

Figura 4.4 Abundancia de los elementos en la corteza, el agua y la atmósfera terrestres en porcentaje en masa.

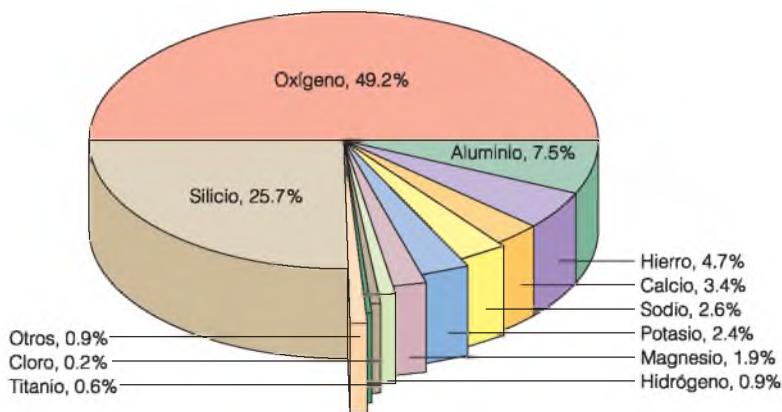
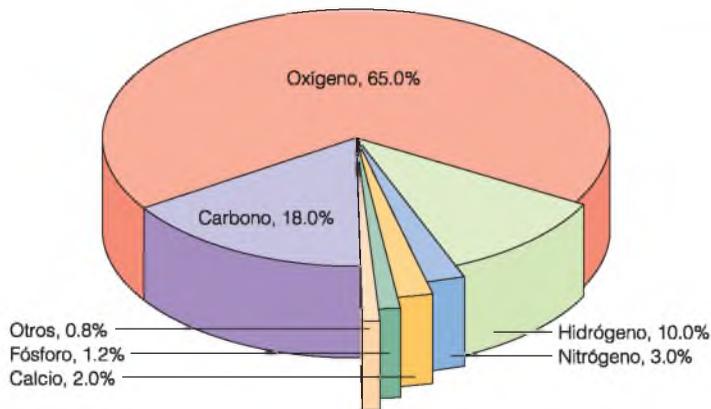


Figura 4.5 Abundancia de los elementos en el cuerpo humano en porcentaje en masa.



EJEMPLO 4.3 Abundancia de los elementos

Indica los dos elementos más abundantes en el universo, en la corteza y la atmósfera terrestres y en el cuerpo humano.

SOLUCIÓN

Posición (abundancia)	Universo	Corteza terrestre	Cuerpo humano
Primero	Hidrógeno	Oxígeno	Oxígeno
Segundo	Helio	Silicio	Carbono

EJERCICIO 4.3

- (a) ¿Qué adviertes al comparar la composición del universo en su totalidad con los elementos presentes en nuestros sistemas solares?
- (b) ¿Cuál es la ubicación de estos elementos en la tabla periódica, y qué nos indica esto?

Véanse los problemas 4.17 y 4.20.

4.4 La tabla periódica de los elementos

Una tabla periódica, como la que muestra la Fig. 4.6, proporciona gran cantidad de información acerca de los elementos, cada uno de los cuales se clasifica como metal, no metal o metaloide. Los **metales** están a la izquierda o debajo de la línea diagonal escalonada gruesa de la tabla periódica, y los **no metales** aparecen a su derecha. Observa que hay muchos más metales que no metales. Los elementos situados al lado de esta línea

diagonal se conocen como **metaloides**, y poseen ciertas propiedades que son intermedias entre las de los metales y no metales representativos. A las filas horizontales de elementos de la tabla periódica se les llama **periodos**, y las columnas verticales de elementos reciben el nombre de **grupos**, o en ocasiones **familias** de elementos. Por ejemplo, los metales del Grupo IA, la familia de los **metales alcalinos**, son los de la primera columna del lado izquierdo de la tabla periódica. En la Fig. 4.7 puedes ver muestras de metales y no metales. Compara su apariencia.

Metales

Casi todos los metales, a diferencia de los no metales, adquieren un lustre metálico brillante cuando se pulen. Los metales no tienden a combinarse químicamente unos con otros, pero sí reaccionan con los no metales para formar muchos y muy variados compuestos. Las menas comunes de metales como el hierro y el aluminio contienen el metal combinado con oxígeno. Los metales del Grupo IA de la tabla periódica son los más reactivos. Estos metales nunca están presentes en la naturaleza como elementos “libres”, esto es, no combinados. Los metales menos reactivos, como el cobre, la plata y el oro, situados cerca del centro de la tabla periódica, presentan más probabilidades de hallarse en la naturaleza como elementos “libres”.

No metales

Entre los no metales se cuentan dos gases muy conocidos, el nitrógeno y el oxígeno, que están presentes en la atmósfera. El carbono —presente en forma de diamante, grafito y carbón vegetal— y el azufre son no metales que pueden encontrarse en la naturaleza como sólidos en forma elemental, no combinada. En los minerales, los metales están combinados químicamente con no metales como oxígeno, azufre, nitrógeno y fósforo. Los no metales también se combinan unos con otros para formar compuestos como dióxido de carbono, CO_2 , monóxido de carbono, CO , dióxido de azufre, SO_2 , metano, CH_4 , ya moniaco, N H_3 . El flúor es el no metal más reactivo.

Periodo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	H	He																
2	Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
3	Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
6	Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
7	Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Uub		Uuq		Uuh		
				* 58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu	
				† 90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr	

Figura 4.6 Los elementos se clasifican como metales, metaloides y no metales, como se muestra en esta tabla periódica.

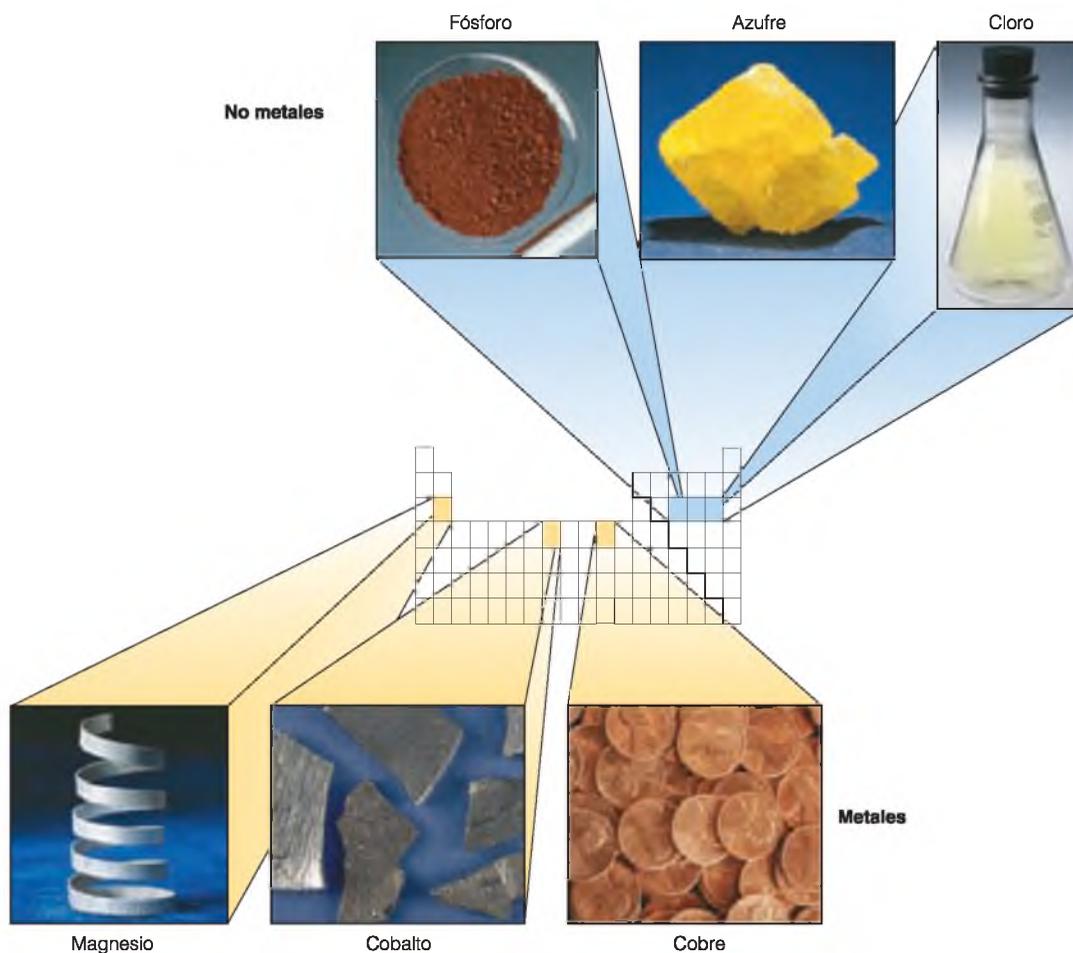


Figura 4.7 Algunos metales y no metales.

Elementos diatómicos

En tanto que muchos elementos existen en la naturaleza como átomos individuales, siete de los elementos no metálicos —hidrógeno, nitrógeno, oxígeno, flúor, cloro, bromo y yodo— existen como pares de átomos combinados químicamente en forma de **moléculas diatómicas** en las condiciones ambientales ordinarias (Fig. 4.8). El subíndice 2 de sus fórmulas químicas respectivas, H_2 , N_2 , O_2 , F_2 , Cl_2 , Br_2 e I_2 , indica que cada molécula tiene dos átomos del mismo elemento. En cada molécula diatómica los dos átomos se mantienen unidos en virtud de fuerzas de atracción conocidas como *enlaces químicos*. Los últimos cuatro elementos de esta lista pertenecen a una misma familia de elementos: la **familia de los halógenos**. Observa la ubicación de los elementos diatómicos en la tabla periódica y aprende de memoria sus nombres (Fig. 4.9). ■

Conviene aclarar un punto que suele dar lugar a confusión. Cuando uno cualquiera de los siete elementos diatómicos se combina con otro elemento para formar un compuesto, ya no existe la tendencia a formar pares de átomos. En los compuestos, el número de átomos de cada clase depende del tipo de átomos que se encuentran combinados. Por ejemplo, en el amoníaco gaseoso, NH_3 , cada molécula está formada de *un* átomo de nitrógeno y *tres* átomos de hidrógeno, no de pares de átomos de nitrógeno y de átomos de hidrógeno. En el ácido nítrico, HNO_3 , hay un solo átomo de hidrógeno por cada átomo de nitrógeno y tres átomos de oxígeno; no hay pares de átomos.

Conexión con el aprendizaje

Para recordar con facilidad los elementos diatómicos, piensa en **HON y Hal**; HON representa hidrógeno, oxígeno y nitrógeno, y Hal representa los halógenos.

Metaloides

Los elementos que se encuentran en la región intermedia de la tabla periódica, entre los metales y los no metales, se llaman metaloides. En general, sus propiedades también tienen un carácter intermedio. Por ejemplo, los metales son buenos conductores de la electricidad, los no metales son no conductores, y los metaloides son semiconductores eléctricos. Debido a esta propiedad especial, los metaloides como el silicio, el germanio, el arsénico y el boro son particularmente útiles en la industria electrónica para la manufactura de transistores, chips de computadora y celdas solares eléctricas. El silicio es el metaloide más abundante y el cuarto elemento más abundante en la Tierra. Nunca se encuentra en la naturaleza en la forma elemental, pero los silicatos, que son compuestos complejos de silicio, oxígeno y diversos metales, están presentes en los suelos, arcillas y arena. (Fig. 4.10.) El cuarzo, la arena, el ágata, la amatista y el pedernal contienen formas de dióxido de silicio (SiO₂) impuro. Los tabiques, el vidrio, el cemento y la cerámica también contienen compuestos de silicio.

EJEMPLO 4.4 Metales, no metales y metaloides

Con ayuda de la tabla periódica, clasifica los elementos siguientes como metales, no metales o metaloides.

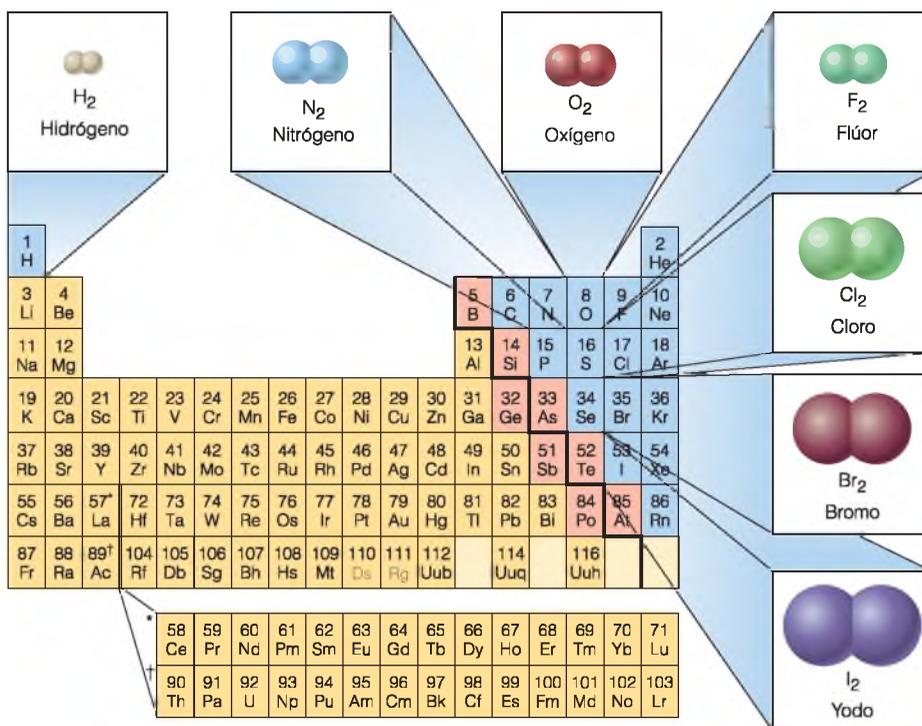
- (a) calcio (b) arsénico (c) yodo

SOLUCIÓN

- (a) El calcio es un **metal**.
 (b) El arsénico es un **metaloide**.
 (c) El yodo es un **no metal**.

EJERCICIO 4.4

Cita el nombre e indica la fórmula de siete elementos diatómicos. Localízalos en la tabla periódica.



Conexiones con el mundo real

- Para elaborar chips de computadora y dispositivos semiconductores se necesita silicio de alta pureza; no puede haber más de 1 parte por millón de impurezas en el silicio.
- Las carátulas de reloj en las que se han inyectado átomos de silicio tienen la resistencia suficiente para ser utilizados por los buzos en los lugares más profundos sin que se rompan por efecto de la presión.

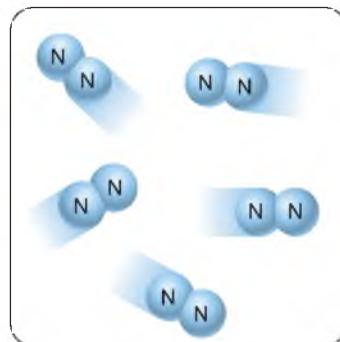


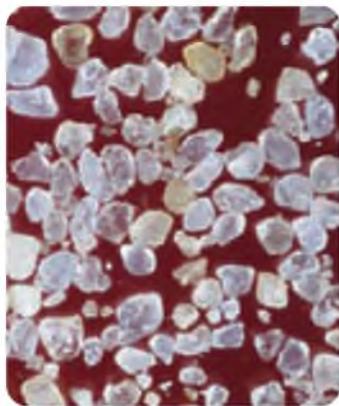
Figura 4.8 El nitrógeno gaseoso se compone de moléculas diatómicas, esto es, de moléculas que contienen dos átomos de nitrógeno.

Véanse los problemas 4.21-4.28.

Figura 4.9 Los elementos diatómicos: H₂, N₂, O₂, F₂, Cl₂, Br₂ e I₂.



(a)



(b)

Figura 4.10 (a) El elemento silicio se usa extensamente en los chips de computadora. (b) La arena ordinaria (aumentada) está formada por dióxido de silicio, un compuesto de silicio y oxígeno.

■ Conexiones con el mundo real

- El mercurio metálico es muy tóxico; se absorbe a través de la piel o del sistema respiratorio.
- Una lámpara fluorescente típica contiene alrededor de 20 mg de mercurio, pero los ingenieros han ideado otras lámparas con la mitad de esa cantidad a fin de satisfacer las normas de residuos peligrosos.

■ El tungsteno tiene el punto de fusión más alto de todos los elementos: 3407°C o 6165°F . Se utiliza como filamento en las bombillas incandescentes eléctricas.

4.5 Propiedades físicas de los elementos

Las propiedades físicas especiales de los diferentes elementos dan lugar a un número casi infinito de variadas aplicaciones. Las características de semiconductor que exigen los chips de computadora se consiguen utilizando silicio, pero no plata. Las necesidades de materiales estructurales ligeros de las aeronaves se satisfacen con aluminio y titanio, pero no con un metal reactivo como el litio o un metal denso como el plomo. Así pues, son las *propiedades peculiares* de muchos elementos las que los hacen valiosos, y algunas de ellas nos ayudan a clasificar los elementos como metales o no metales, según se muestra en la tabla 4.3.

Estado físico

El hecho de que un elemento sea sólido, líquido o gas a cierta temperatura depende de su punto de fusión y de su punto de ebullición. La mayor parte de los elementos son sólidos a temperatura ambiente (20°C). Once elementos son gases, y seis de ellos son conocidos como **gases nobles** porque ordinariamente no se combinan con otros elementos para formar compuestos. Los gases nobles: helio, neón, argón, criptón, xenón y radón, están en la columna de la derecha de la tabla periódica. Los otros cinco elementos que son gases son el hidrógeno, el nitrógeno, el oxígeno, el flúor y el cloro.

Sólo dos elementos son líquidos a temperatura ambiente (20°C): el bromo y el mercurio. El bromo es un no metal líquido rojo (Fig. 4.11); es muy reactivo y no se encuentra en la naturaleza como elemento sin combinar. En escala industrial, el bromo se extrae químicamente del agua de mar o de pozos de salmuera. Este elemento se utiliza extensamente en la preparación de numerosos productos químicos importantes, incluso medicamentos.

El mercurio es un metal líquido plateado brillante con un punto de fusión de -39°C y un punto de ebullición de 357°C (Fig. 4.12). Con este intervalo de temperatura en estado líquido y su buena conductividad eléctrica, el mercurio resulta especialmente útil en interruptores “silenciosos” de mercurio (permiten encender y apagar luces eléctricas de manera silenciosa), en termómetros, y en las lámparas de vapor de mercurio que se utilizan para iluminar estadios de fútbol o trasarse biertag randes. ■

A excepción del mercurio, todos los demás metales son sólidos a temperatura ambiente (20°C). Algunos de ellos tienen puntos de fusión bastante elevados. ■ Estos elementos se agrupan en la región inferior central de la tabla periódica.

Conductividad

La **conductividad** de una sustancia es una medida de la facilidad relativa con la que una muestra transmite calor o electricidad. Los metales conducen tanto el calor como la electricidad; en cambio, los no metales son malos conductores. Los mejores conductores son los metales cobre, plata, oro (observa su ubicación en la tabla periódica) y aluminio. Ciertos metales muy reactivos de los Grupos IA y IIA (en el extremo izquierdo de la tabla periódica) también son buenos conductores; entre ellos están el sodio, el potasio, el magnesio y el calcio. En contraste, es posible fabricar buenos aisladores a partir de diversos materiales vítreos y cerámicos que contienen compuestos complejos de no metales, como el oxígeno, el nitrógeno y el silicio.

Lustre, maleabilidad, ductilidad y dureza

Las superficies pulidas de metales como la plata y el cromo poseen un **lustre** que es producto de su capacidad de reflejar la luz. Los no metales carecen de lustre. Ciertos metales son **maleables**, es decir, se les puede laminar o martillar para darles forma. Entre los metales maleables se cuentan el aluminio, el cobre y el acero (una aleación de hierro

Tabla 4.3 Propiedades físicas de los metales y no metales

Propiedad	Metales	No metales
Estado físico a temperatura ambiente	Todos sólidos, excepto el Hg	Sólidos, líquidos, gases
Conductividad	Buenos conductores del calor y la electricidad Ejemplos: Ag, Cu, Hg, Al	Malos conductores del calor y la electricidad Ejemplos: S, Se, I ₂
Lustre	Superficie brillante Ejemplos: Ag, Au, Cr	Superficie opaca Ejemplos: C (carbón vegetal), S, P
Maleabilidad	Maleables; muchos se pueden martillar o laminar Ejemplos: Fe, Au, Sn, Pb	No maleables, frágiles, se desmoronan al golpearlos Ejemplos: S, C, P
Ductilidad	Dúctiles; muchos se pueden estirar para formar alambres Ejemplos: Al, Cu, Fe	No dúctiles
Dureza	Algunos son duros y otros blandos Ejemplos: Metales duros: Cr, Fe, Mn Metales blandos: Au, Pb, Na	En su mayoría no son duros, excepto el diamante

**Figura 4.11** El bromo, Br₂, es el único elemento no metálico líquido a temperatura ambiente.

con carbono y huellas de otros elementos). Los metales como el cobre, el aluminio y el hierro son **dúctiles**: es posible estirarlos para formar alambres. Los no metales no son maleables ni dúctiles. Algunos metales, como el cromo, el manganeso y el níquel, presentan una superficie dura; en cambio, otros, como el oro, el plomo, el cobre, el sodio y el potasio, son blandos. Las singulares propiedades físicas de muchos elementos hacen posible una extensa variedad de usos importantes en productos industriales y de consumo.

EJEMPLO 4.5 Propiedades físicas

¿Cuáles de las características siguientes son propias de los metales?

- Todos son a temperatura ambiente.
- Nos son maleables y dúctiles.
- Tienen superficies brillantes.
- Son malos conductores.

**Figura 4.12** El mercurio, Hg, es el único metal líquido a temperatura ambiente.

Véanse los problemas 4.29-4.34.



Figura 4.13 Demócrito, un antiguo filósofo griego, creía que la materia estaba formada por partículas elementales a las que llamó *átomos*.

“Para comprender lo muy grande es preciso comprender lo muy pequeño.”

—Demócrito

Priestley (1733-1804) apoyó abiertamente las revoluciones francesa y estadounidense. Fue hostigado en varias ocasiones, y su casa, biblioteca y laboratorio fueron saqueados. Huyó de Inglaterra en 1794 y se estableció en Pensilvania, donde vivió hasta su muerte en 1804.

Scheele (1742-1786) era muy entusiasta acerca de las investigaciones científicas. Se afirma que dijo “cuánto goza el investigador cuando un descubrimiento premia su diligencia; entonces se alegra su corazón”.

Conexión con el aprendizaje

Consulta el análisis de la conservación de la masa y el recuadro de la página 25.

Conexión con el aprendizaje

Consulta el capítulo 2 y el recuadro de la página 27.

SOLUCIÓN

- (a) Falso. Un no metal Br_2 es líquido; los demás son sólidos o gases.
- (b) Verdadero.
- (c) Falso. Sus superficies son lisas.
- (d) Verdadero.

EJERCICIO 4.5

- (a) Cita dos elementos que sean líquidos a temperatura ambiente. Clasifícalos como metal, no metal o metaloide.
- (b) Compara estas propiedades físicas en relación con los metales y los no metales: conductividad, maleabilidad y ductilidad.



Átomos: de Demócrito a Dalton

La mayoría de los filósofos griegos de la antigüedad, incluso Aristóteles (384-322 a.C.), creían que la materia era continua y podía dividirse interminablemente en porciones más pequeñas. Pensaban que las gotas de agua podían dividirse indefinidamente en gotitas cada vez más pequeñas. Pero Leucipo, con base en su sola intuición, concluyó que tendría que haber unas partículas últimas que ya no pudiesen subdividirse más. Su discípulo Demócrito (alrededor de 470-380 a.C.) dio nombre a estas partículas últimas (Fig. 4.13): las llamó *átomos* (del griego *a*, “no”, y *tomos*, “cortar”), que significa “indivisible”. Es decir, no se puede dividir.

Hoy en día sabemos que Demócrito tenía razón, aunque su opinión era en su época la de una minoría. El popular concepto de materia “continua” prevaleció durante 2000 años, hasta hace aproximadamente 300 años. Para entonces algunos científicos efectuaban ya observaciones minuciosas y mediciones exactas. En nuestros días, las ideas acerca de la naturaleza de la materia se abren al estudio experimental.

Descubrimiento del oxígeno

En 1774, el clérigo y científico inglés Joseph Priestley preparó oxígeno puro al enfocar por medio de una lente los rayos solares sobre un compuesto que contenía mercurio y oxígeno. El producto gaseoso hizo que una bujía ardiera con más intensidad. Priestley llamó a este gas “aire perfecto”, pero no lo reconoció como un elemento nuevo. Karl W. Scheele, un boticario (farmacéutico) sueco, también descubrió el oxígeno aproximadamente por esa misma época, antes, según su cuaderno de notas fechado, pero en tanto se demoraba en imprimir el libro, Priestley anunció su descubrimiento.

Explicación de la combustión

Poco después del descubrimiento del oxígeno, Antoine Lavoisier comprendió que este nuevo elemento era la pieza que faltaba en el rompecabezas para explicar la combustión. Lavoisier llevó a cabo experimentos cuantitativos y formuló la teoría correcta de la combustión: las sustancias se combinan con el oxígeno del aire cuando se queman. Explicó que la respiración y la combustión son químicamente similares. En ambos procesos, una sustancia reacciona con oxígeno y produce dióxido de carbono y agua. La masa (materia) se conserva en ambos casos, como lo establece su ley de conservación de la masa, descrita en el capítulo 2.

Ley de las proporciones definidas

En 1799, Joseph Louis Proust demostró que una sustancia llamada carbonato de cobre, ya fuese preparada en el laboratorio u obtenida de fuentes naturales, contenía los mismos tres elementos, cobre, carbono y oxígeno, y siempre en las mismas proporciones en