



Cuarta edición

QUÍMICA

GENERAL, ORGÁNICA Y BIOLÓGICA.
ESTRUCTURAS DE LA VIDA

Karen C. Timberlake

1.10 Densidad

Es posible medir la masa y el volumen de cualquier objeto. Si compara la masa del objeto con su volumen, obtiene una relación llamada **densidad**.

$$\text{Densidad} = \frac{\text{masa de sustancia}}{\text{volumen de sustancia}}$$

Toda sustancia tiene una densidad única, que la distingue de otras sustancias. Por ejemplo, el plomo tiene una densidad de 11.3 g/mL, en tanto que el corcho tiene una densidad de 0.26 g/mL. A partir de estas densidades, uno puede predecir si dichas sustancias se hundirán o flotarán en el agua. Si una sustancia, como el corcho, es menos densa que el agua, flotará. Sin embargo, un objeto de plomo se hunde en el agua porque su densidad es mayor que la del agua (véase la figura 1.11). Un objeto de plomo flotaría en mercurio líquido, porque el plomo es menos denso que el líquido.

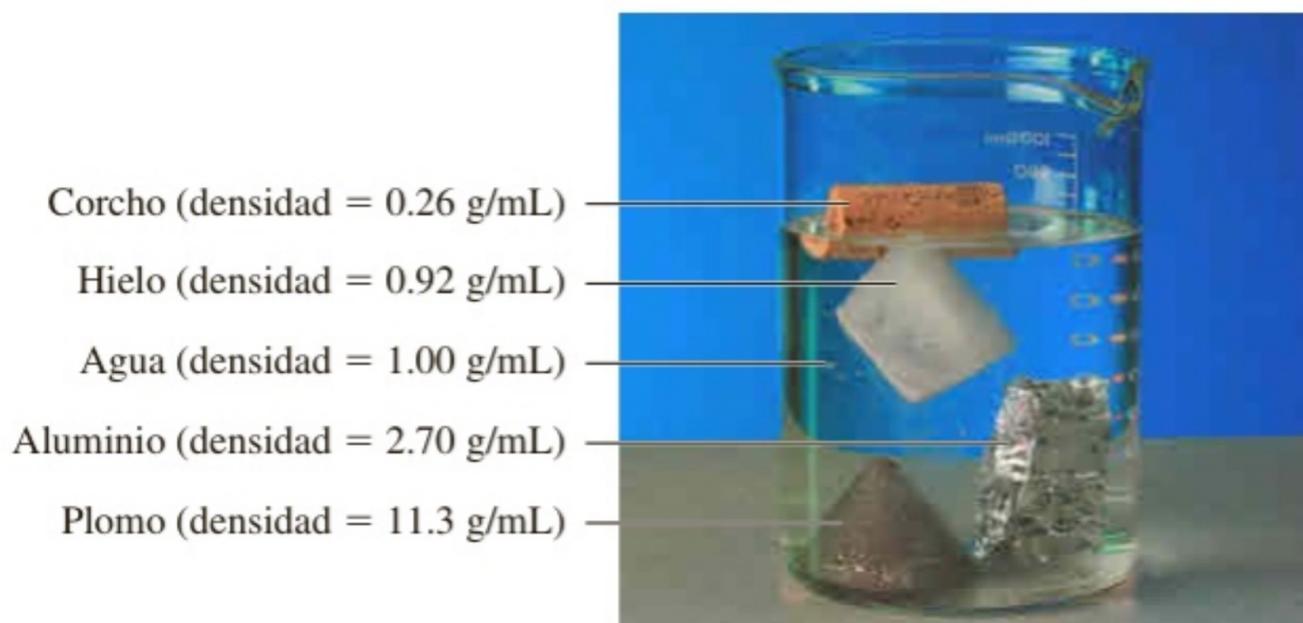


FIGURA 1.11 Los objetos que se hunden en agua son más densos que el agua; los objetos que flotan son menos densos.

P ¿Por qué un cubo de hielo flota y un trozo de aluminio se hunde?

La densidad se usa en química y medicina en muchas formas. Por ejemplo, la densidad puede servir para identificar una sustancia desconocida. Si la densidad de un metal puro se calcula en 10.5 g/mL, entonces puede identificarlo como plata, mas no como plomo o aluminio.

Los metales como el oro y el plomo tienden a tener densidades mayores, mientras que los gases tienen densidades muy bajas. En el sistema métrico, las densidades de sólidos y líquidos suelen expresarse como gramos por centímetro cúbico (g/cm^3) o gramos por mililitro (g/mL). En general, las densidades de los gases se enuncian como gramos por litro (g/L). La tabla 1.13 indica las densidades de algunas sustancias comunes.

META DE APRENDIZAJE

Calcular la densidad o densidad relativa de una sustancia; usar la densidad o densidad relativa para calcular la masa o el volumen de una sustancia.



TUTORIAL
Density and Specific Gravity

TABLA 1.13 Densidades de algunas sustancias comunes

Sólidos (a 25 °C)	Densidad (g/mL)	Líquidos (a 25 °C)	Densidad (g/mL)	Gases (a 0 °C, 1 atm)	Densidad (g/L)
Corcho	0.26	Gasolina	0.74	Hidrógeno	0.090
Madera (arce)	0.75	Etanol	0.79	Helio	0.179
Hielo (a 0 °C)	0.92	Aceite de oliva	0.92	Metano	0.714
Azúcar	1.59	Agua (a 4 °C)	1.00	Neón	0.902
Hueso	1.80	Orina	1.003-1.030	Nitrógeno	1.25
Sal (NaCl)	2.16	Plasma (sangre)	1.03	Aire (seco)	1.29
Aluminio	2.70	Leche	1.04	Oxígeno	1.43
Cemento	3.00	Mercurio	13.6	Dióxido de carbono	1.96
Diamante	3.52				
Hierro	7.86				
Plata	10.5				
Plomo	11.3				
Oro	19.3				

COMPROBACIÓN DE CONCEPTOS 1.13 Densidad



- a. En el diagrama **A**, el cubo gris tiene una densidad de 4.5 g/cm^3 . ¿La densidad del cubo verde es la misma, menor que o mayor que la del cubo gris?
- b. En el diagrama **B**, el cubo gris tiene una densidad de 4.5 g/cm^3 . ¿La densidad del cubo verde es la misma, menor que o mayor que la del cubo gris?

RESPUESTA

- a. El cubo verde tiene el mismo volumen que el cubo gris. Sin embargo, el cubo verde tiene mayor masa sobre la balanza, lo que significa que su razón masa/volumen es mayor. Por consiguiente, la densidad del cubo verde es mayor que la del cubo gris.
- b. El cubo verde tiene la misma masa que el cubo gris. Sin embargo, el cubo verde tiene mayor volumen, lo que significa que su razón masa/volumen es menor. Por tanto, la densidad del cubo verde es menor que la densidad del cubo gris.

Guía para calcular la densidad

1 Enuncie las cantidades dadas y las que necesita.

2 Escriba la expresión de densidad.

3 Exprese la masa en gramos y el volumen en mililitros (mL) o cm^3 .

4 Sustituya masa y volumen en la expresión de densidad y calcule la densidad.

EJEMPLO DE PROBLEMA 1.11 Cálculo de densidad

Las lipoproteínas de alta densidad (HDL, por sus siglas en inglés) contienen grandes cantidades de proteínas y pequeñas cantidades de colesterol. Si una muestra de 0.258 g de HDL tiene un volumen de 0.215 cm^3 , ¿cuál es la densidad, en g/cm^3 , de la muestra de HDL?

SOLUCIÓN

Paso 1 Enuncie las cantidades dadas y las que necesita.

Análisis del problema

Dada	Necesita
0.258 g de HDL	densidad (g/cm^3) de HDL
0.215 cm^3 de HDL	

Paso 2 Escriba la expresión de densidad.

$$\text{Densidad} = \frac{\text{masa de sustancia}}{\text{volumen de sustancia}}$$

Paso 3 Expresa la masa en gramos y el volumen en cm^3 .

$$\text{Masa de muestra de HDL} = 0.258 \text{ g}$$

$$\text{Volumen de muestra de HDL} = 0.215 \text{ cm}^3$$

Paso 4 Sustituya masa y volumen en la expresión de densidad y calcule la densidad.

$$\text{Densidad} = \frac{\overset{\text{Tres CS}}{0.258 \text{ g}}}{\underset{\text{Tres CS}}{0.215 \text{ cm}^3}} = \frac{1.20 \text{ g}}{1 \text{ cm}^3} = 1.20 \text{ g/cm}^3$$

Tres CS Tres CS

COMPROBACIÓN DE ESTUDIO 1.11

Las lipoproteínas de baja densidad (LDL) contienen pequeñas cantidades de proteínas y grandes cantidades de colesterol. Si una muestra de 0.380 g de LDL tiene un volumen de 0.362 cm^3 , ¿cuál es la densidad de la muestra de LDL, en g/cm^3 ?

Densidad de sólidos

La densidad de un sólido se calcula a partir de su masa y su volumen. Cuando un sólido está completamente sumergido, desplaza un volumen de agua que es igual al volumen del sólido. En la figura 1.12, el nivel del agua se eleva de 35.5 mL a 45.0 mL. Esto significa que se desplazan 9.5 mL de agua y que el volumen del objeto es 9.5 mL. La densidad del cinc se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Densidad} = \frac{68.60 \text{ g cinc}}{9.5 \text{ mL}} = 7.2 \text{ g/mL}$$

Dos CS Dos CS

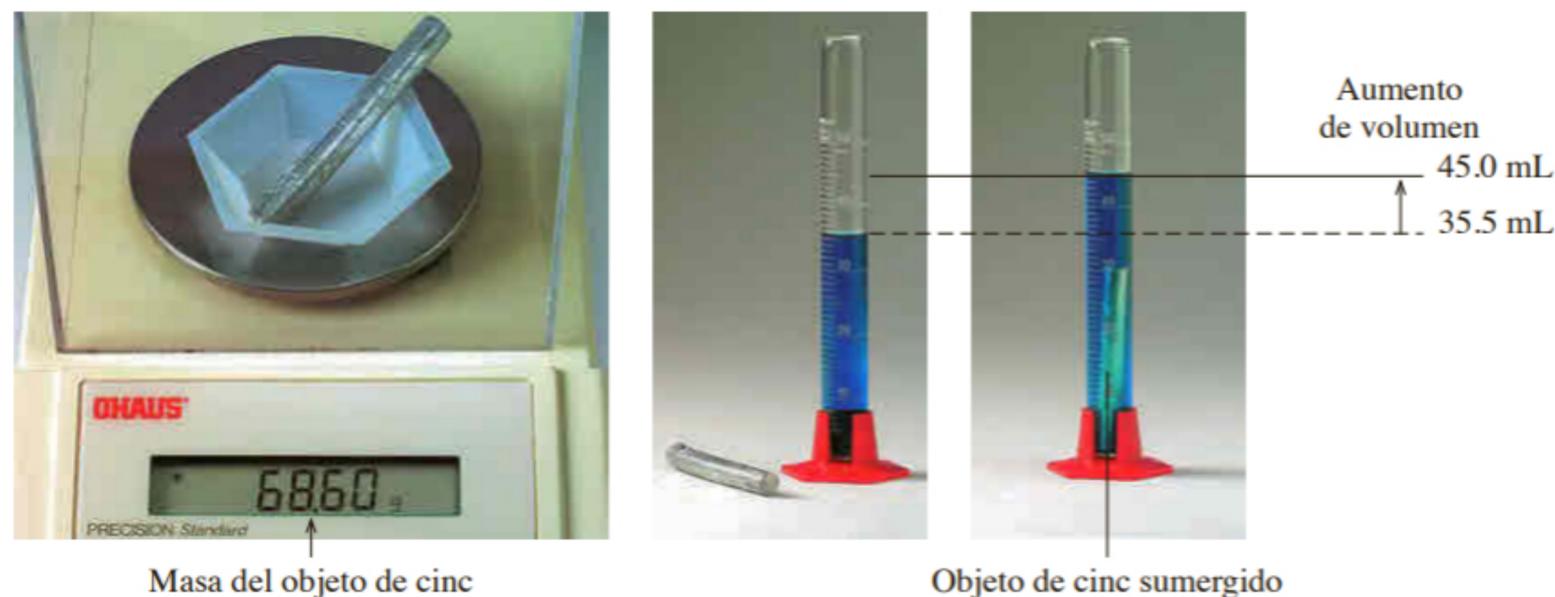


FIGURA 1.12 La densidad de un sólido puede determinarse por el volumen desplazado porque un objeto sumergido desplaza un volumen de agua igual a su propio volumen.

P ¿Cómo se determinó el volumen del objeto de cinc?



Pesos de plomo en un cinturón contrarrestan la flotabilidad de un buzo.

EJEMPLO DE PROBLEMA 1.12 Uso de desplazamiento de volumen para calcular densidad

Un peso de plomo usado en el cinturón de un buzo tiene una masa de 226 g. Cuando el peso de plomo se coloca en un cilindro graduado que contiene 200.0 mL de agua, el nivel del agua se eleva a 220.0 mL. ¿Cuál es la densidad del peso de plomo (g/mL)?

SOLUCIÓN

Paso 1 Enuncie las cantidades dadas y las que necesita.

Análisis del problema

Dadas	Necesita
226 g de plomo	densidad (g/mL) de plomo
nivel del agua + plomo = 220.0 mL	
nivel del agua (inicial) = 200.0 mL	

Paso 2 Escriba la expresión de densidad.

$$\text{Densidad} = \frac{\text{masa de sustancia}}{\text{volumen de sustancia}}$$

Paso 3 Exprese la masa en gramos y el volumen en mililitros (mL).

$$\text{Masa del peso de plomo} = 226 \text{ g}$$

El volumen del peso de plomo es igual al volumen del agua desplazada, que se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Nivel del agua después de sumergir el objeto} = 220.0 \text{ mL}$$

$$\text{Nivel del agua antes de sumergir el objeto} = -200.0 \text{ mL}$$

$$\text{Agua desplazada (volumen de peso de plomo)} = 20.0 \text{ mL}$$

Paso 4 Sustituya masa y volumen en la expresión de densidad y calcule la densidad. Para calcular la densidad se divide la masa (g) entre el volumen (mL). Asegúrese de usar el volumen de agua desplazada y *no* el volumen original de agua.

$$\text{Densidad} = \frac{\overset{\text{Tres CS}}{226 \text{ g}}}{\underset{\text{Tres CS}}{20.0 \text{ mL}}} = \frac{11.3 \text{ g}}{\underset{\text{Tres CS}}{1 \text{ mL}}} = 11.3 \text{ g/mL}$$

COMPROBACIÓN DE ESTUDIO 1.12

Un total de 0.500 libras de canicas de vidrio se agregan a 425 mL de agua. El nivel del agua se eleva a un volumen de 528 mL. ¿Cuál es la densidad (g/mL) de las canicas de vidrio?



Explore su mundo

HUNDIRSE O FLOTAR

- Llene un recipiente grande o una cubeta con agua. Coloque una lata de soda dietética y una lata de soda no dietética en el agua. ¿Qué ocurre? Con la información de las etiquetas, ¿cómo podría explicar sus observaciones?
- Diseñe un experimento para determinar la sustancia que es más densa en cada una de las siguientes opciones:
 - agua y aceite vegetal
 - agua y hielo
 - alcohol para frotar y hielo
 - aceite vegetal, agua y hielo



La química en la salud

DENSIDAD ÓSEA

La densidad de los huesos determina su salud y fuerza. Los huesos constantemente ganan y pierden minerales como calcio, magnesio y fosfatos. En la infancia, los huesos se forman a una velocidad mayor de la que se desintegran. Conforme se envejece, la desintegración de los huesos ocurre con más rapidez que la formación de hueso nuevo. A medida que aumenta la pérdida de minerales óseos, los huesos se comienzan a adelgazar, lo que provoca una disminución de masa y densidad. Los huesos más delgados carecen de fuerza, lo que aumenta el riesgo de fractura. Cambios hormonales, enfermedades y ciertos medicamentos también pueden contribuir al adelgazamiento de los huesos. Con el tiempo puede presentarse una condición de adelgazamiento importante de los huesos conocida como *osteoporosis*. Las *micrografías electrónicas de barrido* (MEB) muestran

(a) hueso normal y (b) hueso con osteoporosis causada por pérdida de minerales óseos.

A menudo, la densidad ósea se determina con el paso de dosis bajas de rayos X a través de la parte estrecha en la porción superior del fémur (cadera) y la columna vertebral (c). En dichas ubicaciones es donde es más probable que ocurran fracturas, en especial cuando se envejece. Los huesos con alta densidad bloquearán más rayos X que los huesos menos densos. Los resultados de una prueba de densidad ósea se comparan con un adulto joven sano, así como con otras personas de la misma edad.

Las recomendaciones para mejorar la fuerza ósea incluyen complementos de calcio y vitamina D. El ejercicio en el que se sostiene peso, como caminar y levantar pesas, también puede mejorar la fuerza muscular, lo que a su vez aumenta la fuerza ósea.



(a) Hueso normal



(b) Hueso con osteoporosis



(c) Vista de la columna vertebral con dosis baja de rayos X

Resolución de problemas usando densidad

La densidad puede servir como factor de conversión. Por ejemplo, si se conocen el volumen y la densidad de una muestra, puede calcularse la masa en gramos de la muestra, como se observa en el Ejemplo de problema 1.13.



EJEMPLO DE PROBLEMA 1.13 Resolución de problemas usando densidad

Si la densidad de la leche es 1.04 g/mL, ¿cuántos gramos de leche hay en 0.50 qt de leche?

SOLUCIÓN

Paso 1 Enuncie las cantidades dadas y las que necesita.

Análisis del problema

Dadas	Necesita
0.50 qt de leche	gramos de leche
densidad de la leche = 1.04 g/mL	
(1 mL de leche = 1.04 g)	

Paso 2 Escriba un plan para calcular la cantidad que necesita.

cuartos de galón $\xrightarrow{\text{Factor estadounidense-métrico}}$ litros $\xrightarrow{\text{Factor métrico}}$ mililitros $\xrightarrow{\text{Factor densidad}}$ gramos

Paso 3 Escriba las equivalencias y sus factores de conversión, incluida la densidad.

$$\frac{1 \text{ L}}{1.06 \text{ qt}} \quad \text{y} \quad \frac{1.06 \text{ qt}}{1 \text{ L}}$$

$$\frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} \quad \text{y} \quad \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}}$$

$$\frac{1 \text{ mL}}{1.04 \text{ g}} \quad \text{y} \quad \frac{1.04 \text{ g}}{1 \text{ mL}}$$

Guía para usar densidad

- 1 Enuncie las cantidades dadas y las que necesita.
- 2 Escriba un plan para calcular la cantidad que necesita.
- 3 Escriba las equivalencias y sus factores de conversión, incluida la densidad.
- 4 Plantee el problema para calcular la cantidad que necesita.

Paso 4 Plantee el problema para calcular la cantidad que necesita.

$$\begin{array}{ccccccc}
 & & \text{Dos CS} & & \text{Tres CS} & & \\
 & & \frac{5.0 \text{ mL}}{1 \text{ cdtā}} & \times & \frac{1.20 \text{ g}}{1 \text{ mL}} & = & 12 \text{ g de jarabe para la tos} \\
 2.0 \text{ cdtā} & \times & & \times & & & \\
 \text{Dos CS} & & \text{Exacto} & & \text{Exacto} & & \text{Dos CS}
 \end{array}$$

COMPROBACIÓN DE ESTUDIO 1.14

Una escultura de ébano tiene una masa de 275 g. Si el ébano tiene una densidad relativa de 1.12, ¿cuál es el volumen, en mililitros, de la escultura?

PREGUNTAS Y PROBLEMAS

1.10 Densidad

META DE APRENDIZAJE: Calcular la densidad o densidad relativa de una sustancia; usar la densidad o densidad relativa para calcular la masa o el volumen de una sustancia.

1.61 En un viejo camión, usted encuentra un trozo de metal que piensa que puede ser aluminio, plata o plomo. Después de pruebas de laboratorio, descubre que tiene una masa de 217 g y un volumen de 19.2 cm³. De acuerdo con la tabla 1.13, ¿cuál es el metal que encontró?

16.2 Suponga que usted tiene dos cilindros graduados de 100 mL. En cada cilindro hay 40.0 mL de agua. También tiene dos cubos: uno es de plomo y el otro, de aluminio. Cada cubo mide 2.0 cm por lado. Después de bajar con cuidado cada cubo e introducirlo en el agua de su propio cilindro, ¿cuál será el nuevo nivel del agua en cada uno de los cilindros?

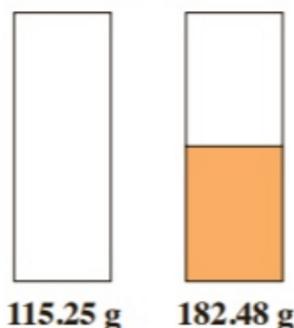
1.63 ¿Cuál es la densidad (g/mL) en cada una de las siguientes muestras?

a. Una muestra de 20.0 mL de una disolución salina que tiene una masa de 24.0 g.

b. Un cubo de mantequilla que pesa 0.250 libras y tiene un volumen de 130. mL.

c. Una gema tiene una masa de 45.0 g. Cuando la gema se coloca en un cilindro graduado que contiene 20.0 mL de agua, el nivel del agua se eleva a 34.5 mL.

d. Un líquido se agrega a un recipiente vacío con una masa de 115.25 g. Cuando se agregan 0.100 pt del líquido, la masa total del recipiente y el líquido es de 182.48 g.



1.64 ¿Cuál es la densidad (g/mL) de cada una de las siguientes muestras?

a. El líquido de una batería de automóvil, si tiene un volumen de 125 mL y una masa de 155 g.

b. Un material plástico pesa 2.68 libras y tiene un volumen de 3.5 L.



El titanio se utiliza para fabricar cabezas de drivers.

c. Una muestra de 5.00 mL de orina de un paciente con síntomas similares a los de la diabetes mellitus. La masa de la muestra de orina es 5.025 g.

d. Una cabeza ligera en el driver de un palo de golf está hecha de titanio. Si el volumen de una muestra de titanio es 114 cm³ y la masa es 514.1 g, ¿cuál es la densidad del titanio?

1.65 Use los valores de densidad de la tabla 1.13 para resolver cada uno de los siguientes problemas:

a. ¿Cuántos litros de etanol contienen 1.5 kg de etanol?

b. ¿Cuántos gramos de mercurio hay en un barómetro que contiene 6.5 mL de mercurio?

c. Un escultor preparó un molde para vaciar una figura de bronce. La figura tiene un volumen de 225 mL. Si el bronce tiene una densidad de 7.8 g/mL, ¿cuántas onzas de bronce se necesitan en la preparación de la figura de bronce?

d. ¿Cuántos kilogramos de gasolina llenan un tanque de gasolina de 12.0 galones? (1 galón = 4 qt).

1.66 Use los valores de densidad de la tabla 1.13 para resolver cada uno de los siguientes problemas:

a. Un cilindro graduado contiene 18.0 mL de agua. ¿Cuál es el nuevo nivel de agua, en mililitros, después de sumergir 35.6 g de plata en el agua?

b. Una pecera contiene 35 galones de agua. ¿Cuántas libras de agua hay en la pecera?

c. La masa de un recipiente vacío es de 88.25 g. La masa del recipiente y un líquido con una densidad de 0.758 g/mL es 150.50 g. ¿Cuál es el volumen, en mililitros, del líquido en el recipiente?

d. Una bala de cañón hecha de hierro tiene un volumen de 115 cm³. ¿Cuál es la masa, en kilogramos, de la bala?

1.67 Resuelva los siguientes problemas de densidad relativa:

a. Una muestra de orina tiene una densidad de 1.030 g/mL. ¿Cuál es la densidad relativa de la muestra?

b. Un líquido tiene un volumen de 40.0 mL y una masa de 45.0 g. ¿Cuál es la densidad relativa del líquido?

c. La densidad relativa de un aceite vegetal es 0.85. ¿Cuál es su densidad?

1.68 Resuelva los siguientes problemas de densidad relativa:

a. Una disolución de glucosa tiene una densidad de 1.02 g/mL. ¿Cuál es su densidad relativa?

b. Una botella que contiene 325 g de disolución limpiadora se usa para alfombras. Si la disolución limpiadora tiene una densidad relativa de 0.850, ¿qué volumen, en mililitros, de disolución se utilizó?

c. La mantequilla tiene una densidad relativa de 0.86. ¿Cuál es la masa, en gramos, de 2.15 L de mantequilla?