



A.24. Explicad por qué la definición operativa de la densidad de un material ha de ser la anterior y no: a) $d = V/m$; b) $d = m.V$; c) $d = m + V$. Pensad, para ello, si dichas expresiones pueden estar de acuerdo con nuestra idea intuitiva de densidad.

Como habréis visto, las anteriores expresiones no corresponderían a nuestra idea intuitiva de densidad. Así, por ejemplo, en el caso a), entre dos objetos de igual volumen, sería más denso el que tuviera menor masa. En los casos b) y c), sería más denso un objeto de igual masa, pero de mayor volumen que otro. La expresión m/V , en cambio, sí corresponde con la idea intuitiva que tenemos de densidad. Dicha magnitud fue inventada hace más de doscientos años y su utilidad ha sido puesta a prueba en numerosos trabajos científicos.

Tabla de densidades de materiales a presión normal (1 atm)

MATERIAL	TEMPERATURA (°C)	DENSIDAD (kg/m ³)	DENSIDAD (g/cm ³)	
Aluminio	20	2.700	2'7	SÓLIDOS
Oro	20	19.300	19'3	
Cobre	20	8.500	8'5	
Vidrio	20	2.600	2'6	
Granito	20	2.700	2'7	
Hierro	20	7.700	7'7	
Plomo	20	11.300	11'3	
Hielo	0	917	0'917	
Agua	4	1.000	1	LÍQUIDOS
Aceite	20	930	0'93	
Sangre	37	1.050	1'05	
Etanol (alcohol etílico)	20	791	0'791	
Glicerina	0	1.260	1'26	
Mercurio	0	13.600	13'6	
Agua de mar	15	1.025	1'025	
Aire	0	1'30	0'0013	GASES
Aire	20	1'20	0'0012	
Dióxido de carbono	0	1'98	0'00198	
Helio	0	0'178	0'000178	
Hidrógeno	0	0'0899	0'0000899	
Oxígeno	0	1'43	0'00143	
Agua (vapor)	100	0'596	0'000596	

Una cuestión que resulta necesario tratar es la de si la densidad, tal y como ha sido definida, depende del tamaño del trozo de material escogido o, por el contrario, es una propiedad realmente característica que toma un valor determinado para cada material, independientemente de lo grande que sea el trozo considerado.



A.25. Indicad vuestra opinión respecto a si la densidad de una sustancia será la misma cuando tomamos distintas cantidades. Diseñad —y llevad a cabo— una experiencia para comprobarlo.

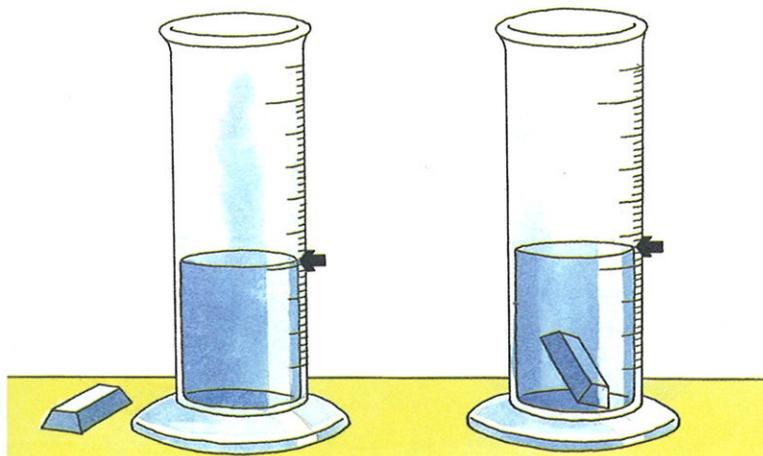
A.25.1. Unos alumnos han medido la masa y el volumen de distintas cantidades de aceite de oliva para comprobar si la densidad es independiente de la cantidad tomada. Han hecho lo mismo con distintos trozos de aluminio. Los datos están recogidos en las tablas. Analizad los resultados.

Un determinado aceite de oliva a 20° C

m (g)	4'6	9'2	11'5	15'0	18'4
V (cm ³)	5'0	10'0	12'5	16'3	20'0

Aluminio a 20° C

m (g)	1'9	3'5	5'4	13'5	21'6
V (cm ³)	0'7	1'3	2'0	5'0	8'0



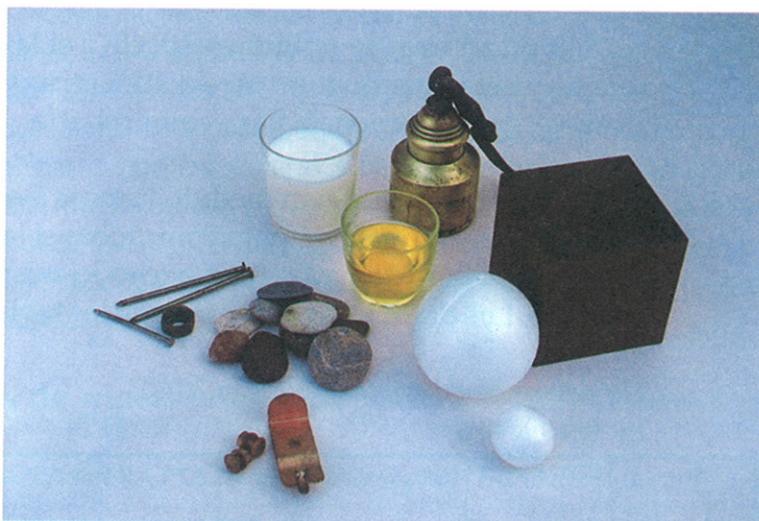
E.6. ¿Qué queremos decir al afirmar que el plomo es más denso que el aluminio?, ¿y que el mercurio es aproximadamente 13'6 veces más denso que el agua?



A.26. Clasificad, sin hacer medidas, de menor a mayor densidad, los materiales que se suministran en la clase. Después, calculad o buscad en tablas el valor de la misma, con el fin de confirmar el orden asignado inicialmente.



E.7. Haced una estimación acerca de cuántos kilogramos de aire hay en la clase y, a continuación, realizad un cálculo aproximado. (La densidad del aire a 20°C es 1'20 kg/m³)

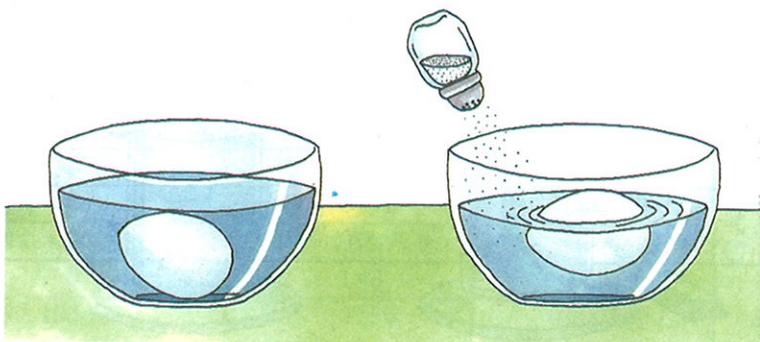


A.26.1. Como sabemos, los objetos menos densos que un líquido flotan en él y los más densos se hunden (si están totalmente rodeados de líquido). Un cubito de hielo se hunde en alcohol etílico y en aceite¹⁵ de oliva, y flota en agua. Estimad su densidad.

¹⁵ Algunas personas confunden *densidad* con *viscosidad*. El aceite de oliva, por ejemplo, es mucho más viscoso que el agua, pero menos denso: flota en ella.



E.8. Utilizando la tabla de densidades, pero no la balanza, determinad la masa de un cubo de aluminio de 4 cm de arista.





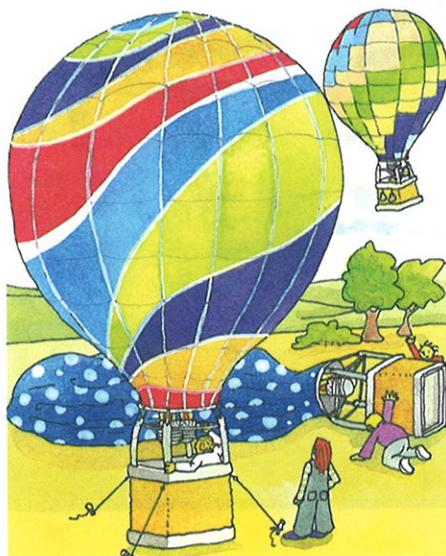
A.27. Leed atentamente el siguiente texto, y responded, al final, a las preguntas que se plantean:

La inmensa mayoría de las sustancias disminuye su densidad al aumentar la temperatura, pues, al dilatarse, aumenta su volumen, mientras que su masa permanece constante. Análogamente, cuando una sustancia sólida, como el aluminio o el hierro, se funde, también disminuye su densidad. Así, la densidad del aluminio y del hierro a 20 °C es 2.700 y 7.880 kg/m³, respectivamente; y cuando están fundidos pasan a valer 2315 kg/m³ (aluminio a 900 °C) y 7.230 kg/m³ (hierro a 1.530 °C). En cambio, el agua tiene un comportamiento extraordinario. ¡El agua sólida (hielo) es menos densa que el agua líquida! El hielo a 0 °C tiene una densidad de 917 kg/m³. La siguiente tabla indica la densidad del agua líquida a distintas temperaturas:

t (°C)	0	1	2	3	4	5	6	7	10	20
densidad (kg/m ³)	999'87	999'93	999'97	999'99	1.000'00	999'99	999'97	999'93	999'73	998'23

- a) ¿Qué ocurriría en la Naturaleza si el hielo fuera más denso que el agua?
b) Cuando llueve a 10 °C de temperatura, el agua líquida llena completamente las grietas y cavidades de las rocas. Por la noche disminuye la temperatura y el agua se hiela. ¿Qué efecto tendrá esto en las cavidades llenas de agua? ¿Alguna vez te ha ocurrido en casa algo parecido?

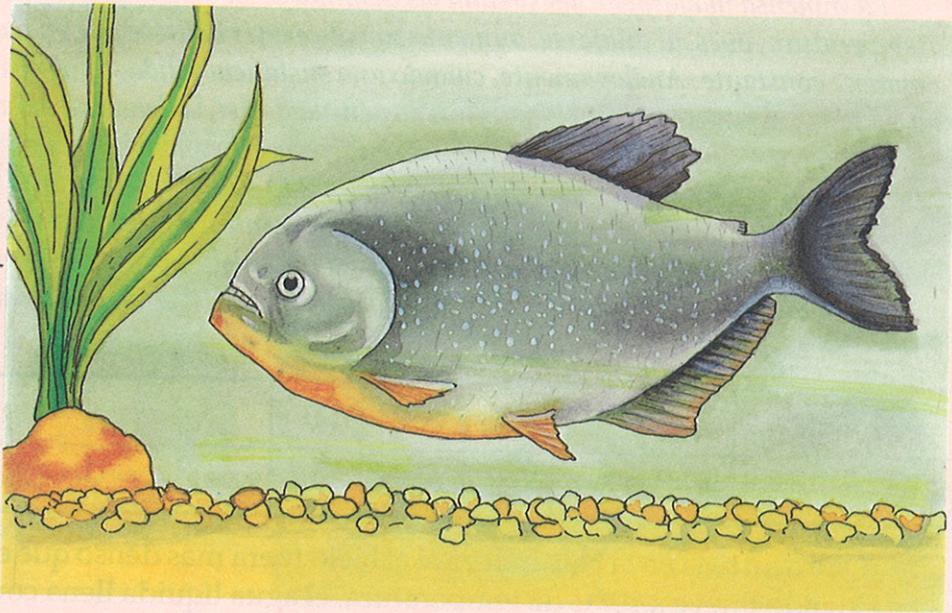
A.27.1. El valor de la densidad del agua a 4° C es de 1.000 kg/m³. Expresad este valor en g/cm³, y en kg/l.



D.2. Para que un fluido flote sobre otro es necesario que el primero sea menos denso. Sin embargo, los globos aerostáticos utilizan aire y se elevan en él. ¿Cómo es posible?



D.3. Muchos peces tienen una bolsa llena de gas, vejiga natatoria, que les permite ascender o hundirse. Dad una posible explicación de este hecho.



D.4. Se tiene un cubo enorme de aluminio. ¿Cómo podríamos hallar su masa?



4. CONCLUSIONES Y PROBLEMAS ABIERTOS



A.29. Haced un resumen del problema inicial que nos habíamos planteado, de los avances que se han producido y de cuestiones que han podido quedar abiertas. Revisad el tema «Qué vamos a estudiar y por qué», y exponed qué convendría tratar a continuación.

Sin duda, el logro más importante de este tema ha sido la superación de la tajante barrera que parecía existir entre los sólidos y los líquidos, por un lado, y los gases, por otro. Sabemos que todas las cosas, incluyendo los gases, tienen masa (y, por tanto, pesan, son atraídas por la Tierra), así como que ocupan un volumen. Hemos encontrado, pues, propiedades generales de la materia, de todo lo que es materia, sin importar el tipo de sustancia que sea.

Hemos distinguido, aprovechando vuestros conocimientos extraescolares, la masa del peso, resaltando que la masa es una propiedad de un cuerpo, que no varía, esté donde esté ese cuerpo, mientras que el peso es la fuerza con que dicho cuerpo es atraído por la Tierra u otros planetas, y depende, por tanto, del lugar en que se halle.

Por último, hemos considerado la existencia de propiedades características de los materiales, en las que se basa su utilidad, y hemos definido de forma operativa una propiedad familiar: la densidad.

A lo largo de este estudio han surgido también preguntas, problemas, que iremos volviendo a tomar a lo largo del curso o en cursos venideros. Entre ellas, conviene resaltar las siguientes:

- ✓ ¿Cómo explicar que existan, por un lado, propiedades generales y comunes, y, por otro, propiedades características de las sustancias, como la densidad, la conductividad eléctrica, la elasticidad...? ¿Por qué unos materiales conducen bien la electricidad y otros, no? ¿Por qué unos son muy densos y otros, poco densos?...
- ✓ ¿El que existan propiedades comunes a sólidos, líquidos y gases implica que están formados de forma parecida; es decir, que tienen también una estructura común?

5. ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS



A.30. En ocasiones, hay materiales que se utilizan muchísimo por sus propiedades. Ello puede dar lugar a que se agoten las existencias, a que se creen problemas porque su producción deteriora el medio ambiente, o, incluso, a problemas derivados de la imposibilidad de eliminarlos sin peligros para el medio ambiente. Proponed ejemplos en los que ocurra esto. Discutid los pros y los contras de posibles soluciones. Confeccionad un cartel con recortes de prensa y vuestros comentarios sobre el tema.



A.32. En el verano del 90, en California, una ola de calor hizo que los aviones no pudieran despegar (ver Documento I). Intentad explicar por qué.



Una ola de calor que alcanza los 50 grados azota el suroeste de EE UU y causa 11 muertes

—CARLOS MENDO. Washington.

Por lo menos 11 personas, entre ellas seis presos convertidos temporalmente en bomberos, han muerto en los tres últimos días como consecuencia de una intensa ola de calor, no conocida desde 1925, que ha azotado el suroeste de los Estados Unidos y que no muestra signos de remitir hasta pasado el fin de semana. El Estado de Arizona —y especialmente su capital, Phoenix— se ha llevado la palma de las temperaturas, con el mercurio de los termómetros sobrepasando los 50 grados, a causa de lo cual la densidad del aire era tan baja que ni los aviones comerciales ni los hidroaviones antiincendios pudieron despegar el martes.

Los viajeros que aterrizaron en el aeropuerto internacional de Phoenix eran recibidos por una ráfaga de calor, semejante, en palabras de uno de ellos, «a la que despiden las microondas después de cocer la comida».

La ola de calor alcanzó igualmente a la parte occidental de Texas, a Nuevo México, Colorado, Utah y el sur de California donde seis presos reclutados en una prisión murieron pasto de las llamas cuando intentaban apagar uno de los varios incendios provocados por el intenso calor. En Los Ángeles, tres ancianos murieron como consecuencia de la deshidratación y más de medio millón de ciudadanos se refugiaron en las playas cercanas para huir del infierno de las calles.

El consumo de electricidad

causado por el uso continuo de los acondicionadores de aire superó los 5.000 megavatios batiendo el récord de consumo establecido en 1988. En cambio, las tiendas de helados hicieron su agosto agotando todas sus existencias.

La situación en el condado de Los Ángeles es especialmente dramática como consecuencia de una fuerte sequía que padece el sur de California desde hace cuatro años y que ha obligado al ayuntamiento a imponer severas restricciones en el consumo de agua.

Fuego provocado

Los *rangers* (vigilantes) del Valle de la Muerte se han visto desbordados por las continuas llamadas de los automovilistas parados a lo largo de los cami-

nos con los capós de sus coches abiertos y los motores humeantes como consecuencia de los calentones de los radiadores.

Los meteorólogos predijeron ayer que la ola de calor continuaría por lo menos durante varios días más.

Un portavoz del servicio meteorológico nacional, citado por el diario *USA Today*, manifestó que era como «si un gigantesco paraguas tórrido se hubiera instalado encima del suroeste y cociera todo lo que hay debajo de él».

Y, como si no fuera bastante, un pirómano aprovechó ayer la ocasión para iniciar un incendio en la localidad californiana de Santa Bárbara, que arrasó en pocas horas uno de los barrios más lujosos de la ciudad.

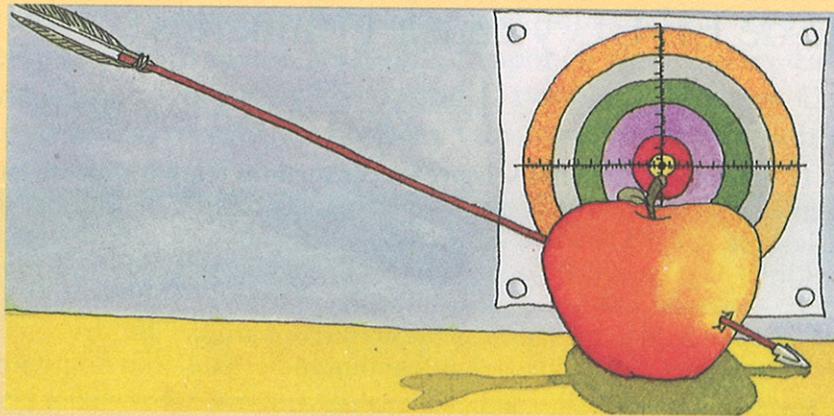


A.33. Construid un densímetro.

PON A PRUEBA



P.1. ¿Qué podemos decir de su tamaño? ¿Y de su volumen?

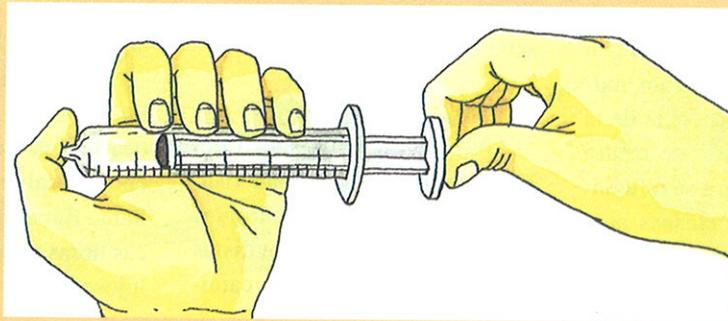


P.2. Una persona dice que el último mes adelgazó, disminuyendo su peso en 4 kg. Corrige esta afirmación.

P.3. Un alumno afirma que: «para que un papel ocupe menos volumen hay que plegarlo». Analiza la validez de dicha afirmación.

P.4. Una alumna cree que un litro de cualquier líquido pesa 1 kg. Razona por qué esta afirmación es errónea.

P.5. Considera el aire contenido en una jeringa y supón que se aprieta el émbolo de la misma. ¿Qué propiedades del aire se modifican?



P.6. Calentamos, hasta fundir, una gota de estaño. Nombra propiedades que creas que se modifican, y otras que no.

- P.1. Puedes encontrar una lista de argumentos en el texto siguiente al enunciado de la A.2 de este capítulo.
- P.2. El resultado correcto sería $(25'3 \pm 0'1)$ cm. Con esta cinta métrica no podríamos indicar la segunda cifra decimal cuando la medida se expresa en cm.
- P.3. Volumen de líquido: (22 ± 2) cm³; intervalo de tiempo: $(17'5 \pm 0'2)$ s.

CAPÍTULO 4. LA BÚSQUEDA DE PROPIEDADES COMUNES EN UN MUNDO DIVERSO: PROPIEDADES GENERALES DE LA MATERIA.

- E.1. Aproximadamente 350 litros o 350.000 cm³.
 - E.2. El error está al decir que se transvasarán 75 Hm en lugar de 75 Hm³, utilizando una medida de longitud en lugar de una de volumen. Han sido autorizados 75.000 millones de litros.
 - E.4. $m = 0'2$ kg para cada rodaja, por tanto el peso será:
 $P_{Luna} = 0'32$ N; $P_{Júpiter} = 5'18$ N; $P_{40m \text{ de altura}} = 2$ N; $P_{5.000 \text{ m de profundidad}} = 2$ N; $P_{vacío} = 2$ N
 - E.5. Igual peso suponiendo que se encuentran en el mismo planeta
 - E.6. Al afirmar que un material es más denso que otro, estamos refiriéndonos a que, considerando volúmenes iguales, corresponderá mayor masa al de mayor densidad. Así, decir que la densidad del mercurio es 13'6 veces mayor que la del agua supone decir que cada m³ de mercurio tiene 13'6 veces más masa que un m³ de agua.
 - E.7. Estimando las dimensiones de un aula en 6 m de ancho, 8 m de largo y 3 m de alto, podemos calcular un volumen de 144 m³ y la masa de aire 1'2. $144 = 172'8$ kg.
 - E.8. Conocida la densidad del aluminio de 2.700 kg/m³ podemos igualarla a 2'7 g/cm³. Un cubo de 4 cm de arista tiene un volumen de $4^3 = 64$ cm³ y, por tanto, una masa de $2'7 \cdot 64 = 172'8$ g.
-
- D.1. Por inmersión podemos conocer el volumen del rotulador. Por otro lado, un cubo de 1 dm de arista tiene un volumen de 1 dm³ (1 litro). El cociente de ambas medidas nos da el valor solicitado.
 - D.2. Al aumentar la temperatura del aire del interior del globo, su volumen aumenta y, por tanto, su densidad disminuye. De esta forma, podemos conseguir aire de menor densidad dentro de una masa de aire.
 - D.3. Al comprimir la vejiga natatoria se reduce el volumen de gas que contiene y, por tanto, el volumen total del pez. De esta forma su densidad aumenta y se hundirá con más facilidad.
 - D.4. Hemos estudiado que la densidad de un material homogéneo no depende de la cantidad que tengamos del mismo. Por tanto, sólo necesitaremos un pequeño trozo de aluminio, medir su masa y su volumen para, al realizar el cociente entre ellas, conocer su densidad. Después, a partir de las dimensiones del cubo se podría calcular su volumen. Por último, multiplicando la densidad por el volumen, obtendríamos la masa.
-
- P.1. Para evaluar el volumen de los objetos del dibujo (manzana, flechay diana) es importante considerar todas las dimensiones del objeto. Es decir, es obvio que la flecha es más larga que la manzana, pero tiene una sección menor. Cuando en términos coloquiales hablamos del tamaño de los objetos estamos prestando atención sólo a una de las dimensiones (longitud) o a dos (superficie).
 - P.2. Hemos estudiado que la masa de los objetos se mide en kg y es una propiedad general. El peso depende del planeta donde se encuentre y se expresa en N. Aunque la frase es usual en el lenguaje coloquial, en términos científicos debería ser expresada así: «Ha disminuido su masa en 4 kg» o «Ha disminuido su peso en la Tierra en 39'2 N».
 - P.3. El volumen de los cuerpos está referido a las tres dimensiones de los objetos; al plegar un papel, disminuyen dos de estas dimensiones en favor de la tercera. Por tanto, el volumen no se ve afectado en esa modificación.
 - P.4. Muchos líquidos que usamos comunmente contienen un gran porcentaje de agua, por lo que su densidad a 4 °C es próxima a 1.000 kg/ m³, o lo que es lo mismo, a 1 kg/l. Sin embargo, debemos matizar dos errores en esta afirmación:
 - 1º Debe estar refiriéndose a la masa del cuerpo por expresarla en kg y no en N.
 - 2º No todos los líquidos tienen de densidad 1 kg/ l. Por ejemplo, la del aceite de oliva es de 0'92 kg/l.
 - P.5. Al apretar el émbolo de una jeringa cerrado por el otro extremo, disminuye el volumen que ocupa, pero no varía la masa y, por tanto, tampoco el peso aunque aumenta la presión. Al disminuir el volumen y mantener la masa, la densidad aumenta.
 - P.6. Al fundir una gota de estaño, estamos variando su temperatura y su volumen; pero no varían ni la masa ni el peso. Como consecuencia, la densidad aparece disminuida. Otras propiedades también se ven afectadas: la dureza, el estado físico...

ESTRUCTURA CORPUSCULAR DE LA MATERIA



Al principio del curso planteábamos la pregunta: ¿todas las cosas que vemos a nuestro alrededor —de una enorme variedad de propiedades y comportamiento— son intrínsecamente distintas o, por el contrario, existe algo común a todas ellas que pueda explicar esta variedad de un modo unitario y sencillo? Ello, desde la perspectiva del dilema entre la diversidad y a la unidad.

En el tema anterior hemos avanzado hacia la unidad, una idea que, como dijimos, ha orientado el trabajo de los científicos en la Física y la Química. En lugar de realizar una descripción detallada y cuidadosa de las propiedades de los distintos materiales, hemos dirigido nuestro estudio a buscar propiedades comunes a todos ellos. Como resultado de ese trabajo, sabemos que los sólidos y líquidos tienen masa (y, por tanto, son atraídos por los planetas: pesan) y volumen; y, lo que es más importante, los gases también (si bien su volumen puede ser variado mucho más fácilmente que el de líquidos y sólidos). La barrera, aparentemente obvia, entre sólidos y líquidos, por una parte, y gases, por otra, que aparecía como un serio obstáculo en el avance hacia una concepción unitaria de la materia, ha sido, pues, superada.