub>B</sub> = 12 mmHg. 12.130 2.7 × 10<sup>-3</sup>. 12.132 De n = kP y PV = nRT, se muestra que V = kRT. 12.134 -0.737°C.

## Capítulo 13

13.6 a) velocidad =  $\frac{1}{2} \frac{\Delta[\text{H}_2]}{\Delta t} = \frac{\Delta[\text{O}_2]}{\Delta t} = \frac{1}{2} \frac{\Delta[\text{H}_2\text{O}]}{\Delta t}$ . b) velocidad =  $\frac{1}{4} \frac{\Delta[\text{NH}_3]}{\Delta t} = \frac{1}{5} \frac{\Delta[\text{O}_2]}{\Delta t} = \frac{1}{4} \frac{\Delta[\text{NO}]}{\Delta t} = \frac{1}{6} \frac{\Delta[\text{H}_2\text{O}]}{\Delta t}$ . 13.8 a) 0.049 M/s. b) -0.025 M/s. 13.16 2.4 × 10<sup>-4</sup> M/s. 13.18 a) Tercer orden. b) 0.38 M/s. 13.20 a) 0.046 s<sup>-1</sup>. b) 0.13/M · s. 13.22 Primer orden. 1.08 × 10<sup>-3</sup> s<sup>-1</sup>. 13.28 a) 0.0198 s<sup>-1</sup>. b) 151 s. 13.30 3.6 s. 13.38 135 kJ/mol. 13.40 644 K. 13.42 51.0 kJ/mol. 13.52 a) velocidad = k[X<sub>2</sub>][Y]. b) La reacción es de orden cero en Z. c) X<sub>2</sub> + Y → XY + X (lenta). X + Z → XZ (rápida). 13.54 Mecanismo I.

13.62 velocidad =  $\frac{k_1 k_2}{k_{-1}} [\text{E}][\text{S}]$ . 3.64 Temperatura, energía de activación, concentración de reactivos, catalizador. 13.66 22.6 cm<sup>2</sup>; 44.9 cm<sup>2</sup>. La gran área superficial del polvo de granos puede originar una violenta explosión. 13.68 a) Tercer orden. b) 0.38/M<sup>2</sup> · s. c) H<sub>2</sub> + 2NO → N<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O + O (lenta); O + H<sub>2</sub> → H<sub>2</sub>O (rápida). 13.70 El agua está presente en exceso así que su concentración no cambia de manera perceptible. 13.72 10.7/M · s. 13.74 2.63 atm. 13.76 M<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>. 13.78 56.4 min. 13.80 b), d), e). 13.82 9.8 × 10<sup>-4</sup>. 13.84 a) Aumenta. b) Disminuye. c) Disminuye. d) Aumenta. 13.86 0.0896 min<sup>-1</sup>. 13.88 1.12 × 10<sup>3</sup> min. 13.90 a) I<sub>2</sub> absorbe luz visible para formar átomos de I. b) La luz UV es necesaria para disociar el H<sub>2</sub>. 13.92 a) velocidad = k[X][Y]<sup>2</sup>. b) 1.9 × 10<sup>-2</sup>/M<sup>2</sup> · s. 13.94 Segundo orden. 2.4 × 10<sup>7</sup>/M · s. 13.96 Porque el motor está relativamente frío, por lo tanto los gases del tubo de escape no reaccionarán completamente con el convertidor catalítico. 13.98 a) La reacción tiene una energía grande de reactivación. b) La energía de activación es muy pequeña y el factor de orientación no es importante. 13.100 5.7 × 10<sup>5</sup> años. 13.102 a) Mn<sup>2+</sup>; Mn<sup>3+</sup>; primer paso. b) Sin el catalizador, la reacción sería termolecular. c) Homogénea. 13.104 0.45 atm. 13.106 a) k<sub>1</sub> [A] - k<sub>2</sub> [B]. b) [B] = (k<sub>1</sub>/k<sub>2</sub>)[A]. 13.108 a) 2.47 × 10<sup>-2</sup> años<sup>-1</sup>; b) 9.8 × 10<sup>-4</sup>. c) 186 años. 13.110 a) 3. b) 2. c) C → D. d) Exotérmica. 13.112 1.8 × 10<sup>3</sup> K. 13.114 a) 2.5 × 10<sup>-5</sup> M/s. b) Igual que en a). c) 8.3 × 10<sup>-6</sup> M. 13.118 a) 1.13 × 10<sup>-3</sup> M/min. b) 8.8 × 10<sup>-3</sup> M. 13.120 Segundo orden. 0.42/M · min. 13.122 60% de incremento. El resultado muestra el efecto profundo de una dependencia exponencial.

## Capítulo 14

14.14 a) A + C ⇌ AC. b) A + D ⇌ AD. 14.16 1.08 × 10<sup>7</sup>. 14.18 3.5 × 10<sup>-7</sup>. 14.20 a) 0.082 b) 0.29. 14.22 0.105; 2.05 × 10<sup>-3</sup>. 14.24 7.09 × 10<sup>-3</sup>. 14.26 3.3. 14.28 3.53 × 10<sup>-2</sup>. 14.30 4.0 × 10<sup>-6</sup>. 14.32 5.6 × 10<sup>23</sup>. 14.36 0.64/M<sup>2</sup> · s. 14.40 [NH<sub>3</sub>] aumentará y [N<sub>2</sub>] y [H<sub>2</sub>] disminuirán. 14.42 NO: 0.50 atm; NO<sub>2</sub>: 0.020 atm. 14.44 [I] = 8.58 × 10<sup>-4</sup> M; [I<sub>2</sub>] = 0.0194 M. 14.46 a) 0.52. b) [CO<sub>2</sub>] = 0.48 M. [H<sub>2</sub>] = 0.020 M. [CO] = 0.075 M. [H<sub>2</sub>O] = 0.065 M. 14.48 [H<sub>2</sub>] = [CO<sub>2</sub>] = 0.05 M. [H<sub>2</sub>O] = [CO] = 0.11 M. 14.54 a) Desplazamiento de la posición de equilibrio hacia la derecha. b) Sin efecto. c) Sin efecto. 14.56 a) Sin efecto. b) Sin efecto. c) Desplazamiento de la posición de equilibrio hacia la izquierda. d) Sin efecto. e) Hacia la izquierda. 14.58 a) Hacia la derecha. b) Hacia la izquierda. c) Hacia la derecha. d) Hacia la izquierda. e) Sin efecto. 14.60 Sin cambio. 14.62 a) Se formará más CO<sub>2</sub>. b) Sin cambio. c) Sin cambio. d) Una parte de CO<sub>2</sub> se combinará con CaO para formar CaCO<sub>3</sub>. e) Una parte de CO<sub>2</sub> reaccionará con NaOH así que el equilibrio se desplazará hacia la derecha. f) El HCl reacciona con CaCO<sub>3</sub> para producir CO<sub>2</sub>. El equilibrio se desplazará hacia la izquierda. g) El equilibrio se desplazará hacia la derecha. 14.64 a) NO: 0.24 atm; Cl<sub>2</sub>: 0.12 atm. b) 0.017. 14.66 a) Sin efecto. b) Se formará más CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O. 14.68 a) 8 × 10<sup>-44</sup>. b) La reacción tiene una energía de activación muy grande. 14.70 a) 1.7. b) A: 0.69 atm, B: 0.81 atm. 14.72 1.5 × 10<sup>3</sup>. 14.74 H<sub>2</sub>: 0.28 atm, Cl<sub>2</sub>: 0.049 atm, HCl: 1.67 atm. 14.76 5.0 × 10<sup>1</sup> atm. 14.78 3.84 × 10<sup>-2</sup>. 14.80

3.13. **14.82**  $N_2$ : 0.860 atm;  $H_2$ : 0.366 atm;  $NH_3$ :  $4.40 \times 10^{-3}$  atm. **14.84** a) 1.16. b) 53.7%. **14.86** a) 0.49 atm. b) 0.23. c) 0.037. d) Mayor que 0.037 mol. **14.88**  $[H_2] = 0.070 M$ ,  $[I_2] = 0.182 M$ ,  $[HI] = 0.825 M$ . **14.90** c). **14.92** a)  $4.2 \times 10^{-4}$ . b) 0.83. c) 1.1. d) En b):  $2.3 \times 10^3$ ; en c): 0.021. **14.94** 0.0231;  $9.60 \times 10^{-4}$ . **14.96**  $NO_2$ : 1.2 atm;  $N_2O_4$ : 0.12 atm.  $K_p = 12$ . **14.98** a) El equilibrio se desplazará hacia la derecha. b) Hacia la derecha. c) Sin cambio. d) Sin cambio. e) Sin cambio. f) Hacia la izquierda. **14.100**  $NO_2$ : 0.100 atm;  $N_2O_4$ : 0.09 atm. **14.102** a) 1.03 atm. b) 0.39 atm. c) 1.67 atm. d) 0.620. **14.104** 22 mg/m<sup>3</sup>. Sí. **14.106** Equilibrio dinámico temporal entre los cubos de hielo derretido y el congelamiento del agua entre los cubos de hielo. **14.108**  $[NH_3] = 0.042 M$ ,  $[N_2] = 0.086 M$ ,  $[H_2] = 0.26 M$ . **14.110**  $-115 \text{ kJ/mol}$ . **14.112**  $SO_2$ : 2.71 atm;  $SO_2Cl_2$ : 3.58 atm. **14.114** 4.0.

## Capítulo 15

**15.4** a)  $NO_2^-$ . b)  $HSO_4^-$ . c)  $HS^-$ . d)  $CN^-$ . e)  $HCOO^-$ . **15.6** a)  $H_2S$ . b)  $H_2CO_3$ . c)  $HCO_3^-$ . d)  $H_3PO_4$ . e)  $H_2PO_4^-$ . f)  $HPO_4^{2-}$ . g)  $H_2SO_4$ . h)  $HSO_4^-$ . i)  $HSO_3^-$ . **15.8** a)  $CH_2ClCOO^-$ . b)  $IO_4^-$ . c)  $H_2PO_4^-$ . d)  $HPO_4^{2-}$ . e)  $PO_4^{3-}$ . f)  $HSO_4^-$ . g)  $SO_4^{2-}$ . h)  $IO_3^-$ . i)  $SO_3^{2-}$ . j)  $NH_3$ . k)  $HS^-$ . l)  $S^{2-}$ . m)  $OCI^-$ . **15.16**  $1.6 \times 10^{-14} M$ . **15.18** a) 10.74. b) 3.28. **15.20** a)  $6.3 \times 10^{-6} M$ . b)  $1.0 \times 10^{-16} M$ . c)  $2.7 \times 10^{-6} M$ . **15.22** a) Ácido. b) Neutro. c) Básico. **15.24**  $1.98 \times 10^{-3}$  mol. 0.444. **15.26** 0.118. **15.32** (1) c) (2) b) y d) **15.34** a) Fuerte. b) Débil. c) Débil. d) Débil. e) Fuerte. **15.36** b) y c). **15.38** No. **15.44**  $[H^+] = [CH_3COO^-] = 5.8 \times 10^{-4} M$ ,  $[CH_3COOH] = 0.0181 M$ . **15.46**  $2.3 \times 10^{-3} M$ . **15.48** a) 3.5%. b) 33%. c) 79%. El porcentaje de ionización se incrementa con la dilución. **15.50** a) 3.9%. b) 0.30%. **15.54**  $7.1 \times 10^{-7}$ . **15.56** 1.5%. **15.62** HCl: 1.40;  $H_2SO_4$ : 1.31. **15.64**  $[H^+] = [HCO_3^-] = 1.0 \times 10^{-4} M$ ,  $[CO_3^{2-}] = 4.8 \times 10^{-11} M$ . **15.68** a)  $H_2SO_4 > H_2SeO_4$ . b)  $H_3PO_4 > H_3AsO_4$ . **15.70** La base conjugada del fenol puede estabilizarse mediante resonancia. **15.76** a) Neutra. b) Básica. c) Ácida. d) Ácida. **15.78**  $HZ < HY < HX$ . **15.80** 4.82. **15.82** Básica. **15.86** a)  $Al_2O_3 < BaO < K_2O$ . b)  $CrO_3 < Cr_2O_3 < CrO$ . **15.88**  $Al(OH)_3 + OH^- \longrightarrow Al(OH)_4^-$ ; reacción ácido-base de Lewis. **15.92** El  $AlCl_3$  es el ácido de Lewis, el  $Cl^-$  es la base de Lewis. **15.94**  $CO_2$  y  $BF_3$ . **15.96** 0.106 L. **15.98** No. **15.100** No, el volumen es el mismo. **15.102**  $CrO$  es básico y  $CrO_3$  es ácido. **15.104**  $4.0 \times 10^{-2}$ . **15.106** 7.00. **15.108**  $NH_3$ . **15.110** a) 7.43. b)  $pD < 7.43$ . c)  $pD + pOD = 14.87$ . **15.112** 1.79. **15.114**  $F^-$  reacciona con HF para formar  $HF_2^-$ , por lo tanto, desplaza la ionización del HF hacia la derecha. **15.116** b) 6.80. **15.118**  $[H^+] = [H_2PO_4^-] = 0.0239 M$ ,  $[H_3PO_4] = 0.076 M$ ,  $[HPO_4^{2-}] = 6.2 \times 10^{-8} M$ ,  $[PO_4^{3-}] = 1.2 \times 10^{-18} M$ . **15.120**  $[Na^+] = 0.200 M$ ,  $[HCO_3^-] = [OH^-] = 4.6 \times 10^{-3} M$ ,  $[H_2CO_3] = 2.4 \times 10^{-8} M$ ,  $[H^+] = 2.2 \times 10^{-12} M$ . **15.122** Los iones  $H^+$  convierten  $CN^-$  en HCN, el cual se escapa como un gas. **15.124** 0.25 g. **15.126**  $-0.20$ . **15.128** a) El equilibrio se desplazará hacia la derecha. b) Hacia la izquierda. c) Sin efecto. d) Hacia la derecha. **15.130** Las aminas se convierten en sus sales  $RNH_3^+$ . **15.132**  $1.4 \times 10^{-4}$ . **15.134** 4.40. **15.136** En un medio básico, la sal de amoníaco se convierte en amoníaco de olor irritante. **15.138** c). **15.140** 21 mL. **15.142** Mg. **15.144** 1.57.  $[CN^-] = 1.8 \times 10^{-8} M$  en HF 1.00 M y  $2.2 \times 10^{-5} M$  en HCN 1.00 M. HF es un ácido más fuerte que el HCN. **15.146** 6.02.

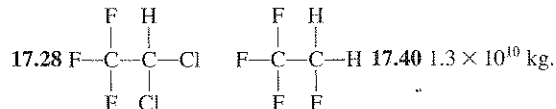
## Capítulo 16

**16.6** a) 11.28. b) 9.08. **16.10** a), b) y c). **16.12** 4.74 para ambas. a) Es más efectiva debido a que tiene una concentración más alta. **16.14** 7.03. **16.16** 10. Más efectivo contra el ácido. **16.18** a) 4.82. b) 4.64. **16.20** HC. **16.24** 90.1 g/mol. **16.26** 0.467 M. **16.28**  $[H^+] = 3.0 \times 10^{-13} M$ ,  $[OH^-] = 0.0335 M$ ,  $[Na^+] = 0.0835 M$ ,  $[CH_3COO^-] = 0.0500 M$ ,  $[CH_3COOH] = 8.4 \times 10^{-10} M$ . **16.30** 8.23. **16.32** a) 11.36. b) 9.55. c) 8.95. d) 5.19. e) 1.70. **16.36**  $CO_2$  se disuelve en agua para formar  $H_2CO_3$ , el cual neutraliza al NaOH. **16.38** 5.70. **16.46** a)  $7.8 \times 10^{-10}$ . b)  $1.8 \times 10^{-18}$ . **16.48**  $1.80 \times 10^{-10}$ . **16.50**  $2.2 \times 10^{-4} M$ . **16.52**  $2.3 \times$

$10^{-9}$ . **16.54**  $[Na^+] = 0.045 M$ ,  $[NO_3^-] = 0.076 M$ ,  $[Sr^{2+}] = 0.016 M$ ,  $[F^-] = 1.1 \times 10^{-4} M$ . **16.56** pH es mayor que 2.68 y menor que 8.11. **16.60** a) 0.013 M. b)  $2.2 \times 10^{-4} M$ . c)  $3.3 \times 10^{-3} M$ . **16.62** a)  $1.0 \times 10^{-3} M$ . b)  $1.1 \times 10^{-10} M$ . **16.64** b), c), d) y e). **16.66** a) 0.016 M. b)  $1.6 \times 10^{-6} M$ . **16.68** Sí. **16.72**  $[Cd^{2+}] = 1.1 \times 10^{-18} M$ ,  $[Cd(CN)_4^{2-}] = 4.2 \times 10^{-3} M$ ,  $[CN^-] = 0.48 M$ . **16.74**  $3.5 \times 10^{-5} M$ . **16.76** a)  $Cu^{2+} + 4NH_3 \rightleftharpoons Cu(NH_3)_4^{2+}$ . b)  $Ag^+ + 2CN^- \rightleftharpoons Ag(CN)_2^-$ . c)  $Hg^{2+} + 4Cl^- \rightleftharpoons HgCl_4^{2-}$ . **16.80** 0.011 M. **16.82** Usar los iones  $Cl^-$  o la prueba de la llama. **16.84** De 2.51 a 4.41. **16.86** 1.28 M. **16.88**  $[H^+] = 3.0 \times 10^{-13} M$ ,  $[OH^-] = 0.0335 M$ ,  $[HCOO^-] = 0.0500 M$ ,  $[HCOOH] = 8.8 \times 10^{-11} M$ ,  $[Na^+] = 0.0835 M$ . **16.90** 9.97 g. pH = 13.04. **16.92**  $6.0 \times 10^3$ . **16.94** 0.036 g/L. **16.96** a) 1.37. b) 5.97. c) 10.24. **16.98** El precipitado original fue  $HgI_2$ . En presencia de exceso de KI, se redissuelve como  $HgI_4^{2-}$ . **16.100** 7.82  $-10.38$ . **16.102** a) 3.60. b) 9.69. c) 607. **16.104** a)  $MCO_3 + 2HCl \longrightarrow MCl_2 + H_2O + CO_2$ . HCl + NaOH  $\longrightarrow$  NaCl +  $H_2O$ . b) 197 g/mol. Ba. **16.106** 2. **16.108** a) 12.6. b)  $8.8 \times 10^{-6} M$ . **16.110** a) Sulfato. b) Sulfuro. c) Yoduro. **16.112** Son insolubles. **16.114** Los fenoles ionizados tienen un color oscuro. Los iones  $H^+$  del jugo de limón desplazan el equilibrio hacia el ácido de color claro. **16.116** Sí. **16.118** c). **16.120** a)  $1.7 \times 10^{-7} M$ . b)  $MgCO_3$  es más soluble que  $CaCO_3$ . c) 12.40. d)  $1.9 \times 10^{-8} M$ . e)  $Ca^{2+}$  debido a que está presente en cantidad mayor. **16.122** pH = 1.0, completamente protonada; pH = 7.0, iónica dipolar; pH = 12.0, completamente ionizada. **16.124** a) 4.74 antes y después de la dilución. b) 2.52 antes y 3.02 después de la dilución. **16.126** 4.75. **16.128**  $6.2 \times 10^{-12}$ .

## Capítulo 17

**17.6**  $3.3 \times 10^{-4}$  atm. **17.8**  $N_2$ :  $3.96 \times 10^{18}$  kg;  $O_2$ :  $1.22 \times 10^{18}$  kg;  $CO_2$ :  $2.63 \times 10^{15}$  kg. **17.12**  $3.57 \times 10^{-19}$  J. **17.22**  $5.2 \times 10^6$  kg.  $5.6 \times 10^{14}$  kJ. **17.24** La longitud de onda no es lo suficientemente pequeña. **17.26** 434 nm. En ambas.



**17.42** El etano y propano son gases de invernadero. **17.50** 4.34. **17.58**  $1.2 \times 10^{-11} M/s$ . **17.60** b). **17.66** 0.12%. **17.68** Endotérmica. **17.70**  $O_2$ . **17.72** 5.72. **17.74** 394 nm. **17.76** Tiene una energía de activación alta. **17.78** El tamaño en los tres anillos está relacionado con el contenido de  $CO_2$ . La edad del  $CO_2$  en el hielo se puede determinar mediante datación de radiocarbono. **17.80** 165 kJ/mol. **17.82**  $5.1 \times 10^{20}$  fotones. **17.84** a) 62.6 kJ/mol. b) 38 min. **17.86**  $5.6 \times 10^{23}$ .

## Capítulo 18

**18.6** a) 0.02. b)  $9 \times 10^{-19}$ . c)  $2 \times 10^{-181}$ . **18.10** c)  $< d < e < a < b$ . Los sólidos tienen entropías menores que los gases. Estructuras más complejas tienen entropías más altas. **18.12** a) 47.5 J/K · mol. b)  $-12.5 \text{ J/K} \cdot \text{mol}$ . c)  $-242.8 \text{ J/K} \cdot \text{mol}$ . **18.14** a)  $\Delta S < 0$ . b)  $\Delta S > 0$ . c)  $\Delta S > 0$ . d)  $\Delta S < 0$ . **18.18** a)  $-1139 \text{ kJ/mol}$ . b)  $-140.0 \text{ kJ/mol}$ . c)  $-2935.0 \text{ kJ/mol}$ . **18.20** a) A todas las temperaturas. b) Por debajo de 111 K. **18.24**  $8.0 \times 10^4 \text{ kJ/mol}$ . **18.26**  $4.572 \times 10^2 \text{ kJ/mol}$ .  $7.2 \times 10^{-81}$ . **18.28** a)  $-24.6 \text{ kJ/mol}$ . b)  $-1.33 \text{ kJ/mol}$ . **18.30**  $-341 \text{ kJ/mol}$ . **18.32**  $-2.87 \text{ kJ/mol}$ . El proceso tiene una energía de activación alta. **18.36**  $1 \times 10^3$ . glucosa + ATP  $\longrightarrow$  glucosa 6-fosfato + ADP. **18.38** a) 0. b)  $4.0 \times 10^4 \text{ J/mol}$ . c)  $-3.2 \times 10^4 \text{ J/mol}$ . d)  $6.4 \times 10^4 \text{ J/mol}$ . **18.40** a) Ninguna reacción es posible debido a que  $\Delta G > 0$ . b) La reacción tiene una energía de activación muy grande. c) Los reactivos y productos ya están en sus concentraciones de equilibrio. **18.42** En todos los casos  $\Delta H > 0$  y  $\Delta S > 0$ .  $\Delta G < 0$  para a),  $= 0$  para b) y  $> 0$  para c). **18.44**  $\Delta S > 0$ . **18.46** a) La mayoría de los líquidos tienen una estructura similar de manera que los cambios en la entropía de líquido a vapor son similares. b) El valor de  $\Delta S_{\text{vap}}$  es mayor para el

etanol y el agua debido a la unión del hidrógeno (hay menos microestados en esos líquidos). **18.48** a)  $2CO + 2NO \longrightarrow 2CO_2 + N_2$ . b) Agente oxidante: NO; agente reductor: CO. c)  $3 \times 10^{120}$ . d)  $1.2 \times 10^{18}$ . De izquierda a derecha. e) No. **18.50**  $2.6 \times 10^{-9}$ . **18.52** 976 K. **18.54**  $\Delta S < 0$ ;  $\Delta H < 0$ . **18.56** 55 J/K · mol. **18.58** El incremento en la entropía de los alrededores compensa la disminución de la entropía del sistema. **18.60** 56 J/K. **18.62**  $4.5 \times 10^5$ . **18.64**  $4.8 \times 10^{-75}$  atm. **18.66** a) Verdadero. b) Verdadero. c) Falso. **18.68**  $C + CuO \rightleftharpoons CO + Cu$ . 6.1. **18.70** 673.2 K. **18.72** a)  $7.6 \times 10^{14}$ . b)  $4.1 \times 10^{-12}$ . **18.74** a) Una reacción de dismutación inversa. b)  $8.2 \times 10^{15}$ . Sí, una K grande hace eficiente este proceso. c) Menos efectivo. **18.76**  $1.8 \times 10^{70}$ . La reacción tiene una energía de activación grande. **18.78** Calentar la me-na sola no es un proceso factible.  $-214.3 \text{ kJ/mol}$ . **18.80**  $K_p = 36.981$  K. No. **18.82** Porcentajes de moles: butano = 30%; isobutano = 70%. Sí. **18.84**  $X_{CO} = 0.45$ ;  $X_{CO_2} = 0.55$ . Usar valores de  $\Delta G_f^\circ$  a 25°C para 900°C. **18.86** 249 J/K. **18.88**  $3 \times 10^{-13}$  s. **18.90**  $\Delta S_{\text{sistema}} = -327 \text{ J/K} \cdot \text{mol}$ ,  $\Delta S_{\text{alrededor}} = 1918 \text{ J/K} \cdot \text{mol}$ ,  $\Delta S_{\text{univ}} = 1591 \text{ J/K} \cdot \text{mol}$ . **18.92** q, w. **18.94**  $\Delta H < 0$ ,  $\Delta S < 0$ ,  $\Delta G < 0$ . **18.96** a) 5.76 J/K · mol. b) La orientación no es totalmente aleatoria. **18.98**  $\Delta H^\circ = 33.89 \text{ kJ/mol}$ ;  $\Delta S^\circ = 96.4 \text{ J/K} \cdot \text{mol}$ ;  $\Delta G^\circ = 5.2 \text{ kJ/mol}$ . Éste es un proceso de líquido endotérmico a vapor, así que tanto  $\Delta H^\circ$  como  $\Delta S^\circ$  son positivos.  $\Delta G^\circ$  es positivo debido a que la temperatura está por debajo del punto de ebullición del benceno (80.1°C). **18.100**  $\Delta G^\circ = 62.5 \text{ kJ/mol}$ ;  $\Delta H^\circ = 157.8 \text{ kJ/mol}$ ;  $\Delta S^\circ = 109 \text{ J/K} \cdot \text{mol}$ .

## Capítulo 19

**19.2** a)  $Mn^{2+} + H_2O_2 + 2OH^- \longrightarrow MnO_2 + 2H_2O$ . b)  $2Bi(OH)_3 + 3SnO_3^{2-} \longrightarrow 2Bi + 3H_2O + 3SnO_3^{2-}$ . c)  $Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 3C_2O_4^{2-} \longrightarrow 2Cr^{3+} + 6CO_2 + 7H_2O$ . d)  $2Cl^- + 2ClO_3^- + 4H^+ \longrightarrow Cl_2 + 2ClO_2 + 2H_2O$ . **19.12** 2.46 V. Al +  $3Ag^+ \longrightarrow 3Ag + Al^{3+}$ . **19.14**  $Cl_2(g)$  y  $MnO_4^-(ac)$ . **19.16** Sólo a) y d) son espontáneas. **19.18** a) Li. b)  $H_2$ . c)  $Fe^{2+}$ . d)  $Br^-$ . **19.22** 0.368 V. **19.24** a)  $-432 \text{ kJ/mol}$ ,  $5 \times 10^{75}$ . b)  $-104 \text{ kJ/mol}$ ,  $2 \times 10^{18}$ . c)  $-178 \text{ kJ/mol}$ ,  $1 \times 10^{31}$ . d)  $-1.27 \times 10^3 \text{ kJ/mol}$ ,  $8 \times 10^{21}$ . **19.26** 0.37 V,  $-36 \text{ kJ/mol}$ ,  $2 \times 10^6$ . **19.30** a) 2.23 V, 2.23 V,  $-430 \text{ kJ/mol}$ . b) 0.02 V, 0.04 V,  $-23 \text{ kJ/mol}$ . **19.32** 0.083 V. **19.34** 0.010 V. **19.38** 1.09 V. **19.46** b) 0.64 g. **19.48** a)  $\$2.10 \times 10^3$ . b)  $\$2.46 \times 10^3$ . c)  $\$4.70 \times 10^3$ . **19.50** a) 0.14 F. b) 0.121 F. c) 0.10 F. **19.52** a)  $Ag^+ + e^- \longrightarrow Ag$ . b)  $2H_2O \longrightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$ . c)  $6.0 \times 10^2$  C. **19.54** a) 0.589 Cu. b) 0.133 A. **19.56** 2.3 h. **19.58**  $9.66 \times 10^4$  C. **19.60** 0.0710 F. **19.62** 0.156 M.  $Cr_2O_7^{2-} + 6Fe^{2+} + 14H^+ \longrightarrow 2Cr^{3+} + 6Fe^{3+} + 7H_2O$ . **19.64** 45.1%. **19.66** a)  $2MnO_4^- + 16H^+ + 5C_2O_4^{2-} \longrightarrow 2Mn^{2+} + 10CO_2 + 8H_2O$ . b) 5.40%. **19.68** 0.231 mg  $Ca^{2+}$ /mL sangre. **19.70** a) 0.80 V. b)  $2Ag^+ + H_2 \longrightarrow 2Ag + 2H^+$ . c) i) 0.92 V. ii) 1.10 V. d) La celda opera como medidor de pH. **19.72** Gas flúor reacciona con agua. **19.74**  $2.5 \times 10^2$  h. **19.76**  $Hg_2^{2+}$ . **19.78**  $[Mg^{2+}] = 0.0500 M$ ,  $[Ag^+] = 7 \times 10^{-55} M$ , 1.44 g. **19.80** a) 0.206 L  $H_2$ . b)  $6.09 \times 10^{23}$ /mol  $e^-$ . **19.82** a)  $-1356.8 \text{ kJ/mol}$ . b) 1.17 V. **19.84** +3. **19.86** 6.8 kJ/mol, 0.064. **19.88** 1.4 A. **19.90** +4. **19.92**  $1.60 \times 10^{-19} \text{ C/e}^-$ . **19.94** Una celda hecha de  $Li^+/Li$  y  $F_2/F^-$  da el máximo voltaje de 5.92 V. Los agentes reactivos oxidantes y reductores son difíciles de manejar. **19.96**  $2 \times 10^{20}$ . **19.98** a) El valor de  $E^\circ$  para X es negativo; el valor de  $E^\circ$  para Y es positivo. b) 0.59 V. **19.100** a) El potencial de reducción de  $O_2$  es insuficiente para oxidar el oro. b) Sí. c)  $2Au + 3F_2 \longrightarrow 2AuF_3$ . **19.102**  $[Fe^{2+}] = 0.0920 M$ ,  $[Fe^{3+}] = 0.0680 M$ . **19.104**  $E^\circ = 1.09$  V. Espontánea. **19.106** a) Sin cambio. b) Sin cambio. c) Al cuadrado. d) Duplicada. e) Duplicada. **19.108** Más fuerte. **19.110**  $4.4 \times 10^2$  atm. **19.112** a)  $Zn \longrightarrow Zn^{2+} + 2e^-$ ;  $\frac{1}{2}O_2 + 2e^- \longrightarrow O^{2-}$ . 1.65 V. b) 1.63 V. c)  $4.87 \times 10^3 \text{ kJ/kg}$ . d) 62 L. **19.114**  $-3.05$  V. **19.116**  $1 \times 10^{-14}$ . **19.118** b) 104 A · h. La concentración de  $H_2SO_4$  se mantiene en descenso. c) 2.01 V;  $-3.88 \times 10^2 \text{ kJ/mol}$ . **19.120**  $\$217$ . **19.122**  $-0.037$  V. **19.124**  $2 \times 10^{37}$ .

## Capítulo 20

**20.12** 111 h. **20.14** El tostado del sulfuro seguido por la reducción del óxido con coque o monóxido de carbono. **20.16** a)  $8.9 \times 10^{12} \text{ cm}^3$ . b)  $4.0 \times 10^8$  kg. **20.18** El hierro no necesita producirse electrolíticamente. **20.28** a)  $2Na + 2H_2O \longrightarrow 2NaOH + H_2$ . b)  $2NaOH + CO_2 \longrightarrow Na_2CO_3 + H_2O$ . c)  $Na_2CO_3 + 2HCl \longrightarrow 2NaCl + CO_2 + H_2O$ . d)  $NaHCO_3 + HCl \longrightarrow NaCl + CO_2 + H_2O$ . e)  $2NaHCO_3 \longrightarrow Na_2CO_3 + CO_2 + H_2O$ . f) Sin reacción. **20.30** 5.59 L. **20.34** Primero reacciona Mg con  $HNO_3$  para formar  $Mg(NO_3)_2$ . En calentamiento,  $2Mg(NO_3)_2 \longrightarrow 2MgO + 4NO_2 + O_2$ . **20.36** El tercer electrón se desprendió del centro de neón. **20.38** El helio tiene una configuración de gas noble de nivel cerrado. **20.40** a) CaO. b)  $Ca(OH)_2$ . c) Una suspensión acuosa de  $Ca(OH)_2$ . **20.44** 60.7 h. **20.46** a) 1.03 V. b)  $3.32 \times 10^4 \text{ kJ/mol}$ . **20.48**  $4Al(NO_3)_3 \longrightarrow 2Al_2O_3 + 12NO_2 + 3O_2$ . **20.50** Porque  $Al_2Cl_6$  se disocia para formar  $AlCl_3$ . **20.52** De  $sp^3$  a  $sp^2$ . **20.54** 65.4 g/mol. **20.56** No. **20.58** a) 1 482 kJ/mol. b) 3 152.8 kJ/mol. **20.60** El magnesio reacciona con nitrógeno para formar nitruro de magnesio. **20.62** a)  $Al^{3+}$  se hidroliza en agua para producir iones  $H^+$ . b)  $Al(OH)_3$  se disuelve en una base fuerte para formar  $Al(OH)_4^-$ . **20.64**  $CaO + 2HCl \longrightarrow CaCl_2 + H_2O$ . **20.66** Transiciones electrónicas (en la región visible) entre niveles de energía con espacios pequeños entre sí. **20.68** NaF: aditivo de la pasta de dientes;  $Li_2CO_3$ : para tratar enfermedades mentales;  $Mg(OH)_2$ : antiácido;  $CaCO_3$ : antiácido;  $BaSO_4$ : para el diagnóstico por rayos X del sistema digestivo;  $Al(OH)_2NaCO_3$ : antiácido. **20.70** i) Tanto el Li como el Mg forman óxidos. ii) Al igual que el Mg, el Li forma nitruros. iii) Los carbonatos, fluoruros y fosfatos de Li y Mg tienen solubilidades bajas. **20.72** Zn. **20.74**  $D < A < C < B$ . **20.76** 727 atm.

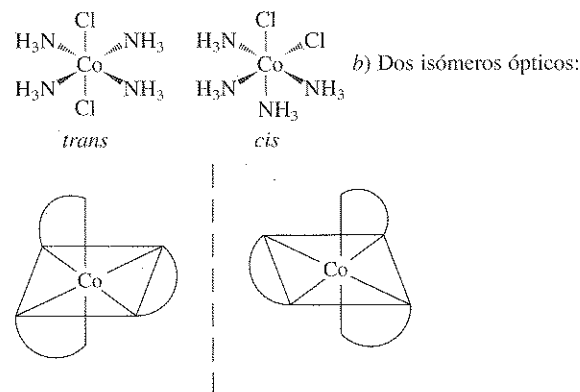
## Capítulo 21

**21.12** a) El hidrógeno reacciona con los metales alcalinos para formar hidruros. b) El hidrógeno reacciona con el oxígeno para formar agua. **21.14** Use el paladio metálico para separar el hidrógeno de otros gases. **21.16** 11 kg. **21.18** a)  $H_2 +$

dépósito de azufre. c) Los depósitos de azufre son estructuralmente débiles. La extracción convencional sería peligrosa. **21.100** El enlace C—D se rompe a una velocidad más lenta. **21.102** El oxígeno molecular es un agente oxidante potente que reacciona con sustancias como la glucosa para liberar energía para el crecimiento y las funciones corporales. El nitrógeno molecular (que contiene el enlace triple nitrógeno-a-nitrógeno) es demasiado no reactivo a temperatura ambiente como para que su uso sea práctico. **21.104** 25°C: 25°C:  $9.61 \times 10^{-22}$ ; 1 000°C: 138. La alta temperatura favorece la formación de CO. **21.106** 1.18.

### Capítulo 22

**22.12** a) +3. b) 6. c) Oxalato. **22.14** a) Na: +1, Mo: +6. b) Mg: +2, W: +6. c) Fe: 0. **22.16** a) *Cis*-dicloro-bis(etilendiamina)cobalto(III). b) Cloruro de pentaaminocloroplatino(IV). c) Cloruro de pentaaminoclorocobalto(III). **22.18** a)  $[\text{Cr}(\text{en})_2\text{Cl}_2]^+$ . b)  $\text{Fe}(\text{CO})_5$ , c)  $\text{K}_2[\text{Cu}(\text{CN})_4]$ . d)  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_4(\text{H}_2\text{O})\text{Cl}]\text{Cl}_2$ . **22.24** a) 2. b) 2. **22.26** a) Dos isómeros geométricos:



**22.34**  $\text{CN}^-$  es un ligante de campo fuerte. Absorbe cerca UV (azul) así que toma un color amarillo. **22.36** a) Naranja. b) 255 kJ/mol. **22.38**  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]\text{Cl}$ . 2 moles. **22.42** Use la etiqueta  $^{14}\text{CN}^-$  (en NaCN). **22.44** Primero se forma  $\text{Cu}(\text{CN})_2$  (blanco). Se redisuelve como  $\text{Cu}(\text{CN})_2^{2-}$ . **22.46**  $1.4 \times 10^2$ . **22.48**  $\text{Mn}^{3+}$ ,  $3d^5$  ( $\text{Cr}^{3+}$ ) es una configuración electrónica estable. **22.50** Ti: +3; Fe: +3. **22.52** Cuatro átomos de Fe por molécula de hemoglobina.  $1.6 \times 10^4$  g/mol. **22.54** a)  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_3$ . b)  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_5\text{Cl}]\text{Cl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ . c)  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_4\text{Cl}_2]\text{Cl} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Comparar la conductancia eléctrica con disoluciones de NaCl,  $\text{MgCl}_2$  y  $\text{FeCl}_3$  de la misma concentración molar. **22.56**  $-1.8 \times 10^2$  kJ/mol;  $6 \times 10^{30}$ . **22.58** El hierro es el más abundante. **22.60** La oxihemoglobina es de espín bajo y por lo tanto absorbe luz de energía más alta. **22.62** Todos con excepción de  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$  y  $\text{CO}^{2+}$ . Los iones incoloros tienen configuraciones electrónicas  $d^0$  y  $d^{10}$ . **22.64** Medidas de momento dipolo. **22.66** EDTA se apropia de iones metálicos esenciales ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ). **22.68** 3. **22.70**  $2.2 \times 10^{-20}$  M. **22.72** a)  $2.7 \times 10^6$ . b) Los iones  $\text{Cu}^+$  son inestables en disolución. **22.74** a)  $\text{Cu}^{3+}$  es inestable en disolución debido a que puede reducirse fácilmente. b) Hexafluorocuprato de potasio(III). Octaédrico. Paramagnético. c) Diamagnético.

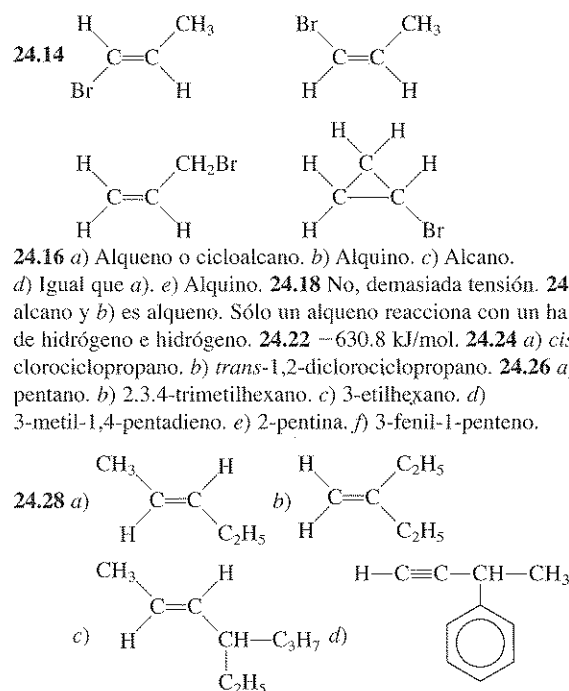
### Capítulo 23

**23.6** a)  $_{-1}^0\beta$ . b)  $_{20}^{40}\text{Ca}$ . c)  $_{2}^4\alpha$ . d)  $_{0}^1\text{n}$ . **23.14** a)  $_{11}^6\text{Li}$ . b)  $_{11}^{25}\text{Na}$ . c)  $_{21}^{48}\text{Sc}$ . **23.16**  $_{10}^{17}\text{Ne}$ . b)  $_{20}^{45}\text{Ca}$ . c)  $_{43}^{92}\text{Tc}$ . d)  $_{80}^{195}\text{Hg}$ . e)  $_{96}^{242}\text{Cm}$ . **23.18**  $6 \times 10^9$  kg/s. **23.20** a)  $4.55 \times 10^{-12}$  J;  $1.14 \times 10^{-12}$  J/nucleón. b)  $2.36 \times 10^{-10}$  J;  $1.28 \times 10^{-12}$  J/nucleón. **23.24** 0.251 d $^{-1}$  2.77 d. **23.26** 2.7 d. **23.28**  $_{82}^{208}\text{Pb}$ . **23.30** A: 0; B: 0.25 moles; C: 0; D: 0.75 moles. **23.34** a)  $_{34}^{80}\text{Se} + {}^2_1\text{H} \longrightarrow {}^1_1\text{p} + {}_{34}^{81}\text{Se}$ . b)  $_{4}^9\text{Be} + {}^2_1\text{H} \longrightarrow {}^1_1\text{p} + {}_3^9\text{Li}$ . c)  $_{3}^6\text{Li} + {}^1_0\text{n} \longrightarrow {}^2_2\alpha + {}^4_3\text{Li}$ . **23.36**  $_{80}^{198}\text{Hg} + {}^1_0\text{n} \longrightarrow {}_{79}^{198}\text{Au} + {}^1_1\text{p}$ . **23.48**  $\text{IO}_3^-$  sólo se forma a partir de  $\text{IO}_4^-$ . **23.50** Incorporar Fe-59 dentro del cuerpo de una persona. Después de algunos días aislar los glóbulos rojos y vigilar la radiactividad de las moléculas de hemoglobina. **23.52** Un principio de

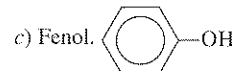
exclusión análogo al de Pauli para nucleones. **23.54** a) 0.343 mCi. b)  $_{93}^{237}\text{Np} \longrightarrow {}^4_2\alpha + {}_{91}^{233}\text{Pa}$ . **23.56** a)  $1.040 \times 10^{-12}$  J/nucleón. b)  $1.111 \times 10^{-12}$  J/nucleón. c)  $1.199 \times 10^{-12}$  J/nucleón. d)  $1.410 \times 10^{-12}$  J/nucleón. **23.58**  $_{7}^{15}\text{N} \longrightarrow {}^4_2\alpha + {}_{3}^{11}\text{B}$ . **23.60** Datación radiactiva. **23.62**  $_{83}^{209}\text{Bi} + {}^4_2\alpha \longrightarrow {}_{85}^{211}\text{At} + {}^1_0\text{n}$ . b)  $_{83}^{209}\text{Bi}(\alpha, 2\text{n}){}_{85}^{211}\text{At}$ . **23.64** El Sol ejerce una gravedad mucho mayor sobre las partículas. **23.66**  $2.77 \times 10^3$  año. **23.68** a)  $_{19}^{40}\text{K} \longrightarrow {}_{18}^{40}\text{Ar} + {}^0_{-1}\beta$ . b)  $3.0 \times 10^9$  año. **23.70**(a)  $5.59 \times 10^{-15}$  J,  $2.84 \times 10^{-13}$  J. b) 0.024 mol. c)  $4.26 \times 10^6$  kJ. **23.72**  $2.7 \times 10^{14}$  1-131 átomos. **23.74**  $5.9 \times 10^{23}$ /mol. **23.76** Todas menos gravitacional. **23.78** U-238 y Th-232. Vidas medias largas. **23.80**  $8.3 \times 10^{-4}$  nm. **23.82**  ${}^3_1\text{H}$ . **23.84** Los neutrones reflejados propician una reacción en cadena. **23.86**  $2.1 \times 10^2$  g/mol. **23.88** a)  ${}_{94}^{238}\text{Pu} \longrightarrow {}^4_2\alpha + {}_{92}^{234}\text{U}$ . b)  $t = 0$ ; 0.58 mW;  $t = 10$  años: 0.53 mW. **23.90** 0.49 rem. **23.92** La alta temperatura que se alcanzó durante la reacción en cadena provoca una fusión nuclear de pequeña escala:  ${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \longrightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$ . Los neutrones adicionales producirán una bomba de fisión más potente.

### Capítulo 24

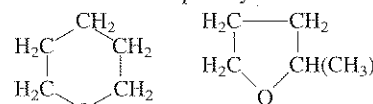
**24.12**  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Cl}$ .  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CHClCH}_3$ .  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHClCH}_2\text{CH}_3$ .



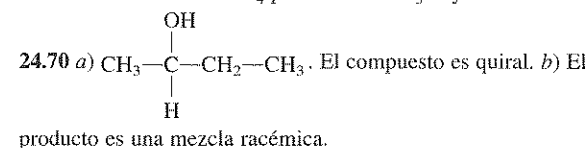
**24.32** a) 1,3-dicloro-4-metilbenceno. b) 2-etil-1,4-dinitrobenceno. c) 1,2,4,5-tetrametilbenceno. **24.36** a) Éter. b) Amina. c) Aldehído. d) Cetona. e) Ácido carboxílico. f) Alcohol. g) Aminoácido. **24.38**  $\text{HCOOH} + \text{CH}_3\text{OH} \longrightarrow \text{HCOOCH}_3 + \text{H}_2\text{O}$ . Formiato de metilo. **24.40**  $(\text{CH}_3)_2\text{CH}-\text{O}-\text{CH}_3$ . **24.42** a) Cetona. b) Éster. c) Éter. **24.44**  $-174$  kJ/mol. **24.46** a), c), d), f). **24.48** a) Alcohol de frotamiento. b) Vinagre. c) Bolas de naftalina. d) Síntesis orgánica. e) Síntesis orgánica. f) Anticongelante. g) Gas natural. h) Polímero sintético. **24.50** a) 3. b) 16. c) 6. **24.52** a) C: 15.81 mg, H: 1.33 mg, O: 3.49 mg. b)  $\text{C}_6\text{H}_6\text{O}$ .



**24.54** Fórmula empírica y molecular:  $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}$ . 88.7 g/mol.



$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ . **24.56** a) Átomos de C unidos al grupo metilo y al grupo amino y al átomo de H. b) Los átomos de C unidos a Br. **24.58**  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO}$ . **24.60** a) Alcohol. b) Éter. c) Aldehído. d) Ácido carboxílico. e) Amina. **24.62** Los ácidos en el jugo de limón convierten las aminas en sales de amonio, las cuales tienen presiones de vapor muy bajas. **24.64** Metano ( $\text{CH}_4$ ), etanol ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ), metanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ), isopropanol ( $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$ ), glicol de etileno ( $\text{CH}_2\text{OHCH}_2\text{OH}$ ), naftaleno ( $\text{C}_{10}\text{H}_8$ ), ácido acético ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ). **24.66** a) 1. b) 2. c) 5. **24.68** El  $\text{Br}_2$  se disocia en átomos de Br, los cuales reaccionan con  $\text{CH}_4$  para formar  $\text{CH}_3\text{Br}$  y  $\text{HBr}$ .

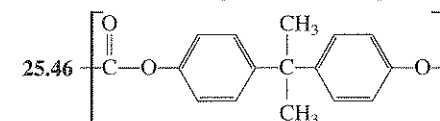


**24.72**  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$  o  $\text{CH}_3-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}_3$ . **24.74** a) Reacción entre glicerol y ácido carboxílico (formación de un éster). b) Grasa o aceite (mostrado en el problema) +  $\text{NaOH} \longrightarrow$  glicerol +  $3\text{RCOO}^-\text{Na}^+$  (jabón). c) Las moléculas que tienen más enlaces  $\text{C}=\text{C}$  son más difíciles de empacar apretadamente. En consecuencia, tienen un punto de fusión más bajo. d) Gas  $\text{H}_2$  con un catalizador homogéneo o heterogéneo. e) 123.

### Capítulo 25

**25.8**  $\text{CH}_2=\text{CHCl}-\text{CH}_2-\text{CCl}_2$ . **25.10** Mediante una reacción de adición que implique monómeros de estireno.

**25.12** a)  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$ . b)  $\text{HO}_2\text{C}(\text{CH}_2)_6\text{NH}_2$ . **25.22** A 35°C la enzima comienza a desnaturalizarse. **25.28** Las proteínas están compuestas por 20 aminoácidos. Los ácidos nucleicos están compuestos sólo por cuatro elementos constitutivos (purinas, pirimidinas, azúcar, grupo fosfato). **25.30** Los pares base C-G tienen tres enlaces de hidrógeno y un punto de ebullición más alto; los pares base A-T tienen dos enlaces de hidrógeno. **25.32** Los músculos de las piernas son activos, tienen una velocidad metabólica y por lo tanto una alta concentración de mioglobina. El contenido de hierro en Mb hace que la carne se vea oscura. **25.34** Los insectos tienen sangre que no contiene hemoglobina. Es poco probable que un insecto del tamaño humano pudiera obtener suficiente oxígeno para el metabolismo mediante difusión. **25.36** Hay cuatro átomos de Fe por molécula de hemoglobina.  $1.6 \times 10^4$  g/mol. **25.38** En su mayoría fuerzas de dispersión. **25.40** Gli-Ala-Fe-Glu-His-Gli-Ala-Leu-Val. **25.42** No. Las enzimas sólo actúan en uno de los dos isómeros ópticos de un compuesto. **25.44** 315 K.



**25.48** a) El grupo  $-\text{COOH}$ . b) pH = 1.0: la valina es la forma completamente protonada. pH = 7.0: sólo el grupo  $-\text{COOH}$  se ionizó. pH = 12.0: ambos grupos están ionizados. **25.50** a) *sp*<sup>3</sup>. b) Cisteína. c)  $\Delta H > 0$  y  $\Delta S > 0$ . El término  $-T\Delta S$  hará a  $\Delta G$  negativo a alta temperatura. d)  $\frac{1}{105}$ . e) La oxidación produce la formación de un enlace disulfuro y elimina el olor, lo cual se debe al grupo  $-\text{SH}$ .

**Acerca del autor**

© Michele Migdal.

**Capítulo 1**

Apertura: © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Charles D. Winters, fotógrafo; figura 1.1a): © Jean Claude Revy/Phototake; figura 1.1b): © T.J. Florian/Rainbow; figura 1.1c): © David Parker/Seagate/Photo Researchers; figura 1.1d): © Milt Gordon; figura 1.2: © B.A.E. Inc./Alamy Images; página 10: © NASA; figura 1.4 (ambas): © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Ken Karp, fotógrafo; figura 1.7: © Fritz Goro/Time & Life Pictures/Getty Images; página 15: © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Ken Karp, fotógrafo; página 16: © NASA; figura 1.9: BIPM (Buró Internacional de Pesos y Medidas/Bureau International des Poids et Mesures, www.bipm.org); página 18: © Comstock; página 19: © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Stephen Frisch, fotógrafo; página 20: © NASA/JPL; página 21: © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Ken Karp, fotógrafo; figura 1.12: cortesía de Mettler; página 30: © Charles D. Winter/Photo Researchers; página 38: © Chris Butler/Science Photo Library/Photo Researchers, Inc.

**Capítulo 2**

Apertura: © C. Powell, P. Fowler & D. Perkins/Photo Researchers; figura 2.4 (toda): © Richard Megna/Fundamental Photographs; página 47: © The Image Bank/Getty Images; figura 2.13: © E.R. Degginger/Color-Pic; página 57: © Andrew Lambert/Photo Researchers, Inc.; páginas 58, 61, figura 2.16: © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Ken Karp, fotógrafo.

**Capítulo 3**

Apertura: © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Charles D. Winters, fotógrafo; página 79: © Andrew Popper/Picture Group; figura 3.1: © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Stephen Frisch, fotógrafo; página 81: cortesía del National Scientific Balloon Facility/Palestine, Texas; página 82: © E.R. Degginger/Color-Pic; página 82: © L.V. Bergman/The Bergman Collection; página 84: © American Gas; página 85: © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Ken Karp, fotógrafo; página 89: © Wards Natural Science Establishment; páginas 95, 100: © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Ken Karp, fotógrafo; página 104: © Merlin Metalworks, Inc.; página

104: © Grant Heilman/Grant Heilman Photography.

**Capítulo 4**

Apertura: © National Oceanic and Atmospheric Administration/Department of Commerce; figura 4.1a)-c): © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Ken Karp, fotógrafo; figura 4.3: © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Charles D. Winters, fotógrafo; figura 4.4: © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Ken Karp, fotógrafo; figura 4.5: © Charles Winters; página 125: © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Ken Karp, fotógrafo; página 126: © cortesía de Betz Corp.; figura 4.6, páginas 129, 132, figuras 4.10, 4.12a), 4.12c), 4.13b), 4.14: © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Ken Karp, fotógrafo; figura 4.12b): © E.R. Degginger/Color-Pic; figura 4.13a): © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Charles D. Winters, fotógrafo; figura 4.15a)-c): © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Stephen Frisch, fotógrafo; figura 4.17: © Mula & Harnamty/Phototake; página 143: © Jim Varney/Photo Researchers; páginas 144, 146, figura 4.20a)-c), página 150, figuras 4.21, 4.22, página 154: © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Ken Karp, fotógrafo; página 155: © cortesía de Dow Chemical USA; página 167: © Dirk Halstead/Gamma Press.

**Capítulo 5**

Apertura: National Oceanic and Atmospheric Administration/Department of Commerce; página 171, figura 5.11: © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Ken Karp, fotógrafo; página 184: cortesía de National Scientific Balloon Facility/Palestine, Texas; página 184: © Mark Antman/Image Works; página 190: © cortesía de General Motors; página 190: © E.R. Degginger/Color-Pic; página 191: © Fred J. Maroon/Photo Researchers; página 199: © Jeff Rotman Photography; página 203: © NASA; figura 5.20: © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Ken Karp, fotógrafo; página 205: © Carl E. Wieman/University of Colorado, Boulder; página 213: © Peter Menzel/Stock Boston; página 221: © Fort Worth StarTelegram/Corbis Sygma.

**Capítulo 6**

Apertura: © Sandia National Laboratories; página 224: © Jacques Jangoux/Photo Researchers; figura 6.2: © UPI/Corbis; página 226: © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Charles D. Winters, fotógrafo; página 228: © 1994 Richard

Megna, Fundamental Photographs, NYC; página 231: © Edward Kinsman/Photo Researchers; página 233: © Grafton Smith Photography; página 236: © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Stephen Frisch, fotógrafo; página 237: © Richard Megna/Fundamental Photographs, Nueva York; página 238: © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Stephen Frisch, fotógrafo; página 246: © cortesía de Diamond Information Center; página 246: © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Ken Karp, fotógrafo; páginas 248, 249: © E.R. Degginger/Color-Pic; página 249: © E.R. Degginger/Color-Pic; página 250: © Orgo-Thermite; página 251: © cortesía de T. Eisner y Daniel Aneshansley/Cornell University; página 265: © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Ken Karp, fotógrafo.

**Capítulo 7**

Apertura: © Michael Freeman/Corbis Images; figura 7.1: © Volvox/Index Stock Imagery; figura 7.4: © 1994 B.S.I.P./Custom Medical Stock Photo; página 274: © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Stephen Frisch, fotógrafo; figura 7.7: © Joel Gordon 1979; figura 7.8: © fotografía cortesía de VWR Scientific Products/Sargent Welch; página 281: © profesor Ahmed H. Zewail/California Institute of Technology, departamento de química; página 283: © Dr. Stanley Flegler/Visuals Unlimited; página 283: © IBM San Jose Research Laboratory; página 312: © Deutsches Museum; página 313: © Jay M. Pasachoff/Williams College.

**Capítulo 8**

Apertura, página 316: © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Charles D. Winters, fotógrafo; figura 8.10 aluminio, azufre, magnesio: © L.V. Bergman/The Bergman Collection; figura 8.10 argón, cloro, sodio: © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Ken Karp, fotógrafo; figura 8.10 fósforo: © Albert Fenn/Time Life Science Library/MATTER; figura 8.10 silicio: © Frank Wing/Stock Boston; figura 8.14 cesio, rubidio: © L.V. Bergman/The Bergman Collection; figura 8.14 litio, sodio: © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Ken Karp, fotógrafo; figura 8.14 potasio: © Albert Fenn/Time Life Science Library/MATTER; figura 8.15 bario, berilio, calcio, magnesio, estroncio: © L.V. Bergman/The Bergman Collection; figura 8.15 radio: © Phil Brodatz; figura 8.16: © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Charles D. Winters, fotógrafo; figura 8.16 aluminio, boro, indio: L.V. Berg-



man/The Bergman Collection; figura 8.17 carbono, estroncio, plomo: © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Ken Karp, fotógrafo; figura 8.17 diamante: © cortesía de Diamond Information Center; figura 8.17 silicio: © Frank Wing/Stock Boston; figura 8.17 estaño: © L.V. Bergman/The Bergman Collection; figura 8.18 nitrógeno: © Joe McNally; figura 8.18 antimonio, arsénico, bismuto: © L.V. Bergman/The Bergman Collection; figura 8.18 R&W fósforo: © Albert Fenn/Time-Life Science Library/MATTER; figura 8.19 selenio, azufre: © L.V. Bergman/The Bergman Collection; figura 8.19 telurio: © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Ken Karp, fotógrafo; figura 8.20: © Joel Gordon 1979; figura 8.21 (todo): © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Ken Karp, fotógrafo; figura 8.21 xenón: © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Ken Karp, fotógrafo; figura 8.22a)-b): © Neil Bartlett; figura 8.23: © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Ken Karp, fotógrafo; página 346: © Culver Pictures.

### Capítulo 9

Apertura: © G.N. Lewis/Dover Publications; página 359: © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Ken Karp, fotógrafo; página 360: © Wards Natural Science Establishment; página 365: © cortesía de International Salt Company; página 365: © Liane Enkelis/Stock Boston; página 375: © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Ken Karp, fotógrafo; página 378: © cortesía de James O. Schreck, profesor de química/University of Northern Colorado; página 384: © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Ken Karp, fotógrafo.

### Capítulo 10

Figura 10.21: © Donald Clegg; página 440: © F. Stuart Westmorland/Photo Researchers; página 441: © Riichiro Saito/University of Electro-Communications, Tokio; página 514: © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Ken Karp, fotógrafo; figura 10.14: © Aronson Photo/Stock Boston.

### Capítulo 11

Apertura, figura 11.9: © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Ken Karp, fotógrafo; página 459: © Hermann Eisenbeiss/Photo Researchers; figura 11.11: © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Ken Karp, fotógrafo; página 463: © Alan Carey/Image Works; página 467: © Tony Mendoza/Stock Boston; página 472: © Byron Quintard/Jacqueline McBride/Lawrence Livermore National Labs; página 474: © Grant Heilman/Grant Heilman Photography; página 474: © L.V. Bergman/The Bergman Collection; página 476: © cortesía de Edmund Catalogs; página 477: © cortesía de Railway Technical Research Institute, Tokio, Japón; página 478: © Christie's Images/Corbis Images; figura 11.37a)-d), página 487, figura, 11.42: © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Ken Karp, fotógrafo; página 490: © David Barnes/Stock Market; página 492: © Andrew McClenaghan/Science Photo Library/Photo Researchers; página 492: © E.R. Degginger/Color-Pic; página 500: © McGraw-Hill

Higher Education, Inc./Ken Karp, fotógrafo; página 500: © AFP/Corbis.

### Capítulo 12

Apertura: © Richard Megna/Fundamental Photographs; figura 12.1: © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Ken Karp, fotógrafo; página 516: Bill Evans, U.S. Geological Survey; página 521: © Hank Morgan/Photo Researchers; página 522: © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Ken Karp, fotógrafo; página 525: © John Mead/Photo Researchers; página 531: © PUR® Drinking Water Systems, a division of Recovering Engineering, Inc.; figura 12.13d) (todo): © David Phillips/Photo Researchers, Inc.; figura 12.15: © Paul Weller; figura 12.16: © Anna E. Zuckerman/Tom Stack Associates; página 539: © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Ken Karp, fotógrafo; página 540: © George Holton/Photo Researchers, Inc.; página 542: © Michael Newman/PhotoEdit.

### Capítulo 13

Apertura, figuras 13.3, 13.7, página 560: © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Ken Karp, fotógrafo; página 568: © Francois Lochon/Gamma Press; figura 13.21: © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Ken Karp, fotógrafo; figura 13.25: © cortesía de Jason Matthey; figura 13.27: © General Motors Corp. Utilizado con autorización, GM Media Archives.

### Capítulo 14

Apertura: © Videodiscovery; página 602: © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Ken Karp, fotógrafo; página 610: © Collection Varin-Visage/Photo Researchers; figura 14.7: © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Ken Karp, fotógrafo; figuras 14.10a)-b), 14.11: © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Ken Karp, fotógrafo; página 639: © J.M. Boivin/Gamma Press; página 640: © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Stephen Frisch, fotógrafo.

### Capítulo 15

Apertura: © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Jill Braaten, fotógrafo; figura 15.2: © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Ken Karp, fotógrafo; página 652: © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Stephen Frisch, fotógrafo; figura 15.10: © Michael Melford/Wheeler Pictures; figuras 15.9 (ambas), 15.11, página 685: © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Ken Karp, fotógrafo; página 695: © Kristen Brochmann/Fundamental Photographs.

### Capítulo 16

Apertura: © Allan Morgan/Peter Arnold; página 701, figura 16.1, página 703: © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Ken Karp, fotógrafo; página 706: © profesores P.P. Botta y S. Correr/Science Picture Library/Photo Researchers, Inc.; figura 16.3, figura 16.8: © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Ken Karp, fotógrafo; página 718: © CNRI/SPL/Science Source/Photo Researchers, Inc.; página 722 (ambas): © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Ken Karp,

fotógrafo; página 724: © Runk/Schoenberger/Grant Heilman Photography; página 726: © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Ken Karp, fotógrafo; figuras 16.10, 16.11, 16.12a)-d): © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Ken Karp, fotógrafo; página 736 (izquierda): © Jody Dole/Image Bank/Getty Images; página 736 (derecha): © Scientific American/A.R. Terepka; figura 16.13 (toda), página 749: © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Stephen Frisch, fotógrafo; página 749 (todo): © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Ken Karp, fotógrafo.

### Capítulo 17

Apertura: © Corbis/vol. 188; figura 17.4: © E.R. Degginger/Color-Pic; figura 17.5: © NASA; página 758: © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Ken Karp, fotógrafo; figura 17.8: National Oceanic and Atmospheric Administration-NOAA; figura 17.9: © NASA; página 762: © Roger Ressmeyer/Corbis Images; figura 17.10: © E.R. Degginger/Color-Pic; figura 17.20a): © NYC Parks Photo Archive; figura 17.20b): © Kristen Brochmann/Fundamental Photographs; figuras 17.22, 17.24: © Owen Franken; página 771: © James A. Sugar/Corbis Images; figura 17.26: © Stan Ries/Index Stock Imagery; página 773: © Barth Falkenberg/Stock Boston; figura 17.29: © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Ken Karp, fotógrafo.

### Capítulo 18

Apertura: © National Lime Association; página 785: © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Charles D. Winters, fotógrafo; página 785: © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Ken Karp, fotógrafo; página 787: © Matthias K. Gebbert University of Maryland, Baltimore County/Departamento de Matemáticas y Estadísticas; página 790, 802: © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Ken Karp, fotógrafo.

### Capítulo 19

Apertura: © Nathan S. Lewis, California Institute of Technology; figura 19.2: © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Ken Karp, fotógrafo; página 843: © Derek Lovely; figura 19.12: © NASA; página 844: © AP/Wide World Photos; figura 19.13a): © E.R. Degginger/Color-Pic; figura 19.13b): © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Ken Karp, fotógrafo; figura 19.13c): © Donald Dietz/Stock Boston; figura 19.15: © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Ken Karp, fotógrafo; figura 19.18: © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Stephen Frisch, fotógrafo; páginas 859, 861, 864 (ambas): © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Ken Karp, fotógrafo.

### Capítulo 20

Apertura: © James L. Dye; figura 20.2: © Lamont-Doherty/Dr. Bruce Heezen; figura 20.5: © Jeff Smith; figura 20.7: © Don Greenkennecott; figuras 20.13, 20.15: © Wards Natural Science Establishment; figura 20.16: © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Ken Karp, fotógrafo; figura 20.17: © Wards Natural Science Establishment; figura 20.19: © E.R. Degginger/Color-Pic; página 888 (ambos): © cortesía de

Aluminum Company of America; figura 21.6: © Paul Logsdon.

### Capítulo 21

Apertura: © NASA; página 900: © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Ken Karp, fotógrafo; figura 21.5: © cortesía de General Electric Research and Development Center; página 905: © Jeff Smith; figura 21.7: © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Ken Karp, fotógrafo; figura 21.8: © cortesía de Amax, Inc.; página 913 (izquierda): © Robert E. Daemmrlich/Daemmrlich Photography; página 913 (derecha): © Jeff Roberson; página 916: © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Ken Karp, fotógrafo; figura 21.14: © LV Bergman/The Bergman Collection; figura 21.16: © Tams Photos/C.B. Jones; página 920: © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Ken Karp, fotógrafo; figura 21.19: © Charles Beck/Vulcan Materials Company; figura 21.21: © Jim Brandedberg.

### Capítulo 22

Apertura: © Al Lemme/Fritz Goro; figura 22.4 todo excepto el cobre: © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Ken Karp, fotógrafo; figura 22.4 cobre: © L.V. Bergman/The Bergman Collec-

tion; figuras 22.5, 22.6: © Wards Natural Science Establishment; página 946: © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Ken Karp, fotógrafo; figura 22.15: © Joel Gordon 1979; figura 22.20, página 957: © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Ken Karp, fotógrafo; página 958: © University Science Books; página 964: © Mead Art Museum; página 965: © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Ken Karp, fotógrafo.

### Capítulo 23

Apertura: Jeff Hester, Arizona State University y NASA, imagen producida por AURA/STSci; figura 23.5: © Fermi Lab; figura 23.11: © Pierre Kopp/Westlight/Corbis Images; figura 23.12: © Marvin Lazarus/Photo Researchers; figura 23.13: © Los Alamos National Laboratories; página 985: © U.S. Department of Energy/Photo Researchers, Inc.; página 986: © W.J. Maeck; página 987: © NASA; figura 23.15: © Lawrence Livermore National Labs; figura 23.16: © U.S. Navy Photo/Department of Defense; figura 23.17 (ambos): © SIU/Visuals Unlimited; página 991: © Alexander Tiaras/Photo Researchers; página 993: © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Ken Karp, fotógrafo; página 1001: Cristo y sus discípulos en Emmaus por Han van Meege-

ren/Museo de Boijmans Van Beuningen, Rotterdam.

### Capítulo 24

Apertura: © Jean Miele/Corbis; página 1005: © J.H. Robinson/Photo Researchers; página 1014: © Steve Gschneissner/SPL/Photo Researchers, Inc.; página 1015: © E.R. Degginger/Color-Pic; página 1016: © Laura Stern & John Pinston. Cortesía de Laura Stem/U.S. Geological Survey; página 1017: © IBM Corporation-Almaden Research Center; páginas 1021, 1023: © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Ken Karp, fotógrafo; página 1025: © Biophoto/Photo Researchers, Inc.; página 1027: © cortesía de American Petroleum Institute; página 1036: © AP/Wide World Photos; página 1037: © Ed Bock/Corbis Images.

### Capítulo 25

Apertura: figura 2.5, página 1041: © McGraw-Hill Higher Education, Inc./Ken Karp, fotógrafo; figura 25.4: © Charles Weckler/Image Bank/Getty Images; página 1044: © Richard Hutchings/Photo Researchers; figura 25.7: E.R. Degginger/Color-Pic; página 1055: © Lawrence Berkeley Laboratory.

## A

Acción capilar, 459  
 Acción de masas, ley de, 604  
 Aceite, hidrogenado, 586, 900  
 Aceleradores de partículas, 980  
 Acero, 872  
 Acero inoxidable, 874  
 Acetaldehído ( $\text{CH}_3\text{CHO}$ ), 1022  
 Acetato de etilo, 585, 1024  
 Acetato de metilo, 579  
 Acetato de sodio ( $\text{CH}_3\text{COONa}$ ), 504, 674, 698, 702  
 Acetileno ( $\text{C}_2\text{H}_2$ ), 1015  
   enlaces en, 368, 426  
   propiedades y reacciones del, 1015  
 Acetona ( $\text{CH}_3\text{COCH}_3$ ), 1022  
 Ácido(s), 64, 127, 646  
   Arrhenius, 127  
   Brønsted, 127, 646  
   constantes de ionización de.  
     *Vea* Constantes de ionización  
   dipróticos, 128, 666  
   fuerza de, 652, 670  
   fuerza y debilidad, definidos, 652  
   Lewis, 682  
   monopróticos, 128, 656  
   polipróticos, 129, 670  
   propiedades generales de los, 127  
   tripróticos, 129, 670  
 Ácido acético ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ), 128, 657, 711, 1023  
   constante de ionización del, 657  
   valoraciones del, 711  
 Ácido acetilsalicílico (aspirina), 657, 685  
 Ácido adipico, 1045  
 Ácido ascórbico. *Vea* Vitamina C  
 Ácido benzoico, 674, 1023  
 Ácido bórico (ortobórico), 682  
 Ácido carbónico ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ), 612, 667, 683  
   constantes de ionización, 668  
   formación, 683, 706  
 Ácido cianhídrico (HCN), 657, 903  
 Ácido clorhídrico (HCl), 128, 670  
   como ácido monoprótico, 128  
   en valoraciones ácido-base, 709, 714  
   preparación del, 925  
 Ácido cloroso ( $\text{HClO}_2$ ), 67, 926  
 Ácido conjugado, 646

Ácido desoxirribonucleico (ADN), *vea* ADN  
 Ácido fluorhídrico (HF)  
   como ácido débil, 638  
   constante de ionización del, 639  
 Ácido fórmico ( $\text{HCOOH}$ ), 547, 657, 1023  
 Ácido fosfórico ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ), 129, 670, 912  
   constante de ionización del, 668  
 Ácido fosforoso ( $\text{CH}_3\text{PO}_3$ ), 912  
 Ácido glutámico, 1047, 1052  
 Ácido hipocloroso, 65, 926  
 Ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ), 654, 909  
   como ácido fuerte, 654  
   como agente oxidante, 904  
   estructura del, 654  
   proceso de Ostwald en la producción del, 584  
 Ácido ortobórico (ácido bórico), 682  
 Ácido oxálico, 623  
 Ácido perclórico ( $\text{HClO}_4$ ), 67, 654, 672, 926  
 Ácido ribonucleico. *Vea* ARN  
 Ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), 920  
   calor de dilución, 254  
   como ácido diprótico, 128, 668, 920  
   como ácido fuerte, 652  
   como agente oxidante, 920  
   en baterías, 839  
   producción del, 920  
 Ácido triprótico, 129, 670  
 Ácidos carboxílicos, 673, 1022  
   fuerza ácida, 673  
 Ácidos débiles  
   constantes de ionización de, 656, 666  
   definición, 652  
   reacciones de bases fuertes con, 709  
 Ácidos dipróticos, 128, 668  
   constante de ionización de, 650  
 Ácidos fuertes, 652  
 Ácidos hálcos, 670, 926  
 Ácidos halogenhídricos, 671, 926  
 Ácidos monopróticos, 128, 656  
 Ácidos nucleicos, 1054  
 Ácidos perhálcos, 926  
 Ácidos polipróticos, 129, 670  
 Actividad, 607, 650  
 Activo infrarrojo, 765  
 Acumuladores de plomo, 839  
 Adenina, 808, 1054

Adenosina, difosfato de, 808  
 Adenosina, trifosfato de, 808  
 Adhesión, 459  
 Adiabático, 233  
 ADN (ácido desoxirribonucleico), 1054  
   enlace de cisplatino con, 958  
   estructura del, 1056  
   huellas dactilares por, 1057  
   micrografía electrónica, 1055  
 Aerosoles, 531, 761, 772  
 Afinidad electrónica, 333  
 Agente antidetonante, 1026  
 Agente oxidante, 132  
 Agente reductor, 132  
 Agentes antitumorales, 958  
 Agentes quelantes, 941  
 Agentes quelantes terapéuticos, 958  
 Agua  
   autoionización del, 647  
   calor específico del, 239, 461  
   como moderador, 983  
   constante de producto iónico del, 648  
   densidad del, 462  
   diagrama de fases del, 488  
   dura, 126  
   electrólisis del, 849  
   estructura del, 461  
   fluoración del, 926  
   momento dipolo del, 414  
   movimiento de vibración del, 765, 789  
   presión del vapor de, 196  
     (*tabla*)  
   propiedades ácido-base del, 647  
   puentes de hidrógeno en el, 462  
   suave, 126  
   tensión superficial del, 459  
   viscosidad del, 459  
 Agua dulce, 126, 530  
 Agua dura, 126  
 Agua marina  
   composición del, 530 (*tabla*)  
   desalinización del, 530  
 Agua pesada. *Vea* Óxido de deuterio  
 Agua regia, 909  
 Aire, composición del, 752  
 Aislantes, 877  
 Alcanos (hidrocarburos alifáticos), 68, 1004  
   isomería óptica de los alcanos sustituidos, 1011

nomenclatura de, 1006  
 reacciones de, 1009  
 Alcanos de cadena lineal, 69, 1006  
 Alcanos sustituidos, isomería óptica de, 1011  
 Alcohol de madera. *Vea* Metanol  
 Alcohol deshidrogenasa, 1020  
 Alcohol desnaturalizado, 1021  
 Alcohol para frotar (isopropílico), 1021  
 Alcohol(es), 1020  
   desnaturalizado, 1021  
   oxidación de, 1022  
   reacciones de condensación de, 1021  
 Alcoholes alifáticos, 1020  
 Alcoholímetro, 143  
 Aldehído cinámico, 1022  
 Aldehídos, 1022  
 Aleaciones, 868  
 Alótropos, 54, 246  
   azufre, 918  
   carbono, 54, 246, 440, 902  
   estaño, 478  
   fósforo, 910  
   oxígeno, 54, 916  
 Alquenos (olefinas), 1011  
   isómeros geométricos de, 1013  
   nomenclatura de, 1012  
   propiedades y reacciones de, 1012  
 Alquinos, 1015  
 Alrededores, 225, 793  
 Alto horno, 870  
 Alumbre, 887  
 Aluminio, 339, 885  
   metalurgia del, 885  
   recuperación del, 888  
 Amalgama dental, 853  
 Amalgamas, 853, 869  
 Amida, grupo, 1046  
 Aminas, 1024  
 Aminoácidos, 1046, 1047 (*tabla*)  
 Aminobenceno (anilina), 1024  
 Amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), 907  
   como base, 129  
   como base de Lewis, 683  
   como disolvente, 907  
   constante de ionización de, 664  
   en fertilizantes, 104  
   geometría molecular, 404  
   preparación de, 583, 630  
   producto iónico, 907  
   solubilidad de, 515  
 Amonio, ion, 59, 129  
 Amortiguador de fosfato, 705



- Ampere (A), 851  
 Amplitud de onda, 268  
 Análisis cualitativo, 737  
 Análisis cuantitativo, 148. *Vea también* Valoraciones ácido-base  
   de reacciones redox, 153  
   gravimétrico, 148  
 Análisis dimensional, 27  
 Análisis gravimétrico, 148  
 Análisis por activación de neutrones, 168  
 Análisis químicos. *Vea también* Análisis cualitativo; Análisis cuantitativo  
   con compuestos de coordinación, 957  
 Anemia falciforme, 1052  
 Angstrom (Å), 47  
 Ángulos de enlace, 401, 405  
 Anhídrida carbónica, 706, 736  
 Anilina (aminobenceno), 1024  
 Aniones, 53  
   configuración electrónica de, 321  
   nombres de, 60, 944  
   que contienen átomos metálicos, 944  
   radio de, 323  
 Ánodo, 43, 824  
   de sacrificio, 847  
 Antiácidos, 684  
 Anticongelante, 522  
 Argón, 343, 346  
 Aristóteles, 423  
 ARN, 1054  
 Arrhenius, ecuación de, 571  
 Arrhenius, Svante, 127  
 Arrhenius, teoría ácido-base, 127  
 Arsénico, 167, 1063  
 Aspirina (ácido acetilsalicílico), 657, 685  
 Ástato, 342  
 Aston, Francis, W., 86  
 Átomo, 43  
   espectros de emisión, 274  
   estructura del, 48  
   modelo de Rutherford del, 47  
   modelo de Thomson del, 46  
   teoría de Dalton, 42  
   teorías griegas del, 274  
 Átomo de hidrógeno  
   ecuación de Schrödinger y, 285  
   energía del, 275  
   espectro de emisión del, 274  
   teoría de Bohr del, 274  
 Átomo donador, 941  
 Átomos polielectrónicos, 286  
 Aurora boreal, 755  
 Autoionización del agua, 647  
 Avogadro, Amedeo, 79, 180  
 Avogadro, ley de, 180  
 Avogadro, número de, 79  
 Azufre, 341, 917  
   alótropos de, 918  
   combustión de, 137, 228  
   compuestos comunes de, 918  
   depósitos en sitios volcánicos, 762  
   en el proceso de vulcanización, 1043  
   extracción mediante el proceso de Frasch, 917  
 Azul de Prusia, 964
- B**  
 Balanceo de ecuaciones, 93, 820  
   constante de equilibrio y, 614  
   reacciones nucleares, 968  
   reacciones redox, 820  
 Balmer, serie de, 277  
 Banda de conducción, 877  
 Banda de estabilidad, 970  
 Banda de valencia, 876  
 Bario, 338, 883  
 Barómetro, 173  
 Barras de control, 984  
 Bartlett, Neil, 343  
 Base(s), 67, 129, 646  
   Arrhenius, 127  
   Brønsted, 128  
   constante de ionización de, 663  
   fuerza de, 652  
   Lewis, 682  
   propiedades generales de, 127  
 Base conjugada, 646  
 Bases débiles  
   constantes de ionización de, 663  
   definición, 652  
   reacciones de ácidos fuertes con, 714  
 Bases fuertes, 652  
 Baterías, 839  
   acumulador de plomo, 839  
   celda combustible, 841  
   de litio, 841  
   de mercurio, 839  
   pila seca, 839  
 Baterías de mercurio, 839  
 Baterías de pila seca, 839  
 Bauxita, 885  
 Becquerel, Antoine, 45  
 Benceno (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>), 1017  
   enlaces en, 378, 438  
   estructura del, 378, 438, 1017  
   micrografía electrónica del, 1017  
 Berilio, 337, 883  
 Berilo, 868  
 Bicarbonato de sodio (NaHCO<sub>3</sub>), 68  
 Biosfera II, 226  
 Bipirámide trigonal, 403  
 Blenda de zinc, 472  
 Bohr, modelo de, 274  
 Bohr, Niels, 274  
 Boltzmann, constante de, 787  
 Boltzmann, ecuación de, 787  
 Boltzmann, Ludwig, 190
- Bomba atómica, 50, 982  
 Bomba calorimétrica, 240  
 Bomba calorimétrica a volumen constante, 240  
 Bomba de hidrógeno, 989  
 Bomba termonuclear, 989  
 Born-Haber, ciclo de, 363  
 Born, Max, 362  
 Boro, 339  
 Bose-Einstein, condensado de, 205  
 Bose, Satyendra, 205  
 Boyle, ley de, 175  
 Boyle, Robert, 175  
 Bragg, ecuación de, 471  
 Bragg, William H., 471  
 Bromo, 141, 342, 927  
 Bromuro de hidrógeno (HBr), 925  
 Bromuro de plata (AgBr), 927  
 Brønsted, ácido de, 128, 646  
 Brønsted, base de, 128, 646  
 Brønsted, Johannes N., 128  
 Brønsted, teoría ácido-base de, 128, 646  
 Buceo, 199  
 Buckminsterfullereno. *Vea* Buckybalón  
 Buckybalón, 440  
 Bureta, 16, 150  
 Butadieno, 1043
- C**  
 Cabello, 1062  
 Cal, 770, 885  
 Cal apagada [hidróxido de calcio, Ca(OH)<sub>2</sub>], 884  
 Cal viva, *Vea* Óxido de calcio  
 Calcio, 338, 884  
 Calcita, 610, 800  
 Calcopirita (CuFeS<sub>2</sub>), 939  
 Calor, 225, 231  
   de dilución, 253  
   de disolución, 252  
   de fusión, 485  
   de hidratación, 252  
   de vaporización, 252  
 Calor molar  
   de fusión, 485 (*tabla*)  
   de sublimación, 487  
   de vaporización, 480, 482 (*tabla*)  
 Calor(es) específico(s), 239  
 Caloría, 245  
 Calorimetría, 239  
 Calorímetro  
   a presión constante, 242  
   bomba calorimétrica a volumen constante, 240  
 Calorímetro a presión constante, 242  
 Cambios de fase, 479  
   efectos de la presión en, 489, 490  
   líquido-sólido, 484  
   líquido-vapor, 479  
   sólido-vapor, 487  
   y entropía, 802  
 Cambios energéticos. *Vea también* Cambios de entalpía; Cambios de energía libre  
   en reacciones químicas, 224  
   y la primera ley de la termodinámica, 228  
 Campo magnético  
   de ondas electromagnéticas, 269  
   espín del electrón y, 287, 294  
 Cáncer, 993. *Vea también* Carcinógenos  
 Cantidades estequiométricas, 101  
 Capa, 286  
 Capa de ozono, ruptura de, 759  
 Capa de valencia, 400  
 Capa de valencia expandida, 381, 425  
 Capacidad calorífica (C), 239  
 Captura de electrones, 972  
 Carbón, 902  
 Carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>), 610, 770, 868, 884  
   descomposición del, 610, 800  
   eliminación de dióxido de azufre con, 769  
   producción de hierro, 871  
 Carbonato de cobre (CuCO<sub>3</sub>; pátina), 846  
 Carbonato de sodio (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>; sosa comercial), 882  
 Carbono, 339, 902  
   alótropos del, 54, 246, 440, 902. *Vea también* Diamante; Grafito  
   en compuestos inorgánicos, 59  
   en la elaboración del acero, 873  
   diagrama de fases del, 902  
   masa atómica del, 78  
 Carbono-12, 78  
 Carbono-14, 568, 977  
 Carbono-14, datación mediante, 568, 977  
 Carborundo, 903  
 Carboxihemoglobina, 775  
 Carburo de calcio (CaC<sub>2</sub>), 903, 1015  
 Carburo de silicio (SiC, carborundo), 903  
 Carburos, 903, 1015  
 Carcinógenos  
   de aminas, 1024  
   de dibromuro de etileno, 927  
   de hidrocarburos aromáticos policíclicos, 1019  
   de radiación, 993  
 Carga del electrón, 45  
 Carga formal, 375  
 Carga nuclear efectiva, 323  
 Caries dental, 853  
 Carothers, William H., 1045

- Catálisis, 581  
   disminución de la contaminación del aire por, 584  
   enzimática, 596  
   heterogénea, 582  
   homogénea, 585  
 Catálisis heterogénea, 582  
 Catálisis homogénea, 582  
 Catalizadores, 581  
   en convertidores catalíticos, 584  
   efectos de, en el equilibrio, 628  
   enzimas como, 586  
   heterogéneos, 582  
   homogéneos, 585  
   Natta-Ziegler, 1042  
 Cationes, 52  
   configuración electrónica de, 321  
   hidrólisis de, 677  
   identificación de, 737  
   nomenclatura de, 60  
   radio iónico de, 325  
 Cátodo, 44, 824  
 Celda cúbica centrada en el cuerpo (bcc), 465  
 Celda cúbica simple (sc), 465  
 Celda cúbica unitaria, 463  
 Celda de combustible, 842  
 Celda de combustible bacteriano, 843  
 Celda de combustible hidrógeno-oxígeno, 842, 901  
 Celda de combustible oxígeno-hidrógeno, 842  
 Celda de combustible oxígeno-propano, 843  
 Celda de combustible propano-oxígeno, 843  
 Celda de Daniel, 824  
 Celda de diafragma, 924  
 Celda de Downs, 848  
 Celda de Leclanche, 839  
 Celda electrolítica, 848  
 Celda unitaria cúbica centrada en las caras (fcc), 465, 467  
 Celda voltaica (electroquímica), 823  
 Celdas de concentración, 837  
 Celdas electroquímicas, 823  
 Celdas unitarias, 463  
 Celulosa, 694  
 Cementita, 873  
 Cero absoluto, 179  
 Cesio, 337  
 Cetonas, 1022  
 Chadwick, James, 48  
 Chargaff, E., 1054  
 Chargaff, regla de, 1054  
 Charles, Jaques, 178  
 Charles, ley de (ley de Charles y Gay-Lussac), 179  
 Chernobyl, 985  
 Cianuro, 904
- Cianuro de hidrógeno (HCN), 170, 903  
 Ciclo del carbono, 763  
 Ciclo del nitrógeno, 752  
 Ciclo del oxígeno, 753  
 Cicloalcanos, 1011  
 Ciclohexano, 1011  
 Ciclotrón, 980  
 Cifras significativas, 23, 651, A-13  
 Cinética. *Vea* Cinética química  
 Cinética química, 546  
 Círculo cromático, 950  
 Cisplatino, 958  
 Citocromo c, 957  
 Citocromo oxidasa, 903  
 Citosina, 1054  
 Clapeyron, Benoit, 481  
 Clausius-Clapeyron, ecuación de, 481  
 Clausius, Rudolf, 481  
 Clima  
   dióxido de carbono y, 763  
   efectos del agua en el, 461  
 Clorato de potasio (KClO<sub>3</sub>), 95, 195, 581  
 Cloro, 342, 921  
   preparación de, 923  
   usos del, 927  
 Clorofila, 957  
 Clorofluorocarbonos (CFC), 758  
 Cloroformo (CHCl<sub>3</sub>), 1009  
 Cloruro de acetilo (CH<sub>3</sub>COCl), 1023  
 Cloruro de aluminio (AlCl<sub>3</sub>), 677, 886  
 Cloruro de amonio (NH<sub>4</sub>Cl), 676  
 Cloruro de berilio (BeCl<sub>2</sub>), 400, 419  
 Cloruro de hidrógeno (HCl), 925  
 Cloruro de metileno, 1009  
 Cloruro de metilo, 1009  
 Cloruro de plata (AgCl),  
   análisis gravimétrico del, 148  
   precipitación fraccionada del, 725  
   solubilidad y, 719  
 Cloruro de sodio (NaCl), 56, 365, 368, 880  
   electrólisis de la sal acuosa, 849  
   electrólisis de la sal fundida, 848  
   estructura del, 57  
   fusión del hielo con, 521  
 Cloruro de titanio(III) (TiCl<sub>3</sub>), 1042  
 Cobre, 939  
   configuración electrónica del, 299  
   corrosión del, 846  
   energía de ionización del, 344  
   metalurgia del, 939  
   purificación del, 874  
 Cociente de reacción (Q), 618, 720, 803, 834

- Cohesión, 459  
 Col morada, 717  
 Colesterol, 1035  
 Coloides, 530  
 Color  
   de iones de metales de transición, 950  
   de la clorofila, 934  
   de los indicadores, 718  
   del vidrio, 478  
   longitud de onda y, 271, 950  
 Columna de fraccionamiento, 519, 1027  
 Combustible. *Vea* Combustibles fósiles  
 Combustibles fósiles, 900, 1026  
 Combustión, 138  
   de alcanos, 1009  
   del acetileno, 249, 1015  
   del azufre, 137, 228  
   del hidrógeno 14, 225  
   del metano, 236, 1009  
 Complejo activado, 570  
 Complejo plano cuadrado, 954  
 Complejo tetraédrico, 954  
 Complejos de alto espín, 952  
 Complejos de espín bajo, 952  
 Complejos inertes, 955  
 Complejos lábiles, 955  
 Comportamiento de un gas no ideal, 206  
 Composición atmosférica, 752  
 Compuesto ternario, 59  
 Compuestos, 12  
   anhídros, 67  
   aromáticos. *Vea* Hidrocarburos aromáticos  
   de coordinación. *Vea* Compuestos de coordinación  
   en la teoría de Dalton, 42  
   inorgánicos, 57  
   iónicos, 53, 57  
   moleculares, 62  
   no estequiométricos, 898  
   orgánicos, 68, 1004  
 Compuestos anhidros, 67  
 Compuestos binarios, 59  
 Compuestos covalentes, 366  
 Compuestos de coordinación, 940  
   aplicaciones de, 955  
   enlaces en, 949  
   en sistemas vivos, 956  
   estereoquímica de, 946  
   nomenclatura, 944  
   número de oxidación, 943  
   reacciones de, 955  
 Compuestos inorgánicos, 57  
 Compuestos iónicos, 53, 57  
   nomenclatura, 59  
 Compuestos moleculares, 62  
 Compuestos no estequiométricos, 898  
 Compuestos orgánicos, 68, 1004  
 Compuestos puenteados, 887
- Concatenación, 902, 1004  
 Concentración, 142, 507  
   efectos en la fem, 834  
   equilibrios químicos y cambios en la, 623  
 Concentración de las disoluciones, 142, 507  
 Concentración molar, 142  
 Condensación, 480  
 Conductividad  
   de elementos no metálicos, 877  
   de metales, 475, 876  
 Conductor, 877  
 Configuración electrónica, 292  
   aniones, 321  
   asignación de electrones a orbitales en, 292  
   cationes, 321  
   diamagnetismo y paramagnetismo en, 294  
   estado fundamental, 292  
   principio de Aufbau y, 298  
   principio de exclusión de Pauli y, 293  
   regla de Hund y, 296  
   y efecto pantalla, 295  
   y orbitales moleculares, 432  
 Confinamiento magnético, 988  
 Congelamiento, desalinización por, 530  
 Constante de apantallamiento, 323  
 Constante de equilibrio (K), 603, 803  
   ecuación balanceada y, 614  
   en el equilibrio heterogéneo, 610  
   en el equilibrio homogéneo, 605  
   en equilibrios múltiples, 612  
   unidades, 607  
   y cálculos de concentración en el equilibrio, 619  
   y ley de acción de masas, 604  
 Constante de estabilidad. *Vea* Constante de formación  
 Constante de formación (K<sub>f</sub>), 733, 733 (*tabla*)  
 Constante de los gases (R), 181  
   unidades de, 182, A-7  
   van der Waals, 208 (*tabla*)  
 Constante de velocidad, 549  
 Constante de velocidad catalítica (k<sub>c</sub>), 582  
 Constante del producto iónico, 645  
 Constante del producto iónico del agua (K<sub>w</sub>), 648  
 Constante molal de descenso del punto de congelación, 522  
 Constante molal de elevación del punto de ebullición, 521  
 Constantes de ionización. *Vea también* Constantes de ionización ácida; Constantes de ionización básica

de ácidos dipróticos y polipróticos, 668  
 de ácidos monopróticos, 657  
 de bases, 663  
 Constantes de ionización ácida ( $K_a$ ), 656  
 de ácidos dipróticos y polipróticos, 668  
 de ácidos monopróticos, 657  
 relación entre constantes de ionización básica y, 665  
 Constantes de ionización básica ( $K_b$ ), 663  
 relación entre constantes de ionización ácida y, 665  
 Contaminación. *Vea* Contaminación ambiental  
 Contaminación ambiental  
 desechos nucleares, 985  
 dióxido de azufre, 768  
 Freón, 758  
 lluvia ácida, 681, 767  
 térmica, 512, 984  
 Contaminación atmosférica. *Vea* Contaminación del aire  
 Contaminación del aire  
 dióxido de azufre y, 768  
 esmog y, 771  
 monóxido de carbono y, 775  
 radón y, 773  
 Contaminación térmica, 512, 984  
 Contaminante primario, 771  
 Contaminante secundario, 771  
 Contenido calorífico. *Vea* Entalpía  
 Conversión masa-energía, 43, 972  
 Convertidores catalíticos, 584  
 Cooperatividad, 1053  
 Copolímero, 1043  
 Coque, 870  
 Corindón (óxido de aluminio anhídrido), 885  
 Corona, 311  
 Corrosión, 844  
 Coulomb (C), 831  
 Coulomb, Charles, 361  
 Coulomb, ley de, 361, 970  
 Crenación, 525  
 Crick, Francis, H.C., 1055  
 Criolita ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ), 885  
 Cristal(es), (*tabla*) 475  
 covalente, 474  
 difracción de rayos X por, 469  
 iónico, 472  
 metálico, 475  
 molecular, 474  
 Cristales covalentes, 474  
 Cristales iónicos, 472  
 Cristales líquidos, 491  
 Cristales metálicos, 475  
 Cristales moleculares, 474  
 Cristalización, 504  
 fraccionada, 512  
 Cristalización fraccionada, 512  
 Cromo, 299, 938  
 Cromosomas, 994

Cuantos, 272  
 Cuarzo  
 cristalino, 474  
 estructura del, 478  
 punto de fusión del, 474  
 Curie, Marie, 46  
 Curie, Pierre, 46  
 Curio (Ci), 991  
 Curva de calentamiento, 486  
 Curva de enfriamiento, 486  
 Curva de valoración, 710, 711, 714

**D**  
 Dacrón, 1045  
 Dalton (unidad de masa atómica), 78  
 Dalton, John, 42  
 Dalton, ley de las presiones parciales de, 192  
 Dalton, teoría atómica de, 42  
 Datación, radionuclear, 568, 977  
 con azul de Prusia, 964  
 Datos, 8  
 Datos cualitativos, 9  
 Datos cuantitativos, 8  
 Davison, Clinton, 282  
 de Broglie, hipótesis de, 279  
 de Broglie, Louis, 279  
 Debye (D), 410  
 Debye, Peter J., 410  
 Defecto de masa, 972  
 Demócrito, 42  
 Densidad electrónica, 285  
 Densidad electrónica cero (nodo), 279, 430  
 Densidad, 15. *Vea también* Densidad electrónica  
 de gases, 186  
 del agua, 462  
 del núcleo, 970  
 Deposición, 487  
 Desalinización, 530  
 Descenso en el punto de congelación, 521  
 Desdoblamiento del campo cristalino, 950  
 Desechos nucleares, 985  
 Desnaturalizador, 1054  
 Desnitrificación, 753  
 Desoxihemoglobina, 957, 1053  
 Destilación  
 desalinización por, 530  
 fraccionada, 519, 1026  
 purificación de los metales por, 874  
 Destilación fraccionada, 519, 1026  
 Desviación del comportamiento del gas ideal, 206  
 Desviación negativa, 519  
 Desviación positiva, 519  
 Detergentes, 959  
 Deuterio, 49, 899  
 Deuterio de litio (LiD), 989  
 Diagrama de celda, 824

Diagramas de contorno de superficie, 288  
 Diagramas de fases, 488, 489, 521, 902  
 Diamagnetismo, 294  
 Diamante  
 como alótropo del carbono, 54, 246, 902  
 entropía del, 789  
 estructura del, 474  
 sintético, 903  
 Dibromuro de etileno, 927  
 Dicloroetileno, 411, 1014  
 Dicromato de potasio ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ), 143, 153, 820  
 Difusión de los gases, 203  
 Dilución de disoluciones, 146  
 Dimetilgloxima, 957  
 Dinosaurios, 38  
 Dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ), 919  
 en la lluvia ácida, 768  
 estructura de Lewis del, 404  
 Dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), 904  
 clima y, 763  
 contaminante doméstico, 775  
 diagrama de fases del, 489  
 entalpía de formación del, 247  
 fotosíntesis y, 581, 765  
 momentos de enlace del, 410  
 propiedades ácidas, 683  
 sólido (hielo seco), 489  
 solubilidad del, 515, 516  
 toxicidad del, 516  
 Dióxido de manganeso ( $\text{MnO}_2$ ), 195, 581  
 Dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ), 602, 625, 908  
 en la formación del esmog, 771  
 Dióxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ), 474, 478  
 Dióxido de titanio, 694  
 Dipéptido, 1046  
 Dipolo-dipolo inducido, 454  
 Dipolo inducido, 454  
 Dipolo temporal, 455  
 Disminución de la presión de vapor, 516  
 Disolución(es), 120  
 calor de, 252  
 concentrada, 146  
 dilución de, 146  
 de electrolitos, propiedades coligativas de, 528  
 de no electrolitos, propiedades coligativas de, 515  
 estándar, 150  
 ideal, 516  
 isotónica, hipertónica e hipotónica, 524  
 no saturada, 504  
 saturada, 504  
 sobresaturada, 504  
 tipos de, 504  
 unidades de concentración, 142, 507  
 Disolución acuosa, 120

Disolución concentrada, 101  
 Disolución estándar, 150  
 Disolución hipertónica, 524  
 Disolución hipotónica, 524  
 Disolución ideal, 518  
 Disolución isotónica, 524  
 Disolución sobresaturada, 504  
 Disoluciones amortiguadoras, 701  
 Disoluciones de electrolitos, propiedades coligativas de, 528  
 Disoluciones de no electrolitos, propiedades coligativas de, 515  
 Disoluciones no saturadas, 504  
 Disoluciones saturadas, 504  
 Disolvente, 120  
 Disolvente polar, 121  
 Disposición de residuos radiactivos, 985  
 Distribución, 786  
 Disulfuro de carbono ( $\text{CS}_2$ ), 921  
 Dolomita, 883  
 Dopaje, 877  
 Dosis de radiación, 992  
 Dualidad onda-partícula, 279  
 Dualidad partícula-onda, 274

## E

Economía del hidrógeno, 900  
 Ecuación  
 de Arrhenius, 571  
 de Boltzmann, 787  
 de Einstein, 972  
 de Henderson-Hasselbach, 699  
 de Nernst, 834  
 de Schrödinger, 285  
 de van de Waals, 207  
 del gas ideal, 181  
 iónica, 124  
 iónica neta, 125  
 molecular, 124  
 nuclear, 968  
 química, 92  
 redox, 820  
 termoquímica, 235  
 Ecuación cuadrática, 689, A-14  
 Ecuación del gas ideal, 181  
 Ecuación iónica, 124  
 Ecuación iónica neta, 125  
 Ecuación molecular, 124  
 Ecuación nuclear, 968  
 Ecuación termoquímica, 235  
 Ecuaciones químicas, 92. *Vea* Balance de ecuaciones  
 elementos libres en, 321  
 interpretación de, 93  
 EDTA (etilendiaminetetracetato), 942  
 tratamiento del envenenamiento por metales con, 942  
 EEH (electrodo estándar de hidrógeno), 825

Efectividad biológica relativa (REB), 992  
 Efecto cinético de isótopos, 900  
 Efecto de apantallamiento, 295, 323  
 Efecto del ion común  
 equilibrios ácido-base y, 698  
 solubilidad y, 727  
 Efecto fotoeléctrico, 272  
 Efecto invernadero, 763  
 Efectos biológicos de la radiación, 991  
 Efectos genéticos de la radiación, 994  
 Efectos somáticos de la radiación, 994  
 Eficiencia, 796  
 Eficiencia de empaquetamiento, 466, 499  
 Eficiencia termodinámica, 796, 844  
 Efusión de los gases, 204  
 Einstein, Albert, 43, 205, 272, 972  
 Einstein, ecuación de masa-energía de, 972  
 Einstein, teoría de la relatividad, 972, 980  
 Elastómeros (hule sintético), 1043  
 Electrocatalizadores, 842  
 Electrodo de vidrio, 837  
 Electrodo estándar de hidrógeno (EEH), 825  
 Electrodos, 824  
 ánodo, 824  
 cátodo, 824  
 Electrólisis, 848  
 aspectos cuantitativos de, 851  
 de cloruro de sodio acuoso, 849  
 de cloruro de sodio fundido, 848  
 del agua, 849  
 purificación de metales por, 874  
 Electrolitos, 120  
 débiles, 120  
 fuertes, 120  
 Electrón(es), 43  
 de valencia, 320  
 no enlazantes. *Vea* Distribución probabilística de pares de electrones no compartidos, 288  
 relación entre carga y masa (e/m), 45  
 Electronegatividad, 369  
 Electrones de valencia, 320  
 Electrones no enlazantes, 366  
 Electroquímica, 818  
 Elemento representativo (grupo principal), 318  
 Elementos, 12  
 abundancia, 52  
 afinidad electrónica de, 333  
 clasificación de, 51, 318

configuraciones electrónicas del estado fundamental de, 292 (*tabla*), 300  
 derivación de nombres y símbolos, A-1  
 electronegatividad de, 369  
 energías de ionización de, 331 (*tabla*)  
 esenciales, 52  
 propiedades periódicas y de grupo, 336  
 radios atómicos de, 323  
 representativos, 318  
 símbolos de, 12 (*tabla*)  
 transuránicos. *Vea* Elementos transuránicos  
 Elementos de grupo principal, 318  
 Elementos del segundo período, moléculas diatómicas homonucleares del, 434  
 Elementos esenciales, 52  
 Elementos metálicos, 50, 336, 868, 936. *Vea también* Metal(es)  
 Elementos no metálicos, 50, 896  
 Elementos transuránicos 979 (*tabla*)  
 Elevación del punto de ebullición, 520  
 Emisiones de automotores, 584, 771  
 Empaquetamiento compacto, 460  
 Emulsión, 531  
 Enantiómeros, 949  
 Encalado, 770, 885  
 Energía, 224. *Vea también* Energía libre; Termodinámica  
 cinética. *Vea* Energía cinética  
 conversión masa-energía, 972  
 de desdoblamiento del campo cristalino, 950  
 de ionización, 329  
 de unión nuclear. *Vea* Energía de unión nuclear  
 del átomo de hidrógeno, 275  
 diagrama del nivel de energía del orbital molecular, 430  
 ley de la conservación de la, 227  
 potencial. *Vea* Energía potencial  
 química, 224  
 reticular. *Vea* Energía reticular solar. *Vea* Radiación solar  
 térmica. *Vea* Calor  
 unidades de, 197  
 Energía cinética, 197, 224  
 Energía de activación ( $E_a$ ), 570, 955  
 Energía de ionización, 329  
 Energía de unión. *Vea* Energía de unión nuclear  
 Energía de unión nuclear, 972  
 de uranio, 981

estabilidad nuclear y, 972  
 por nucleón, 973  
 Energía interna, 228  
 Energía libre ( $G$ ), 796  
 energía libre estándar de reacción, 798  
 en transición de fases, 802  
 equilibrio químico y, 803  
 espontaneidad y, 797  
 temperatura y, 800  
 y trabajo eléctrico, 831  
 Energía libre estándar de formación ( $\Delta G_f^\circ$ ), 798, A-8  
 Energía libre estándar de reacción, 798  
 Energía nuclear  
 de reactores de fisión, 981  
 de reactores de fusión, 987  
 peligros de, 985  
 Energía potencial, 224  
 Energía química, 224  
 Energía radiante, 224  
 Energía reticular ( $U$ ), 252, 364 (*tabla*)  
 de halogenuros de metales alcalinos, 364  
 y ciclo de Born-Haber, 361  
 y fórmulas químicas, 364  
 Energía solar, 224  
 Energía térmica, 224  
 Enlace(s)  
 covalente. *Vea* Enlaces covalentes  
 covalente coordinado, 380  
 covalente polar, 369  
 dativos, 380  
 de compuestos de coordinación, 949  
 de hidrógeno. *Vea* Puente de hidrógeno  
 doble. *Vea* Enlaces dobles  
 electronegatividad y, 369  
 en metales, 475, 876  
 en sólidos, 472  
 entalpía, 385  
 iónico, 359, 371  
 longitud de, 368  
 múltiple, 367  
 pi, 426  
 sigma, 426  
 sencillo. *Vea* Enlaces sencillos  
 triple. *Vea* Enlaces triples  
 Enlace covalente coordinado, 380, 682  
 Enlace iónico, 359, 371  
 Enlace peptídico, 1046  
 Enlace pi ( $\pi$ ), 426  
 Enlace sencillo, 367  
 Enlaces covalentes, 366  
 coordinados, 380  
 polares, 369  
 Enlaces covalentes polares, 369  
 Enlaces dativos, 380  
 Enlaces dobles, 367, 426  
 Enlaces metálicos, 475, 876

Enlaces múltiples, 367  
 Enlaces polares, 369  
 Enlaces sigma ( $\sigma$ ), 426  
 Enlaces triples, 367, 427  
 Ensayo a la flama, 738  
 Entalpía ( $H$ ), 234  
 estándar, 246  
 y el ciclo de Born-Haber, 363  
 Entalpía de disolución, 252  
 Entalpía de enlace, 385, 385 (*tabla*)  
 Entalpía de reacción, 234  
 Entalpía estándar de formación ( $\Delta H_f^\circ$ ), 246, A-8  
 Entalpía estándar de reacción, 246  
 Entalpías de enlace promedio, 385  
 Entropía ( $S$ ), 785  
 absoluta, 789, 795  
 cambios, 791  
 estándar, 789  
 transición de fases, 802  
 y microestado, 786  
 y probabilidad, 786  
 Entropía absoluta, 789, 795  
 Entropía estándar de reacción, 791  
 Entropías estándar ( $S^\circ$ ), 789, A-8  
 Enzima(s), 586  
 alcohol deshidrogenasa, 1020  
 anhidrasa carbónica, 706, 736  
 catálisis de, 586  
 citocromo oxidasa, 903  
 hexoquinasa, 587  
 modelo del candado y la llave, 587  
 VIH-proteasa, 441  
 Equilibrio, 122, 602  
 dinámico, 480  
 efecto de los catalizadores en el, 628  
 energía libre y, 803  
 heterogéneo, 610  
 homogéneo, 605  
 líquido-sólido, 484  
 líquido-vapor, 479  
 múltiple, 612  
 sólido-vapor, 487  
 y cambios de concentración, 623  
 y cambios de volumen y presión, 625  
 y cambios en la temperatura, 627  
 y cinética química, 616  
 Equilibrio dinámico, 480  
 Equilibrio físico, 602  
 Equilibrio heterogéneo, 610  
 Equilibrio hielo-agua, 181  
 Equilibrio homogéneo, 605  
 Equilibrio líquido-sólido, 484  
 Equilibrio líquido-vapor, 479  
 Equilibrio químico, 122, 602  
 Equilibrio sólido-vapor, 487  
 Equilibrios de solubilidad, 718  
 efecto del ion común y, 727

- en precipitación fraccionada, 725  
iones complejos y, 732  
pH y, 728  
Equilibrios múltiples, 612  
Eritrocitos (glóbulos rojos), 706  
1052  
Escala de temperatura absoluta, 19, 179  
Escala de temperatura Celsius, 19  
Escala de temperatura Fahrenheit.  
*Vea* Escalas de temperatura  
Escala de temperatura Kelvin, 19, 179  
Escalas de temperatura  
Celsius, 19, 179  
Fahrenheit, 19  
Kelvin, 19, 179  
Escarabajo bombardero, 251  
Escoria, 871  
Esmog, 771  
Esmog fotoquímico, 771  
Espectro  
de absorción, 547, 951  
de emisión, 274  
visible. *Vea* Espectro visible  
Espectro de absorción, 547, 950  
Espectro de emisión, 274  
Espectro de líneas, 275  
Espectro visible, 271, 950  
Espectrómetro de masas, 86  
Espín. *Vea* Espín del electrón  
Espín del electrón, 287, 294  
en compuestos de coordinación, 952  
principio de exclusión de Pauli y, 293  
regla de Hund y, 296  
Estabilidad  
banda de, 970  
nuclear, 970  
Estabilidad nuclear, 970  
Estado  
de oxidación. *Vea* Números de oxidación  
estándar, 246, 798  
excitado, 276  
fundamental, 276  
termodinámico, 227  
Estado de transición, 570  
Estado de un sistema, 227  
Estado fundamental (nivel basal), 276  
Estados de oxidación. *Vea* Números de oxidación  
Estalactitas, 696  
Estalagmitas, 696  
Estando, 339, 478  
Esterato de sodio, 533  
Estequiometría, 97  
rendimiento real, teórico y porcentual en, 103  
velocidad de reacción y, 551  
y reacciones con gases, 196
- Estequiometría de disoluciones, 148, 150, 153, 708  
Estereoisómeros, 946, 1010, 1041  
Ésteres, 1023  
Estireno-butadieno, hule de (SBR), 1043  
Estratosfera, 755  
Estroncio, 338  
Estroncio-90, 388, 992  
Estructura cristalina, 463  
Estructura cuaternaria, 1050  
Estructura cúbica de empaquetamiento compacto (ccp), 467  
Estructura de empaquetamiento hexagonal compacto (hcp), 467  
Estructura de resonancia, 378  
Estructura, fuerza del ácido y, 670  
Estructura primaria, 1050  
Estructura secundaria, 1050  
Estructura terciaria, 1050  
Etano ( $C_2H_6$ ), 1005  
Etanol ( $C_2H_5OH$ ), 90, 1021  
Éter corona, 881  
Éter dietílico, 1021  
Éter metil propílico (neotil), 1022  
Éter metil terbutílico (MTBE), 1027  
Éteres, 1021  
Etilendiamina, 941  
Etilendiaminotetracetato. *Vea* EDTA  
Etilenglicol [ $CH_2(OH)CH_2(OH)$ ], 522, 1020  
Etileno ( $C_2H_4$ ), 1012  
enlaces en, 367, 426  
en polimerización, 1041  
Eutroficación, 959  
Evaporación. *Vea* Vaporización  
Exactitud, 26  
Expansión de la capa de valencia, 425  
Experimento de dispersión, 46  
Explosivos, 883, 913, 982
- F**  
Fabricación de nieve, 233  
Factor de frecuencia ( $A$ ), 571  
Factor de orientación, 574  
Falsificación de obras de arte, 1000  
Familia de elementos, 51  
Faraday, constante de ( $F$ ), 831  
Faraday, Michael, 831, 1017  
Fase, 452  
Fem. *Vea* Fuerza electromotriz  
Fem estándar, 826  
Femtoquímica, 580  
Fenolftaleína, 150, 716  
Fermentación, 763, 1020  
Fertilizantes, 104  
Fijación biológica del nitrógeno, 753  
Fischer, Emil, 587
- Fisión nuclear, 981  
reacciones, 981  
reactores, 983  
Flúor, 342, 921  
defecto de masa de, 972  
fluoración con, 926  
número de oxidación de, 135, 372  
preparación de, 922  
usos, 926  
Fluoración, 926  
Fluorita ( $CaF_2$ ), 472, 884  
Fluoropatita, 105  
Fluoruro de hidrógeno (HF), 369, 409, 925  
Fluoruro de litio (LiF), 363  
Fluoruro de sodio, 926  
Formación de iones complejos, 732  
Formaldehído ( $CH_2O$ ), 428, 775, 1022  
Formas geométricas de los orbitales, 288, 422  
Formas moleculares. *Vea* Geometría molecular  
Fórmula empírica, 55, 90  
Fórmula estructural, 55  
Fórmula mínima, 55, 90  
Fórmula molecular, 54  
Fórmulas. *Vea* Fórmulas químicas  
Fórmulas químicas, 54  
empíricas, 55, 90  
estructurales, 55  
moleculares, 54  
Fosfato de calcio, 736, 912  
Fosfina, 910  
Fósforo, 909  
alótropos del, 909  
en fertilizantes, 105  
Fósforo blanco, 910  
Fósforo rojo, 910  
Fotodisociación, 757  
Fotones, 272  
Fotosíntesis, 581, 752, 990  
aplicaciones de isótopos en la, 568, 990  
clorofila en, 937  
dióxido de carbono y, 581, 752, 990  
oxígeno y, 581, 753  
Fracción molar ( $X$ ), 193, 508  
Francio, 329  
Frasch, Herman, 917  
Frasch, proceso de, 917  
Fraunhofer, Josef, 312  
Frecuencia ( $\nu$ ), 268  
Frecuencia umbral, 272  
Freones, 758  
Fuerza, 172  
adhesiva, 459  
de ácidos y bases, 652, 670  
de dispersión, 454  
estructura molecular y fuerza  
ácida, 670  
intermolecular. *Vea* Fuerzas intermoleculares

- intramolecular, 453  
unidad de, 172  
van der Waals, 453  
Fuerza de enlace, fuerza ácida y, 671  
Fuerza de las bases, 652  
Fuerza de los ácidos, 652, 670  
Fuerza electromotriz (fem), 824  
efectos de la concentración en, 834  
estándar, 825  
Fuerzas de dispersión, 454  
Fuerzas de London. *Vea* Fuerzas de dispersión  
Fuerzas intermoleculares, 170, 453  
fuerzas de dispersión, 454  
fuerzas de van der Waals, 453  
fuerzas dipolo-dipolo, 453  
fuerzas ion-dipolo, 453  
ion-dipolo inducido, 454  
Fuerzas intramoleculares, 453  
Fuerzas ion-dipolo, 453  
Función de onda, 285  
Funciones de estado, 227  
Fundente, 871  
Fundición de la mena, 768, 869  
Fusión  
calor molar de, 487 (*tabla*)  
entropía y, 802  
nuclear, 987  
Fusión nuclear, 987  
Fusión, entropía y, 802

## G

- Galio, 316  
Gamow, George, 10  
Ganga, 868  
Gas de agua, 873  
Gas de los pantanos. *Vea* Metano  
Gas hilarante (óxido nitroso), 68, 908  
Gas ideal, 181  
Gas lacrimógeno, 772  
Gas natural, 1004  
Gas(es), 13, 170  
densidad de, 186  
difusión de. *Vea* Difusión de los gases  
efusión de. *Vea* Efusión de los gases  
en reacciones químicas, 190  
espectro de emisión de, 274  
ley de Avogadro, 180  
ley de Boyle, 175  
ley de Charles, 179  
ley de las presiones parciales de Dalton, 192  
monoatómico, 170  
noble. *Vea* Gases nobles  
presión de, 171  
solubilidad de, 513, 515, 516  
teoría cinética molecular de, 197  
Gases monoatómicos, 170
- Gases nobles, 51, 343, 346  
Gasificación del carbón, 905  
Gasolina, 1026  
agentes antidetonantes en, 1026  
Gay-Lussac, Joseph, 179  
Geiger, contador de, 991  
Geiger, Hans, 47  
Geobacteria, 843  
Geometría molecular, 400  
de cicloalcanos, 1011  
de compuestos de coordinación, 946  
Gerlach, Walther, 287  
Germer, Lester, 282  
Gibbs, energía libre de. *Vea* Energía libre  
Gibbs, Josiah W., 797  
Glándula tiroides, 990  
Glicerol, 460  
Glicina, 1046  
Glóbulos rojos (eritrocitos), 525, 706, 1052  
Glucosa ( $C_6H_{12}O_6$ ), 694, 1020  
Goodyear, Charles, 1043  
Grafito, 54, 246, 474, 902  
como cristal covalente, 474  
entropía de, 789  
Graham, ley de la difusión de, 204  
Graham, Thomas, 204  
Gramo (g), 17  
Grupo (periódico), 51  
Grupo carbonilo, 1022  
Grupo carboxilo, 1022  
Grupo etilo ( $C_2H_5$ ), 1007  
Grupo fenilo, 1018  
Grupo hemo, 956, 1053  
Grupo metilo, 1007  
Grupo periódico, 50  
Grupos alquilo, 1007  
Grupos funcionales, 68, 1004, 1025 (*tabla*)  
Grupos hidroxilo (grupos OH), 1020  
Guanina, 1054  
Guldberg, Cato, 604

## H

- $H_2$ . *Vea también* Hidrógeno; Átomo de hidrógeno  
energía potencial de, 416  
estructura de Lewis de, 366  
orbitales moleculares de, 430  
Haber, Fritz, 362, 583  
Haber, proceso de, 583, 630  
Hall, Charles M., 885  
Hall, proceso de, 885  
Halogenación de alcanos, 1009  
Halógeno(s), 51, 342, 921  
desplazamiento, 140  
electronegatividad de, 921  
funciones industriales y biológicas de, 926  
oxiácidos, 65, 926
- preparación de, 922  
propiedades de, 922  
Halogenuros, 342, 925  
de alquilo, 1010  
de fósforo, 911  
de hidrógeno. *Vea* Halogenuros de hidrógeno  
de metales alcalinos, energía reticular y, 364  
solubilidad de, 885  
Halogenuros de alquilo, 1010  
Halogenuros de hidrógeno, 925  
fuerza ácida de, 671  
momentos dipolo de, 414  
Heisenberg, Principio de incertidumbre de, 284  
Heisenberg, Werner, 284  
Hélice alfa, 1049  
Helio, 343  
descubrimiento del, 311  
energía de ionización del, 331  
formación del, 975  
fuerzas intermoleculares en, 455  
primordial, 10  
punto de ebullición del, 455  
velocidad de escape del, 203  
Hematita ( $Fe_2O_3$ ), 939  
Hemoglobina (Hb)  
afinidad del monóxido de carbono por, 775  
como amortiguador, 706  
estructura de, 956, 1051  
producción de, 629  
unión del oxígeno, 515, 629, 956, 1053  
Hemólisis, 524  
Henderson-Hasselbach, ecuación de, 699  
Henry, ley de, 513, 516  
Henry, William, 513  
Herrumbre, 8, 844  
Hertz (Hz), 269  
Hess, Germain H., 248  
Hess, ley de, 248, 253, 362  
Hexafluoruro de azufre ( $SF_6$ ), 381, 403, 425, 921  
Hexametildiamina, 1045  
Hexoquinasa, 587  
Hibridación, 417  
Hibridación  $sp$ , 419, 426  
Hibridación  $sp^2$ , 420, 426  
Hibridación  $sp^3$ , 417  
Hibridación  $sp^3d^2$ , 425  
Hibridación  $sp^3d$ , 425  
Hidracina ( $N_2H_4$ ), 907  
Hidratación, 121, 252  
calor de, 252  
de iones, 121, 252  
de protones, 128  
Hidrato, 67, 1016  
Hidrocarburos, 68, 1004  
alifáticos. *Vea* Alcanos  
alquinos como. *Vea* Alquinos

- aromáticos. *Vea* Hidrocarburos aromáticos  
cicloalcanos, 1011  
insaturados, 1011, 1015, 1017  
saturados, 1004  
Hidrocarburos alifáticos. *Vea* Alcanos  
Hidrocarburos aromáticos, 1004  
nomenclatura de, 1017  
propiedades y reacciones de, 1018  
Hidrocarburos aromáticos policíclicos 1019  
Hidrocarburos insaturados, 1013  
Hidrocarburos saturados, 1004. *Vea también* Alcanos  
Hidrogenación, 900  
Hidrógeno, 336, 896  
combustión del, 14, 226  
desplazamiento del, 138  
isótopos del, 49, 899  
metálico, 901  
número de oxidación del, 135, 372  
orbitales atómicos del, 288  
preparación del, 897  
propiedades del, 897  
Hidrógeno ftalato de potasio, 150  
Hidrólisis  
alcalina (saponificación; hidrólisis básica), 1024  
de aniones, 674, 711  
de ésteres, 579, 1024  
de iones metálicos, 677  
de sales, 674  
Hidrólisis de sales, 674  
Hidrómetro, 840  
Hidroxiapatita, 718, 885  
Hidróxido anfótero, 681, 736  
Hidróxido de aluminio [ $Al(OH)_3$ ], 681, 887  
Hidróxido de bario [ $Ba(OH)_2$ ], 129, 652  
Hidróxido de calcio [ $Ca(OH)_2$ ; cal apagada], 884  
Hidróxido de magnesio [ $Mg(OH)_2$ ], 155, 685, 729, 884  
Hidróxido de potasio (KOH), 882  
Hidróxido de sodio (NaOH; sosa cáustica), 882  
en la saponificación, 1024  
en las valoraciones, 151, 708  
Hidróxidos  
de metales alcalinos, 652, 679, 882  
Hidróxidos de metales alcalinos, 652, 882  
Hidróxidos de metales alcalinotérreos, 652  
anfóteros, 681  
Hidruro de berilio ( $BeH_2$ ), 380, 887
- Hidruros  
binarios, 898  
covalentes 898  
de fósforo, 910  
intersticiales, 898  
iónicos, 898  
Hidruros binarios, 898  
Hidruros covalentes, 898  
Hidruros intersticiales, 898  
Hidruros iónicos, 898  
Hidruros metálicos, 898  
Hielo, 462  
Hielo seco, 68, 489  
Hierro, 939  
corrosión del, 844  
galvanizado, 847  
metalurgia del, 870  
propiedades ferromagnéticas del, 869  
Hierro fundido, 872  
Hierro galvanizado, 847  
Hindenburg, 226  
Hipótesis, 9  
Hiroshima, 982  
Homopolímeros, 1041  
Horno de microondas, 412  
Huellas digitales, 1036  
Huevo  
cocido, 490, 746  
formación del, 736  
Hule (poli-*cis*-isopropeno), 1042  
estructura, 807, 1042  
natural, 1042  
sintético, 1043  
termodinámica del, 807  
vulcanización, 1043  
Hule de estireno-butadieno (SBR), 143  
Hules sintéticos (elastómeros), 1043  
Hund, Fredrick, 296  
Hund, regla de, 296, 432, 437, 952

## I

- Impureza aceptora, 878  
Impureza donadora, 877  
Impurezas  
aceptoras, 878  
donadoras, 877  
Indicadores. *Vea* Indicadores ácido-base  
Indicadores ácido-base, 151, 716, 718 (*tabla*)  
Interacción hidrofílica, 532  
Interacción hidrofóbica, 532, 1052  
Interferencia constructiva, 430, 471  
Interferencia de ondas, 430, 470  
Interferencia destructiva, 430  
Intermediario enzima-sustrato (ES), 586  
Intermediarios, 575

- International Union of Pure and Applied Chemistry. *Vea* IUPAC
- Ion amida, 654, 907
- Ion carbonato, 374, 439
- Ion dicromato, 153, 820
- Ion dipolar, 1046
- Ion-dipolo inducido, 454
- Ion hidrógeno
- hidratado, 128, 646
- pH y concentración del, 649
- Ion hidronio, 128, 646
- Ion nitruro, 906
- Ion permanganato, como agente oxidante, 153
- Ion superóxido, 337, 914
- Ion tripositivo, 326
- Ion unipositivo, 326
- Ion(es), 53. *Vea también* Efecto de ion común; Iones complejos
- configuración electrónica de, 321
- de metales de transición, 59, 938, 951
- dispositivos, 326
- espectador, 124
- hidratados, 121, 252
- monoatómicos, 54
- poliatómicos, 54
- separación de, por precipitación fraccionada, 725
- tripoisitivos, 326
- unipositivos, 326
- Ion(es) complejo(s), 731, 940. *Vea también* Compuestos de coordinación
- equilibrios de solubilidad y, 732
- propiedades magnéticas de los, 952
- Iones dispositivos, 326
- Iones espectadores, 124
- Iones isoelectrónicos, 322
- Iones metálicos
- configuraciones electrónicas, 321
- hidrólisis de, 677
- radios de, 325
- Iones monoatómicos, 54
- Iones poliatómicos, 54
- Iones tiosulfato, 989
- Ionosfera, 755
- Iridio, 39
- Isomería. *Vea* Isómero(s)
- Isómero(s)
- de polímeros, 1041
- estructurales, 1005
- geométricos, 946, 1013
- ópticos, 947, 1010
- Isómeros *cis-trans*
- de alquenos, 1013
- de compuestos de coordinación, 946
- Isómeros dextrógiros, 949
- Isómeros estructurales, 1005
- Isómeros geométricos, 946, 1013
- Isómeros levógiros, 949
- Isómeros ópticos, 947, 1010
- Isómeros *trans*. *Vea* Isómeros *cis-trans*
- Isopreno, 1042
- Isopropanol, 1021
- Isótopos, 49, 899, 990
- aplicaciones de, 568, 955, 990
- Isótopos radiactivos, 990
- IUPAC, 51, 319, 1006

## J

- Jabón, 533
- Jeffreys, Alec, 1057
- Joule (J), 197
- Joule, James Prescott, 197
- Jugo gástrico, 684
- Júpiter, 203, 901

## K

- Kekulé, August, 378, 1017
- Kelvin, Lord (William Thomson), 179
- Kilogramo (kg), 17
- Kriptón, 343

## L

- Lago Nyos, 516
- Lámina plegada beta, 1049
- Láser, 280, 988
- Láser de rubí, 280
- Latón, 504
- Laue, Max von, 470
- Le Châtelier, Henry L., 623
- Le Châtelier, principio de, 623
- efecto del ion común y, 698, 727
- equilibrio químico y, 623
- equilibrios de solubilidad y, 727
- ionización de un ácido y, 663, 716
- y fem, 838
- y la formación de la cáscara de huevo, 738
- Leche de magnesia, 685, 729, 884
- Lepa de las piedras, 767
- Lewis, ácido de, 682
- Lewis, base de, 682
- Lewis, estructuras de, 368
- carga formal y, 375
- de oxiácidos, 672, 912, 926
- regla del octeto y, 367
- y concepto de resonancia, 378
- Lewis, Gilbert N., 358
- Lewis, símbolos de puntos de, 358
- Lewis, teoría ácido-base de, 682
- Lexan, 1038

Ley, 9

Ley de las proporciones definidas, 43

Ley de velocidad, 539. *Vea también* Orden de reacción

Ley(es)

- de acción de masas, 604
- de Avogadro, 180
- de Boyle, 175
- de Charles, 179
- de Coulomb, 361, 970
- de difusión de Graham, 204
- de Henry, 513, 516
- de Hess, 248, 253, 362
- de la conservación de la energía, 227
- de la conservación de la masa, 43
- de la velocidad, 533
- de las octavas, 316
- de las presiones parciales de Dalton, 192
- de las proporciones definidas, 43
- de las proporciones múltiples, 43
- de Raoult, 516
- primera ley de la termodinámica, 227
- segunda ley de la termodinámica, 790
- tercera ley de la termodinámica, 794

Libby, Willard F., 569

Ligante aquo, 941

Ligantes, 941, 942 (*tabla*)

de campo débil, 952

de campo fuerte, 952

Ligantes bidentados, 941

Ligantes de campo débil, 952

Ligantes de campo fuerte, 952

Ligantes monodentados, 941

Ligantes polidentados, 941

Líquido(s), 13, 459

disoluciones de líquido en, 504

disoluciones de sólido en, 504

  propiedades de, 452 (*tabla*)

tensión superficial en, 459

viscosidad de, 459

Líquidos miscibles, 506

Litio, 336

Litro (L), 17

Lluvia ácida, 681, 767

Logaritmos, A-13

London, Fritz, 455

Longitud de enlace, 368

Longitud de onda, 268

color y, 271, 950

radiación y, 271

Longitud, unidad fundamental SI

de, 16

Lucita (Plexiglas; polimetacrilato de metilo), 1044

Luz

absorción de, y teoría del campo cristalino, 950

dualidad partícula-onda de la, 274

polarizada en un plano, 948

teoría electromagnética de la, 269

velocidad de la, 270

Luz polarizada en un plano, 948

## M

Macromoléculas. *Vea* Polímeros

Magnesio, 155, 337, 883

combustión, 132

preparación, 155

protección catódica con, 847

teoría de bandas del, 876

Magnetismo, 294

de iones complejos, 952

de metales de transición, 952

diamagnetismo, 294, 952

ferromagnetismo, 869

paramagnetismo, 294, 429, 952

Magnetita (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>), 939

Manómetro, 174

Máquina térmica, 796

Markovnikov, regla de, 1013

Markovnikov, Vladimir, 1013

Mármol, 884

Marsden, Ernest, 47

Marsh, James, 166

Marsh, prueba de, 166

Masa, 16

  atómica. *Vea* Masa atómica

crítica, 981

defecto de, 972

de partículas subatómicas, 49

del electrón, 45

molar, 86, 187, 526

molecular, 83

porcentaje de composición en.

*Vea* Porcentaje de composición

subcrítica, 981

unidad básica del SI, 17

Masa atómica, 78

Masa atómica promedio, 78

Masa crítica, 981

Masa fórmula, 85

Masa molar, 80, 187, 526

Masa molecular, 83

Masa subcrítica, 982

Materia, 11

clasificación de, 13

conservación de, 43

Matraz volumétrico, 126, 144

Maxwell, distribución de la velocidad de, 200

Maxwell, James C., 197

Mecánica cuántica, 284

Mecánica ondulatoria, 285

Mecanismos de reacción, 575

pasos elementales, 575

y molecularidad de reacción, 575

Membrana semipermeable, 523

Menas, 868

  preparación de, 868. *Vea también* Metalurgia

tostado de, 768

Mendeleev, Dmitri, 316

Mercurio

en amalgamas, 853, 869

en barómetros, 173

extracción de minerales con, 869

Mesosfera, 755

Metabolismo, 763

Metal de madera, 542

Metal(es), 50, 475, 868

abundancia de, 868

  alcalinos. *Vea* Metales alcalinos

alcalinotérreos.

  corrosión. *Vea* Corrosión

de acuñar, 343

en compuestos iónicos, 60

enlaces en, 475, 876

  preparación de, 868. *Vea también* Metalurgia

propiedades de, 50, 878

purificación de, 874

reacciones de desplazamiento,

138

Metal(es) de transición, 59, 299,

936

configuración electrónica de

los, 322, 938

números de oxidación de los,

136, 938

propiedades de los, 937

Metales alcalinos, 51

electronegatividad de, 879

energía de ionización de, 879

metales de acuñar comparados

con, 343

propiedades, 336, 880

reacciones, con oxígeno, 337,

880

tendencias del grupo de, 336

Metales alcalinotérreos, 51

electronegatividad, 883

energía de ionización, 883

propiedades, 337, 883

Metales de acuñar, 344

Metaloides, 50

Metalurgia, 868

compuestos de coordinación

en, 868, 885, 956

pirometalurgia, 870

Metano (CH<sub>4</sub>), 1004

combustión de, 236, 1009

geometría molecular de, 402,

418

hidrato de, 1016

Metanol (CH<sub>3</sub>OH), 407, 1021

Método científico, 8, 10

Método de flotación, 868

Método del mol, 97

Método ICE, 619

Método ion-electrón, 820

Metro, 16

Meyer, Lothar, 316

Mezcla, 11

de gases, ley de las presiones

parciales y, 192

heterogénea, 11

homogénea, 11

racémica, 949

Mezcla heterogénea, 11

Mezcla homogénea, 11

Mezcla racémica, 949

Microestado, 786

Microondas, 271, 412

Microscopio de barrido electrónico, 283

Microscopio electrónico, 283

Millikan, Robert A., 45

Minerales, 868 (*tabla*)

Mioglobina, 956

Modelo de esferas y barras, 55

Modelo de repulsión de los pares

electrónicos de la capa de

valencia (RPECV), 400

y moléculas en las que el átomo

central no tiene pares

libres, 400

y moléculas en las que el átomo

central tiene uno o más

pares libres, 403

Modelos espaciales, 55

Modelos moleculares, 55

Moderador, 983

Mol, 79

Molalidad (*m*), 508Molaridad (*M*), 142, 508

Molécula de hidrógeno

combustión, 14, 226

estructura de Lewis, 366

orbitales moleculares, 430

Molécula lineal, 401, 419

Molécula no polar, 410

Molecularidad, 575

Moléculas, 53

con número impar de electro-

nes, 381

diatómicas, 53

fórmulas químicas y, 54

lineales, 400, 419

no polares, 410

planas, 402, 420, 438

polares, 310

poliatómicas, 53

quirales, 947, 1010

Moléculas aquirales, 947

Moléculas con número impar de

electrones, 381

Momentos de enlace, dipolo, 410

Moléculas diatómicas, 53

heteronucleares, 765

homonucleares, 434, 765

- enlace en, 367, 436
- entalpía de enlace, 386
- preparación del, 906
- Nitruro de magnesio (Mg<sub>3</sub>N<sub>2</sub>), 132, 884
- Nivel excitado (estado excitado), 276
- No electrólito(s), 120
- No metales, 50, 896
- Nodo, 279, 430
- Nódulos de manganeso, 868
- Noguchi, Thomas, 542
- Nombres de los compuestos. *Vea* nomenclatura
- Nomenclatura
- de ácidos, 64
- de ácidos simples 65 (*tabla*)
- de ácidos y sus bases conjugadas, 654 (*tabla*)
- de alcanos, 1006
- de alquenos 1012
- de alquinos 1015
- de aniones, 60 (*tabla*), 944
- (*tabla*)
- de bases, 67
- de cationes, 60 (*tabla*)
- de compuestos aromáticos, 1017
- de compuestos comunes, 68
- (*tabla*)
- de compuestos de coordinación, 944
- de compuestos inorgánicos, 59
- de compuestos moleculares, 62
- de oxiácidos, 65 (*tabla*)
- de oxianiones 65 (*tabla*)
- Notación científica, 22
- Notación exponencial. *Vea* Notación científica
- Nube de carga (nube de carga electrónica), 285
- Nube de carga electrónica, 285
- Núcleo, 48
- atómico. *Vea* Núcleo atómico
- de gas noble, 299
- de un reactor nuclear, 983
- densidad de, 970
- radio de, 970
- Núcleo atómico, 47
- Núcleo de gas noble, 299
- Núcleo estable, 970
- Nucleones, 972
- Nucleótidos, 972
- Número atómico (*Z*), 49, 317
- Número cuántico del espín electrónico (*m<sub>s</sub>*), 287
- Número cuántico del momento angular (*l*), 286
- Número cuántico magnético (*m<sub>l</sub>*), 287
- Número cuántico principal (*n*), 275, 286
- Número de coordinación, 465, 941
- Número de masa (*A*), 49
- Número de octano, 1026



Número mágico, 970  
 Números cuánticos, 286  
   espín electrónico, 287  
   magnético, 287  
   momento angular, 286  
   principal, 275, 286  
 Números de oxidación, 134  
   asignación de, 134, 372  
   de elementos no metálicos, 136  
   de halógenos, 135  
   de metales de transición, 938  
   de metales en compuestos de coordinación, 943  
 Nylon (polihexametilénadipamida), 1045

**O**

O<sub>2</sub>. *Vea también* Oxígeno  
   preparación de, 914  
   propiedades de, 914  
   solubilidad de, 513, 515  
 O<sub>3</sub>. *Vea* Ozono  
 Octaedro, 403  
 Octavas, ley de las, 316  
 Octeto expandido, 381  
 Octeto incompleto, 380  
 Olefinas. *Vea* Alquenos  
 Óleum, 920  
 Ollas de presión, 490  
 Onda, 268  
   electromagnética, 269  
   energía en forma de. *Vea* Radiación  
   estacionaria, 279  
   frecuencia, 268  
   interferencia, 430, 470  
   longitud de, 268  
   propiedades de, 268  
 Onda electromagnética, 269  
 Onda permanente, 1062  
 Ondas estacionarias, 279  
 Orbital molecular sigma ( $\sigma$ ), 430  
 Orbitales. *Vea* Orbitales atómicos;  
   Orbitales híbridos; Orbitales  
   moleculares  
 Orbitales atómicos, 285, 288  
   asignación de electrones en,  
   292  
   energías de, 291  
   híbridos. *Vea* Orbitales híbridos  
   relaciones entre números cuánticos y, 288  
 Orbitales *d*, 289, 949  
   hibridación de, 424  
   y la teoría del campo cristalino,  
   949  
 Orbitales *f*, 286, 301  
 Orbitales híbridos, 418, 422 (*tabla*)  
   de moléculas con enlaces dobles y triples, 426  
   *sp*, 419, 426  
   *sp*<sup>2</sup>, 420  
   *sp*<sup>3</sup>, 417

*sp*<sup>3</sup>*d*, 425  
*sp*<sup>3</sup>*d*<sup>2</sup>, 425  
 Orbitales moleculares, 429  
   configuraciones de, 432  
   de enlace y antienlace, 430  
   deslocalizados, 438  
   diagrama energético de los,  
   430, 431, 433, 434, 435  
 Orbitales moleculares de antienlace, 430  
 Orbitales moleculares de enlace, 430  
 Orbitales moleculares deslocalizados, 438  
   de metales, 475, 876  
   del benceno, 438  
   del ion carbonato, 439  
 Orbitales moleculares pi ( $\pi$ ), 432  
 Orbitales *s*, 288  
 Orbitales *p*, 289  
 Orden de enlace, 433  
 Orden de reacción, 554  
   determinación del, 554  
   orden cero, 567, 588  
   primer orden, 557  
   segundo orden, 564  
 Organismo anaerobio, 1004  
 Oro  
   energía de ionización del, 344  
   extracción del, 904  
   oxidación del, 909  
 Orto. *Vea* Ácido fosfórico  
 Ósmosis, 523  
 Ósmosis inversa, 531  
 Ostwald, proceso de, 584  
 Ostwald, Wilhelm, 568  
 Otto, ciclo de, 1026  
 Oxiácido, 65, 671, 923, 926  
 Oxianión, 65  
 Óxido de aluminio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), 339, 886  
 Óxido de calcio (CaO; cal viva), 359, 770, 884  
 Óxido de deuterio (D<sub>2</sub>O; agua pesada o deuterada), 899, 984  
 Óxido de fósforo(V) (P<sub>2</sub>O<sub>10</sub>), 911  
 Óxido de fósforo(III) (P<sub>4</sub>O<sub>6</sub>), 911  
 Óxido de litio (Li<sub>2</sub>O), 337  
 Óxido de magnesio (MgO), 132, 884  
 Óxido de mercurio (HgO), 138, 226, 785  
 Óxido de uranio (U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>), 984  
 Óxido de vanadio (V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), 920  
 Óxido nítrico (NO), 384, 908  
 Óxido nítrico N<sub>2</sub>O (gas hilarante), 68, 908  
 Óxidos  
   ácidos, 345, 680, 914  
   anfóteros, 345, 680, 914  
   básicos, 345, 680, 914  
 Óxidos ácidos, 345, 679  
 Óxidos anfóteros, 334, 663  
 Óxidos básicos, 345, 679

## P

Pa, estructura de, 910  
 Paladio, 899  
 Papel ácido, 694  
 Papel tornasol, 127  
 Par ácido-base conjugado, 646  
 Paramagnetismo, 294, 429, 952  
 Pares de bases, 1055  
 Pares electrónicos no compartidos, 366  
 Pares enlazantes, 400, 403  
 Pares iónicos, 529  
 Pares libres, 366  
 Partículas alfa ( $\alpha$ ), 46  
 Partículas beta ( $\beta$ ), 46  
 Partículas elementales, 968  
 Partículas subatómicas, 43, 49, 968  
 Pascal (Pa), 172  
 Pascal, Blaise, 172  
 Pasivación, 846  
 Paso determinante de la velocidad, 576  
 Pasos elementales, 575  
 Pátina, 846  
 Patinaje sobre hielo, 490  
 Pauli, principio de exclusión de, 293, 430, 432  
 Pauli, Wolfgang, 293  
 Pauling, Linus, 369, 1049, 1052  
 Película Polaroid, 948  
 Pentacloruro de fósforo (PCl<sub>5</sub>), 911  
 Pentano (C<sub>5</sub>H<sub>12</sub>), 1005  
 Pentóxido de dinitrógeno (N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), 560  
 Pentóxido de nitrógeno (N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), 560

Periodo, 50  
 Permanganato de potasio (KMnO<sub>4</sub>), 153, 821  
 Peróxido, 337, 914, 1021  
 Peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), 915  
   como agente oxidante, 915  
   como agente reductor, 915  
   descomposición del, 141, 550, 577  
   dismutación del, 141  
   porcentaje de composición en masa del, 87  
 Peso, 16  
   atómico. *Vea* Masa atómica molecular. *Vea* Masa molecular  
   Peso atómico. *Vea* Masa atómica  
   Peso molecular. *Vea* Masa molecular  
 Petróleo, 1026  
   como combustible fósil, 900, 1026  
   en la preparación de minerales, 868  
   Petróleo crudo, 1026  
   pH, 649  
   de disoluciones amortiguadoras, 701  
   de la lluvia ácida, 767  
   de la sangre, 706  
   de valoraciones ácido-base, 710  
   efecto del ion común en, 698  
   equilibrio de solubilidad y, 727  
 Piedra caliza. *Vea* Carbonato de calcio  
 Pipeta, 16  
 Pírita, 917  
 Pírometalurgia, 870  
 pK<sub>a</sub>, 699  
 Planck, constante de (*h*), 272  
 Planck, Max, 268, 271  
 Plantas  
   en el ciclo del carbono, 763  
   presión osmótica en, 525  
 Plasma, 988  
 Plata  
   corrosión de la, 846  
   energía de ionización de la, 344  
   extracción de la, 903  
 Platino  
   como catalizador, 585, 772  
   como electrocatalizador, 842  
   usos terapéuticos de complejos del, 958  
 Platón, 42  
 Plomo, 339  
   tetraetilo de, 1027  
   tetrametilo de, 1027  
   tratamiento de, 942  
 Plomo blanco [Pb<sub>3</sub>(OH)<sub>2</sub>(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>], 1001  
 Plomo-206, 978  
 Plutonio-239, 984  
 Poder de penetración, 295  
 pOH, 650  
 Polaridad del enlace, 369

Polarímetro, 948  
 Polarización, capacidad de, 454  
 Poli-*cis*-isopreno, 1042  
 Policloropreno (neopreno), 1043  
 Poliéster, 1045  
 Polietileno, 1040  
 Poliisopropeno. *Vea* Hule  
 Polimerización  
   por adición, 1040  
   por condensación, 1045, 1046  
 Polímero(s), 1040, 1044 (*tabla*)  
 Polímeros atácticos, 1041  
 Polímeros isotácticos, 1041  
 Polímeros naturales, 1042, 1045  
 Polímeros orgánicos. *Vea* Polímeros  
 Polímeros sindiotácticos, 1041  
 Polipéptidos, 1040  
 Polipropenos, 1041  
 Politetrafluoroetileno (Teflón), 927, 1041  
 Polivinilo, cloruro de, 1041  
 Pólvora, 883  
 Porcentaje de carácter iónico, 371  
 Porcentaje de hidrólisis, 675  
 Porcentaje de ionización, 662  
 Porcentaje de rendimiento, 103  
 Porcentaje en masa, 87, 507  
 Porfina, 956  
 Porfirinas, 957  
 Posición axial, 403  
 Posición ecuatorial, 403  
 Positron, 969  
 Potasio, 336, 880  
 Potasio-40, 978  
 Potencial. *Vea* Potencial estándar de reducción  
 Potencial de celda, 824  
 Potencial de electrodo. *Vea* Potencial estándar de reducción  
 Potencial de membrana, 836  
 Potencial de reducción. *Vea* Potencial estándar de reducción  
 Potencial de semicelda. *Vea* Potencial estándar de reducción  
 Potencial estándar de reducción  
   de elementos de transición, 937  
 Potenciómetro, 650, 709  
 Precipitación fraccionada, 725  
 Precipitado, 122  
 Precisión, 26  
 Prefijos  
   nomenclatura. 62 (*tabla*)  
   unidades SI, 17 (*tabla*)  
 Presión, 171  
   atmosférica. *Vea* Presión atmosférica  
   cambios de fase y, 489  
   crítica, 484  
   de gases, 171  
   de vapor. *Vea* Presión de vapor

equilibrio químico y cambios en, 625  
 osmótica, 523  
 parcial, 192  
 unidad SI, 173  
 Presión atmosférica, 172  
   estándar, 182  
   punto de congelación y, 489, 490  
   punto de ebullición y, 489  
 Presión atmosférica estándar, 182  
 Presión crítica ( $P_c$ ), 484  
 Presión de vapor, 196, 479  
 Presión de vapor en equilibrio, 480  
 Presión manométrica, 264  
 Presión osmótica ( $p$ ), 523  
 Presión parcial, 192  
   ley de Dalton de, 192  
 Primera energía de ionización, 330  
 Primera ley de la termodinámica, 227  
 Principio de incertidumbre, 284  
 Probabilidad electrónica, 285, 288  
 Probabilidad, en la distribución electrónica, 285, 288  
 Probabilidad y entropía, 786  
 Proceso básico de oxígeno, 872  
 Proceso cloro-álcali, 923  
 Proceso de contacto, 920  
 Proceso de craqueo, 1013  
 Proceso de disolución, 505  
 Proceso de la cámara de plomo, 586  
 Proceso endotérmico, 226  
 Procesos espontáneos, 784, 798  
 Procesos exotérmicos, 226  
 Producto, 93  
 Producto de solubilidad, 719, 720 (*tabla*)  
   análisis cualitativo del, 737  
   solubilidad molar y, 723 (*tabla*)  
 Propano, 843, 1005  
 Propeno, 1013  
 Propiedades  
   extensivas, 15  
   físicas, 14  
   intensivas, 15  
   macroscópicas, 15  
   microscópicas, 15  
   químicas, 14  
 Propiedades ácido-base, 127  
   de disoluciones salinas, 674  
   de hidróxidos, 681  
   de óxidos, 679  
   del agua, 648  
 Propiedades coligativas  
   de disoluciones de electrolitos, 528  
   de disoluciones de no electrolitos, 515  
 Propiedades extensivas, 15  
 Propiedades físicas, 14  
 Propiedades intensivas, 15  
 Propiedades macroscópicas, 15  
 Propiedades microscópicas, 156

Propino (metilacetileno), 1015  
 Proporciones múltiples, ley de las, 43  
 Protección catódica, 847  
 Proteína, 1045  
   desnaturalizada, 748, 1054  
   estructura de, 1049  
 Proteínas desnaturalizadas, 748, 1054  
 Protio, 899  
 Protón, 47, 968  
 Proust, Joseph L., 43  
 Puente de hidrógeno, 457, 1050, 1055  
 Puente salino, 824  
 Punto de congelación, 484  
 Punto de ebullición, 483  
   presión de vapor y, 483  
   presión y, 483, 489  
   y fuerzas intermoleculares, 484  
 Punto de equivalencia  
   en valoraciones ácido-base, 150, 709  
   en valoraciones redox, 153  
 Punto de fusión, 484  
   de halogenuros de metales alcalinos, 364  
   de metales alcalinos, 329  
   del cuarzo, 474  
   del diamante, 474  
   del francio, 329  
   presión y, 489  
 Punto final, 716  
 Punto reticular, 463  
 Punto triple, 489,

## Q

Queratina, 1062  
 Química, 4  
 Química analítica. *Vea* Análisis químico  
 Química nuclear, 966  
 Química orgánica, 1004

## R

Rad, 991  
 Radiación, 43  
   clima y, 763  
   efecto biológico de la, 991  
   electromagnética, 269  
   ionizante, 992  
   solar. *Vea también* Radiación solar  
 Radiación de los alimentos, 993  
 Radiación electromagnética, 269  
 Radiación ionizante, 992  
 Radiación solar  
   balance de oxígeno y, 758  
   como fuente de energía, 224  
   en preparación del hidrógeno, 901  
   protección por el ozono de la, 758

Radiactividad, 45  
   artificial, 978  
   efectos biológicos de la, 991  
   estabilidad nuclear y, 970  
   natural, 975  
 Radiactividad, artificial, 978  
 Radical metilo, 574, 1009  
 Radicales, 381, 574, 992, 1010  
 Radicales libres, 992, 1010  
 Radio, 991, 1000  
   atómico, 323  
   iónico, 325  
   nuclear, 970  
 Radiocarbono, datación por, 568, 977  
 Radios atómicos, 32  
 Radios iónicos, 325  
 Radiotrazadores, 990  
 Radón, 343, 346, 773  
 Raíz de la velocidad cuadrática media, 202  
 Ramsay, Sir William, 346  
 Raoult, François M., 516  
 Raoult, ley de, 516  
 Rayo(s) catódico(s), 44  
 Rayos  
   alfa, 46  
   beta, 46  
   gamma, 46  
 Rayos alfa ( $\alpha$ ). *Vea* Partículas alfa  
 Rayos beta ( $\beta$ ). *Vea* Partículas beta  
 Rayos gamma ( $\gamma$ ), 46  
 Rayos X, 46  
   difracción de, 469  
   tabla periódica y, 317  
 Reacción. *Vea* Reacciones químicas; Reacciones nucleares; Reacciones termoquímicas  
 Reacción bimolecular, 574  
 Reacción de bromo y ácido fórmico, 547  
 Reacción de combinación, 137  
 Reacción de metátesis, 122  
 Reacción de precipitación, 122, 724  
   separación de iones, por precipitación fraccionada, 725  
 Reacción de reducción, 131  
   de minerales, 870  
   electrolítica, 870  
 Reacción nuclear en cadena, 981  
 Reacción reversible, 122  
 Reacción termite, 886  
 Reacción unimolecular 575  
 Reacciones ácido-base, 130, 150, 708  
 Reacciones acopladas, 808  
 Reacciones de adición, 586, 1013, 1040  
 Reacciones de condensación, 1021, 1045, 1046  
 Reacciones de descomposición, 137  
 Reacciones de desplazamiento, 138  
 Reacciones de dismutación, 141

- Reacciones de fisión, 981  
 Reacciones de neutralización, 130, 150, 708  
 Reacciones de orden cero, 567, 588  
 Reacciones de oxidación, 131  
 Reacciones de oxidación-reducción (reacciones redox), 131  
 aspectos cuantitativos de, 153  
 balanceo de ecuaciones de, 820  
 espontáneas, 831  
 Reacciones de primer orden, 557  
 Reacciones de segundo orden, 564  
 Reacciones de semicelda, 824  
 Reacciones de sustitución, 1018  
 Reacciones no espontáneas, 784  
 Reacciones nucleares, 968  
 balanceo, 968  
 fisión, 981  
 fusión, 987  
 moderador de, 983  
 naturaleza de, 968  
 por transmutación, 968, 978  
 y series de desintegración, 975  
 Reacciones químicas, 92  
 ácido-base, 130, 150, 708  
 bimoleculares, 575  
 de adición, 586, 1013, 1040  
 de alcanos, 1009  
 de alquinos, 1012  
 de alquinos, 1015  
 de combinación, 137  
 de combustión, 128  
 de compuestos aromáticos, 1018  
 de compuestos de coordinación, 955  
 de condensación, 1021, 1045, 1046  
 de descomposición, 137  
 de desplazamiento, 138  
 de dismutación, 141  
 de metátesis, 122  
 de neutralización, 130, 150, 708  
 de oxidación-reducción. *Vea* Reacciones de oxidación-reducción  
 de precipitación, 122, 724  
 de primer orden, 557  
 de segundo orden, 564  
 de semicelda, 823  
 de sustitución, 1018  
 de orden cero, 567, 588  
 definición de Dalton de, 42  
 espontáneas, 784  
 gases en, 190  
 reacciones nucleares comparadas con, 968  
 semi, 132  
 termoleculares, 575  
 thermite, 886  
 unimoleculares, 575  
 velocidad de. *Vea* Velocidad de reacción
- Reacciones redox. *Vea* Reacciones de oxidación-reducción  
 Reacciones termoleculares, 575  
 Reacciones termonucleares, 987  
 Reactivo en exceso, 101  
 Reactivo limitante, 101  
 Reactivos, 93  
 Reactor de agua pesada, 984  
 Reactor nuclear de Three Mile Island, 984  
 Reactores. *Vea* Reactores nucleares  
 Reactores de agua ligera, 983  
 Reactores de cría, 984  
 Reactores de fisión, 983  
 Reactores nucleares, 983, 986  
 contaminación térmica y, 984  
 de agua ligera, 983  
 de agua pesada, 984  
 de cría, 984  
 de fisión, 983  
 de fusión, 987  
 naturaleza de, 986  
 Refinación de los metales, 874  
 Refinación por zonas, 875  
 Regla de las diagonales, 829  
 Regla del octeto, 367  
 excepciones a, 379  
 Relación de presión-volumen de gases, 175  
 Relación entre carga y masa (*e/m*), 45  
 Relaciones diagonales, 336, 681, 898  
 Relatividad, teoría de la, 972, 980  
 Rem, 992  
 Renaturalización reversible, 1054  
 Rendimiento real, 103  
 Rendimiento teórico, 103  
 Rendimientos  
 porcentaje de, 103  
 real, 103  
 teórico, 103  
 Residuo, 1046  
 Resolución de problemas, 28, 81  
 Resonancia, 378  
 Resplandor del trasbordador espacial, 757  
 Rocas  
 determinación de la edad de las, 977  
 de fosfato, 105, 909  
 Rocas fosfóricas, 105, 909  
 Röntgen, Wilhelm K., 45  
 Rotación  
 de la luz polarizada en un plano, 948  
 en torno a enlaces, 1013  
 molecular, 789  
 Rotación molecular, 789  
 RPECV. *Vea* Modelo de repulsión de la capa de valencia de los pares electrónicos  
 Rutherford, Ernest, 46, 317, 978
- Rydberg, constante de ( $R_H$ ), 275  
 Rydberg Johan, 275
- S**  
 S<sub>8</sub>, estructura de, 918  
 Sal(es), 130  
 hidrólisis de, 674  
 Salitre de Chile (NaNO<sub>3</sub>), 882  
 Sangre  
 oxígeno en, 515, 629, 706  
 pH de la, 706  
 Saponificación, 1024  
 Satélite climático de Marte, 20  
 Schrödinger, ecuación de, 285  
 Schrödinger, Erwin, 285  
 Seda, 1050  
 Segunda ley de la termodinámica, 790  
 Segunda ley del movimiento, 9, 20, 172  
 Semiconductores, 877  
 Semiconductores del tipo-*n*, 877  
 Semiconductores del tipo-*p*, 878  
 Semirreacciones, 132  
 Serie actínida, 301  
 Serie de actividad, 139  
 Serie de desintegración. *Vea* Serie de desintegración radiactiva  
 Serie de desintegración del uranio, 975  
 Serie de desintegración nuclear, 975  
 Serie de desintegración radiactiva, 975  
 Serie de las tierras raras, 301  
 Serie electroquímica, 139  
 Serie espectroquímica, 952  
 Serie lantánida. *Vea* Serie de las tierras raras  
 SIDA, 441  
 Siembra de cristales, 504  
 Siembra de nubes, 928  
 Silicio, 340  
 dopaje del, 877  
 purificación del, 875  
 Símbolos de puntos para el electrón, 358  
 Singas (gas sintético), 905  
 Sistema acetato de sodio-ácido acético, 698, 702  
 Sistema ácido acético-acetato de sodio, 702  
 Sistema Internacional de Unidades (Unidades SI), 15  
 Sistema  
 abierto, 225  
 aislado, 225  
 cerrado, 225  
 definición, 225  
 estado del, 227

- Sistemas vivos  
 compuestos de coordinación en, 956  
 termodinámica de, 808  
 Sitio activo, 587  
 Sobrevoltaje, 850  
 Sodio, 336, 880  
 metalurgia del, 848  
 reacción con agua, 138  
 Sol. *Vea* Radiación solar  
 espectro de emisión del, 311, 764  
 fusión nuclear en el, 988  
 Soldadura, 504  
 Sólidos amorfos, 476  
 Sólidos. *Vea* Propiedades características de los cristales, 13, 452  
 disoluciones de, en líquidos, 504  
 temperatura y solubilidad de, 511  
 Sólidos cristalinos, 463  
 Sólidos iónicos (cristales iónicos), 472  
 Solubilidad, 123, 721  
 de gases, 512, 513, 515  
 efecto del ion común y, 727  
 molar, 721  
 reglas de, 123  
 y temperatura, 511  
 Solubilidad molar, 721  
 Solutos, 120  
 no volátiles, 516  
 volátiles, 518  
 Solutos no volátiles, 516  
 Solutos volátiles, 518  
 Solvatación, 506  
 Solvay, Ernest, 882  
 Solvay, proceso de, 882  
 Soplete de oxiacetileno, 249, 1015  
 Sorensen, Soren P., 649  
 Sosa cáustica. *Vea* Hidróxido de sodio  
 Sosa comercial (carbonato de sodio Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), 882  
 Staudinger, Hermann, 1040  
 Stern-Gerlach, experimento de, 287  
 Stern, Otto, 287  
 Stock, Alfred, 61  
 Stock, sistema de nomenclatura, 61  
 Strutt, John William (Lord Rayleigh), 346  
 Sublimación, 487  
 Subnivel, 286  
 Subnivel electrónico, 286  
 Subunidades, 956, 1051  
 Sudario de Turín, 568  
 Sulfato de aluminio [Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>], 694  
 Sulfato de bario (BaSO<sub>4</sub>), 718  
 Sulfato de cobre (CuSO<sub>4</sub>), 67  
 Sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S), 918  
 como ácido diprótico, 668
- en análisis cualitativo, 737  
 preparación del, 918  
 Sulfuro de hierro (FeS), 749  
 Sulfuro de zinc (ZnS), 44  
 Superconductor de alta temperatura, 476  
 Superconductores, 6, 476  
 Superenfriamiento, 487  
 Superóxido de potasio (KO<sub>2</sub>), 337, 880  
 Sustancia, 11  
 Sustancias ferromagnéticas, 869  
 Sustrato, 586
- T**  
 Tabla periódica, 50, 316  
 desarrollo histórico de la, 316  
 familias en la, 50  
 grupos en la, 50  
 periodos en la, 50  
 tendencias de la afinidad electrónica en la, 333  
 tendencias de la electronegatividad en la, 370  
 tendencias de la energía de ionización en la, 329  
 tendencias del radio atómico en la, 323  
 Tecnecio-99, 991  
 Teflón (politetrafluoroetileno), 927, 1041  
 Temperatura  
 crítica, 484  
 equilibrio químico y cambios de, 627  
 solubilidad y, 511  
 y presión de vapor de agua, 196 (*tabla*)  
 y velocidad de reacción, 571  
 Temperatura crítica ( $T_c$ ), 484, 485 (*tabla*)  
 Temperatura y presión estándar (TPE), 182  
 Tensión superficial, 459  
 Teoría, 9  
 Teoría ácido-base  
 Arrhenius, 127  
 Brønsted, 128  
 Lewis, 682  
 Teoría atómica. *Vea* Átomo  
 Teoría cinética molecular de gases, 197  
 líquidos y sólidos en, 452  
 Teoría corpuscular de la luz, 272  
 Teoría cuántica, 271  
 Teoría de bandas, 876  
 Teoría de la Gran Explosión, 10  
 Teoría de las colisiones, 569  
 Teoría de Werner de la coordinación, 941  
 Teoría del campo cristalino, 949  
 Teoría del candado y la llave, 587  
 Teoría del enlace de valencia, 415

- Teoría del orbital molecular, 429  
 Tercera ley de la termodinámica, 794  
 Termitas, 1004  
 Termodinámica, 227, 784  
 en sistemas vivos, 808  
 primera ley de la, 227  
 segunda ley de la, 790  
 tercera ley de la, 794  
 Termoquímica, 225  
 Termosfera, 755  
 Tetracarbonilo de níquel [Ni(CO)<sub>4</sub>], 874  
 Tetracloruro de carbono (CCl<sub>4</sub>), 368, 1009  
 Tetraedro, 402  
 Tetraetilo de plomo [C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>]<sub>4</sub>Pb], 1027  
 Tetrafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>), 405  
 Tetróxido de dinitrógeno (N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>), 602, 625  
 Thomson, George P., 282  
 Thomson, Joseph J., 44, 46  
 Tiempo  
 unidad SI del, 16  
 Tiempo de duplicación, 985  
 Tierra  
 composición de la, 53 (*tabla*)  
 edad de la, 978  
 Timina, 1054  
 Tintura de yodo, 927  
 Tioacetamida, 918  
 Tiroxina, 927  
 Tiza, 884  
 Tokamak, 988  
 Tolueno, 518  
 Torio-232, 985  
 Torr, 173  
 Torricelli, Evangelista, 173  
 Tostado de menas, 768, 869  
 Toxicidad  
 de gases, 170  
 del arsénico, 167, 1063  
 del cianuro, 903  
 del cloroformo, 1010  
 del dióxido de azufre, 919  
 del dióxido de carbono, 516, 775  
 del esmog, 772  
 del estroncio-90, 338  
 del formaldehído, 775  
 del fósforo blanco, 909  
 del metanol, 1021  
 del monóxido de carbono, 775  
 del óxido de deuterio, 900  
 del ozono, 771, 916  
 del plutonio-239, 985  
 del radón-222, 773  
 del sulfuro de hidrógeno, 918  
 del tetracarbonilo de níquel, 874  
 del tetracloruro de carbono, 1010
- TPE (temperatura y presión estándar), 182  
 Trabajo, 229  
 eléctrico, 831  
 energía libre y, 831  
 y expansión de gases, 229  
 Trabajo eléctrico, 831  
 Trabajo mecánico, 229  
 Transmutación nuclear, 968, 978  
 Transpiración, 525  
 Transporte activo, 684  
 Traslape  
 en la hibridación de orbitales atómicos, 418  
 en la teoría del enlace de valencia, 416  
 en orbitales moleculares, 429  
 Trazadores, 990  
 Tricloruro de fósforo (PCl<sub>3</sub>), 911  
 Trietil aluminio [Al(C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>3</sub>], 1042  
 Trifluoruro de boro (BF<sub>3</sub>), 380, 402, 682  
 Trinitrotolueno (TNT), 982  
 Trióxido de azufre (SO<sub>3</sub>), 769, 919  
 Tripolifosfato, 959  
 Tripolifosfato de sodio, 959  
 Tritio, 49, 899, 980  
 Trona, 882  
 Troposfera, 753  
 Truco de la cuerda de nylon, 1045  
 Tubo de rayo catódico, 44  
 Tungsteno, 870  
 Tyndall, efecto, 532  
 Tyndall, John, 532  
 Tyvek, 1041
- U**  
 Unidad de masa atómica (uma), 78  
 Unidad métrica, 15  
 Unidad, SI, 15  
 Unidades de concentración, 142, 507  
 comparadas, 509  
 fracción molar, 193, 508  
 molalidad, 508  
 molaridad, 142, 508  
 por ciento en masa, 507  
 Unidades derivadas del SI, 17  
 Unidades SI (Sistema Internacional de Unidades), 15  
 Uranio  
 isótopos del, 50, 977  
 producto de la fisión del, 981  
 Uranio-235, 50, 981, 982, 983, 986  
 Uranio-238, 50  
 abundancia del, 986  
 datación con, 977  
 desintegración del, 975  
 Urea  
 en fertilizantes, 105  
 preparación de la, 105, 1003  
 tratamiento de la anemia de células falciformes con, 1053

- V**  
 Valencia, 941  
 Valencia primaria, 941  
 Valencia secundaria, 941  
 Valina, 1052  
 Valor combustible, 245  
 Valoración  
 ácido-base, 151, 708  
 redox, 153  
 Valoraciones ácido-base, 151, 708  
 Valoraciones redox, 153  
 van der Waals, constantes de, 208 (*tabla*)  
 van der Waals, ecuación de, 207  
 van der Waals, fuerzas de, 453  
 van der Waals, Johannes D., 207  
 van Meergeren Han, 1001  
 van't Hoff, factor de, 528  
 van't Hoff, Jacobus, 528  
 Vapor, 171  
 Vapor de agua, presión del, 196 (*tabla*)  
 Vaporización (evaporación), 479  
 calor molar de, 480, 482 (*tabla*)  
 entropía y, 788, 803  
 Vector, 410  
 Velocidad  
 de la luz, 270  
 de las ondas electromagnéticas, 270  
 distribución de la velocidad de Maxwell, 200  
 raíz de la velocidad cuadrática media, 202  
 Velocidad cuadrática media, 198  
 Velocidad de escape, 203  
 Velocidad de reacción, 546. *Vea también* Ley de velocidad; Orden de reacción y estequiometría, 551  
 Velocidad inicial, 554  
 Velocidad instantánea, 548  
 Velocidad más probable, 201  
 Velocidad molecular, 200  
 cuadrática media, 202  
 distribución de la, 200  
 Vermeer, Jan, 1001  
 Vibración molecular, 764, 789  
 Vida media 329, 563  
 de reacciones de orden cero, 567  
 de reacciones de primer orden, 563  
 de reacciones de segundo orden, 565  
 del carbono-14, 568  
 del cobalto-60, 564, 989  
 del francio-223, 329  
 del plutonio-239, 985  
 del potasio-40, 978  
 del radón-222, 773  
 del sodio-24, 564, 990  
 del tecnecio-99, 991



Voltaje, 824. *Vea también* Fuerza  
electromotriz  
Voltaje de celda, 824. *Vea también*  
Fuerza electromotriz  
Voltímetro, 824  
Volumen, 17  
    constante, 240  
    equilibrio químico y cambios  
        en el, 625  
    unidad SI del, 17  
Vulcanización, 1043

**W**

Waage, Peter, 604

Watson, James D., 1055  
Watt (vatio), 889  
Werner, Alfred, 941  
Wohler, F., 1003

**X**

Xenón, 343

**Y**

Yeso ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), 884, 917  
Yodo, 342, 921  
    estabilidad nuclear del, 974  
    preparación del, 141, 924

sublimación del, 487  
 usos del, 927  
 Yodo-131, 990  
 Yoduro de hidrógeno, 925  
     cinética de formación, 577  
 Yoduro de plata (AgI), 928  
**Z**  
 Ziegler, Karl, 1042  
 Zinc  
     en baterías, 839  
     protección catódica con, 847

