

## Capítulo 3

# PROPIEDADES Y ESTRUCTURA INTERNA DE LOS CUERPOS



Fig. 3.1 ¿Cómo aprovechar el conocimiento de las propiedades y estructura interna de los cuerpos en beneficio del hombre?

### 3.1 Introducción

**A 3.1** Sintetiza en pocas palabras lo que estudia la física (recuerda lo tratado en el primer capítulo). ¿Qué parte de ello has estudiado hasta ahora?

En el capítulo anterior, examinamos uno de los *cambios* más habituales para los seres humanos: el movimiento mecánico. En este estudiaremos algunos *sistemas* con los cuales nos relacionamos cotidianamente.

**A 3.2** Relaciona diversos sistemas de nuestro entorno cercano, señalando las ciencias que se ocupan del estudio de ellos.

**A 3.3** Menciona aquellos sistemas de nuestro entorno que, en tu opinión, se encuentran entre los más simples. Argumenta tu respuesta.

La física, conjuntamente con la química y ciertas ramas de la tecnología, estudia sistemas simples, pero fundamentales, de nuestro entorno: los cuerpos sólidos, líquidos y gaseosos.

Los cuerpos son porciones de algún material, cierta cantidad de él confinada en el espacio. Como sabes, todos los que nos rodean están constituidos por átomos, los que al agruparse de muy diversos modos originan una enorme variedad de propiedades.

El estudio de los sistemas y, por tanto, también el de los cuerpos, significa profundizar, ante todo, en: a) sus propiedades y b) la estructura interna de ellos. De ahí el título de este capítulo.

**A 3.4** ¿Por qué los cuerpos sólidos, líquidos y gaseosos que nos rodean se consideran sistemas? ¿Por qué podemos afirmar que son sistemas relativamente simples?

**A 3.5** En el texto se afirma que los cuerpos sólidos, líquidos y gaseosos son sistemas “fundamentales”. ¿Cómo interpretas esta afirmación?

**A 3.6** Reflexiona acerca del interés que tiene el estudio de las propiedades de los cuerpos sólidos, líquidos y gaseosos, así como el estudio de la estructura interna de ellos. Ten en cuenta la finalidad y los objetivos de la ciencia considerados en el subepígrafe 1.3.1.

El origen de los seres humanos y el desarrollo de su modo de vida están estrechamente vinculados al conocimiento de las propiedades de los cuerpos, especialmente de los *sólidos*.

Los útiles más antiguos que se han hallado son de *pedra*, fueron fabricados por los antecesores del hombre hace alrededor de 2,5 millones de años. La gran dureza de piedras como el sílex y el pedernal, y su facilidad para ser fragmentadas mediante la talla en láminas cortantes, las hizo particularmente idóneas para la fabricación de instrumentos y armas. Más tarde, además de las piedras, el hombre utilizó el hueso, el marfil y la madera. Unos 8 000 años antes de nuestra era, comenzó a emplear troncos de madera y cerámica a base de arcilla para la construcción de sus viviendas, así como cobre para la decoración y fabricación de utensilios. Hace alrededor de 6 000 años, el empleo del cobre empezó a ser sustituido por el del bronce (aleación de cobre y estaño), y alrededor de 3 000 años, que la tecnología del hierro se hizo predominante. Desde esa época se utilizaba el vidrio para la fabricación de recipientes domésticos y también, junto al oro y la plata, para la ornamentación.

**A 3.7** Menciona los principales materiales empleados por el hombre antes de nuestra era y describe algunas de las propiedades que los hacían útiles.

**A 3.8** Se habla de tres períodos del desarrollo de la humanidad antes de nuestra era: la edad de piedra, la edad del bronce y la edad del hierro. Ubícalos en una línea de tiempo.

**A 3.9** Realiza un estudio (auxiliándote de diccionarios, enciclopedias, revistas, etc.) de algunas de las características y aplicaciones que tienen materiales como: cerámicas, metales, vidrios, plásticos, semiconductores y “composites”.

La canoa más vieja que se conoce data de unos 9 000 años y los primeros barcos de vela de alrededor de 5 000. Desde más de 200 años a.n.e., los griegos construían máquinas de extraer agua para regadío y bombas de pis-

tón para lanzallamas utilizados en las batallas. De esa época es la *ley de Arquímedes* (287-212 a.n.e.) acerca de la fuerza de empuje ejercida por los líquidos sobre todo cuerpo que se sumerge en ellos.

Lo que hemos descrito muestra, que desde épocas muy remotas se tenían conocimientos elementales, pero decisivos, de muchas propiedades de los sólidos y de algunas de los líquidos y gases, en particular del agua y del aire.

Sin embargo, fue cuando la ciencia –en especial la física y la química– profundizó en las *propiedades* de los cuerpos y, sobre todo, en la *estructura interna* de ellos, que la tecnología progresó aceleradamente: se perfeccionó la máquina de vapor y se inventó el motor de combustión interna; se crearon numerosos tipos de plásticos, aleaciones metálicas con propiedades deseadas y materiales para la electrónica; se elaboraron innumerables productos y medicamentos sintéticos; se desarrollaron diversas tecnologías nucleares. Esa profundización ha tenido lugar, fundamentalmente, durante los siglos XIX y XX, y se intensifica cada vez más.

**A 3.10** En el párrafo anterior se mencionan varias creaciones de la tecnología, cuyo desarrollo fue posible gracias a la profundización en el conocimiento de las propiedades y estructura interna de los cuerpos. Cita ejemplos concretos de la repercusión que tienen en la sociedad y en nuestra vida cotidiana.

**A 3.11** Apoyándote en los objetivos esenciales de la ciencia (véase el subepígrafe 1.3.1) y en los aspectos anteriormente debatidos, plantea cuestiones referidas a las propiedades y la estructura interna de los cuerpos en las que, en tu opinión, sería interesante profundizar.

Entre las cuestiones en las que convendría profundizar en esta unidad se encuentran las siguientes:

*¿Cuáles son algunas propiedades generales de los cuerpos, comunes a todos ellos? ¿Cuáles son algunas que distinguen a ciertos grupos de cuerpos entre sí? ¿Cómo se aprovecha el conocimiento de algunas propiedades de los cuerpos en beneficio del hombre? ¿Cómo es la estructura interna de los cuerpos? ¿Qué relación hay entre las propiedades de los cuerpos y la estructura de ellos? ¿En qué época se desarrollaron las principales ideas acerca de la estructura de los cuerpos?*

## **3.2 Propiedades de los cuerpos**

### **3.2.1 Propiedades generales de los cuerpos**

Ciertas propiedades de los cuerpos son *generales*, las poseen todos, independientemente de si son sólidos, líquidos o gaseosos y del material de

que están constituidos (fig. 3.2). Entre ellas se encuentran el *volumen* y la *masa*, con las cuales estás familiarizado.

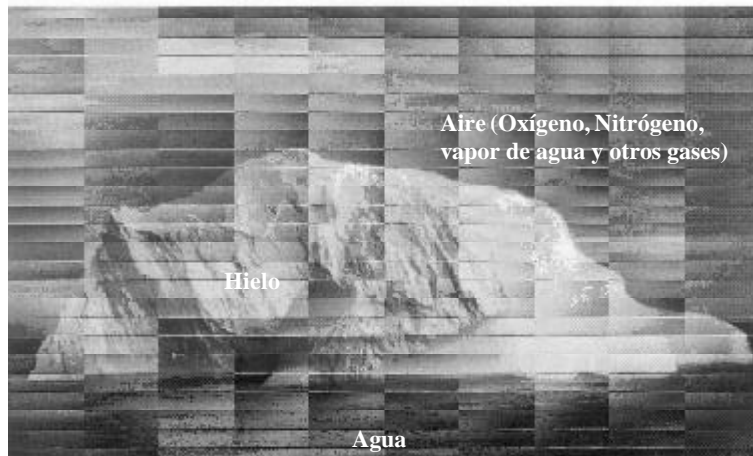


Fig. 3.2 ¿Qué propiedades asemejan y diferencian entre sí: al iceberg, al agua en que está sumergido y al aire que lo rodea?

**A 3.12** Menciona otras propiedades generales de los cuerpos, además del volumen y la masa.

**A 3.13** ¿Por qué, pese a la enorme diversidad de cuerpos que nos rodean, puede decirse que ciertas propiedades revelan la unidad que hay entre ellos?

Seguramente estás convencido de que todos los cuerpos sólidos y líquidos poseen *volumen* y *masa*. Otra cosa es cuando se trata de cuerpos gaseosos. Puesto que son muy ligeros y muchos de ellos, además, invisibles, algunas personas piensan que no tienen volumen ni masa. Para convencerte de que sí poseen determinado volumen, puedes realizar una sencilla experiencia utilizando una mezcla natural de gases, el aire.

Luego de extraer parcialmente el émbolo de una jeringuilla, cierra herméticamente con un dedo el agujero donde se coloca la aguja y, a continuación, intenta introducir de nuevo el émbolo (fig. 3.3). La dificultad para desplazarlo pone de manifiesto que el aire encerrado en la jeringuilla tiene determinado volumen. Dicho volumen puede ser disminuido o aumentado, y hasta medido empleando la escala de la jeringuilla.

Ciertos hechos cotidianos indican que el aire también posee masa. Por ejemplo, para ponerlo en movimiento mediante un abanico se requiere ejercer cierta fuerza. Ello revela que el aire circundante tiene inercia y, por consi-

guiente, masa (véase el subepígrafe 2.3.2 “Inercia y masa”). Pero medirla, resulta algo más difícil, ya que es muy pequeña. Así, la masa de aire encerrado en una jeringuilla es de tan solo unas milésimas de gramo.



Fig. 3.3 Experiencia que pone de manifiesto la existencia de que los gases ocupan un cierto volumen.

Sin embargo, si en una balanza muy sensible equilibramos un balón lleno de aire (fig. 3.4a) y luego dejamos escapar el aire de él, la balanza se desequilibra (fig. 3.4b). La carga que es necesario retirar para equilibrar nuevamente la balanza, nos dice qué masa de aire ha salido del balón.

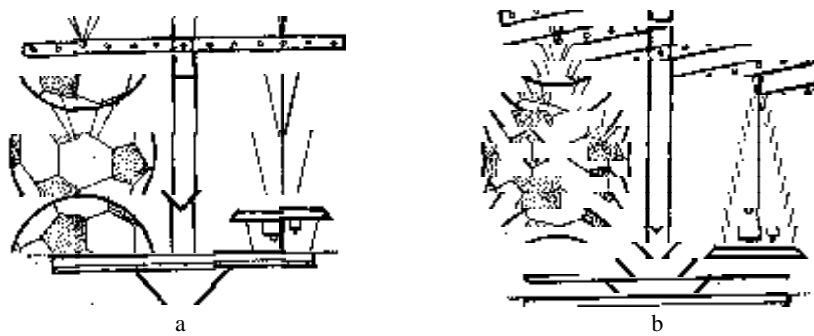


Fig. 3.4 Representación esquemática de la experiencia que pone de manifiesto que los gases tienen masa: a) el balón está lleno de aire, b) se ha dejado escapar el aire del balón.

**A 3.14** Describe situaciones de la vida cotidiana en que se miden el volumen y la masa de cuerpos sólidos y líquidos.

**A 3.15** Describe hechos de la vida cotidiana, diferentes a los del texto, los cuales pongan de manifiesto que los gases tienen volumen y masa.

**A 3.16** Idea un experimento con el objetivo de medir la masa y el volumen de cierta cantidad de aire.

**A 3.17** ¿Crees tú que la densidad sea una propiedad general de todos los cuerpos? Argumenta tu respuesta.

La *densidad* también es una propiedad general de los cuerpos. Caracteriza, como vimos en el primer capítulo, determinada relación entre el volumen y la masa de ellos. Dicha relación depende del material de que está formado el cuerpo y del estado en que se encuentre: sólido, líquido, gaseoso. Así, cada centímetro cúbico de cierta porción de hierro sólido tiene una masa de 7,8 g; cada centímetro cúbico de aluminio sólido, de 2,7 g; de agua líquida, 1 g; etc. Estos son valores de densidad, muchos de ellos aparecen registrados en la tabla 3.1.

**A 3.18** Algunas personas creen que la masa de un litro de cualquier líquido, por ejemplo, de alcohol, agua, aceite, etc., es 1 kg. Argumenta por qué dicha creencia es incorrecta.

**A 3.19** Utilizando la información numérica del párrafo anterior del texto, calcula la masa de: a) un litro de agua, b) el agua de un tanque de forma cúbica que tiene 1 m de arista c) un cuerpo de hierro de 10 cm<sup>3</sup> de volumen.

**A 3.20** ¿Cuántas veces mayor será la masa de un cuerpo de hierro comparada con la de otro de aluminio de igual volumen?

Lo anterior significa que si deseamos, por ejemplo, hallar la masa de 10 cm<sup>3</sup> de hierro, basta multiplicar 7,8 por 10. La relación entre el volumen y la masa de un mismo material es de *proporcionalidad directa*: si el volumen de material es dos, tres, diez veces mayor, etc., su masa también será ese mismo número de veces mayor.

Esta relación entre la masa y el volumen de los cuerpos puede ser expresada mediante la ecuación:

$$m = \rho V$$

donde  $V$  es el volumen del cuerpo,  $m$ , su masa y  $\rho$  (letra del alfabeto griego que se lee “ro”) su densidad.

**A 3.21** Analiza las tablas de valores de densidad y comenta y pregunta aquellas cuestiones que te parezcan de interés.

**A 3.22** Determina las densidades de varios cuerpos, por ejemplo, de una barra de madera y otra de acero. Compara los valores obtenidos con los que aparecen en las tablas. Menciona las principales fuentes de incertidumbre en los resultados.

Tabla 3.1  
**ALGUNAS DENSIDADES**

Entidad	Valores aproximados kg/m <sup>3</sup>	Valores aproximados g/cm <sup>3</sup>
Espacio interestelar	10 <sup>-20</sup>	10 <sup>-23</sup>
Alto vacío en el laboratorio	10 <sup>-17</sup>	10 <sup>-20</sup>
Gases		
Hidrógeno a 20 °C y 1 atm	0,08375	0, 00008375
Oxígeno a 20 °C y 1 atm	0,13318	0, 00013318
Aire a 20 °C y 1 atm	1,21	0,00121
Dióxido de carbono a 20 °C y 1 atm	1,84	0,00184
Aire a 20 °C y 50 atm	60,5	0,0605
Líquidos (a 20 °C)		
Alcohol	790	0,790
Aceite de automóvil	900	0,900
Agua pura	1 000	1,000
Agua de mar	1 024	1,024
Sangre entera	1 060	1,060
Mercurio	13 550	13,55
Sólidos (a 20 °C)		
Hielo	917	0,917
Grafito	2 200	2,200
Aluminio	2 699	2,699
Diamante puro	3 520	3,520
Hierro	7 870	7,87
Cobre	8 960	8,96
Plata	10 490	10,49
Plomo	11 360	11,36
Uranio	19 070	19,07
Oro	19 320	19,32
Otros objetos		
El Sol (promedio)	1 410	1,41
núcleo	160 000	160
La Luna (promedio)	3 340	3,34
La Tierra (promedio)	5 520	5,52
núcleo	9 500	9,50
corteza	2 800	2,80
Estrella enana blanca (núcleo)	1 · 10 <sup>11</sup>	1 · 10 <sup>8</sup>
Núcleo del átomo de Uranio	3 · 10 <sup>17</sup>	3 · 10 <sup>14</sup>
Estrella de neutrones (núcleo)	10 <sup>18</sup>	10 <sup>15</sup>
Agujero negro	10 <sup>19</sup>	10 <sup>16</sup>

**A 3.23** Determina la masa de un cuerpo de material conocido sin utilizar una balanza. Menciona las suposiciones que has tenido que hacer para resolver este problema.

**A 3.24** ¿Qué idea tienes acerca del valor de la masa de aire contenida en el aula? Realiza un cálculo aproximado de dicha masa.

### 3.2.2 Propiedades distintivas de los cuerpos

Los cuerpos pueden diferenciarse entre sí, atendiendo a la magnitud en que se manifiestan sus propiedades generales: volumen, masa, densidad, temperatura, conductividad térmica, conductividad eléctrica, etc. Pero también se diferencian debido a que ciertas propiedades las poseen unos y otros no.

**A 3.25** Argumenta mediante ejemplos concretos las ideas expresadas en el párrafo anterior.

Existen propiedades *distintivas* de determinados grupos de cuerpos: de los sólidos, de los líquidos, de los gases, de los metales, de los cuerpos constituidos por tales o cuales materiales, etc. Por ejemplo, los sólidos poseen forma propia y cierta dureza, mientras que los líquidos y gases no; los metales, a diferencia de otros materiales, son buenos conductores térmicos y de la electricidad; los cuerpos constituidos por los elementos químicos con números atómicos entre el 83 y el 92 son radiactivos, en tanto que los formados por el resto de los elementos no; etc. Forma propia, dureza, conductividad térmica, conductividad eléctrica, radiactividad y otras muchas propiedades, distinguen a ciertos grupos de cuerpos.

A continuación centraremos la atención en el estudio de algunas propiedades que distinguen a tres importantes grupos de cuerpos: sólidos, líquidos y gases.

**A 3.26** Ilustra mediante ejemplos de la vida práctica, la dependencia entre las propiedades y funciones de determinados cuerpos y los materiales de que están constituidos.

**A 3.27** Ejemplifica la presencia de los sólidos, líquidos y gases en la naturaleza, así como la importancia de ellos para la vida del hombre.

El que en la vida diaria clasifiquemos a los cuerpos en sólidos, líquidos y gaseosos, indica que algunas de sus propiedades difieren entre sí. Así, como muestran las tablas, las densidades de los sólidos son semejantes a las de los líquidos, pero se diferencian grandemente de las de los gases. Además, los sólidos y líquidos no modifican su volumen fácilmente, en tanto que los gases sí (fig. 3.5a), por ejemplo, al comprimirlos o variar su temperatura (fig. 3.5b).

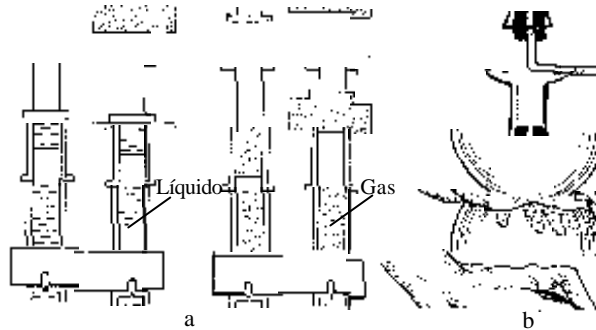


Fig. 3.5 a) Los líquidos no modifican su volumen fácilmente, en tanto que los gases sí, por ejemplo, al comprimirlos. b) El calentamiento producido por la mano dilata el aire en el balón y hace que la gota de agua en el tubo se desplace.

Por su parte, los sólidos tienden a conservar su forma, mientras que las porciones de los líquidos y gases pueden desplazarse unas en relación a otras con gran facilidad. Precisamente, a esto se debe que sea necesario utilizar recipientes para manipularlos, adquieran la forma del recipiente que los contiene, fluyan por tuberías, sus partes se desplacen dejando lugar para los cuerpos que se hunden en ellos. De ahí que a los líquidos y gases se les denomine *fluidos* (fig. 3.6).

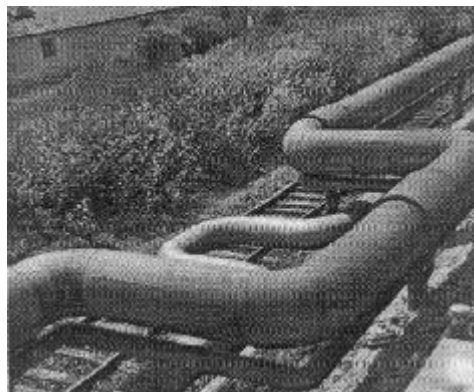


Fig. 3.6 Tuberías para el transporte de sustancias líquidas.

**A 3.28** Diseña y realiza sencillos experimentos a fin de apoyar las siguientes afirmaciones: a) los gases son fáciles de comprimir, mientras que los líquidos no; b) aunque poco, los sólidos varían su volumen durante los cambios de temperatura; c) los líquidos varían su volumen con más facilidad que los sólidos durante los cambios de temperatura y los gases, más fácilmente aún.

Consideremos ahora otra importante característica que distingue a los fluidos de los sólidos. Al aplicar una fuerza sobre un sólido, el área sobre la cual se distribuye, en muchas ocasiones puede no tenerse en cuenta. Por ejemplo, la situación de la figura 3.7a es equivalente a la de la figura 3.7b, pese a que las áreas de contacto entre los cuerpos, y por tanto, las presiones ejercidas sobre ellos, son muy distintas.

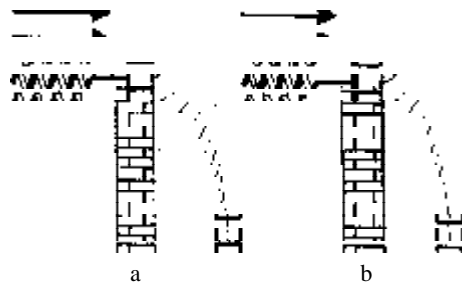


Fig. 3.7 El efecto producido por los resortes es el mismo en a y b pese a que las áreas de contacto entre los cuerpos son muy distintas.

Sin embargo, en el caso de líquidos y gases, el área en que se distribuye la fuerza aplicada resulta siempre de suma importancia, como ya habíamos señalado en el capítulo anterior. Así, en las situaciones a y b de la figura 3.8, la fuerza ejercida por el émbolo sobre el líquido es la misma y, no obstante, el efecto producido es muy distinto. En realidad dicho efecto depende de la *presión*. En los subepígrafos siguientes profundizamos en este concepto.

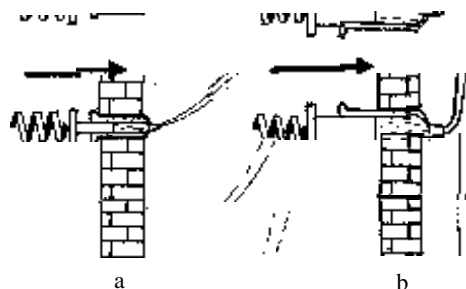


Fig. 3.8 En las situaciones a y b, la fuerza ejercida por el émbolo es la misma; no obstante, el efecto producido es muy distinto.

### 3.2.3 Transmisión de la presión en gases y líquidos

Analicemos una sencilla experiencia con un “globo de Pascal”, denominado así en honor a Blaise Pascal. El dispositivo consiste en un cilindro,

uno de cuyos extremos termina en una esfera (globo) que tiene numerosos orificios (fig. 3.9). Si lo llenamos con líquido o humo y ejercemos presión mediante un émbolo, de los orificios salen chorros en todas direcciones, y no sólo en aquella en que se ha aplicado la presión.

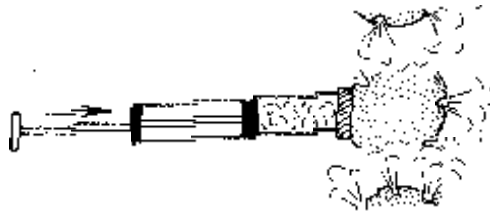


Fig. 3.9 Experimento con el globo de Pascal: Los líquidos y gases transmiten la presión ejercida por ellos en todas direcciones.

Numerosas experiencias confirman que, a diferencia de los sólidos, los líquidos y gases *transmiten la presión ejercida sobre ellos en todas direcciones*.

**A 3.29** Describe algún hecho que ilustre que los cuerpos sólidos habitualmente no transmiten la presión ejercida sobre ellos en diferentes direcciones, sino en la dirección en que se ejerce la fuerza.

Esta propiedad de líquidos y gases es ampliamente utilizada para transmitir presiones, y por tanto, fuerzas, de unos lugares a otros a través de tubos y mangueras, como por ejemplo, en los mecanismos de freno de muchos medios de transporte y en los martillos neumáticos. Independientemente de la trayectoria que sigan los tubos y mangueras, la presión se transmite a través de ellos a los lugares requeridos y en las direcciones deseadas.

**A 3.30** Diseña y construye un sencillo mecanismo para ilustrar cómo transmitir cierta presión de un lugar a otro.

**A 3.31** Al abrir la llave de una hornilla de gas, percibimos la salida de este. ¿Estará presente la ley de Pascal en este hecho? Argumenta tu respuesta.

La propiedad de los líquidos de transmitir la presión en todas direcciones también es aprovechada para velar por nuestra salud. La presión sanguínea se ejerce no sólo en la dirección en que circula la sangre en arterias y venas, sino además, sobre las paredes de estas. En este hecho se apoyan el conteo de las pulsaciones y la medición de la presión arterial (fig. 3.10).

Tal vez más sorprendente aún que la propiedad de los líquidos y gases de transmitir la presión en todas direcciones, sea la capacidad de ellos para



Fig. 3.10 Medición de la presión arterial con un efigmomanómetro.

“amplificar” las fuerzas. Esto se pone de manifiesto en la situación representada en la figura 3.11. Este importante resultado es consecuencia de que pueden transmitir *la presión* aplicada sobre ellos. Los sólidos, en cambio, lo que suelen transmitir es *la fuerza* (fig. 3.12).

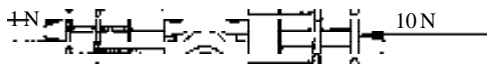


Fig. 3.11 Los líquidos y gases, al transmitir la presión, permiten “amplificar” las fuerzas.

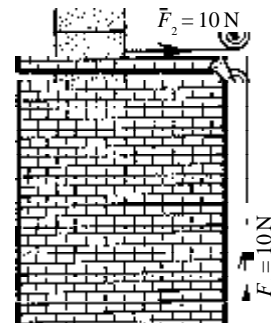


Fig 3.12 La fuerza aplicada a la cuerda se transmite al cuerpo.

En la figura 3.13 se ha representado un experimento que ilustra la propiedad anterior en el caso de los líquidos. Inicialmente, el nivel del líquido es el mismo en el frasco y en los tubos de vidrio (fig. 3.13a). Al insuflar aire a través de la manguera, la presión sobre la superficie del líquido aumenta y su nivel en los tubos se eleva. El líquido asciende por igual en los dos tubos, independientemente del lugar en que se encuentren sus extremos y de la orientación que tengan estos (fig. 3.13b). Esto indica que la presión ejercida se transmite en todas direcciones y *sin alteración*.

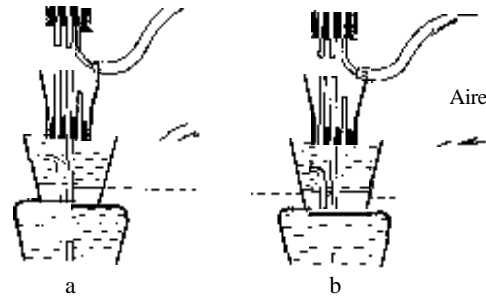


Fig. 3.13 Experimento que evidencia el hecho de que los líquidos transmiten la presión en todas direcciones conservando su valor.

En conclusión, los líquidos y gases transmiten la presión ejercida sobre ellos: a) *en todas direcciones* y b) *sin alteración*. Dicha conclusión se denomina *ley de Pascal*.

Estas propiedades de los líquidos y gases son aprovechadas en mecanismos como el elevador hidráulico, la prensa hidráulica y el freno hidráulico (fig. 3.14), cuyo principio de funcionamiento ha sido ilustrado en la figura 3.11.

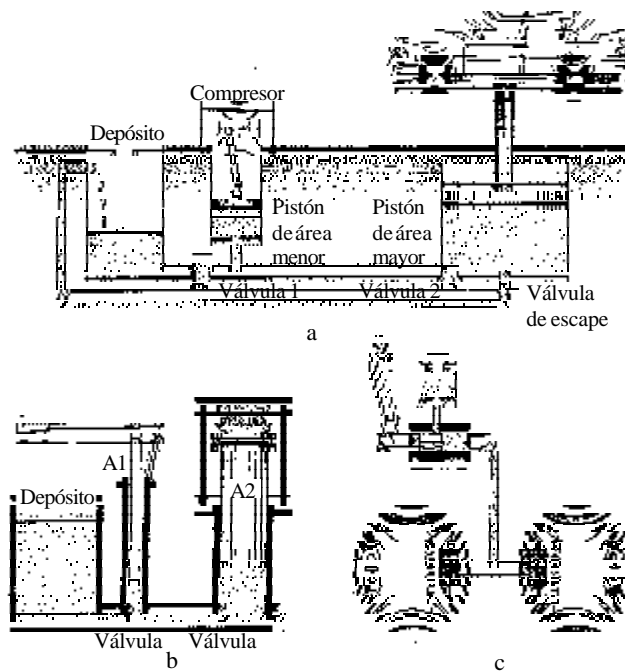


Fig. 3.14 a) Elevador hidráulico. b) Prensa hidráulica. c) Freno hidráulico.

**A 3.32** Supongamos que en la experiencia de la figura 3.11 el área del émbolo mayor es  $1,2 \text{ cm}^2$ , la del menor,  $0,17 \text{ cm}^2$  y la fuerza aplicada a este último de  $1 \text{ N}$ . ¿Cuál es la fuerza que ejerce el líquido o gas sobre el émbolo mayor?

### 3.2.4 Medición de la presión ejercida por gases y líquidos

En el experimento de la figura 3.13 se utilizó la elevación del nivel del líquido como indicador de la presión. En esta idea se basa el funcionamiento del *manómetro de líquido*, instrumento frecuentemente empleado para medir la presión. Consiste, básicamente, en un tubo en forma de U que contiene líquido (fig. 3.15a). Cuando en una de las ramas del manómetro aumenta la presión del aire, se produce una diferencia entre los niveles del líquido en ambas ramas (fig. 3.15b). Esta diferencia será tanto mayor, cuanto mayor sea la presión, y puede ser medida colocando una escala graduada en milímetros detrás del tubo en forma de U. El número de milímetros que separa al nivel del líquido en una rama de su nivel en la otra, constituye una medida de la presión.

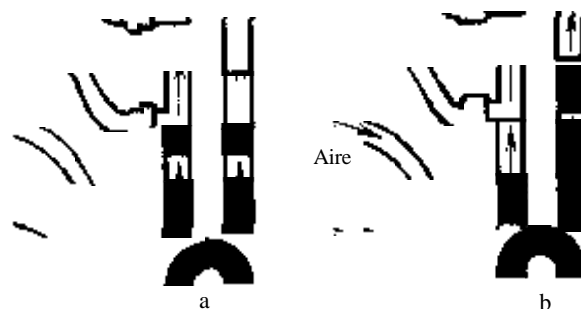


Fig. 3.15 Manómetro.

**A 3.33** Familiarízate con un manómetro de líquido. Sopla aire a través de la manguera de goma conectada a una de sus ramas (suavemente para que el líquido no se derrame) y luego succiona aire. ¿Qué sucede en cada caso con el nivel del líquido en las ramas del manómetro? ¿Cómo se explica esto?

En un manómetro de agua, a cada milímetro de separación entre sus niveles en las ramas corresponde una presión de  $9,8 \text{ Pa}$ . En los manómetros de líquido suele emplearse mercurio en lugar de agua, debido a su elevada densidad (13,6 veces mayor que la del agua). Por eso a veces, la presión se mide en milímetros de mercurio. En un manómetro de mercurio, una separación de un milímetro entre sus niveles en ambas ramas corresponde a una presión de alrededor de  $133,3 \text{ Pa}$ .

**A 3.34** ¿Por qué la elevada densidad del mercurio lo hace muy útil en los manómetros de líquido?

**A 3.35** Comprueba, utilizando la información del párrafo anterior y realizando los cálculos correspondientes, que en un manómetro de mercurio una separación de un milímetro entre sus niveles en ambas ramas corresponde a una presión de alrededor de 133,3 Pa.

**A 3.36** Participa en el diseño e instalación en el aula de un “manómetro gigante” de agua. Utilízalo para medir la máxima presión que puedes ejercer al soplar aire.

Además de los manómetros de líquido, con frecuencia se utilizan los de aguja, varilla y electrónicos.

Especial interés para cuidar de nuestra salud, tiene la medición de la presión arterial. Esto se hace con ayuda de manómetros de mercurio, de aguja, o electrónicos. Al rodear el antebrazo o la muñeca con el brazalete del esfigmómetro (o esfigmomanómetro) e insuflar aire, se eleva la presión ejercida desde el exterior sobre cierta arteria, comprimiéndola. Se sabe que la presión exterior ha compensado a la sanguínea cuando mediante el estetoscopio o el dispositivo electrónico utilizado, dejan de detectarse las pulsaciones. La presión arterial se considera normal si la presión sistólica (máxima) es de 120 milímetros de mercurio y la diastólica (mínima) de 80.

**A 3.37** Expresa en pascal los valores de presión arterial correspondientes a 120 y 80 milímetros de mercurio.

**A 3.38** Precisa los detalles del proceso de medición de la presión arterial.

### **3.2.5 Presión sobre los cuerpos sumergidos en líquidos y gases**

Como se ha señalado, una importantísima propiedad que distingue a los líquidos y gases de los sólidos, es que se desplazan dejando lugar a los cuerpos que se hunden en ellos, envolviéndolos completamente. Esto origina una presión sobre dichos cuerpos.

**A 3.39** ¿De qué factores depende, en tu opinión, la presión ejercida sobre un cuerpo sumergido en un líquido? Argumenta tu respuesta. Diseña y lleva a cabo algún experimento para comprobar tus suposiciones.

Por experiencia propia sabemos que la presión ejercida por un líquido sobre un cuerpo sumergido en él, depende de la profundidad a que se encuentra el cuerpo. Ella también depende de la densidad del líquido y de la intensidad de la gravedad.

**A 3.40** ¿Cómo se explica que sobre un cuerpo sumergido en un líquido a cierta profundidad se ejerza presión desde todas direcciones, y no sólo hacia abajo?

**A 3.41** ¿Dónde será mayor y dónde menor la presión ejercida sobre un cuerpo sumergido en agua a cierta profundidad: a) en la Tierra, b) la Luna, c) Júpiter? Argumenta tu respuesta.

Conoces que nuestro planeta está rodeado por una porción de aire, la atmósfera, que tiene decenas de kilómetros de espesor. Por consiguiente, todos los cuerpos en la superficie de la Tierra, incluidos nosotros mismos, nos encontramos sumergidos a gran profundidad en esta atmósfera. Por eso es de esperar que, de modo similar a lo que ocurre con los líquidos, dicho aire ejerza determinada presión sobre los cuerpos.

**A 3.42** ¿Por qué crees tú que habitualmente no nos percatamos de la existencia de la presión atmosférica?

**A 3.43** Diseña y lleva a cabo algún experimento a fin de apoyar la hipótesis de que la atmósfera ejerce presión sobre los cuerpos sumergidos en ella.

En 1654, Otto Guericke, por medio de una bomba neumática (equipo utilizado para extraer o comprimir aire), extrajo aire de la cavidad que formaban dos hemisferios huecos unidos entre sí, similares a los de la figura 3.16a, pero de mayor diámetro y de bronce. Ocho pares de caballos no pudieron separar los hemisferios (fig. 3.16b). No obstante, cuando se dejó salir el aire, se desunieron libremente. Este experimento pone de manifiesto que la presión atmosférica y la fuerza que ella ocasiona, son relativamente grandes. En la figura 3.16c también se puede apreciar una situación accidental que pone de manifiesto el efecto de la presión atmosférica.

Al nivel del mar, la presión atmosférica promedio o normal es, aproximadamente, 101 300 Pa. Semejante presión equivale a la ejercida sobre una superficie horizontal al situar sobre ella un cuerpo que tiene una masa de algo más de 10 000 kg y un área de apoyo de 1 m<sup>2</sup>. Sus variaciones, alrededor de este valor, pocas veces son mayores del 5 %. Los cambios de tiempo, la dirección e intensidad de los vientos y la formación de los huracanes están relacionados con estas pequeñas variaciones de la presión atmosférica.

**A 3.44** Verifica, realizando los cálculos correspondientes, la afirmación realizada en el texto de que la presión atmosférica cerca de la superficie de la Tierra equivale, aproximadamente, a la ejercida por un cuerpo de 10 000 kg y un área de apoyo de 1 m<sup>2</sup>, al situarlo sobre una superficie horizontal.

**A 3.45** Determina, aproximadamente, la fuerza aplicada sobre nuestro cuerpo por parte de la atmósfera. ¿Por qué dicha fuerza no nos aplasta?

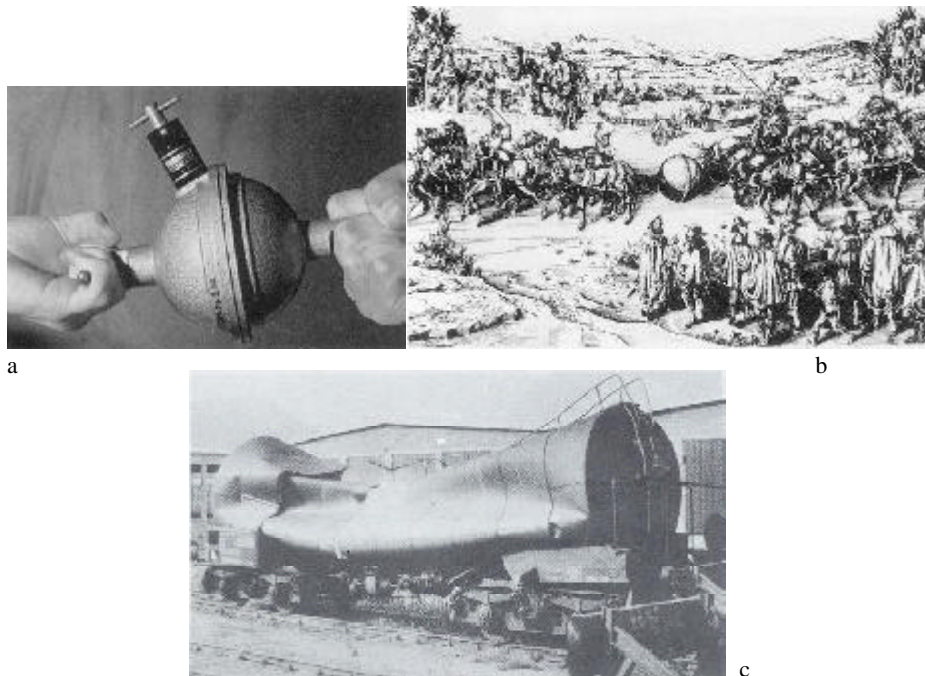


Fig. 3.16 a) Hemisferios para demostrar la existencia de la presión atmosférica. b) Experimento realizado por Otto Guericke para demostrar la existencia de la presión atmosférica. c) La presión atmosférica fue capaz de provocar la destrucción del carro cisterna.

**A 3.46** En meteorología habitualmente se emplea una unidad de medida de la presión que es 100 veces mayor que el pascal (Pa): el hectopascal (hPa). Expresa la presión atmosférica normal a nivel del mar en dicha unidad.

**A 3.47** Con la información suministrada en el párrafo anterior, determina en qué rango de valores suele variar la presión atmosférica.

**A 3.48** Indaga acerca de los valores de la presión atmosférica, por ejemplo, en el vórtice de algún huracán. Compara dichos valores con el valor normal de presión atmosférica.

A medida que aumenta la altura sobre la superficie de la Tierra, la presión atmosférica disminuye, lo cual se ilustra en la gráfica de la figura 3.17a.

**A 3.49** Utilizando la gráfica de la figura 3.17b determina, aproximadamente, cuántas veces menor que al nivel del mar es la presión atmosférica en: a) el Pico Turquino, b) el Pico Everest, c) la altura a que vuelan los aviones de pasajeros.

**A 3.50** ¿Cómo pudiera determinarse la altura de una montaña o de un avión en vuelo, a partir de la medición de la presión atmosférica? Señala las principales fuentes de incertidumbre que tendría semejante procedimiento.

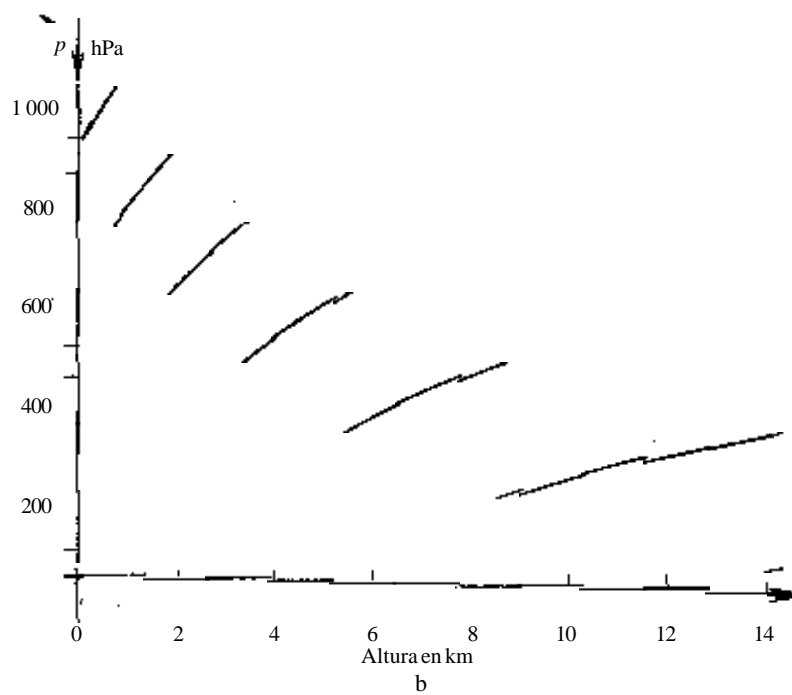
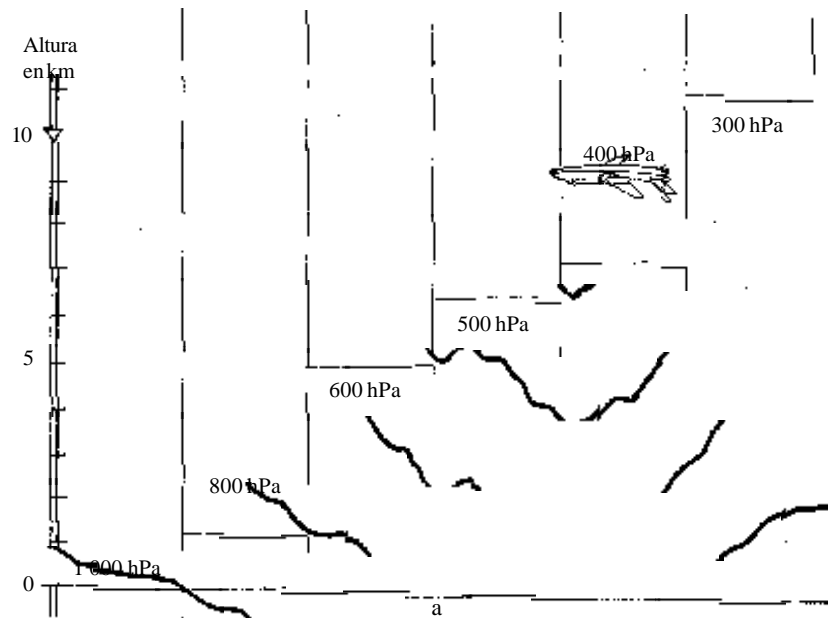


Fig. 3.17 La presión atmosférica disminuye con la altura.

Pese a lo grande que pueda parecer la presión atmosférica en la superficie de la Tierra, ella es pequeña si la comparamos con la ejercida por el agua a cierta profundidad. Así, en el mar, a 1 m de profundidad la presión del agua es alrededor de 10 000 Pa y a 10 m es ya de 100 000 Pa, es decir, aproximadamente igual a la atmosférica, o, como suele decirse, de 1 *atmósfera*. De este modo, una persona sumergida en el mar a 10 m está sometida a una presión de 2 atmósfera, una debida al aire atmosférico y la otra a los 10 metros de agua que tiene encima. A 5 km de profundidad la presión es tan grande que un pedazo de madera se compacta a tal punto, que luego se hunde en el agua como un ladrillo.

**A 3.51** ¿Cuántas veces mayor que la presión atmosférica es: a) la presión a que se someten los inmersionistas de alto rendimiento, b) la presión a las mayores profundidades en el mar?

Evangelista Torricelli (1608-1647) inventó en 1643 el primer instrumento para medir la presión atmosférica, el *barómetro de mercurio*. Este consiste en una especie de tubo de ensayos largo, de poco menos de 1 m de longitud. El tubo se llena de mercurio y, luego de cerrar con un dedo su extremo abierto, se introduce en una vasija que también contiene mercurio. El nivel del mercurio en el tubo cae hasta una altura de unos 76 cm por encima de su nivel en la vasija.

**A 3.52** Explica qué mantiene en el experimento de Torricelli el nivel del mercurio en el tubo a una altura de 76 cm por encima de su nivel en la vasija. ¿Por qué el líquido utilizado fue mercurio? ¿Qué longitud debiera tener un barómetro de agua?

**A 3.53** Vierte un poco de agua en un tubo de ensayos y, luego de cerrar su extremo abierto con un dedo, introdúcelo en el agua de una vasija. Retira el dedo. Observa lo sucedido. Diseña un experimento para apoyar la idea de que es la presión atmosférica la responsable de que el nivel de agua en el tubo quede por encima de su nivel en la vasija.

### 3.2.6 Fuerza de empuje de líquidos y gases

Todos sabemos que para hundir un trozo de “poliespuma” en agua se requiere determinado esfuerzo, y que es más fácil sostener en nuestros brazos a una persona dentro del agua que fuera de ella. Tales hechos indican que los líquidos empujan hacia la superficie con cierta fuerza a los cuerpos total o parcialmente sumergidos en ellos. Dicha fuerza se conoce como *fuerza de empuje*, o de Arquímedes, pues fue este sabio de la antigua Grecia el primero en estudiar los factores de que dependía, hace más de 2 200 años.

**A 3.54** Diseña y lleva a cabo un experimento para, con ayuda de un dinamómetro, medir la fuerza de empuje de un líquido sobre determinado cuerpo.

**A 3.55** Intenta explicar, utilizando el concepto de presión, cómo se origina la fuerza de empuje de los líquidos. ¿De qué factores depende dicha fuerza?

Como conoces, la presión en el interior de un líquido aumenta con la profundidad. Por tanto, sobre un cuerpo sumergido en él, será mayor cerca de su porción inferior que cerca de la superior (fig. 3.18a). El resultado es una fuerza dirigida de abajo hacia arriba, la fuerza de empuje (fig. 3.18b).

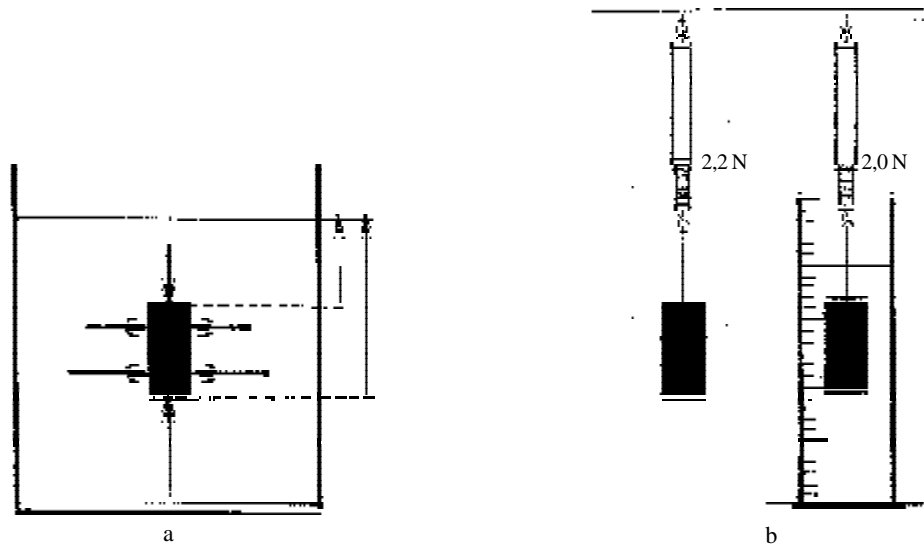


Fig. 3.18 Esquemas que ilustran el origen de la fuerza de empuje.

En un gas, por ejemplo en el aire atmosférico, la presión también depende de la altura, pero como en este caso su variación con la altura es muy pequeña, la fuerza de empuje también lo es. No obstante, la fuerza de empuje de los gases puede hacerse evidente mediante un experimento. Cuando la balanza equilibrada (fig. 3.19a), se coloca dentro de la campana de vacío y se extrae el aire, se desequilibra (fig. 3.19b).

**A 3.56** ¿De qué factores depende la fuerza de empuje de líquidos y gases? Argumenta tu respuesta.

**A 3.57** Argumenta por qué el experimento de la figura 3.19 confirma que el aire que nos rodea ejerce una fuerza de empuje sobre los cuerpos sumergidos en él.

El experimento y los razonamientos llevados a cabo muestran que la fuerza de empuje depende de: el volumen de aquella parte del cuerpo que se ha sumergido, la densidad del líquido o gas y la intensidad de la grave-

dad. No depende de características del cuerpo como su forma o densidad. El volumen sumergido del cuerpo es igual, por supuesto, al del líquido o gas desplazado. Entre este último y la fuerza de empuje existe una relación muy simple, denominada *ley de Arquímedes*:

La fuerza de empuje es numéricamente igual a la fuerza de gravedad que se ejerce sobre la porción de líquido o gas desalojada por el cuerpo.

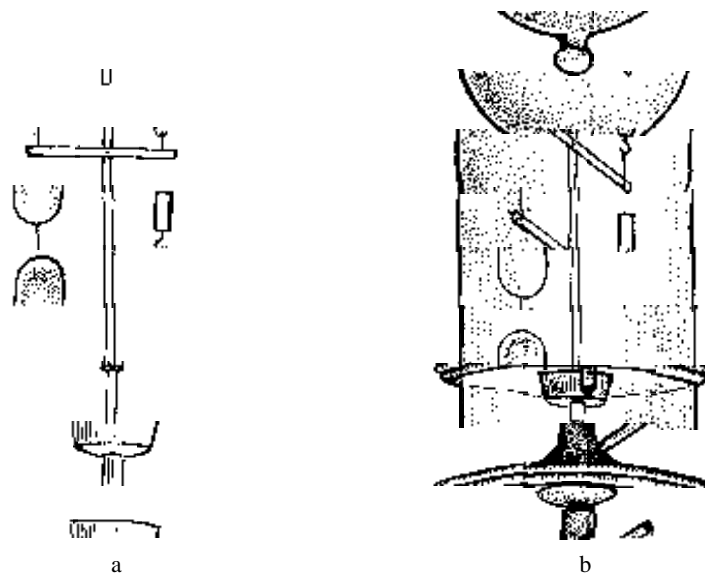


Fig. 3.19 Experimento que demuestra la existencia de la fuerza de empuje ejercida por los gases.

**A 3.58** A partir del experimento de medición de la fuerza de empuje realizado anteriormente, planifica otro experimento para apoyar la conclusión expresada en la ley de Arquímedes.

**A 3.59** Determina la masa de un cuerpo que flota en agua, utilizando solo una probeta en la cual pueda ser introducido.

Gracias a la fuerza de empuje es que los cuerpos sumergidos en líquidos y gases pueden ascender o flotar. Un globo muy ligero, lleno, por ejemplo de hidrógeno o helio, asciende en el aire a causa de la fuerza de empuje ejercida por este.

**A 3.60** ¿Dónde se flota con mayor facilidad, en agua de mar o en agua “dulce”? Explica por qué.

**A 3.61** ¿Por qué una tapa de botella flota en el agua y se hunde en ella si está aplastada?

**A 3.62** ¿Cómo se explica que un pequeño clavo se hunda en el agua, mientras que un barco de gran tonelaje flote?

**A 3.63** Dibuja esquemáticamente las fuerzas de gravedad y de empuje que actúan sobre un barco, a) cuando no tiene carga, b) cuando está cargado.

**A 3.64** Resume las propiedades de los cuerpos estudiadas hasta ahora: a) generales o comunes a todos ellos, b) distintivas de ciertos grupos de cuerpos.

### 3.3 Estructura interna de los cuerpos

El objetivo central de este epígrafe es estudiar la relación que hay entre las propiedades de los cuerpos y la estructura interna de ellos. Por eso, en los primeros subepígrafes, comenzaremos respondiendo la pregunta: *¿Cómo es la estructura interna de los cuerpos?*, planteada ya en la introducción del capítulo. Luego utilizaremos lo aprendido para profundizar en cuestiones como las siguientes: *¿Cómo se relacionan ciertas propiedades de los cuerpos (masa, volumen, temperatura, densidad, dureza, etc.) con la estructura interna de ellos? ¿Por qué las propiedades de un mismo material son distintas en los estados sólido, líquido y gaseoso?*

#### 3.3.1 Átomos y moléculas

Hace cerca de 2 500 años, el sabio griego Demócrito llegó a la conclusión de que todo en la naturaleza está formado por pequeñísimas partículas. Demócrito las llamó *átomos*, que en griego significa “no divisibles” (*a-* significa no o sin y *-tomos* sección o partes). Hasta fines del siglo XIX los átomos se consideraban indivisibles. Sin embargo, como vimos en el primer capítulo, hoy se sabe que son auténticos sistemas, formados por electrones, protones y neutrones, y que es el agrupamiento de estos en distintas proporciones, lo que da lugar a los 92 tipos de átomos encontrados en el universo y a los, hasta ahora, poco más de 20 obtenidos en los laboratorios por breve tiempo. El diámetro de los átomos es, por término medio, 0,000 000 1 mm, es decir, unos 10 millones de veces menor que 1 mm. En la figura 3.20 se muestra una fotografía de los átomos de la superficie de un cristal de tungsteno, tomada utilizando un microscopio muy especial.

**A 3.65** Ilustra mediante ejemplos, el uso de la palabra átomo para designar en el lenguaje cotidiano porciones muy pequeñas de alguna cosa.

**A 3.66** Describe ejemplos que ilustren el desprendimiento de porciones muy pequeñas de los cuerpos.

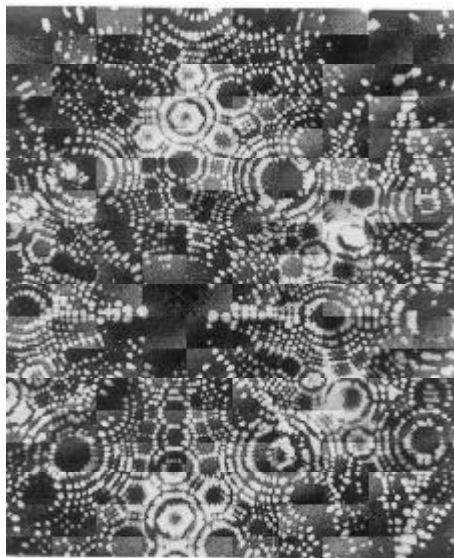


Fig. 3.20 Fotografía de los átomos de la superficie de un cristal de tungsteno.

**A 3.67** Observa lo que se gasta del grafito de un lápiz cada vez que se escribe una palabra con él. ¿Por qué ello da idea acerca de la pequeñez de las partículas que componen el grafito del lápiz?

**A 3.68** Diseña algún experimento, a fin de ilustrar cuán pequeñas pueden ser las partículas que componen los cuerpos.

**A 3.69** ¿Por qué no podemos afirmar que todo en el universo está formado por los 92 tipos de átomos encontrados en la naturaleza?

**A 3.70** Indaga acerca de los elementos químicos obtenidos artificialmente en los últimos tiempos.

Pese a su pequeñez, los átomos tienen una región central o *núcleo* todavía muchísimo más pequeña, en la cual se encuentran los protones y neutrones. El diámetro de este núcleo es unas 100 000 veces menor que el del átomo en su conjunto; los electrones forman como una nube alrededor de él. La masa de los protones y neutrones es, aproximadamente, 1 840 veces mayor que la de los electrones. Debido a esto, prácticamente, toda la masa del átomo está en el núcleo, ella puede ser, en dependencia del elemento químico de que se trate, entre unas 2 000 y 400 000 veces mayor que la del resto del átomo.

**A 3.71** Imagina que todo lo que nos rodea se amplía hasta que los núcleos de los átomos llegan a ser como la marca que deja la punta afilada de un lápiz al tocar ligeramente una hoja de papel ( $\approx 0,1$  mm). ¿Qué tamaño tendrían en ese caso los átomos? ¿Qué tamaño tendrían si los núcleos fuesen como una cabeza de alfiler?

**A 3.72** ¿En tu opinión, en qué se diferencia la idea de átomo que pudieran haber tenido los antiguos griegos, de la que tienes tú?

Entre los protones y electrones se ejercen *fuerzas eléctricas de atracción*. Por eso los electrones se mantienen ligados al núcleo, en el cual se hallan los protones. No obstante, entre los propios protones actúan *fuerzas eléctricas de repulsión*, que crecen al disminuir la distancia entre ellos. ¿Cómo se explica, entonces, que los protones se mantengan cohesionados en los núcleos de los átomos? Resulta que cuando los protones y neutrones se aproximan mucho, a una distancia alrededor de 100 000 veces menor que el tamaño de los átomos, entre ellos surgen fuerzas de atracción de otro tipo, que son más de 100 veces superiores a las fuerzas eléctricas de repulsión. A estas fuerzas se les llama *fuerzas nucleares*, y también *interacciones fuertes*.

**A 3.73** Las fuerzas eléctricas de atracción y de repulsión pueden ponerse de manifiesto mediante una sencilla experiencia. Recorta dos tiras rectangulares de una retrotransparencia, o de una bolsita de polietileno. Colócalas una sobre la otra, encima de una mesa y frótalas repetidas veces con un dedo. A continuación, tómalas por un extremo e intenta separarlas. Ahora sitúa las tiras sobre la mesa, una al lado de la otra y luego de frotarlas, intenta aproximarlas entre sí. Indica en cuál caso la fuerza es como la ejercida entre protones y electrones, y en cuál, como entre los propios protones.

**A 3.74** ¿A qué crees tú que se deba el hecho de que los núcleos de los átomos sean tan pequeños?

**A 3.75** ¿Por qué se les llamará nucleares a las fuerzas de atracción que surgen entre protones y neutrones cuando están muy próximos entre sí?

En los átomos, el número de electrones es igual al de protones. Dicho número varía de un elemento químico a otro. Así, el átomo de hidrógeno, que es el más simple, tiene solo un electrón y un protón, mientras que el de uranio posee 92 de cada uno de ellos. A medida que aumenta el número de protones en los núcleos de los átomos, por lo general, también aumenta el de neutrones. El núcleo de hidrógeno, por ejemplo, habitualmente no tiene ningún neutrón, en cambio el de uranio comúnmente posee 146.

**A 3.76** ¿Por qué crees tú que al aumentar el número de protones en el núcleo, en general, también aumenta el de neutrones?

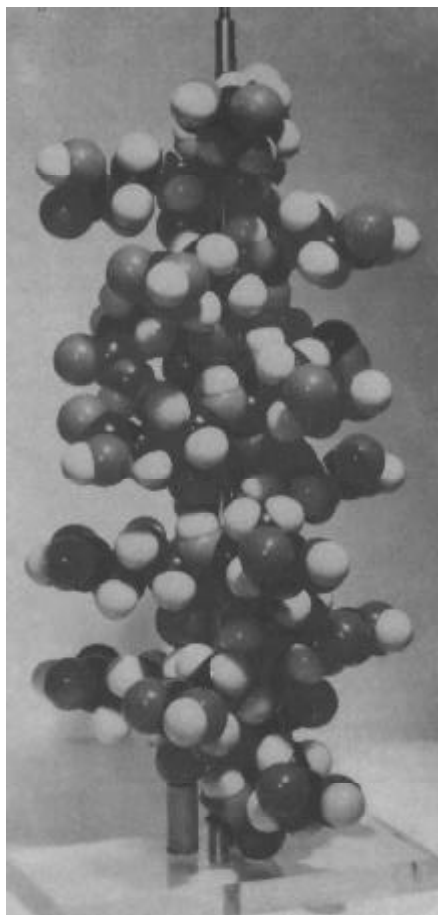
**A 3.77** Calcula, aproximadamente, cuántas veces mayor es la masa de un átomo de Uranio comparada con la de un átomo de Hidrógeno.

Los electrones pueden estar en todo el volumen del átomo que rodea al núcleo, sin embargo, con preferencia se encuentran en ciertas zonas o capas alrededor de él, sucesivamente alejadas y a distancias relativamente grandes.

El número de estas capas aumenta con la cantidad de electrones en el átomo. El hidrógeno y el helio, formados respectivamente por uno y dos electrones, tienen una sola capa, en tanto que el Uranio posee numerosas. El número máximo de electrones asociados a la primera capa es dos y a la capa más externa, ocho. De los electrones de la capa más externa dependen en gran medida, las uniones entre los átomos para formar moléculas y cuerpos sólidos y líquidos y, por consiguiente, muchas de las propiedades de estos.

**A 3.78** Intenta describir, con ayuda de un esquema, la estructura de un átomo.

Las moléculas se diferencian unas de otras por el tipo de átomos que las componen, el número de ellos y la disposición geométrica que forman. Así, la molécula de agua está constituida por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno; la de amoníaco por un átomo de nitrógeno y tres de hidrógeno; la de azúcar por numerosos átomos de carbono, hidrógeno y oxígeno. Existen moléculas mucho más grandes y complejas, como las de proteínas y polímeros, formadas por centenares e incluso miles de átomos (fig. 3.21).



Se comprende, pues, cómo es posible que varias decenas de átomos den lugar a una enorme cantidad de sustancias diferentes. En la actualidad, se reconocen más de cuatro millones de ellas, entre naturales y artificiales. Cada una de las sustancias se identifica por una fórmula química, la cual informa acerca del tipo de átomos que la compone y la proporción de ellos.

Los cuerpos pueden estar formados directamente por agrupaciones de átomos (fig. 3.22), como la mayoría de los constituidos de sustancias “inorgánicas” (metales, sales, en ge-

Fig. 3.21 Modelo de una sección de una molécula de proteína.

neral minerales); o por agrupaciones de moléculas (fig. 3.23), como casi todos los de sustancias “orgánicas” (plásticos, fibras sintéticas, medicamentos, vitaminas, sustancias producidas por los organismos vivos) y los de sustancias que habitualmente encontramos en estado gaseoso (hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, amoníaco, etcétera).

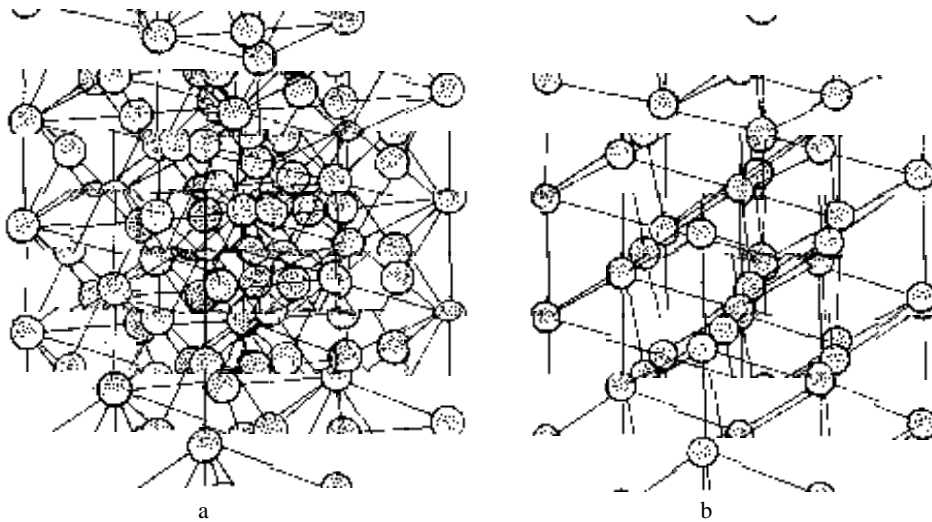


Fig. 3.22 a) Estructura del oro. b) Estructura del uranio.

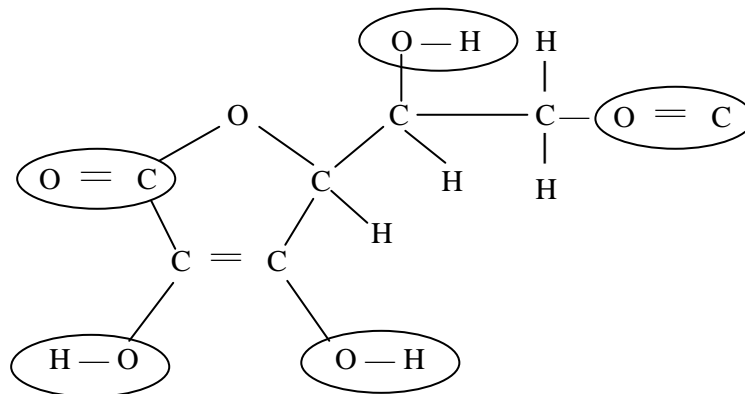


Fig. 3.23 Estructura de la vitamina C.

**A 3.79** Un granito de cloruro de sodio (sal común) está formado directamente por agrupaciones de átomos y no por moléculas de cloruro de sodio. ¿Por qué, entonces, los químicos hablan de la molécula de cloruro de sodio?

**A 3.80** Indaga a qué se denominan sustancias orgánica e inorgánica.

### 3.3.2 Enlaces entre átomos y moléculas

¿Por qué si los cuerpos están formados por partículas, los sólidos y líquidos no se desintegran espontáneamente, e incluso para dividir la mayoría de los sólidos se requieren grandes esfuerzos? La respuesta parece obvia: dichas partículas se “atraen” entre sí. Sin embargo, dicha atracción no se debe a *fuerzas gravitatorias*, pues, como sabes, estas son apreciables solo cuando se trata de cuerpos que tienen masas relativamente grandes. El origen de la cohesión entre las partes de los sólidos y líquidos son los *enlaces entre sus átomos y moléculas*.

**A 3.81** Describe ejemplos de la vida diaria que pongan de manifiesto las fuerzas de atracción ejercidas entre porciones de sólidos, de líquidos, así como entre sólidos y líquidos.

**A 3.82** Argumenta con mayor detalle que en el texto, la afirmación de que la cohesión entre las partes de los sólidos y líquidos no se debe a fuerzas gravitatorias.

**A 3.83** Si dividimos un trozo de tiza, madera o metal en dos partes, luego no podremos volver a unir dichas partes como antes; sin embargo, dos gotas de agua o dos trozos de plastilina pueden unirse fácilmente. ¿Cómo explicarías esto?

Las propiedades de los cuerpos dependen grandemente de estos enlaces. Examinemos algunos casos típicos de ellos.

*En algunas sales*, como por ejemplo en el cloruro de sodio, los átomos de uno de los elementos han cedido electrones a los del otro. Con ello, los de un tipo han quedado electrizados positivamente y los del otro, negativamente. Entre los átomos así electrizados se ejercen intensas fuerzas de atracción (fig. 3.24). Puesto que los átomos electrizados se denominan *iones*, a este tipo de enlace entre ellos se le llama *iónico*.

*En los metales*, los electrones que corresponden a la última capa de los átomos se han separado de ellos y no quedan asociados a ningún átomo en particular, sino a un gran colectivo. Simplificadamente, podemos imaginar que los átomos del metal, electrizados positivamente, se encuentran inmersos en una nube de electrones y que la cohesión del sistema está determinada por la atracción eléctrica entre los átomos y dicha nube. Este tipo de enlace se denomina *metálico*.

En los dos casos anteriores los cuerpos están directamente constituidos por átomos.

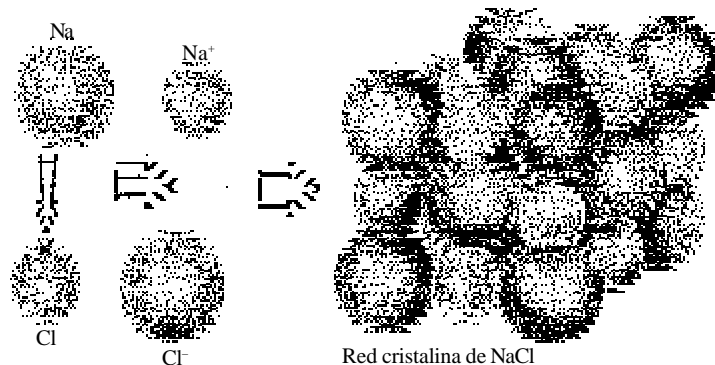


Fig. 3.24 Modelo de la estructura del cloruro de sodio (enlace iónico).

En las moléculas, cada átomo que la integra comparte los electrones de su capa más externa solo con uno o algunos pocos átomos. De este modo pueden formarse agrupaciones constituidas por 2-5 átomos, y también, al repetirse estos enlaces, macromoléculas, cadenas y estructuras de cientos y miles de átomos (fig. 3.21). Este tipo de enlace, mediante el cual se forman las moléculas, se denomina *covalente*.

A su vez, las moléculas pueden agruparse entre sí. El origen de la fuerza de atracción entre ellas se explica, muy simplificada, del modo siguiente. Por diversas causas, es posible que una parte de una molécula se electrifique positivamente y otra parte, negativamente. La parte positiva de una molécula y la negativa de otra se atraen entre sí. Las fuerzas de atracción entre moléculas pequeñas, como las de hidrógeno, cloro, oxígeno y amoníaco, son muy débiles; en cambio, entre moléculas grandes, como las de azúcar y los plásticos, son más intensas.

**A 3.84** Explica, con ayuda de un dibujo esquemático, el origen de la fuerza de atracción entre las moléculas.

Los enlaces entre los átomos (iónico, metálico y covalente) son, en general, mucho más fuertes que entre las moléculas. En particular, la atracción entre los átomos que integran las moléculas es de cien a miles de veces mayor que entre las propias moléculas. A esto se debe que sea mucho más fácil separar una molécula de otra que los átomos que las constituyen. Por ejemplo, al evaporarse el agua, o disolverse el azúcar, las moléculas de estas sustancias no se desintegran en átomos, sino que se comportan como unidades independientes.

**A 3.85** ¿Existirán moléculas de cloruro de sodio cuando se disuelven algunos granitos de sal común en agua? ¿Y cuando se disuelve azúcar en agua?

A 3.86 Resume los tipos de enlace que conoces entre átomos y moléculas.

### 3.3.3 Movimiento constante de los átomos y moléculas

Al mezclar una gota de acuarela con agua, por todo el volumen de esta se distribuyen pequeñísimas partículas de la pintura. Si observamos la mezcla con ayuda de un microscopio, advertiremos que las partículas con dimensiones menores de 0,001 mm se encuentran en constante movimiento desordenado. Algo similar ocurre al observar, también mediante un microscopio, partículas de ese tamaño que forman parte del humo. Tales partículas y el movimiento que realizan se denominan *brownianos*, en honor al botánico británico Robert Brown, quien fue el primero en advertir este sorprendente hecho. En 1827, él observó que diminutas partículas del polen de una flor, suspendidas en agua, se movían de modo permanente y errático. Inicialmente se supuso que dicho movimiento era originado por ciertos microorganismos, no obstante, pronto esta idea fue desechada. Entonces, se supuso que era producido por determinadas corrientes en el líquido, pero esta explicación tampoco se consideró satisfactoria.

A 3.87 En tu opinión, ¿por qué las suposiciones de que el movimiento browniano es originado por ciertos microorganismos o corrientes de líquido, no se consideraron satisfactorias?

Alrededor de 1870 se planteó la hipótesis de que el movimiento de las partículas brownianas era debido a que *los átomos y moléculas están en constante movimiento* y chocan con ellas. Esta hipótesis fue confirmada teórica y experimentalmente por Albert Einstein y otros científicos a principios del siglo xx. La partícula browniana es rodeada por miles de moléculas en movimiento, las cuales la golpean constantemente; sin embargo, el número de moléculas que la golpean cada segundo no es el mismo en todas las direcciones, lo que provoca un movimiento desordenado de la partícula.

A 3.88 Explica con tus palabras, ayudándote de un esquema, la causa del movimiento constante y desordenado de las partículas brownianas.

Gracias al movimiento constante de los átomos y moléculas, las sustancias pueden mezclarse entre sí *espontáneamente*. Este hecho se denomina *difusión*.

Es posible ilustrar la difusión mediante el siguiente experimento. Se vierte en un vaso, hasta su mitad, una disolución coloreada de agua con azúcar. Luego se añade agua clara, con sumo cuidado para que los líquidos

no se mezclen. Al principio, entre la solución coloreada y el agua se observa una nítida línea de separación (fig. 3.25a), pero ella va desapareciendo en el transcurso de los días. Poco a poco, el agua clara desciende y la solución coloreada asciende, pese incluso a la acción de la gravedad. Al cabo de unas dos semanas las disoluciones ya no pueden distinguirse una de la otra: en el vaso se observa una única solución (fig. 3.25b).

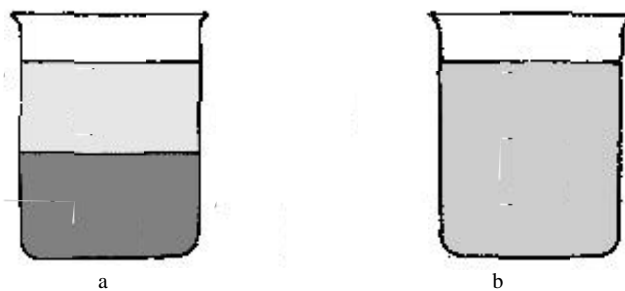


Fig. 3.25 Difusión.

**A 3.89** Una disolución de agua con azúcar tiene mayor densidad que el agua. ¿Cómo se explica, entonces, que en el experimento descrito en la figura 3.25, el agua con azúcar ascienda?

**A 3.90** Coloca una cucharadita de azúcar en el fondo de un vaso y luego añade agua con cuidado, tratando que no se mezcle con el azúcar. Coloca el vaso en algún lugar sin moverse. Explica lo que sucede al cabo de varias horas. ¿Llegarán moléculas de azúcar hasta la superficie del agua? ¿Cómo pudieras comprobarlo?

La difusión puede ocurrir entre líquidos, gases y sólidos, y también entre estos. Ella tiene excepcional importancia en el mundo que nos rodea y para los organismos vivos. Así, como sabes, cerca de la superficie de la Tierra la atmósfera es una mezcla de nitrógeno, oxígeno, dióxido de carbono y otros gases, pero si no fuera por la difusión, dichos gases estarían distribuidos en zonas situadas a diferentes alturas, de acuerdo con su mayor o menor densidad. En la zona inferior, donde nos encontramos, estaría el gas más denso, el dióxido de carbono, con lo cual sería imposible la respiración. Por otra parte, cuando respiramos, el intercambio de oxígeno y de dióxido de carbono en nuestros pulmones se realiza por difusión a través de infinidad de vasos capilares. Sin la difusión, los gases no se disolverían en los líquidos y, en consecuencia, los peces no podrían respirar; sería imposible la elaboración de dispositivos semiconductores y, por tanto, no conta-

ríamos con muchos de los equipos electrónicos que hoy utilizamos; etc. En resumen, sin el movimiento constante de los átomos y moléculas, y la difusión que él origina, el mundo sería muy diferente.

**A 3.91** Esclarece en detalle la afirmación del texto acerca de que sin la difusión los peces no podrían respirar.

**A 3.92** Indaga acerca de otros hechos que pongan de manifiesto la importancia de la difusión para la existencia de los seres vivos.

La experiencia muestra que cuando la temperatura es más elevada, la mezcla de dos sustancias ocurre con mayor rapidez. Así, la sal o el azúcar se disuelven más rápidamente en agua caliente que fría; para la difusión de ciertos átomos en los materiales semiconductores se emplean hornos a elevadas temperaturas. Estos y otros muchos hechos indican que la temperatura de los cuerpos y la velocidad del movimiento de sus átomos y moléculas se relacionan estrechamente. Es por eso que a dicho movimiento se le llama movimiento *térmico*. Al descender la temperatura, disminuye el movimiento térmico; sin embargo, él no cesa ni aún a las temperaturas más bajas.

**A 3.93** Diseña y lleva a cabo algún experimento, el cual apoye la idea de que el movimiento de los átomos y moléculas que forman los cuerpos está relacionado con la temperatura de estos.

### **3.3.4 Relación entre las propiedades de los cuerpos y su estructura interna**

Esta relación se pone de manifiesto ya en los propios átomos: sus propiedades dependen de la cantidad de protones, neutrones y electrones que los integran y, especialmente, del número de electrones asociados a su capa más externa. Veamos algunos ejemplos.

Los átomos cuyos núcleos poseen un número muy elevado de protones, como el de Uranio, se desintegran con relativa facilidad, emitiendo partículas y radiaciones, y dando lugar a otros elementos químicos, son *radiactivos*.

**A 3.94** Indaga acerca de la radiactividad y sus aplicaciones.

Los elementos *metálicos* tienen menos de 4 electrones asociados a la última capa, los *no metálicos*, más de 4; los *semiconductores*, 4 y los *inertes*, 2 u 8. A su vez, dentro de cada uno de estos grupos las diferencias entre las propiedades de los elementos también dependen de ciertas cantidades, por ejemplo, del número total de electrones en el átomo y del número de electrones asociados a la última capa.

**A 3.95** Ejemplifica algunas de las propiedades más notables de cada uno de los cuatro grupos de elementos mencionados en el párrafo anterior.

**A 3.96** Ilustra, mediante ejemplos concretos, la dependencia entre el tipo y número de átomos que forman las moléculas y las propiedades de estas.

El grado en que se manifiestan las propiedades generales de los cuerpos también depende de la estructura interna de ellos.

Así, por ejemplo, la conexión de la masa de los cuerpos con la estructura interna de ellos parece obvia: al crecer el número de átomos o moléculas que los integran, aumenta su masa.

La temperatura se relaciona estrechamente con la estructura de los cuerpos –tanto si son celestes como terrestres– e incluso con la estructura del universo como un todo. En particular, como vimos en el epígrafe anterior, la temperatura de los cuerpos está asociada al movimiento desordenado de los átomos y moléculas que los constituyen.

**A 3.97** Ilustra mediante ejemplos concretos la relación que hay entre temperatura y estructura de los cuerpos.

Consideremos ahora la conexión que hay entre las propiedades de los diferentes estados de agregación de los cuerpos y la estructura interna de ellos.

Señalemos, ante todo, que el estado de agregación en que se encuentra un cuerpo depende de la combinación de dos aspectos esenciales de su estructura interna: la atracción entre sus átomos y moléculas, y la velocidad del movimiento térmico de estos. Sin atracción, los átomos y moléculas no podrían cohesionarse para formar líquidos y sólidos. A su vez, la permanente agitación térmica impide que ellos se reúnan en un todo compacto.

**A 3.98** Ejemplifica los estados de agregación en que suelen encontrarse a una misma temperatura ambiente, los metales, las sales y las sustancias formadas por moléculas pequeñas. ¿Cómo se explican, desde el punto de vista de la estructura de los cuerpos, los diferentes estados de agregación en que se encuentran los grupos mencionados?

**A 3.99** El aire que nos rodea está formado por una mezcla de moléculas de diversas sustancias. El azúcar y los plásticos también son sustancias moleculares. ¿Cómo explicarías el hecho de que, a una misma temperatura ambiente, el primero sea gaseoso y los segundos, sólidos?

En los gases, debido a los continuos choques entre sí, los átomos o moléculas se mueven desordenadamente. Entre un choque y otro, el movimiento puede considerarse rectilíneo y con valor de velocidad constante. Aunque el valor de la velocidad puede variar de un choque a otro y de unas a otras partículas, para muchas de ellas es similar. Así, a unos 27 °C, la

mayoría de las moléculas del hidrógeno del aire que nos rodea tiene una velocidad próxima a 1,6 km/s. Las moléculas que poseen mayor masa se mueven con menor velocidad, por ejemplo, la mayoría de las moléculas del oxígeno del aire lo hacen con velocidades cercanas a 0,4 km/s. Son precisamente los continuos choques de un colosal número de moléculas moviéndose a esas grandes velocidades, los que originan la presión de los gases.

**A 3.100** Expresa en kilómetros sobre hora (km/h) la velocidad de la mayoría de las moléculas de hidrógeno y oxígeno del aire que nos rodea. ¿Qué tiempo demorarían dichas moléculas en recorrer la isla de Cuba de un extremo a otro, si se movieran sin chocar?

**A 3.101** Teniendo en cuenta que la presión ejercida por los gases está determinada por los choques de sus partículas, intenta establecer los factores de los cuales depende dicha presión. Describe ejemplos de la vida diaria que apoyen tus ideas.

A temperatura y presión normales, las separaciones entre las moléculas de los gases son, como promedio, unas 10 veces mayores que sus dimensiones. Y las distancias que pueden recorrer sin chocar, igualmente como promedio, alrededor de 10 veces mayores que estas separaciones. Sin embargo, a medida que desciende la temperatura del gas, disminuyen las velocidades de sus moléculas o átomos, así como las distancias que los separan. A cierta temperatura (temperatura de ebullición), pueden comenzar a enlazarse y a agruparse, para dar lugar a un líquido. En estos, los átomos o moléculas están muy próximos entre sí y no pueden moverse libremente como en los gases, por eso se limitan a vibrar y a desplazarse de vez en cuando de un lugar a otro. Si la temperatura sigue descendiendo, las velocidades de los átomos o moléculas continúan disminuyendo y, a determinada temperatura (temperatura de fusión), el líquido pasa a sólido. Las separaciones entre los átomos o moléculas de los sólidos son similares a las de los líquidos, pero los enlaces entre ellos son más fuertes, debido a lo cual vibran y solo muy raras veces se trasladan de un lugar a otro.

**A 3.102** Utilizando monedas de 5 centavos para representar a las moléculas o átomos, describe la disposición de ellos en los gases y las distancias que, en promedio, recorren sin chocar. Describe también la disposición que tienen en los líquidos y sólidos.

**A 3.103** ¿Cómo pueden obtenerse oxígeno y nitrógeno líquidos a partir del aire que nos rodea?

Las separaciones entre los átomos o moléculas son mucho mayores en los gases que en los líquidos y sólidos. Esto explica por qué los primeros pueden comprimirse con facilidad, en tanto que los segundos no. Ello también permite comprender la enorme diferencia que hay, como muestran las

tablas, entre las densidades de los gases y las densidades de los líquidos y sólidos.

**A 3.104** Teniendo en cuenta la estructura de los cuerpos, ¿qué otro procedimiento, además de la disminución de temperatura, pudiera emplearse para hacer pasar a los gases al estado líquido?

**A 3.105** Calcula, aproximadamente, cuántas veces mayor es la densidad del agua que la del vapor de agua. ¿Cómo se explica esa diferencia de densidades desde el punto de vista de la estructura de los cuerpos?

**A 3.106** ¿Cuántas veces mayor es la densidad del oxígeno que la del hidrógeno? ¿Cómo se relaciona esa diferencia de densidades con la estructura interna?

**A 3.107** Menciona los elementos de la estructura interna de los cuerpos que determinan la densidad de ellos.

En la mayoría de los sólidos, los átomos o moléculas se disponen ordenadamente según determinadas estructuras geométricas que se repiten. Las formas regulares que poseen las pequeñas partículas de los sólidos cristalinos (por ejemplo, los granitos de sal común y de azúcar), constituyen un reflejo de esa disposición ordenada interior.

Sin embargo, las estructuras geométricas internas, adoptadas por los átomos o moléculas, determinan no solo la forma de los cristales, sino también otras propiedades. Un ejemplo notable de ello son el diamante y el grafito. Ambos están formados por átomos de carbono; no obstante, el diamante es una de las sustancias más duras que se conocen y el grafito es blando; el diamante no conduce la electricidad y el grafito sí. Esas diferencias se deben a las distintas estructuras que forman sus átomos. Tanto en el

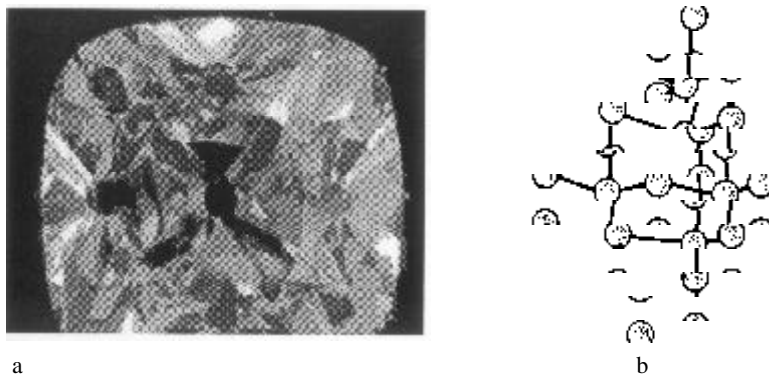


Fig 3.26 a) Diamante tallado. b) Estructura del diamante.

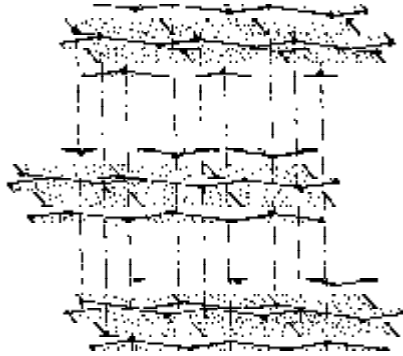


Fig. 3.27 Estructura del grafito.

diamante (fig. 3.26) como en el grafito (fig. 3.27), cada átomo de carbono está enlazado con otros cuatro, sin embargo, mientras que en el diamante las distancias entre los átomos y la fortaleza de sus enlaces son iguales, en el grafito no. En este, los átomos se distribuyen en capas (fig. 3.27), de tal modo que cada uno se enlaza fuertemente con otros tres de la misma capa, pero débilmente con un cuarto átomo situado en una capa vecina, a una distancia mucho mayor. Como resultado de esto, las capas quedan débilmente cohesionadas entre sí.

**A 3.108** Haz un listado de las propiedades de los cuerpos que en el presente epígrafe han sido relacionadas con la estructura interna. Describe resumidamente en qué consiste dicha relación.

### 3.4 Actividades de sistematización y consolidación

1. Confecciona un listado de los conceptos e ideas esenciales estudiados en este capítulo.
2. Elabora un esquema o cuadro sinóptico que refleje las relaciones entre los conceptos e ideas esenciales estudiados en el capítulo.
3. Responde, resumidamente, las preguntas planteadas en la introducción. ¿En cuáles sería de interés profundizar? Plantea nuevas cuestiones que sería interesante estudiar.
4. Se supone que los antecesores del hombre empleaban ciertos útiles hace más de 2,5 millones de años. ¿Cuáles crees tú que sean las razones de que tales útiles no hayan sido encontrados?
5. ¿Por qué ha sido –y es– tan importante profundizar en la estructura interna de los cuerpos. Menciona ramas de la ciencia y la tecnología que se ocupen de ello.

6. ¿De qué factores depende la densidad de un cuerpo, de su tamaño, de su forma, etcétera?
7. Imagina que dos cubos, uno de aluminio y otro de plomo, tienen una masa de 1 kg cada uno. a) Representa mediante un dibujo los dos cubos, uno al lado del otro. b) ¿Cuál de los dos cubos pesará más?
8. Se desea conocer la masa de agua contenida en una pecera, pero no se dispone de una balanza. ¿Cómo pudieras proceder?
9. Diseña un experimento para determinar, aproximadamente, la presión atmosférica, utilizando un dardo terminado en ventosa, un dinamómetro y una regla graduada.
10. Teniendo en cuenta la existencia de la presión atmosférica y utilizando la ley de Pascal, intenta explicar los siguientes hechos:
  - a) Se introduce una jeringuilla, por el extremo donde se coloca la aguja, en el agua de una vasija. Al extraer poco a poco el émbolo, el agua penetra tras él.
  - b) Se introduce un absorbente en un vaso con refresco y se “aspira”. El agua asciende por el absorbente.
11. Explica el funcionamiento de: a) el gotero, b) nuestros pulmones, c) la cafetera “tipo italiana”.
12. Indaga acerca del funcionamiento de los barómetros utilizados actualmente.
13. Tapa la boca de un vaso lleno de agua con un pedazo de cartulina y sujetándola con la mano, invierte el vaso. A continuación suelta la cartulina. ¿Cómo explicas el hecho de que el agua no caiga?
14. ¿Cómo es el valor de la fuerza de gravedad en comparación con el de la fuerza de empuje del aire en el caso de los cuerpos siguientes: a) el libro de Física, b) un globo lleno de aire, c) un globo que asciende en el aire?
15. Los cuerpos menos densos que un líquido o gas flotan en él y los más densos se hunden. Teniendo en cuenta lo anterior, responde las siguientes cuestiones:
  - a) ¿Según tu “experiencia culinaria”, qué tendrá mayor densidad, el aceite de girasol o el agua? Contrasta tu respuesta con los valores de densidad reportados en una tabla.
  - b) Un cubito de hielo flota en agua, pero se hunde en aceite de girasol. De acuerdo con esto, ¿cuál debe ser la densidad aproximada del hielo? Contrasta tu respuesta con el valor reportado en una tabla de densidades.

- c) Utiliza una tabla de densidades a fin de recomendar con qué gases pudiera ser llenado un globo aerostático para que ascienda en la atmósfera. Ciertos globos aerostáticos utilizaban aire y, sin embargo, se elevaban, ¿Cómo se lograba esto?
16. La masa de los átomos de zinc es algo mayor que la de los átomos de cobre; sin embargo, su densidad es menor. ¿Cómo explicarías esto desde el punto de vista de la estructura de estas sustancias?
  17. El aire es una mezcla de gases, ¿qué factores determinan su densidad?
  18. ¿Por qué dos trozos de parafina no se adhieren entre sí, pero si se funden sus bordes, entonces pueden unirse fuertemente?
  19. ¿Por qué la difusión transcurre con mucha mayor rapidez entre los gases que entre los líquidos? ¿Por qué con mucha mayor rapidez entre los líquidos que entre los sólidos?
  20. ¿Cómo pudiera explicarse desde el punto de vista de la estructura interna, la dilatación de los cuerpos al calentarse?
  21. ¿Cómo se explica, desde el punto de vista de la estructura de los cuerpos, el secado de la ropa mojada que se tiende al aire libre?
  22. ¿Podemos afirmar que cuando el agua hierve y pasa a vapor continúa siendo agua? ¿Es el vapor de agua una mezcla de oxígeno e hidrógeno? Representa las moléculas de agua en los estados líquido y gaseoso.
  23. Imagina que pudieran verse las partículas de una sustancia simple y de otra compuesta. ¿Cómo las representarías mediante un dibujo? ¿Cómo se explica que el número de sustancias simples sea muy pequeño en comparación con el de las compuestas y el de todos los materiales conocidos?
  24. En tu opinión, ¿qué vínculo hay entre los conceptos de sustancia y material? Intenta reflejar en un esquema la relación que existe entre los conceptos de sustancia simple, sustancia compuesta, mezcla y materiales.
  25. ¿Por qué crees tú que a los sólidos, líquidos y gases, usualmente se les denomina “estados de agregación de la sustancia”? ¿Son estos los únicos estados en que puede encontrarse la materia en el universo?
  26. Describe los principales grupos en que pueden clasificarse los elementos químicos. ¿Qué relación hay entre estos grupos y la estructura de los átomos? ¿Cómo se relacionan dichos grupos con los diferentes tipos de enlaces entre los átomos?
  27. Menciona los tipos de fuerzas que has estudiado hasta ahora en el curso de Física e indica ejemplos de sistemas para los cuales resultan esenciales.