

FÍSICA

Octavo grado

Dr. Pablo Valdés Castro
Dr. Rolando Valdés Castro
Lic. Carlos Sifredo Barrios



Editorial
Pueblo y Educación

Edición: Prof. Caridad Arce Crespo
Diseño: Bienvenida Díaz Rodríguez
Ilustración: Ángel García Castañeda
Corrección: Esmeralda Ruiz Rouco
Maquetación: Josefina Téllez Núñez

© Ministerio de Educación, 2002
© Editorial Pueblo y Educación, 2002

ISBN 959-13-0996-1

EDITORIAL PUEBLO Y EDUCACIÓN
Ave 3ra. A No. 4605 entre 46 y 60,
Playa, Ciudad de La Habana,
Cuba. CP 11300.

AL ESTUDIANTE

Aunque un libro como este suele denominarse *libro de texto*, no fue concebido simplemente para leer su *texto*. Pretende, ante todo, ayudarte a organizar el estudio que emprenderás. Por supuesto, una parte del tiempo destinado a ese estudio debes emplearla en leer y analizar críticamente lo que está escrito, señalando cuestiones que no se hayan considerado, complementándolas. A veces se incluyen, resumidamente, las opiniones expresadas por los alumnos de cierto grupo sobre determinados aspectos. Eso te dará la oportunidad de comparar tus conclusiones y las acordadas en tu grupo, con las de otros.

Otra parte del tiempo de estudio, no menos importante, debes dedicarla a realizar las numerosas actividades planteadas a través del libro. Ellas te proponen: formular preguntas de interés acerca del tema considerado, ilustrar mediante ejemplos determinadas ideas y conceptos, ampliar ciertas cuestiones a partir de tu experiencia personal, plantear conjeturas y argumentarlas, valorar la repercusión social que tiene el tema considerado, realizar cálculos, diseñar y realizar experimentos, utilizar otras fuentes de información para complementar el estudio que se está realizando. Cada capítulo termina con una serie de actividades, cuyo objetivo principal es sistematizar y consolidar el material estudiado, confeccionando resúmenes, cuadros sinópticos, respondiendo nuevamente preguntas planteadas al inicio, resolviendo problemas de interés, etcétera.

Como ves, este es más bien un *libro de trabajo*. Sólo trabajando, con la ayuda de tu profesor, alcanzarás la preparación que requiere de ti la sociedad. No desaproveches esta ocasión de estudiar física. Conocerás cosas curiosas, te será muy útil para entender mejor el mundo en que vives, estudiar otras ciencias, aprender diversas cuestiones y, en definitiva, ampliar tu cultura.

ÍNDICE

Capítulo 1. ¿QUÉ ES LA FÍSICA?	1
1.1 Introducción	1
1.2 La física estudia la naturaleza	2
1.2.1 ¿A qué llamamos naturaleza?	3
1.2.2 Sistemas y cambios en el universo	4
1.2.3 Magnitudes características	6
1.2.4 ¿Qué representa el hombre en el universo?	8
1.3 La física es una ciencia	11
1.3.1 ¿Qué es la ciencia?	11
1.3.2 El lugar de la física en la ciencia	13
1.3.3 Física, tecnología y sociedad	15
1.3.4 El trabajo de los físicos	17
1.3.5 Mediciones	19
1.4 Actividades de sistematización y consolidación	21
Capítulo 2. UN CAMBIO FUNDAMENTAL: EL MOVIMIENTO MECÁNICO	23
2.1 Introducción	23
2.2 Cómo la física concibe y describe el movimiento	24
2.2.1 Concepto y tipos de movimiento	24
2.2.2 Medios utilizados para describir el movimiento	26
2.3 Factores que determinan las características del movimiento de un cuerpo	33
2.3.1 Acción externa: fuerza	34
2.3.2 Inercia y masa	37
2.3.3 Resultante de fuerzas	38
2.3.4 Medición de fuerzas	40
2.3.5 Interacción entre los cuerpos	43
2.3.6 Presión de los cuerpos	44
2.4 Actividades de sistematización y consolidación	46

Capítulo 3. PROPIEDADES Y ESTRUCTURA INTERNA DE LOS CUERPOS	50
3.1 Introducción	50
3.2 Propiedades de los cuerpos	52
3.2.1 Propiedades generales de los cuerpos	52
3.2.2 Propiedades distintivas de los cuerpos	57
3.2.3 Transmisión de la presión en gases y líquidos	59
3.2.4 Medición de la presión ejercida por gases y líquidos	63
3.2.5 Presión sobre los cuerpos sumergidos en líquidos y gases	64
3.2.6 Fuerza de empuje de líquidos y gases	68
3.3 Estructura interna de los cuerpos	71
3.3.1 Átomos y moléculas	71
3.3.2 Enlaces entre átomos y moléculas	76
3.3.3 Movimiento constante de los átomos y moléculas	78
3.3.4 Relación entre las propiedades de los cuerpos y su estructura interna	80
3.4 Actividades de sistematización y consolidación	84
 Capítulo 4. ENERGÍA, SU UTILIZACIÓN, TRANSMISIÓN Y OBTENCIÓN	 87
4.1 Introducción	87
4.2 Energía y sus formas principales	89
4.2.1 Diferentes formas de energía	89
4.2.2 Cálculo de la energía cinética y de la energía potencial gravitatoria	92
4.2.3 Transformación y conservación de la energía	94
4.3 ¿Mediante qué vías se transforma y transmite la energía?	97
4.3.1 Trabajo	97
4.3.2 Calentamiento o calor	99
4.3.3 Radiación	102
4.4 ¿De qué modo y de dónde se obtiene la energía?	106
4.4.1 Obtención de energía útil	106
4.4.2 Eficiencia energética y potencia	108
4.4.3 “Ahorro” de energía y preservación del medio ambiente	110
4.5 Actividades de sistematización y consolidación	112

Capítulo 1

¿QUÉ ES LA FÍSICA?

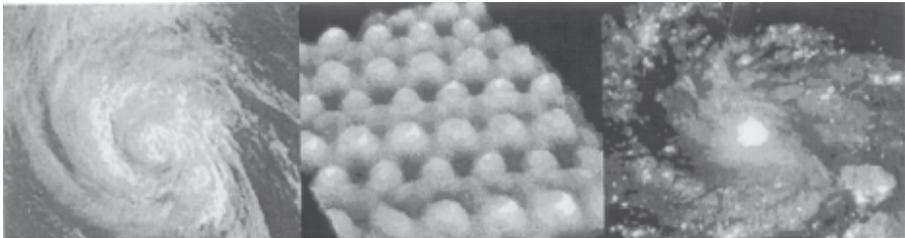


Fig. 1.1 ¿Qué es la física?

1.1 Introducción

Parece natural comenzar el estudio de la física planteándonos la pregunta: *¿Qué es la física?* En la escuela primaria ya te relacionaste, al estudiar Ciencias Naturales, con algunos fenómenos físicos. Además, probablemente alguna vez has oído la palabra *física*, en la casa, en la televisión, etc. Tal vez incluso hayas leído algo sobre ella. Por eso, convendría empezar por resumir lo que conoces acerca de la física.

A 1.1 Expresa por escrito tus ideas acerca de lo que es la física. Relaciona cuestiones de física que hayas leído o estudiado en otras ocasiones.

A fin de que tengas oportunidad de contrastar las ideas de tu grupo con las de otros, a continuación resumimos algunas de las opiniones acerca de la física, expresadas por los alumnos en otras ocasiones:

La física estudia la naturaleza.

Es una ciencia.

Estudia el movimiento de los cuerpos, el sonido, la gravedad, la electricidad, el magnetismo, la luz, el Sol y las estrellas.

Se vincula con la química y con la biología.

Se relaciona con la tecnología y con la vida.

En ella se realizan observaciones, mediciones y experimentos.

Hemos procurado ordenar las opiniones. Las dos primeras relacionan la física con la naturaleza y la ciencia. En la tercera se citan fenómenos y objetos estudiados por ella. Las dos que siguen vinculan la física con otras esferas de la cultura: otras ciencias, la tecnología, la vida cotidiana. Por último, se mencionan algunas actividades características del trabajo de los físicos.

A 1.2 Apoyándote en las ideas anteriores y en las discutidas en tu grupo, plantea cuestiones en las que convendría profundizar, a fin de adquirir una imagen más completa de la física.

En el grupo a que hemos hecho referencia, se llegó a la conclusión de que para enriquecer la visión que tenían de la física, era útil profundizar en cuestiones como las siguientes:

¿Qué es la naturaleza? ¿Qué representa el hombre en ella? ¿Qué es la ciencia? ¿Qué estudia la física? ¿Qué la diferencia de otras ciencias naturales y qué la une a ellas? ¿Qué importancia tiene para otras ciencias, la tecnología, la sociedad y, en general, para la cultura? ¿Qué actividades caracterizan el trabajo de los físicos?

En este primer capítulo, intentaremos dar una respuesta, al menos inicial, a esas cuestiones. Observa que los epígrafes que siguen, tratan sobre ellas.

A 1.3 ¿Qué interés pudiera tener para ti el estudio de la física? ¿Qué piensas acerca de cómo te resultará dicho estudio, fácil o difícil?

1.2 La física estudia la naturaleza

La palabra física proviene del vocablo griego *physis* (φύσις en griego), el cual significa *naturaleza* y que, supuestamente, fue introducido por Aristóteles hace poco más de 2 300 años. En la antigua Grecia, la física reunía todos los conocimientos acerca de la *naturaleza* (fig. 1.2).



Fig. 1.2 ¿Es la naturaleza la diversidad geográfica de nuestro planeta, sus minerales, plantas y animales, o es algo más que eso?

1.2.1 ¿A qué llamamos naturaleza?

Habitualmente relacionamos la palabra naturaleza con aquellas cosas de nuestro entorno –plantas, animales, lugares geográficos– que no han sido sustancialmente modificadas por el hombre. Esta noción se originó hace miles de años. En efecto, cuando el hombre comenzó a estudiar el mundo en que vivía, fijó su atención en aquello que existe con independencia de él –tierra, agua, aire, plantas, animales, el Sol, la Luna, el firmamento– y a todo ello lo denominó naturaleza.

A 1.4 Cita ejemplos de cosas creadas por el hombre y que, por tanto, no son “naturales”.

En la actualidad, el concepto de naturaleza se ha ampliado. Hoy conocemos que la integran una diversidad de minerales, plantas y animales, y una variedad geográfica mucho mayores que las conocidas en la antigüedad. Aún más, sabemos que las cosas de la naturaleza con las cuales nos relacionamos directamente, constituyen sólo una parte ínfima de ella.

Así, sin ayuda de instrumentos ópticos es posible observar en el firmamento unas 7 500 estrellas, sumando todas las que se ven desde diferentes zonas de la Tierra. Pero esto es únicamente una minúscula parte de la galaxia a la cual pertenecemos: la Vía Láctea. Nuestra galaxia está formada por miles de millones de estrellas y no es más que una de las innumerables que hay en el cosmos.

También podemos apreciar la amplitud de la naturaleza, fijando la atención en el interior de los cuerpos que nos rodean. Como conoces, una parte de ellos –las plantas, animales y, en general, los seres vivos– está compues-

ta por pequeñísimos organismos: las *células*, visibles únicamente al microscopio. Sin embargo, cualquier cuerpo, ya sea vivo o no, sólido, líquido o gaseoso, está formado por el agrupamiento de objetos todavía mucho más pequeños: *moléculas* y *átomos*.

Los átomos que constituyen los cuerpos pueden ser de 92 tipos diferentes (Hidrógeno, Oxígeno, Aluminio, Hierro, Oro, Uranio etc.), denominados *elementos químicos*, o simplemente *elementos*. Ellos están formados, a su vez, por *electrones*, *protones* y *neutrones*. De estos se componen todos los cuerpos que conocemos del universo, desde los que nos rodean hasta las estrellas.

La palabra *universo* se emplea a veces como sinónimo de naturaleza. No obstante, ella abarca no sólo lo que existe con independencia del hombre, sino también lo creado por este, e incluso a él mismo. Por otra parte, la palabra universo resalta una característica esencial del mundo: su unidad, pese a la increíble diversidad que apreciamos en él.

A 1.5 ¿Señala semejanzas y diferencias entre los conceptos de naturaleza y universo?

A 1.6 ¿Qué argumentos darías acerca de la unidad que se enfatiza con la palabra universo?

1.2.2 Sistemas y cambios en el universo

El universo –desde los átomos hasta el cosmos– está organizado formando *sistemas*: conjuntos de elementos u objetos estrechamente vinculados entre sí, los cuales constituyen unidades relativamente independientes. Los sistemas más simples se agrupan para formar otros más complejos.

A 1.8 Menciona ejemplos de sistemas en que para referirse a ellos, se emplee la palabra *sistema* y ejemplos en que, aunque lo sean, no se utilice dicha palabra. Argumenta en cada caso por qué pueden considerarse como tales.

A 1.9 Describe sistemas de la naturaleza que a su vez estén formados por otros sistemas.

Las características mediante las cuales encontramos similitudes y diferencias al comparar unos sistemas con otros, se denominan *propiedades* (características que son *propias*). Algunas de las más comunes para nosotros son: tamaño, masa, temperatura, forma.

A 1.10 Relaciona propiedades de sistemas distintas a las mencionadas en el texto.

Las propiedades de los sistemas –y en el caso de los organismos vivos y los sistemas construidos por el hombre, también las funciones que realizan– están determinadas por su estructura: número y tipo de componentes

que los integran, modo en que se enlazan, estructura geométrica que forman. Por ejemplo, al combinarse dos átomos de hidrógeno con uno de oxígeno, se produce una molécula de agua (fig. 1.3). Las propiedades del agua, como conoces, son muy diferentes a las del hidrógeno y el oxígeno. Es la diversidad en el modo de agruparse los átomos, lo que da lugar a la colosal variedad de propiedades que apreciamos en los cuerpos que nos rodean.

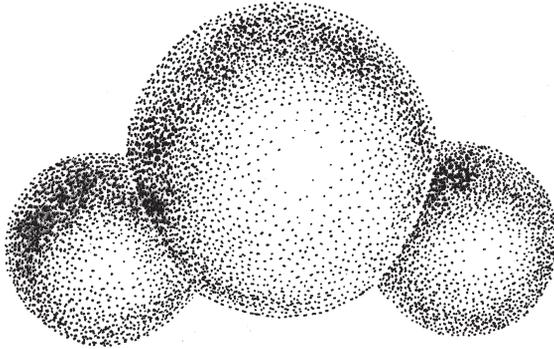


Fig. 1.3 Al combinarse dos átomos de hidrógeno con uno de oxígeno se produce una molécula de agua.

A 1.11 Ilustra, mediante ejemplos diferentes al del texto, la afirmación de que las propiedades de los sistemas están determinadas por la estructura de ellos.

A 1.12 Argumenta por qué en el texto se afirma que las propiedades del agua son muy diferentes a las del hidrógeno y el oxígeno.

A 1.13 ¿Cómo pudieras explicar la colosal variedad de sistemas que existen en la Tierra si todo en ella está formado por solo 92 tipos de átomos? Piensa en una analogía: con solo las 28 letras que tiene el idioma español, han sido expresados una colosal diversidad de conocimientos e ideas.

Otra característica esencial del universo, además de su organización en forma de sistemas, son los constantes *cambios* que tienen lugar en él. El ejemplo más sobresaliente de ellos es la propia evolución del universo como un todo durante más de 15 000 millones de años. Son también ejemplos notables, la formación del sistema solar, el surgimiento y desarrollo de la vida en la Tierra, y la evolución de las especies. Especial interés para los seres humanos tienen ciertos cambios que, cotidianamente y de modo natural, ocurren en nuestro planeta, pero sobre todo, aquellos concebidos y producidos por el propio hombre desde que apareció en la Tierra.

A 1.14 Describe ejemplos de cambios, naturales y producidos por el hombre.

A 1.15 Relaciona sinónimos de la palabra *cambio* y ejemplifica el uso de ellos.

Diferenciamos entre sí no sólo los sistemas, sino también los cambios. Estos se distinguen, en primer lugar, por *lo que cambia*: tamaño, masa, temperatura, etc. Los cambios se diferencian, además, atendiendo a una propiedad común a todos ellos, el *tiempo*: unos cambios tienen mayor duración que otros.

A 1.16 Describe cambios que se diferencien entre sí: a) por lo que cambia y b) por el tiempo.

1.2.3 Magnitudes características

La mayoría de las propiedades físicas (tamaño, masa, temperatura, tiempo, etc.) pueden ser mayores o menores, es decir, pueden manifestarse en distintos grados. A estas propiedades también se les llama *magnitudes*. Otras propiedades, como la forma y la estructura geométrica no son consideradas magnitudes. Para que determinada propiedad sea considerada una magnitud ha de tener la posibilidad de ser *medida y expresada numéricamente*.

A 1.17 Menciona ejemplos de magnitudes y argumenta por qué se consideran como tales.

A 1.18 Argumenta por qué la forma y la estructura geométrica no se consideran magnitudes. Cita ejemplos de propiedades, distintas a las mencionadas en el texto, que no suelen considerarse magnitudes.

Ciertos valores de algunas de ellas, que caracterizan o identifican a determinados sistemas y materiales, han sido determinados cuidadosamente y suelen presentarse en forma de tablas. Por ejemplo, en este libro se han incluido tablas con valores característicos de temperaturas de fusión y de ebullición (tabla 1.1) tamaños y distancias (tabla 1.2), tiempos (tabla 1.3), velocidades (ver tabla 2.3), densidades (ver tabla 3.1).

Tales valores permiten comparar entre sí, con facilidad y considerable exactitud, diversos sistemas y materiales. Así, mediante unos simples cálculos con los datos de las tablas, es posible concluir, por ejemplo, que el diámetro del Sol es unas 109 veces mayor que el de la Tierra, y que el de esta es alrededor de 3,7 veces el de la Luna. También podemos decir que el hierro es 2,9 veces más “pesado” (o más denso) que el aluminio y que el mercurio lo es 13,6 veces más que el agua, etcétera.

A 1.20 Calcula cuántas veces mayor es el tamaño del Sol que el de la Luna. ¿A qué se deberá que a simple vista sus tamaños nos parezcan similares?

Tabla 1.1
**TEMPERATURAS DE FUSIÓN Y EBULLICIÓN
 DE ALGUNAS SUSTANCIAS**

Sustancia	Temperatura de fusión (°C)	Temperatura de ebullición (°C)
Hidrógeno	-259,2	-252,77
Oxígeno	-218,4	-182,96
Alcohol	-114	78
Mercurio	-39	357
Agua	0	100
Estaño	232	2 260
Plomo	327	1 752
Aluminio	660	2 497
Plata	962	2 212
Oro	1 064	2 970
Cobre	1 083	2 567
Hierro	1 535	2 750
Wolframio o Tungsteno	3 410	5 660

A 1.21 Argumenta la afirmación de que los valores de las tablas permiten comparar con considerable exactitud diversos sistemas y materiales.

A 1.22 ¿Cuántas veces más ligero que el cobre es el aluminio?

Los valores de ciertas magnitudes, como densidad, temperatura de fusión y temperatura de ebullición, dependen del material de que se trate. Por eso pueden servir para identificar a dichos materiales. Digamos, si tenemos una sustancia que en condiciones normales se transforma en sólida a 0 °C (temperatura de fusión) y en vapor a 100 °C (temperatura de ebullición), casi seguro que se trata de agua (tabla 1.1). Por otra parte, si un cuerpo nos parece de oro, pero posee una densidad diferente a la reportada en las tablas (ver tabla 3.1), con certeza podemos afirmar que no es de oro puro.

Hacia el final del estudio de este capítulo y en el resto de ellos, te familiarizarás con la determinación del valor numérico, o medición, de diversas magnitudes: volumen, masa, tiempo, temperatura, densidad, etcétera.

A 1.24 Relaciona otras magnitudes diferentes a las mencionadas en el texto que permitan distinguir unos materiales de otros.

A 1.25 El color y el sabor son propiedades, pero no pueden ser medidas. Ilustra mediante ejemplos el hecho de que estas propiedades no permiten distinguir a unas sustancias de otras con seguridad.

1.2.4 ¿Qué representa el hombre en el universo?

Responderemos esta pregunta teniendo en cuenta dos magnitudes: tamaño y tiempo. Como ya sabes, la primera caracteriza a los sistemas y la segunda, a los cambios que tienen lugar en ellos. En las tablas 1.2 y 1.3 se dan algunos valores de interés de estas magnitudes.

Intentaremos, en particular, contestar cuestiones como las siguientes:

¿Qué representan el tamaño del hombre y el de su entorno más inmediato comparados con el tamaño de nuestro planeta? ¿Qué representa la Tierra en el Sistema Solar, y este en el cosmos?, ¿y el hombre en comparación con los átomos y moléculas? ¿Qué significa la duración de la vida humana comparada con la de la Tierra y la del universo?

Trataremos de responder estas preguntas realizando una serie de ejercicios mentales. Primero reduciremos, imaginariamente, los gigantescos tamaños y distancias en el universo a tamaños y distancias habituales, de modo similar a lo que se hace en los mapas geográficos.

Tabla 1.2

ALGUNOS VALORES DE TAMAÑOS Y DISTANCIAS EN EL UNIVERSO

Tamaños y distancias	Valores aproximados (m)
Distancia a la galaxia más cercana (Andrómeda)	10^{22}
Distancia a la estrella polar	10^{19}
Distancia a la estrella más cercana (Próxima Centauro)	10^{16}
Diámetro de la órbita de Plutón ($8,8 \cdot 10^{12} - 1,5 \cdot 10^{13}$ m)	10^{13}
Diámetro de la órbita de la Tierra ($3,00 - 3,04 \cdot 10^{11}$ m)	10^{11}
Diámetro del Sol ($1,4 \cdot 10^9$ m)	10^9
Diámetro de la órbita de la Luna ($7,2 - 8,2 \cdot 10^8$ m)	10^9
Diámetro de la Tierra ($1,2714 - 1,2756 \cdot 10^7$ m)	10^7
Diámetro de la Luna ($3,2 \cdot 10^6$ m)	10^6
Longitud de la isla de Cuba ($1,2 \cdot 10^6$ m)	10^6
Altura de una persona adulta	1,7
Diámetro de un cabello	10^{-4}
Espesor de una hoja de papel	10^{-4}
Tamaño de un glóbulo rojo de la sangre	10^{-5}
Tamaño de las células más pequeñas	10^{-6}
Virus más pequeños	10^{-8}
Diámetro del átomo de Hidrógeno	10^{-10}
Diámetro del protón	10^{-15}
Tamaño de los quarks en el protón	10^{-18}

Tabla 1.3
ALGUNOS INTERVALOS DE TIEMPO DE INTERÉS

Intervalos de tiempo	Valores aproximados (s)
Edad del universo (15 000 000 000 años)	$4,7 \cdot 10^{17}$
Edad de la Tierra (4 700 000 000 años)	$1,5 \cdot 10^{17}$
Desde la aparición del hombre hasta la actualidad (2 000 000 años)	$6 \cdot 10^{13}$
Duración de la vida de un hombre muy saludable (100 años)	$3,15 \cdot 10^9$
Un año	$3,15 \cdot 10^7$
Un día	$8,6 \cdot 10^4$
Una hora	$3,6 \cdot 10^3$
Duración del choque de un bate con una pelota	10^{-2}
Tiempo que tarda el sonido en recorrer un metro en el aire	$3 \cdot 10^{-3}$
Tiempo que tarda una mosca en batir sus alas una vez	10^{-3}
Tiempo que tardan los electrones en recorrer el tubo de pantalla de un televisor	10^{-7}
Tiempo que tarda la luz en atravesar una habitación común	10^{-8}
Duración de un ciclo de los microprocesadores modernos	$10^{-9} - 10^{-10}$

Así, si supuestamente reducimos el cosmos, con todos los cuerpos celestes, hasta convertir la Tierra en una esfera de unos 10 cm de diámetro (una reducción de algo más de 120 millones de veces), entonces, tendríamos lo siguiente: la altura a que vuelan los aviones de pasajeros sería menor de 0,1 mm sobre el nivel del mar; la Tierra estaría poco más de 1 km del Sol y este tendría alrededor de 11 m de diámetro; Plutón, el planeta más exterior del sistema solar, se movería a una distancia del Sol entre 34 km y 58 km; la estrella más cercana a nosotros después del Sol, Próxima Centauro, estaría a unos 300 000 km. En una distancia como esa a la redonda de nuestro sistema solar, no encontraríamos prácticamente cuerpo celeste alguno, apenas algunos asteroides y polvo cósmico.

A 1.26 Imagina que la Tierra se reduce hasta convertirse en una esfera de aproximadamente 1 m de diámetro. ¿Qué representarían en esa escala: a) las mayores profundidades del océano, b) las elevaciones más altas sobre el nivel del mar, c) la altura a que vuelan los aviones de pasajeros, d) la atmósfera de la Tierra?

A 1.27 Supón que el cosmos, con todos sus cuerpos celestes, se reduce hasta que la Tierra tenga 1 mm de diámetro, ¿cuál sería en ese caso el tamaño del Sol? ¿A qué

distancia de él se encontrarían: a) la Tierra; b) Marte; c) Plutón; d) Próxima Centauro?

Aumentemos, por supuesto, también imaginariamente, los microscópicos tamaños de la naturaleza hasta tamaños familiares a nosotros, como en los esquemas y fotografías de células y otros microorganismos. Supongamos, por ejemplo, que los virus más pequeños han alcanzado cerca de 2 cm (lo que significa una ampliación de alrededor de un millón de veces). Entonces, las bacterias de menores dimensiones tendrían unos 50 cm; los glóbulos rojos de la sangre alrededor de 7,5 m y la estatura de un hombre sería de casi 2 000 km (Si semejante hombre se acostara a lo largo de la isla de Cuba, la cubriría ampliamente). A pesar de ello, unas de las moléculas más grandes, las de ADN, portadoras de los genes, tendrían longitudes de unos pocos milímetros y los átomos habrían alcanzado un tamaño de tan solo 0,1 mm, similar al de la marca que deja la punta afilada de un lápiz cuando toca una hoja de papel.

A 1.28 Imagina que todo lo que nos rodea se amplía hasta que los átomos que constituyen los cuerpos llegan a tener el tamaño de una cabeza de alfiler (unas 10 millones de veces). ¿Qué tamaño tendrían en ese caso las células más pequeñas? ¿Y la propia cabeza de alfiler?

La Tierra y muchos de los minerales y organismos que hoy conocemos, con los microscópicos sistemas que los forman (células, moléculas, átomos), así como los sistemas celestes (planetas, estrellas, galaxias, etc.), no han existido siempre, pero se formaron mucho antes de que el hombre apareciera en la Tierra. Mientras que la edad del universo se estima en unos 15 000 millones de años y la de nuestro planeta en 4 700 millones, el origen del hombre data de apenas unos 2 millones de años (ver tabla 1.3).

Para aclararnos más lo que significa la duración de la vida humana, comparada con los inmensos intervalos de tiempo que caracterizan la evolución del universo, representemos dichos intervalos en una *línea numérica*.

Supongamos que 100 años (la duración de la vida de un hombre muy saludable) equivalen a 1 mm. En tal caso tendríamos la siguiente relación: tiempo desde el inicio de nuestra era, 2 cm; tiempo desde la aparición de los primeros seres considerados humanos, 2 m; surgimiento de los primeros organismos pluricelulares, 1,5 km; aparición de la vida (bacterias) en la Tierra, 38 km; formación del sistema solar y de la Tierra, 47 km; edad del universo, 150 km.

Nuestro objetivo principal en el epígrafe 1.2, ha sido dar una respuesta inicial a las primeras preguntas planteadas en la introducción: *¿qué es la*

naturaleza? y *¿qué representa el hombre en ella?* Por supuesto, han quedado múltiples cuestiones derivadas de estas sin responder, por ejemplo: *¿cómo surgió el sistema solar y, en particular, nuestro planeta?*; *¿cómo apareció el ser humano en la Tierra?*; *¿cuál es la influencia del hombre sobre esa parte de la naturaleza que llamamos medio ambiente?*; etc. Algunas interrogantes encontrarán respuesta en diferentes momentos del curso de física, o en los cursos de química, biología y geografía; otras, estudiando a lo largo de toda la vida.

A 1.29 Resume, con tus palabras, la respuesta a la pregunta: *¿qué es la naturaleza y qué representa el hombre en ella?* Menciona cuestiones en las que, en tu opinión, sería de interés profundizar.

1.3 La física es una ciencia

1.3.1 ¿Qué es la ciencia?

Esta pregunta sugiere otras como las siguientes:

¿Por qué la necesidad de la ciencia?, ¿cuándo y dónde apareció?, ¿cuál es su finalidad?, ¿cuáles son sus objetivos?

La necesidad de la ciencia está determinada por el hecho de que tanto los *sistemas* del universo como los *cambios*, no son como nos parecen a primera vista. Más aún, de la existencia de muchos de ellos, ni siquiera tomamos conciencia espontáneamente. Tal es el caso de sistemas como las galaxias, las moléculas y los átomos, y de cambios como la evolución del universo y la evolución de las especies.

Al guiarse por la apariencia de las cosas, en los hombres surgieron una serie de creencias equivocadas: el cosmos permanece estático, el Sol y la Luna tienen tamaños similares entre sí y las estrellas son mucho más pequeñas que ellos (fig. 1.4), la Tierra es plana, el Sol se mueve en torno a la Tierra, las especies de animales que actualmente pueblan la Tierra han existido siempre, un cuerpo cae tanto más rápidamente cuanto mayor sea su masa, etcétera.

A 1.30 Proporciona argumentos que refuten las creencias equivocadas anteriormente mencionadas en el texto.

Lo anterior indica que para conocer determinados sistemas y cambios *en profundidad*, más allá de la apariencia, resulta necesario llevar a

cabo una actividad *especialmente dirigida a ello*. Esa actividad la realiza la ciencia.



Fig 1.4 El Sol y la Luna aparentan tener tamaños similares entre sí. En estas vistas la Luna parece algo mayor que el Sol.

A 1.31 En tu opinión, ¿en qué se diferencia la ciencia, de otras manifestaciones de la cultura como las creencias habituales, la religión y el arte?

Los orígenes de la ciencia se remontan a 3 000 años a.n.e., en la antigua Mesopotamia y el antiguo Egipto. Su aparición estuvo motivada por el afán que caracteriza al hombre de conocer y por ciertas necesidades prácticas; por ejemplo, en la antigüedad, la aritmética, la geometría y la astronomía eran muy útiles para la agricultura y el comercio. A partir del siglo XIX, y cada vez en mayor medida, la ciencia ha desempeñado un papel decisivo, a través de la tecnología, en la solución de problemas vinculados a la vida económica, política y, en general, social.

La finalidad fundamental de la ciencia es *profundizar en el conocimiento* de diferentes sistemas del universo y en los cambios que tienen lugar en ellos, con el propósito de *satisfacer determinadas necesidades humanas*, prácticas y espirituales.

A 1.32 Describe ejemplos de necesidades humanas, prácticas y espirituales, que la ciencia haya contribuido a satisfacer.

De la finalidad de la ciencia, derivan sus objetivos esenciales, sus esfuerzos por responder una serie de preguntas básicas acerca de los *sistemas* y *cambios* del universo. Entre esas preguntas están las siguientes:

¿Cuáles son las *características de los sistemas* y *cambios* examinados?
¿Cómo es la *estructura de los sistemas*?

¿Cuáles son los *factores que determinan las características de los cambios* considerados?

¿Cómo modificar *la estructura* de determinados sistemas?

¿Cómo controlar *ciertos cambios*?

¿Cuáles son los *principios básicos para la creación de sistemas y procesos* con determinado objetivo?

A 1.33 Intenta esclarecer las preguntas anteriores, refiriéndolas a sistemas y cambios concretos.

A 1.34 Señala alguna característica que diferencie a las tres primeras preguntas de las tres últimas.

A 1.35 Profundiza en la respuesta a la pregunta ¿cuándo y dónde surgió la ciencia?

A 1.36 Trata de responder, resumidamente, la pregunta que dio título a este subepígrafe “¿Qué es la ciencia?” Plantea otras cuestiones que te resultarían de interés conocer.

1.3.2 El lugar de la física en la ciencia

Trataremos de responder ahora dos preguntas estrechamente relacionadas entre sí, planteadas en la introducción a este capítulo: *¿Qué estudia la física?, ¿qué la diferencia de otras ramas de la ciencia y qué la une a ellas?*

Hemos visto que la ciencia estudia *sistemas y cambios* que tienen lugar en el universo, y cuáles, en concreto, dependen de la rama de que se trate. En particular, las ciencias “naturales” tienen que ver con sistemas y cambios *relativos a la naturaleza* –ya sean propiamente naturales o producidos por el hombre– a diferencia de ciencias como la historia y la pedagogía, por ejemplo, que estudian sistemas y procesos *sociales y educativos*, respectivamente.

Hace 2 000 años, en la antigua Grecia la física reunía, como hemos dicho, todos los conocimientos acerca de la naturaleza. Pero a medida que fue ampliándose lo que el hombre conocía, de aquella física se desprendieron diversas ramas. Hoy día, son numerosas las ciencias que estudian sistemas y cambios relativos a la naturaleza: química, biología, geografía, etc. La física, tal como hoy la conocemos, tiene una corta edad, no más de cuatro siglos. Su origen podemos ubicarlo en la época en que vivieron *Galileo Galilei e Isaac Newton*, dos grandes físicos. Una fecha para recordar es 1642, pues ese fue el año de la muerte de Galileo y del nacimiento de Newton.

A 1.37 Prepara un informe acerca de la vida y la labor científica de Galileo Galilei y de Isaac Newton.

Desde entonces, la física investiga sistemas y cambios relativos a la naturaleza, *fundamentales*, que están en la base de sistemas y cambios estudiados por otras ciencias y diversas ramas de la tecnología: *sistemas* como los cuerpos sólidos, líquidos y gaseosos que nos rodean, las moléculas y los átomos, los planetas, las estrellas y las galaxias; y *cambios* como el movimiento, los procesos térmicos, eléctricos, magnéticos y luminosos. Seguramente, muchas de estas cuestiones coinciden con las ideas que ya tenías acerca de lo que estudia la física. Si examinas el índice de este libro, podrás comprobar que a lo largo de él se profundiza en varias de ellas.

A 1.38 Hojea el libro de física y precisa cuáles de las cuestiones mencionadas en el párrafo anterior del texto se consideran en él y cuáles no. Indaga cuáles se estudian en cada grado.

A 1.39 Describe ejemplos concretos de los cambios estudiados por la física que se mencionan en el párrafo anterior.

A 1.40 Cita sistemas y cambios estudiados por otras ciencias y la tecnología, que estén formados por sistemas y cambios investigados por la física.

Hoy día, la física comparte el estudio de algunos sistemas y cambios con otras ciencias y con determinadas ramas de la tecnología. Por ejemplo, el estudio de la estructura de los cuerpos, con disciplinas como la química, la biología, la ingeniería de materiales, la microelectrónica y la ingeniería genética, y el estudio de los sistemas celestes, con la astronomía, la cosmología y la cosmonáutica.

Los adelantos alcanzados por la física, y por la ciencia como un todo, hubiesen sido imposibles sin el desarrollo de una de las ramas fundamentales de la ciencia, la *matemática*. Al propio tiempo, la física y otras ciencias han tenido notable influencia en el progreso de la matemática, especialmente a partir del siglo XVII, en que los físicos comenzaron a utilizar ampliamente el lenguaje de las *variables*.

A 1.41 Profundiza en la relación que tiene la física con otras ramas de la ciencia.

La física no sólo se relaciona estrechamente con otras ramas de la ciencia y con la tecnología, debido a que comparte con ellas lo que estudia, sino también porque muchos de sus métodos, instrumentos y formas de trabajo son los mismos. Sobre esta cuestión profundizaremos en el subepígrafe 1.3.4 “El trabajo de los físicos”.

A 1.42 Resume, con tus palabras, las respuestas a las dos preguntas planteadas al inicio del epígrafe.

1.3.3 Física, tecnología y sociedad

En el subepígrafe 1.3.1 señalamos que el propósito fundamental de la ciencia es satisfacer determinadas necesidades humanas, prácticas y espirituales. Pero el instrumento principal que para ello utiliza la sociedad es la *tecnología*. Por eso conviene que nos hagamos algunas preguntas como las siguientes:

¿Qué relación hay entre la ciencia y la tecnología?, ¿cuál es la repercusión de ellas en la sociedad?

La tecnología está estrechamente vinculada a la actividad práctica, transformadora, del hombre. Dicha actividad surgió con los primeros seres humanos; se remonta al empleo por ellos, hace alrededor de un millón de años, de una piedra afilada con el objetivo de fabricar otros instrumentos y ciertos utensilios para satisfacer determinadas necesidades.

Aunque la ciencia surgió hace unos 5 000 años, hasta el siglo XIX la actividad práctica (artesanía, técnica, etc.) apenas se apoyaba en ella, lo hacía fundamentalmente en la experiencia acumulada y en el ingenio de los hombres. Dicha actividad comenzó a basarse ampliamente en la ciencia, sólo cuando esta profundizó en la *estructura de los sistemas* y en los *factores que determinan los cambios*.

La finalidad fundamental de la tecnología es el *diseño* y la *elaboración* de sistemas y procesos con el propósito de satisfacer determinadas necesidades humanas –prácticas y espirituales– *del modo más eficiente posible*.

A 1.43 Relaciona necesidades humanas, prácticas y espirituales, que la tecnología contribuya a satisfacer.

A 1.44 Establece similitudes y diferencias entre ciencia y tecnología.

Hemos mencionado ya la influencia que ha tenido la ciencia, especialmente desde el siglo XIX, sobre la actividad práctica. Sin embargo, el recíproco también es cierto. El enorme progreso que tuvo la ciencia a partir del siglo XVII fue posible, gracias a la experiencia que se había acumulado durante siglos en la actividad práctica, a la creación y desarrollo de innumerables recursos técnicos (microscopios, telescopios, instrumentos de medición, numerosas técnicas, etcétera).

Actualmente existe una dependencia mutua entre ciencia y tecnología. La ciencia proporciona conocimientos *fundamentales* para múltiples ramas de la tecnología (electrónica, ingeniería de materiales, biotecnología, inge-

nería médica, cosmonáutica, etc.). A su vez, los modernos recursos creados por esta (computadoras, potentes microscopios y telescopios, satélites, nuevos materiales, etc.) constituyen un requisito indispensable para el desarrollo de la ciencia.

A 1.45 Ilustra mediante ejemplos concretos algunos importantes resultados obtenidos en campos de la tecnología que se apoyan en la física, como la electrificación, la electrónica, la ingeniería de materiales, la biotecnología y la ingeniería médica.

Los inventos de los últimos 150 años, en especial los relacionados con la física, han influido en el bienestar de muchas personas de manera colosal. Para tener una idea de ello, basta pensar en algunas invenciones y aplicaciones relacionadas con la electricidad. Antes de 1880 no existía en el mundo ninguna comunidad con luz eléctrica y, por supuesto, tampoco se disponía de ninguno de los equipos eléctricos y medios de comunicación que hoy estamos tan acostumbrados a utilizar.

A 1.46 Confecciona un listado de invenciones y aplicaciones relevantes, desarrolladas en los últimos 150 años.

Pero el desarrollo de la ciencia y la tecnología ha traído aparejado no solo efectos positivos, sino también negativos: se ha acentuado la desigual distribución de las riquezas en el mundo (las nuevas tecnologías proporcionan fabulosas ganancias a un grupo reducido de personas, mientras aumenta el número de las que viven en la pobreza); han aparecido y se han utilizado medios de destrucción masiva (armas nucleares, químicas y biológicas); ha crecido el consumo de energía, lo cual hace que se aproxime el agotamiento de las fuentes convencionales (madera, carbón, petróleo); se ha deteriorado el medio ambiente (se contaminan el aire, el agua y las tierras, se destruyen los bosques); los países altamente industrializados monopolizan importantes medios de difusión de la cultura (con lo cual tienden a desaparecer las culturas autóctonas de algunos países).

A 1.47 Argumenta, empleando datos numéricos, algunos de los efectos negativos de la ciencia y la tecnología mencionados en el párrafo anterior.

La responsabilidad por los problemas anteriormente mencionados no puede ser atribuida exclusivamente a científicos y tecnólogos. Es cierto que muchos de ellos –entre los que hay físicos– han participado, y participan, por ejemplo, en la creación de armas de destrucción masiva y en el diseño de materiales que contaminan el medio ambiente. Pero también es verdad que otros muchos están advirtiendo de los peligros a que se enfrenta la humanidad y diseñando soluciones para algunos de estos problemas. La

responsabilidad principal recae en políticas egoístas y hegemónicas, llevadas a cabo por los gobiernos de algunos países. Por supuesto, una sólida educación científica contribuye a solucionar algunos de los problemas y a evitar otros.

A 1.48 Menciona algunas direcciones en las que debieran adoptarse medidas para enfrentar los problemas relacionados anteriormente.

Hoy día el desarrollo de la ciencia y la tecnología está grandemente influenciado por factores económicos, políticos y culturales; por su parte, los resultados de dicho desarrollo influyen grandemente en esas esferas. Puede afirmarse que en los últimos cien años, la ciencia, y en particular la física, ha hecho cambiar más el pensamiento y el modo de vida de las personas, su cultura, que durante los 5 000 años anteriores de su desarrollo.

A 1.49 Trata de responder, resumidamente, las preguntas planteadas al inicio de este epígrafe.

1.3.4 El trabajo de los físicos

Ya tenemos cierta imagen acerca de lo que estudia la física, de su relación con otras ciencias y la tecnología, de su implicación en la sociedad. Intentaremos ahora formarnos una idea sobre las actividades que realizan los físicos, muchas de las cuales, además, son similares a las que llevan a cabo otros científicos. De modo que la pregunta a responder esta vez es:

¿Qué actividades caracterizan el trabajo de los científicos y, en particular, de los físicos?

El grupo de alumnos ya mencionado en la introducción discutió colectivamente esa pregunta. A continuación transcribimos un resumen de las opiniones expresadas por ellos:

Los científicos leen libros y revistas.

Hacen cálculos.

Trabajan con ecuaciones.

Llevan a cabo observaciones y realizan experimentos.

Efectúan mediciones.

Elaboran informes sobre los resultados obtenidos.

A 1.50 Analiza las opiniones anteriores y trata de enriquecerlas.

A 1.51 ¿Cuáles de las actividades señaladas como características del trabajo científico, son también habituales en la vida cotidiana y cuáles no?

A 1.52 ¿Existirá alguna diferencia entre un mismo tipo de actividad, por ejemplo la lectura de un libro, cuando se realiza como parte del trabajo científico o de otra labor?

Una actividad no incluida en la relación anterior, pero imprescindible hoy en la labor científica, es la *valoración del estudio* que se lleva a cabo, de su repercusión económica, social, o para la propia ciencia, de sus posibles efectos negativos, etc. Otra cuestión no incluida es la *comunicación y el intercambio* entre los científicos, por ejemplo, mediante revistas, reuniones científicas, el correo electrónico.

Cabe señalar que la lectura, las mediciones y otras actividades, no son exclusivas del trabajo científico, pero cuando se realizan como parte de él, tienen una finalidad diferente: responder a determinadas preguntas previamente formuladas. Por su parte, la observación, la experimentación y las operaciones con ecuaciones, sí son distintivas del trabajo científico o tecnológico.

A 1.53 Esclarece la afirmación del párrafo anterior acerca de que las actividades que forman parte del trabajo científico tienen la finalidad de “responder a determinadas preguntas previamente formuladas”.

La *observación* en la ciencia se diferencia de lo que a veces llamamos así en la vida cotidiana, ante todo por su *finalidad*. En la ciencia esta se lleva a cabo, a fin de responder preguntas como las siguientes: ¿cuáles son las características de los sistemas y cambios estudiados?, ¿cómo es la estructura de los sistemas?, ¿qué factores determinan las características de los cambios? Con frecuencia también se distingue por el empleo de determinados *instrumentos* tecnológicos: microscopios, telescopios, etc. En la ciencia, observar no es simplemente mirar.

A 1.54 Menciona ejemplos de observaciones en las ciencias naturales, indicando sus objetivos y algunos de los instrumentos utilizados.

La *experimentación* consiste en el *diseño y realización de algún proceso*, por supuesto, también con el propósito de responder determinadas preguntas. En ella siempre está presente la observación.

A 1.55 Diseña y lleva a cabo un experimento con el fin de responder las preguntas: ¿Depende la rapidez con que cae un cuerpo de su tamaño? ¿Qué elementos influyen en las características de la caída de los cuerpos?

A 1.56 En tu opinión, ¿qué diferencia al experimento de la observación?

La observación y la experimentación van casi siempre acompañadas de *mediciones*. Estas son indispensables en la mayoría de las ramas de la ciencia, en la tecnología y en la vida diaria. A las mediciones dedicaremos el próximo subepígrafe.

A 1.57 Describe ejemplos de mediciones que se realicen con frecuencia en la vida cotidiana.

Muchas de las ecuaciones y procedimientos de cálculo ideados por los físicos, así como múltiples instrumentos y técnicas concebidos por ellos para la realización de observaciones, experimentos y mediciones, se emplean en otras ramas de las ciencias y en la tecnología. A su vez, la física se nutre de resultados obtenidos en otras esferas, especialmente, en la matemática y la tecnología.

1.3.5 Mediciones

En la vida diaria frecuentemente se realizan mediciones, por ejemplo, de longitud, tiempo, masa. En la ciencia también se llevan a cabo mediciones de esas mismas magnitudes, pero, como ya hemos dicho, con una finalidad diferente.

A 1.58 En tu opinión, ¿cuál es la importancia de las mediciones?

A 1.59 Intenta distinguir los elementos esenciales del proceso de medición. Piensa para ello, por ejemplo, en cómo medir la longitud de tu mesa de trabajo sin utilizar una regla.

El análisis de un proceso de medición simple, digamos de la longitud de una mesa, permite concluir que la medición es un procedimiento por el cual *se obtiene información cuantitativa, comparando en la práctica* determinada cantidad con otra tomada como *unidad*. Durante las mediciones—excepto al contar nosotros mismos la cantidad de algo—, se utilizan determinados *instrumentos*.

Entre los instrumentos de medición de mayor uso en la vida cotidiana están: las reglas y cintas graduadas, los relojes y las balanzas. La balanza de brazos iguales es uno de los instrumentos de medición más antiguos que se conocen. Los arqueólogos han encontrado algunas que fueron utilizadas hace alrededor de 5 000 años. En la tabla 1.4 proporcionamos algunos valores de masa que pueden ser medidos con balanzas, y otros medidos por otras vías (tabla 1.4).

A 1.60 Cita ejemplos de mediciones que se lleven a cabo en la vida diaria. Contrasta dichos ejemplos con el concepto de medición expuesto en el párrafo anterior.

A 1.61 Menciona unidades de medición de diversas magnitudes. Debate la importancia que tiene la adopción de patrones internacionales de dichas unidades.

A 1.62 Relaciona otros instrumentos de medición que conozcas, distintos a los mencionados en el texto, así como las magnitudes que se miden con ellos.

Tabla 1.4
ALGUNOS VALORES CARACTERÍSTICOS DE MASA

Objetos	Valores aproximados (kg)
Mediciones realizadas con una balanza	
Ala de una mosca	10^{-7}
Moneda antigua de 5 centavos	$5 \cdot 10^{-3}$
Un litro de agua	1
Persona adulta	$7 \cdot 10$
Automóvil	10^3
Mediciones realizadas por otras vías	
Electrón	$9 \cdot 10^{-31}$
Protón	$1,7 \cdot 10^{-27}$
Molécula de proteína de la clara de huevo	10^{-22}
Glóbulo rojo de la sangre	10^{-13}
La Luna	$7,4 \cdot 10^{22}$
La Tierra	$6,0 \cdot 10^{24}$
El Sol	$2,0 \cdot 10^{30}$

Cuando contamos el número de alumnos en un aula, de libros en un estante o de lápices en una caja, es posible informar un número *exacto*. No obstante, en la inmensa mayoría de los casos, los resultados de las mediciones son sólo *aproximados*, existe cierta *incertidumbre* acerca de ellos. Esto se debe a diversas razones.

Por ejemplo, al medir la longitud de una mesa con una cinta métrica nos vemos obligados a elegir la división que, según nos parece es la más próxima al borde de la mesa. Otras razones de la incertidumbre, de no menor importancia, son: la mesa no tiene igual longitud por diferentes lugares; al fabricar la regla, seguramente las divisiones no quedaron trazadas exactamente en el lugar adecuado.

La calidad del resultado de una medición depende de la fracción que representa la incertidumbre. Esta fracción se denomina *precisión*. Así, en 10 kg de algún producto, una incertidumbre de 100 g constituye el 1 %, lo cual pudiera pasarse por alto. Sin embargo, si la masa del producto es de 1 kg, esa misma incertidumbre de 100 g representa el 10 %, lo que ya puede significar una afectación considerable. En el primer caso, la medición tiene mayor calidad que en el segundo, es más precisa.

A 1.63 Comprueba, realizando los cálculos correspondientes, que los porcentajes expresados en el párrafo anterior son correctos.

En la vida diaria las mediciones no suelen caracterizarse por elevadas precisiones. Sin embargo, en la ciencia y la tecnología cada vez se requiere de mediciones más precisas, y continuamente se diseñan instrumentos y procedimientos para lograrlo.

A 1.64 Averigua el número oficial de habitantes que hay en Ciudad de La Habana, en Cuba, en el mundo. ¿Serán exactos o aproximados esos números?

A 1.65 Utilizando instrumentos como regla, termómetro, balanza, probeta, realiza mediciones que puedan ser de interés. Valora las posibles fuentes de incertidumbre en los resultados. Reflexiona acerca del modo en que pudieran escribirse los resultados con la mayor objetividad posible.

A 1.66 Intenta calcular la precisión de algunas de las mediciones realizadas en la actividad anterior.

A 1.67 Menciona diferencias entre las mediciones que se realizan en la vida cotidiana y en la ciencia y la tecnología.

1.4 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 la unidad.
3. Responde, resumidamente, las preguntas planteadas en la introducción. ¿En cuáles sería de interés profundizar? Plantea nuevas cuestiones que serían interesante estudiar.
4. Menciona instrumentos, técnicos e intelectuales, utilizados por los físicos y otros científicos (durante las observaciones, los experimentos, las mediciones, los cálculos, el trabajo con ecuaciones y, en general, durante el razonamiento).
5. Las primeras unidades de longitud que se emplearon, correspondían a partes del cuerpo humano: el “pie”, al pie de alguna persona importante; la “pulgada”, al ancho del dedo pulgar; el “palmo”, al ancho de la mano; etc. Señala las limitaciones que tiene ese modo de elegir las unidades.
6. Las antiguas unidades de longitud se han definido en la actualidad con mayor exactitud. Así, una pulgada es, aproximadamente, 2,5 cm, un pie 30,5 cm y un palmo 10,2 cm. Compara estas longitudes con las correspondientes partes de tu cuerpo, y las de un adulto.
7. Menciona las unidades de medición de tiempo más comúnmente utilizadas en la vida diaria y describe el fundamento de ellas.

8. Un año solar (el tiempo que demora la Tierra en dar una vuelta completa alrededor del Sol) no tiene un número entero de días, su duración es, aproximadamente, 365,242 días (365 días, 5 h, 48 min y 45,5 s). ¿Cómo se resuelve esta cuestión para que en el calendario cada año tenga un número entero de días?
9. Durante la Edad Media los relojes que se usaban eran principalmente “de sol”. Alrededor del siglo x se desarrollaron incluso en la variante de bolsillo. El “reloj de sol” consiste básicamente en una varilla que, al exponerla al sol, proyecta una sombra sobre una escala. Valora los inconvenientes de semejante reloj.
10. Idea algún procedimiento para determinar: a) el espesor de una hoja de tu libro de Física, b) el volumen de las gotas de agua que deja caer cierto gotero, c) el diámetro de un alambre. ¿Cuáles son las posibles fuentes de incertidumbre en los resultados obtenidos?
11. En una escuela se reciben, en bolsitas de 1 kg las municiones para las prácticas de tiro. ¿Cómo procederías para estimar con ayuda de una balanza, el número de municiones que hay en cada bolsita?
(Variante basada en problema experimental del concurso provincial de Ciudad de La Habana, 1999-2000).
12. ¿Cómo medir el volumen de un cuerpo utilizando una probeta? Determina el volumen de varios cuerpos siguiendo el procedimiento ideado. Menciona las fuentes de incertidumbre en los resultados. Valora las ventajas y desventajas que tiene el procedimiento seguido.
13. Imagina que se tiene una sustancia desconocida. ¿Cómo pudieras proceder para identificarla?

Capítulo 2

UN CAMBIO FUNDAMENTAL: EL MOVIMIENTO MECÁNICO

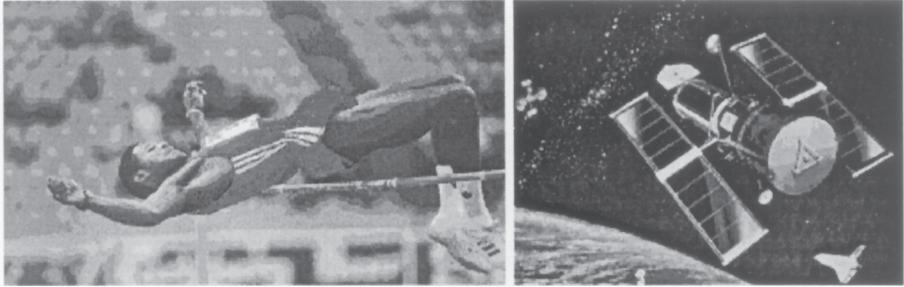


Fig. 2.1 ¿Cómo describir las características del movimiento? ¿De qué factores dependen dichas características?

2.1 Introducción

En el subepígrafe 1.3.2 vimos que la física investiga sistemas y cambios *fundamentales*, que están en la base de otros más complejos estudiados por diversas ramas de la ciencia y la tecnología. En este capítulo centraremos la atención en uno de los cambios más habituales para los seres humanos, el cual, además, es parte inseparable de otros cambios.

A 2.1 ¿Cuál crees que sea el cambio más habitual para los seres humanos?

Nos referimos al *movimiento mecánico* o, simplemente, *movimiento*. Se mueven los seres humanos, los animales e infinidad de partes de ellos; el agua de ríos y mares; el aire al formar vientos; los medios de transporte; las partes de los mecanismos; la Tierra; cuerpos celestes como planetas, estrellas y galaxias; las moléculas y los átomos.

A 2.2 Argumenta la afirmación de que el movimiento mecánico forma parte inseparable de otros muchos cambios.

A 2.3 Confecciona un listado con ejemplos de movimiento y reflexiona sobre el interés que puede tener su estudio para la sociedad.

La importancia del estudio del movimiento mecánico está determinada no sólo por su presencia en casi todo lo que nos rodea, y sus innumerables aplicaciones prácticas, sino también por el hecho de que ha contribuido a

responder preguntas cruciales sobre el universo y el lugar que en él ocupa el hombre: ¿Es la Tierra el centro del universo? ¿Tienen igual naturaleza los movimientos en la Tierra y en el cielo? ¿Cuál es la edad del universo?

El movimiento mecánico fue el primero de los cambios examinados por la física en profundidad. A través de su estudio, se desarrollaron importantes conceptos, métodos e instrumentos de la ciencia. También se desarrollaron conceptos claves de las matemáticas. Entre los científicos que estudiaron el movimiento mecánico sobresalen Galileo Galilei e Isaac Newton.

A 2.4 Apoyándote en los objetivos esenciales de la ciencia (véase el subepígrafe 1.3.1) y en las cuestiones anteriormente discutidas, plantea preguntas en las que, en tu opinión, sería de interés profundizar durante el estudio del movimiento.

Seguramente, un análisis colectivo de las respuestas a la actividad A 2.4 nos indicará la necesidad de profundizar en las cuestiones siguientes:

¿Cuáles son las características generales del movimiento?, ¿cuáles algunos de sus tipos más importantes? ¿De qué medios se vale la física para describir el movimiento? ¿Cómo determinar la velocidad de los cuerpos? ¿Cuáles son algunos valores característicos de velocidad? ¿Qué factores determinan las características del movimiento?

A continuación procuraremos responder estas cuestiones.

2.2. Cómo la física concibe y describe el movimiento

2.2.1 Concepto y tipos de movimiento

A diferencia de la vida cotidiana, en la ciencia, los conceptos y términos empleados se intentan definir con la mayor precisión posible. Comenzaremos, pues, caracterizando el concepto de *movimiento mecánico*. Para distinguirlo de otros cambios, debemos precisar, ante todo, qué es lo que cambia.

A 2.5 ¿Qué es lo que cambia en el movimiento mecánico?

En el movimiento mecánico cambian la *posición* del cuerpo como un todo o las *posiciones* de sus partes. Cuando una persona camina o corre pueden apreciarse con claridad ambas cosas.

A 2.6 Describe ejemplos de movimientos en que varíen: a) la posición del cuerpo como un todo y b) las posiciones de sus partes.

Todos los días vemos cómo el Sol cambia de posición en el cielo, sale por una dirección próxima al este y se pone por otra próxima al oeste. Sin

embargo, con frecuencia leemos o escuchamos que la Tierra, y el resto de los planetas, se mueven alrededor de él. ¿Cuál de los cuerpos está realmente en movimiento, el Sol o la Tierra? Situaciones como esta indican que se requiere profundizar en la caracterización que hemos dado del movimiento.

A 2.7 Confecciona dos listados de ejemplos, uno con cuerpos que estén en movimiento y otro con cuerpos en reposo.

Resulta que todo cuerpo puede estar al mismo tiempo en reposo y en movimiento. Analicemos, por ejemplo, el caso de un pasajero sentado en un tren en marcha. En relación con el tren, el pasajero está en reposo; en cambio, en relación con un cuerpo sobre la Tierra –digamos un árbol– el pasajero está en movimiento. Debemos añadir algo más: es tan correcto afirmar que el pasajero está en movimiento con relación al árbol, como a la inversa, que el árbol está en movimiento respecto al pasajero. Reflexiones como estas llaman la atención sobre el *carácter relativo del reposo y del movimiento*.

Ahora podemos complementar la caracterización realizada anteriormente: movimiento mecánico es el *cambio de posición* de los cuerpos, o de sus partes, *en relación con otro cuerpo*.

A 2.8 Intenta responder la pregunta realizada anteriormente: ¿Cuál de los cuerpos está realmente en movimiento, el Sol o la Tierra?

A 2.9 Dos alumnos, Ana y Pedro, caminan tomados de las manos desde la parte delantera del aula hasta la parte trasera. ¿Cómo describirán el movimiento de Ana: a) un alumno de la primera fila del aula, b) un alumno de la última fila, c) Pedro, d) un alumno que se está moviendo de la parte trasera del aula a la delantera?

Los movimientos pueden estar relacionados con la deformación de los cuerpos, o no. Aquellos en que el cuerpo no se deforma, son de dos tipos fundamentales: uno, denominado *traslación*, en que todos sus puntos se mueven de igual modo (describen igual trayectoria, tienen igual velocidad), y otro, denominado *rotación*, en que sus puntos describen circunferencias de distintos radios y se mueven con diferente velocidad.

A 2.10 Describe ejemplos de movimientos: a) en que el cuerpo se deforma, b) de traslación, c) de rotación.

A 2.11 Diferencia distintos tipos de movimiento de traslación desde el punto de vista matemático: a) geoméricamente (atendiendo a la forma de la trayectoria) y b) cuantitativamente (considerando el valor de la velocidad).

A 2.12 De la gran diversidad de movimientos que existen, ¿cuáles consideras más simples de estudiar?

2.2.2 Medios utilizados para describir el movimiento

A 2.13 Observa una competencia de 100 m planos en la que corren 2-3 alumnos con distintas aptitudes para ello. Describe mediante palabras las características principales de cada una de las carreras.

Habitualmente describimos los cambios, en particular los movimientos, por medio de palabras. Pero para conservar y comunicar información detallada sobre ellos, en la ciencia se emplean otros medios más sintéticos y rigurosos que las palabras: las *tablas de datos*, las *ecuaciones* y las *gráficas* (fig 2.2). En este epígrafe examinaremos cada uno de ellos. Limitaremos nuestro análisis a movimientos simples, de traslación.



t (s)	d (m)
0	0
12,5	100
25,7	200
38,3	300
50,9	400
64,4	500
77	600
91,6	700
103,5	800

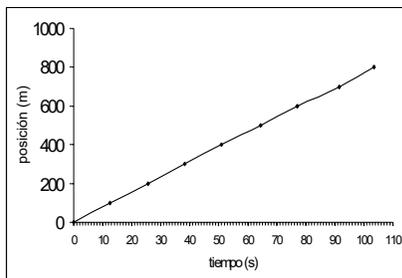


Fig. 2.2 Gráfica y tabla* que describen la carrera de Alberto Juantorena cuando ganó los 800 m planos en la Olimpiada de Montreal en 1976.

Tablas de datos

A 2.14 ¿Qué magnitudes físicas aparecen como relevantes al describir los resultados de carreras deportivas?

A 2.15 Diseña una actividad en la que durante una carrera puedan registrarse algunas posiciones de los corredores y los tiempos correspondientes. Realiza la actividad con dos o tres alumnos de diferentes aptitudes y, luego, construye una tabla con los datos obtenidos. Valora la posible incertidumbre en los datos.

La tabla 2.1 proporciona los *datos* de posición y tiempo correspondientes a las carreras de Carl Lewis y Leroy Burrell durante una competencia de 100 m planos en 1991.

* Los datos fueron obtenidos en el INDER (N. de los A.)

Tabla 2.1*

Posición (m)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Tiempo (s) (C. Lewis)	0	1,88	2,96	3,88	4,77	5,61	6,46	7,30	8,13	9,00	9,86
Tiempo (s) (L. Burrell)	0	1,83	2,89	3,79	4,68	5,55	6,41	7,28	8,12	9,01	9,88

* Tabla elaborada por los autores a partir de investigaciones realizadas. (N. de la E.)

A 2.16 Describe las características principales de las carreras de 100 m, utilizando los datos recogidos en la tabla 2.1: dónde fue más rápida, dónde más lenta, etc. En tu opinión, ¿qué es velocidad?

Para expresar la rapidez con que cambia *la posición* de los cuerpos (o de sus partes) durante el movimiento se emplea la palabra *velocidad*.

El análisis de la tabla 2.1 muestra que la velocidad de los corredores aumentó desde la arrancada hasta alrededor de los 40 m y que luego se mantuvo aproximadamente constante, especialmente entre los 40 y 70 m.

A diferencia de lo que ocurre en una carrera de 100 m planos, cuando una persona camina normalmente y en línea recta, su velocidad de traslación permanece casi constante, el movimiento es prácticamente *uniforme*. En la tabla 2.2 se proporcionan los datos de posición y tiempo de un caminante.

Tabla 2.2

Posición (m)	0	5	10	15	20	25	30
Tiempo (s)	0	3,8	7,7	11,5	15,4	19,2	23,1

A 2.17 Diseña y registra en una tabla las posiciones y tiempos correspondientes al movimiento de traslación de un caminante. Compara los datos obtenidos con los de la tabla 2.2 (conviene registrar los datos para dos situaciones: una en que el caminante se mueve lentamente y otra en que lo hace con mayor velocidad).

A 2.18 Compara una tabla de datos correspondiente a un movimiento con velocidad variable (por ejemplo, la de la carrera de un alumno o de un corredor de 100 m planos) con otra correspondiente a un movimiento con velocidad constante (por ejemplo, la de un caminante) e intenta precisar algunas características que las diferencian.

A 2.19 Analiza la tabla de la figura 2.2 y describe en que tramo o tramos de la carrera de Juantorena, la velocidad fue: a) igual, b) menor, c) mayor.

Ecuaciones

Un análisis detallado de la tabla 2.2 revela que, multiplicando los valores de una de las magnitudes (posición o tiempo) por determinado número

ro, es posible obtener los valores aproximados de la otra magnitud. Entre ambas magnitudes existe una relación de *proporcionalidad directa*. En la tabla, cada valor de posición (x) puede ser obtenido multiplicando por 1,3 el correspondiente valor de tiempo (t), es decir, mediante la *ecuación*:

$$x = 1,3 t \quad (1)$$

Mientras mayor sea la velocidad del movimiento, mayor es el factor por el cual hay que multiplicar los valores de tiempo para hallar los de posición. Dicho factor de proporcionalidad es el valor de la velocidad.

A 2.20 Comprueba, realizando las operaciones correspondientes con los datos de la tabla del caminante, que, en efecto, los valores de posición pueden ser obtenidos multiplicando los correspondientes valores de tiempo por el factor 1,3.

La ecuación (1) sintetiza gran información. No sólo representa todos los datos de la tabla 2.2, e incluso posibles datos intermedios no escritos en ella, sino lo que es más importante: permite *predecir*, aproximadamente, la posición del caminante al cabo de cierto tiempo, o cuánto demorará en llegar a determinado lugar.

A 2.21 Para un caminante, determina: a) la distancia recorrida al cabo de 10 min, b) el tiempo que demorará en llegar a un lugar que está a 3 km. Discute las suposiciones que fue necesario hacer acerca del movimiento para resolver las cuestiones planteadas.

En general, cualquier movimiento *en línea recta y con valor de velocidad constante* puede ser descrito, simbólicamente, mediante la simple ecuación:

$$x = v t \quad (2)$$

donde v es el valor de la velocidad (tabla 2.3).

Aunque simple, esa ecuación encierra un conocimiento colosal acerca del mundo. Resulta que hay un gran número de movimientos, naturales y artificiales, que se realizan aproximadamente en línea recta y con valor de velocidad constante: la propagación del sonido, de las señales de radio y televisión, y de la luz en buena parte del espacio que nos rodea; el movimiento de un avión, un auto y otros medios de transporte en ciertos tramos; etc. Ello permite, utilizando la ecuación (2), obtener información de gran interés, por ejemplo, la distancia a que se encuentra un submarino del fondo del mar, el tiempo que demora una señal de radio, enviada desde la Tierra, en llegar a un robot que se mueve sobre la superficie de Marte; la

velocidad a que debemos viajar para llegar a cierto lugar en determinado tiempo.

Tabla 2.3
VALORES CARACTERÍSTICOS DE VELOCIDAD

Movimiento	Velocidad aproximada
Extremo del minutero de un reloj pulsera	0,00002 m/s (0,02 mm/s)
Persona que camina paseando	1 m/s (3,6 km/h)
Ciclista común	3 m/s (11 km/h)
Gotas de lluvia cayendo cerca de la superficie de la Tierra	8 m/s (29 km/h)
Corredor de 100 m	10 m/s (36 km/h)
Automóvil en autopista	30 m/s (100 km/h)
Recta lanzada por un pitcher	40 m/s (150 km/h)
Vientos de huracán	32-70 m/s (115-252 km/h)
Automóvil de Fórmula 1	100 m/s (380 km/h)
Vientos de tornado intenso	140 m/s (500 km/h)
Avión de pasajeros	250 m/s (900 km/h)
Onda sonora en el aire	350 m/s (1 260 km/h)
Punto de la superficie de la Tierra cercano al ecuador respecto a los polos	500 m/s (1 800 km/h)
Avión Concorde	600 m/s (2 200 km/h)
Proyectil de fusil	800 m/s (3 000 km/h)
La Luna en torno a la Tierra	1 km/s (3 600 km/h)
La mayoría de las moléculas del hidrógeno del aire (a 27 °C)	1,6 km/s (5 760 km/h)
Satélite geoestacionario (a 36 000 km de la superficie de la Tierra)	3 km/s (11 000 km/h)
Primer cosmonauta alrededor de la Tierra (a 300 km de su superficie)	8 km/s (29 000 km/h)
La Tierra en torno al Sol	30 km/s (108 000 km/h)
El sistema solar respecto al centro de nuestra galaxia	200 km/s
Galaxia Virgo respecto a la Tierra	1 200 km/s
Electrones que inciden en la pantalla de un televisor	6 000 km/s
Velocidad de la luz y de las ondas de radio en el aire	300 000 km/s

No obstante el gran interés que tienen los movimientos con velocidad constante, los que más abundan son los de velocidad variable. En una tabla de datos correspondiente a un movimiento con velocidad variable (por ejemplo, la tabla 2.1) también es posible obtener, aproximadamente, los valores de una de las magnitudes a partir de los valores de la otra mediante una

ecuación. Sin embargo, esta podría ser mucho más compleja que la ecuación que representa al movimiento con velocidad constante, y el número de operaciones que se deben realizar, considerablemente grande.

Una piedra que dejamos caer realiza uno de los movimientos con velocidad variable más simples. La ecuación que lo describe es $x = 4,9 t^2$, donde el tiempo se expresa en segundos y la posición en metros. Esa ecuación es algo más compleja que la correspondiente al movimiento uniforme: nos dice que para hallar los valores de posición a partir de los valores de tiempo, sería necesario realizar dos operaciones: 1) elevar al cuadrado los valores de tiempo y 2) multiplicar los resultados obtenidos por 4,9. Si la altura desde la cual se deja caer la piedra es muy grande, entonces la ecuación sería aún más compleja.

A 2.22 ¿Qué distancia recorreremos en una hora si nos movemos por una autopista a una velocidad aproximada de 100 km/h?

A 2.23 ¿Qué tiempo demoraremos en llegar a un merendero que está a 20 km, si nos movemos por una autopista a una velocidad aproximada de 80 km/h?

A 2.24 Expresa en metros sobre segundo (m/s) y en kilómetros sobre hora(km/h), efectuando los cálculos correspondientes, algunos valores de velocidad de movimientos que pudieran ser de interés, por ejemplo: a) el de un caminante, b) el de un auto que viaja por una carretera, etcétera.

A 2.25 A partir de los datos de la tabla 2.1, determina cuál era la velocidad que llevaba, aproximadamente, C. Lewis en los últimos 10 metros de su carrera.

A 2.26 ¿A qué velocidad debemos viajar para llegar a un punto que está a 50 km, en menos de 40 minutos?

A 2.27 Analiza la tabla de valores de velocidad y comenta y pregunta aquellas cuestiones que te parezcan de interés.

A 2.28 En cierto lugar de La Habana se escucha el “Cañonazo” a las 9 y 20 segundos. ¿A qué distancia de la Fortaleza de la Cabaña se encontrará dicho lugar? ¿Por qué el resultado obtenido no puede considerarse exacto?

A 2.29 ¿Qué tiempo demorará la luz del Sol en llegar a la Tierra si la distancia que nos separa de él es aproximadamente 150 millones de kilómetros?

A 2.30 Se desea determinar la altura que se alcanza al lanzar una pelota verticalmente hacia arriba. ¿Cómo hacerlo utilizando la ecuación $x = 4,9 t^2$? Lanza una pelota y determina la altura que alcanza.

A 2.31 Utilizando los datos de la tabla 2.1 y suponiendo que en cada intervalo de 100 m la velocidad es constante, calcula su valor en dichos intervalos. ¿Cuál es la diferencia entre la mayor y la menor?

Gráficas

Las *gráficas*, a diferencia de las tablas y ecuaciones, hacen posible “visualizar” los cambios, en particular los movimientos. Ejemplos típicos

de representaciones gráficas son el electrocardiograma y el sismograma (fig. 2.3 a y b).

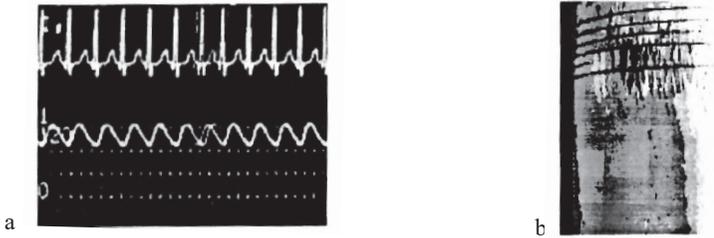


Fig. 2.3 a) Sector de un electrocardiograma. b) Sector de un sismograma.

A 2.32 Menciona algunos tipos de gráficas que conozcas.

A 2.33 ¿En qué consisten el electrocardiograma y el sismograma?

En física son muy utilizadas las *gráficas de puntos*. En la figura 2.4 se muestra una de este tipo, construida en una computadora a partir de los datos de la carrera de C. Lewis durante la competencia de 1991 ya mencionada. Usualmente entre los puntos se traza una suave línea. La gráfica correspondiente a la carrera de L. Burrell no se diferencia de la de C. Lewis, pues esta se superpone a ella, a pesar de que según la tabla los datos de ambos corredores no coinciden. Ello se debe a que en las gráficas, la información no suele estar representada con tanta exactitud como en las tablas y ecuaciones.

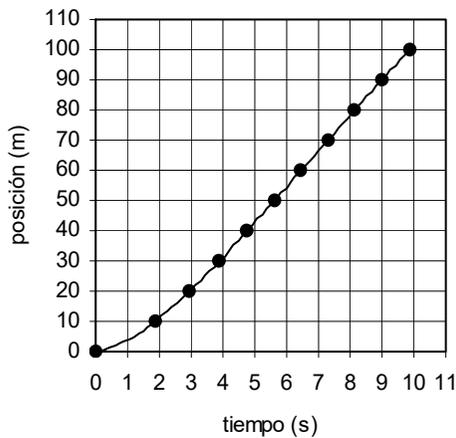


Fig. 2.4 Gráfica de posición-tiempo construida con los datos de la tabla 2.1.

Para conocer a partir de la gráfica, digamos, qué tiempo había transcurrido a los 50 m de la carrera, se busca el número 50 en la línea vertical y se toma el punto de la gráfica que está a la derecha. Es difícil saber con exactitud el número que en la línea horizontal corresponde a ese punto, pero puede afirmarse que es algo mayor que 5,5.

A 2.34 De acuerdo con la gráfica de la figura 2.4, ¿qué tiempo había transcurrido cuando el corredor se encontraba a 70 m del lugar de “arrancada”? Compara tu respuesta con los datos de la tabla 2.1. Indica las principales fuentes de incertidumbre en tu respuesta.

A 2.35 Con los datos de posición y tiempo correspondientes al movimiento de un caminante, construye una gráfica de puntos. ¿En qué se diferencia de la gráfica de la figura 2.4?

Las gráficas permiten apreciar más fácilmente el cambio en su conjunto que las tablas y ecuaciones, así como hacer comparaciones con mayor rapidez. En la figura 2.5 se muestran juntas las gráficas de posición-tiempo para un corredor de alto rendimiento (serie 1), un alumno (serie 2) y un caminante (serie 3).

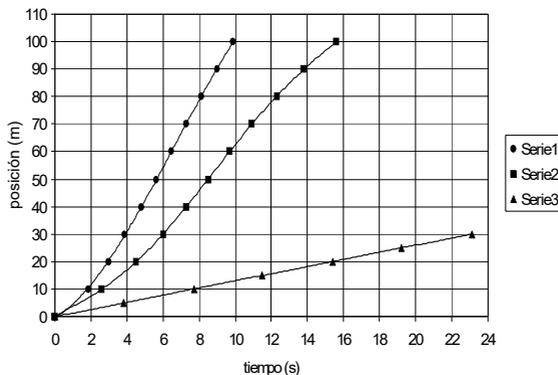


Fig. 2.5. Gráficas de posición-tiempo para un corredor de alto rendimiento (serie 1), un alumno (serie 2) y un caminante (serie 3).

A 2.36 Examina las gráficas de la figura 2.5. Trata de relacionar la forma e inclinación de ellas con las características de los movimientos que representan.

A 2.37 A partir de la gráfica de la figura 2.5, determina, aproximadamente, la velocidad del alumno en el tramo de 30 a 40 m y también en los últimos 10 m de su carrera. Justifica el resultado obtenido.

A 2.38 Valora algunas de las diferencias que se pueden apreciar entre la información que nos suministra la tabla y la gráfica de la figura 2.2, relacionada con la carrera de Juantorena en la Olimpiada celebrada en Montreal en 1976.

A 2.39 Después de ganar la medalla de Oro en los 800 m y 400 m planos en la Olimpiada de Montreal, Juantorena implantó nuevo récord mundial para los 800 m planos en los Juegos Mundiales Universitarios de Sofía en 1977. En esta carrera Juantorena recorrió los primeros 400 m en 51,4 s y los segundos 400 m en 52,4 s. Compara estos tiempos con los empleados en iguales intervalos en Montreal'76. Calcula y compara las velocidades en estos intervalos en ambas competiciones.

Hasta ahora nos hemos limitado a la *descripción* del movimiento, es decir, a clasificarlo en diversos tipos, a estudiar los medios empleados por la ciencia para obtener y comunicar información acerca de ellos: mediciones, tablas, ecuaciones, gráficas. Como hemos visto, ello permite hacer ciertas predicciones y resolver múltiples problemas de interés práctico, sin embargo, no posibilita *diseñar* movimientos con las características deseadas. En el siguiente apartado intentaremos *explicar* las características de diferentes movimientos, revelar los factores de los cuales dependen dichas características. Esto es lo que nos permite conocer cómo es posible *controlar* y *dirigir* el movimiento, aumentar o disminuir su velocidad, variar su dirección.

A 2.40 Discute las ventajas y limitaciones del estudio que hasta ahora hemos realizado sobre el movimiento.

2.3 Factores que determinan las características del movimiento de un cuerpo

Hemos adquirido conciencia de que existe una gran diversidad de movimientos mecánicos; sólo de traslación, los hay rectilíneos o curvilíneos, con valor de velocidad constante o variable, además, las curvas pueden ser muy distintas y los valores de velocidad, variar de modos muy diferentes (fig. 2.6). Intentaremos responder en este epígrafe las preguntas:

¿Qué factores determinan las características del movimiento, que un cuerpo se mueva en línea recta o curva, con valor de velocidad constante o variable? ¿Será posible formular algunos pocos conceptos e ideas que permitan explicar la gran diversidad de movimientos que existe?

A 2.41 Debate la importancia práctica que tiene responder las preguntas anteriores.

A 2.42 Apoyándote en el análisis de actividades prácticas sencillas, intenta dar una respuesta inicial a la primera pregunta.

En general, el debate de la primera pregunta, basado fundamentalmente en reflexiones alrededor de experiencias de la vida cotidiana y de

- | | | |
|---------------------------------|--|---|
| 1. Lanzamiento desde la Tierra | 7. Descenso del módulo lunar a la Luna | 11. Cita y ataque espacial con el módulo de mando |
| 2. Órbita de apareamiento | 8. Alunizaje | 12. Inyección transterrestre |
| 3. Inyección translunar | 9. Exploración de la superficie lunar | 13. Viaje de vuelta a la Tierra |
| 4. Maniobras en vuelo | 10. Despegue de la Luna | 14. Reentrada en la atmósfera de la Tierra |
| 5. Inserción en la órbita lunar | | 15. Amarraje y recuperación |

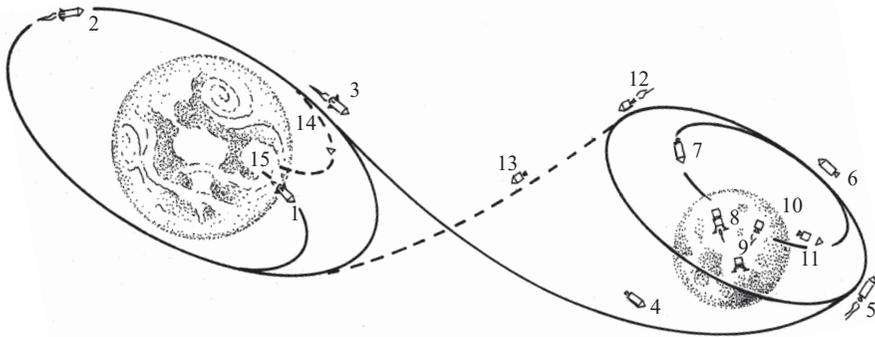


Fig. 2.6 ¿Cómo controlar y dirigir el movimiento de los cuerpos?

otras hechas en el aula, conduce a la conclusión de que en las características del movimiento de un cuerpo influyen dos tipos de factores. En primer lugar, *cierta acción externa* sobre el cuerpo, como al tirar de un carrito, empujarlo con la mano, o golpearlo con otro cuerpo. Mediante tales acciones, el cuerpo puede salir del reposo, variar el valor de su velocidad, la dirección de su movimiento. El otro factor parece estar relacionado con *el propio cuerpo*, con propiedades como su volumen o masa. De ellas parece depender la mayor o menor facilidad con que el cuerpo sale del reposo o modifica su movimiento. Pero no debemos conformarnos con estas ideas iniciales. Una *actitud científica* supone profundizar en ellas, comprobarlas en diversas situaciones. A eso dedicaremos los siguientes epígrafes de este capítulo.

A 2.43 Menciona ejemplos de cambios observados en los sistemas, distintos al movimiento, que dependen de los dos factores mencionados: alguna acción exterior y características propias del sistema.

A 2.44 Prepara un informe sobre la época en que se elaboraron las principales ideas acerca de los factores que determinan las características del movimiento.

2.3.1 Acción externa: fuerza

Toda acción externa sobre un cuerpo provoca algún cambio en él, por pequeño que sea; sin embargo, no siempre dicho cambio consiste en sacar al cuerpo del reposo o modificar su movimiento. Así, la acción de una llama sobre una olla lo que origina es la elevación de su temperatura, la acción

de una pila de linterna sobre un bombillo trae como consecuencia la emisión de luz, la acción de la luz sobre las plantas provoca la fotosíntesis, etc. Para designar cualquier acción externa sobre un cuerpo, cuyo efecto es sacarlo del reposo, variar el valor de su velocidad o la dirección de su movimiento, se utiliza la palabra *fuerza*.

En su obra *Principios Matemáticos de la Filosofía Natural* (1686), Newton definió la fuerza del siguiente modo: “Una fuerza aplicada es una acción ejercida sobre un cuerpo, a fin de cambiar su estado, o de reposo, o de movimiento uniforme en línea recta”.

A 2.45 Describe ejemplos distintos a los del texto, de acciones sobre cuerpos que produzcan cambios consistentes en variar el reposo o el movimiento de los cuerpos.

A 2.46 Ilustra la definición de fuerza dada por Newton mediante algunos ejemplos concretos.

Para la ciencia, fuerza es más que un empujón, tirón, o apretón, ejercidos sobre algún cuerpo: es toda acción capaz de cambiar el estado de reposo o de movimiento rectilíneo uniforme de un cuerpo.

A 2.47 Un cuerpo se mueve sobre una mesa en línea recta y con velocidad aproximadamente constante. Piensa en varios modos de: a) frenarlo, b) acelerarlo, c) cambiar la dirección del movimiento. Argumenta la afirmación realizada en el texto: “para la ciencia, fuerza es más que un empujón, tirón, o apretón, ejercidos sobre algún cuerpo”.

A 2.48 ¿En qué se diferencian las fuerzas consideradas en la actividad anterior? ¿Qué peculiaridades de las fuerzas influyen en las características del movimiento?

Los físicos suelen representar gráficamente las fuerzas mediante flechas. Estas se dibujan teniendo en cuenta las siguientes reglas: a) se traza a partir del cuerpo sobre el cual se ejerce y en la dirección que hace cambiar su reposo o movimiento, b) mientras mayor sea la fuerza, mayor es la longitud de la flecha.

A 2.49 Dibuja esquemáticamente las situaciones consideradas en las actividades anteriores en las que se ejercen fuerzas. Traza en cada caso las flechas que las representan.

Ya sabemos que ciertas *acciones externas* (que llamamos *fuerzas*) pueden alterar el reposo o el movimiento de un cuerpo. Pero ¿podrá también el cuerpo hacer esto por sí sólo, sin necesidad de una acción externa?

En un auto y otros medios de transporte cotidianos, al parecer, lo que determina que aumente el valor de la velocidad o cambie la dirección del movimiento es algo interno: el motor y el sistema de dirección. No obstante, basta pensar en lo que ocurre al accionar el motor y el sistema de dirección, estando el medio de transporte suspendido sobre “burros”, para

percatarnos de que también en este caso resulta indispensable una acción externa. Sin la acción del pavimento sobre las ruedas, el vehículo no sale del reposo ni cambia la dirección del movimiento.

A Galileo Galilei e Isaac Newton corresponde el mérito de haber planteado y argumentado que los cuerpos varían su estado de reposo o de movimiento uniforme en línea recta *sólo debido a la acción de otros cuerpos*, que no pueden hacerlo por sí mismos.

Newton formuló la conclusión anterior, a la que llamó *primera ley del movimiento*, del modo siguiente:

Todo cuerpo continúa en su estado de reposo, o de movimiento uniforme en una línea recta, a menos que sea obligado a cambiar ese estado por fuerzas aplicadas sobre él.

Esta conclusión significa, que si un cuerpo se mueve con un valor de velocidad variable o en una línea curva, entonces, podemos estar seguros que sobre él está actuando algún otro cuerpo, que se está ejerciendo una fuerza.

Entre las fuerzas que tienen mayor repercusión en nuestra vida diaria están la de *gravedad* y la de *rozamiento o fricción*. La primera es ejercida permanentemente por la Tierra sobre todos los cuerpos que se encuentran cerca de ella. La segunda aparece cuando un cuerpo se mueve en relación con otro, con el cual está en contacto o, simplemente, cuando intentamos poner en movimiento a uno de los cuerpos.

La fuerza de rozamiento es, en parte, la responsable de que se requiera invertir energía para mantener el movimiento de los medios de transporte terrestres y de otros mecanismos. Así, en un automóvil se emplea alrededor del 20 % del combustible para contrarrestar el efecto de las fuerzas de rozamiento. Al propio tiempo, lo que no deja de ser paradójico, sin la existencia de la fuerza de fricción no podrían desplazarse los medios de transporte terrestre y ni siquiera sería posible caminar, también encontraríamos serias dificultades para coger y manipular los objetos con las manos.

A 2.50 Se lanza una esferita sobre la superficie horizontal de una mesa. Explica por qué su velocidad disminuye. ¿Qué pudiera hacerse para que, una vez lanzada, se moviera el mayor tramo posible?

A 2.51 Investiga acerca de los efectos negativos y positivos que tiene la fuerza de fricción, en la vida diaria y en la técnica.

A 2.52 ¿Se ejercerá alguna fuerza sobre una piedra que: a) cae desde cierta altura, b) se ha lanzado verticalmente hacia arriba y está ascendiendo, c) se ha lanzado horizontalmente y describe una curva hacia abajo? Argumenta tus respuestas. Representa me-

diante un dibujo esquemático las situaciones anteriores y, en el caso que corresponda, la fuerza ejercida sobre la piedra. ¿Qué cuerpo origina dicha fuerza?

A 2.53 ¿Qué características debe tener la fuerza aplicada sobre un cuerpo para que este se mueva describiendo una circunferencia? ¿Cómo podrías lograr en la práctica semejante movimiento?

A 2.54 La Luna describe una circunferencia en su movimiento respecto a la Tierra.
a) ¿Cómo argumentarías a otra persona que sobre la Luna se ejerce una fuerza?
b) ¿Qué cuerpo ejerce dicha fuerza? c) Representa mediante un dibujo esquemático la situación examinada y la fuerza ejercida sobre la Luna.

2.3.2 Inercia y masa

Si bien un cuerpo no puede salir del reposo o modificar su movimiento por sí mismo –como acabamos de concluir– estamos convencidos de que alguna característica suya influye en el movimiento. Así, para poner en movimiento una plataforma que transporta una carga, cambiar la dirección de su movimiento, o detenerla, se requiere ejercer una fuerza que depende del tipo de carga que transporte. Por otra parte, tenemos idea de que no son el tamaño o el volumen de la carga como tales los que determinan la magnitud de la fuerza que debemos ejercer, sino su *masa* (fig. 2.7).

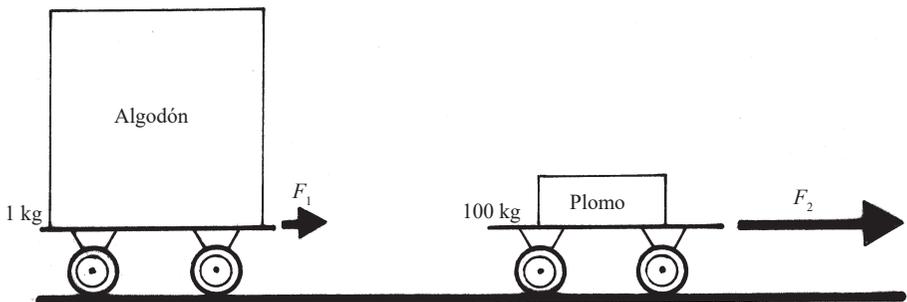


Fig. 2.7. La fuerza necesaria para que la plataforma adquiera cierta velocidad depende de la masa de la carga.

A 2.55 Debate colectivamente las ideas expuestas en el párrafo anterior. Apóyate en experiencias de la vida cotidiana.

A 2.56 Diseña y lleva a cabo algún experimento, a fin de apoyar la idea de que la mayor o menor facilidad con que un cuerpo varía su velocidad al aplicarle una fuerza, depende de su masa.

Sabemos que la masa puede ser tomada como una medida de la cantidad de cierta sustancia o material, por ejemplo, en una bolsa de azúcar de

3 kg de masa hay triple cantidad de azúcar que en otra de 1 kg. Ahora hemos encontrado que la masa está vinculada, además, a la mayor o menor facilidad con que los cuerpos salen del reposo o modifican su movimiento al aplicarles una fuerza; en otras palabras, caracteriza a una propiedad de ellos que se ha denominado *inercia*.

En física, *inercia* es la propiedad de los cuerpos la cual consiste en que al ejercer una fuerza sobre ellos, no pueden salir del reposo o modificar su movimiento *instantáneamente*, sino sólo al cabo de determinado tiempo. Mientras mayor sea la masa de un cuerpo, mayor será su inercia.

A 2.57 Menciona situaciones de la vida cotidiana en las que se utilice la palabra inercia. ¿Qué semejanzas y diferencias hay entre el uso cotidiano de esa palabra y el que se le da en la física?

A 2.58 ¿Por qué resulta imposible detener bruscamente un tren, un auto, u otro medio de transporte en movimiento?

A 2.59 Ilustra mediante ejemplos de la vida, la conclusión de que mientras mayor sea la masa de un cuerpo mayor, será su inercia.

Del análisis realizado en los dos últimos subepígrafes se concluye que las características del movimiento de un cuerpo están determinadas por: 1) ciertas *acciones externas* ejercidas sobre él, llamadas *fuerzas*, y 2) una propiedad del cuerpo, denominada *inercia*, la cual está relacionada con su *masa*.

La fuerza define la dirección en que el cuerpo se pone en movimiento o cambia dicho movimiento. Ambas, fuerza y masa, determinan la rapidez con que el cuerpo cambia su reposo o movimiento: cuanto mayor sea la fuerza aplicada y menor la masa del cuerpo, mayor será dicha rapidez.

La conclusión anterior es parte de la *segunda ley del movimiento*, formulada por Newton en el trabajo ya mencionado, *Principios Matemáticos de la Filosofía Natural*. El conocimiento de esta ley es imprescindible para controlar y dirigir el movimiento de los cuerpos.

A 2.60 Apoya la conclusión del texto mediante diversos ejemplos de la vida práctica.

2.3.3 Resultante de fuerzas

Hemos aprendido que fuerza es una acción sobre un cuerpo, *a fin de sacarlo del reposo o variar su movimiento*. Pero sabemos bien que con mucha frecuencia se ejerce determinada fuerza sobre un cuerpo y, no obstante, permanece en reposo, o en movimiento con valor de velocidad prácticamente constante.

Ejemplos de lo anterior son, cuando empujamos un mueble intentando moverlo sobre el piso y no lo logramos, cuando movemos una carretilla, empujándola o tirando de ella, etc. Si el mueble no sale del reposo y la carretilla no aumenta su velocidad, es porque además de la fuerza aplicada por nosotros, existe otra opuesta, la de rozamiento con el piso. En casos como este decimos que las fuerzas están *compensadas*, o *equilibradas*, y que la *resultante* de ellas sobre el cuerpo es cero. Si la resultante de las fuerzas ejercidas no fuese cero, el cuerpo saldría del reposo o modificaría su movimiento.

Cuando sobre un cuerpo se ejercen varias fuerzas, las características de su movimiento dependen de *la resultante* de ellas.

A 2.61 Representa esquemáticamente las situaciones del mueble y la carretilla descritas en el texto. Dibuja las fuerzas que actúan sobre ellos.

A 2.62 Menciona las características de la fuerza resultante sobre los cuerpos siguientes: a) un carrito que desciende por un plano inclinado aumentando su velocidad, b) un ciclista que se mueve en línea recta ascendiendo por una cuesta con velocidad constante, c) un carrito que asciende por un plano inclinado disminuyendo su velocidad, d) un globo que se ha dejado caer y desciende con velocidad constante.

A 2.63 Representa mediante un diagrama la fuerza resultante y todas las fuerzas ejercidas sobre los cuerpos siguientes: a) un libro en reposo situado encima de una mesa, b) una lámpara que cuelga del techo de una habitación, c) un bloque que es empujado y se mueve con velocidad constante sobre una superficie horizontal, d) un bloque que es empujado sobre una superficie horizontal y se mueve aumentando su velocidad, e) un avión que se mueve en línea recta con velocidad constante.

En el subepígrafe 2.3.1 “Acción externa: fuerza”, se afirma que toda acción externa sobre un cuerpo provoca algún cambio en él. Pero existen numerosas situaciones, algunas de las cuales hemos estado analizando, en que se aplican fuerzas a los cuerpos y ellos permanecen en reposo. ¿De qué cambio puede hablarse en estos casos? Un análisis detallado revela que en tales casos los cuerpos *se deforman*, aunque muchas veces ello no sea perceptible. La figura 2.8 ilustra esta conclusión mediante un ejemplo simple. Se golpea una bola de plastilina aproximadamente con igual fuerza en dos situaciones diferentes. En la figura 2.8a, la fuerza aplicada mediante el golpe, hace salir a la bola del reposo. En la figura 2.8b, dicha fuerza es compensada por la que ejerce un tope en sentido contrario, y la bola, considerada como un todo, no se pone en movimiento. Sin embargo, sus partes sí lo hacen, ocasionando una considerable deformación. La mayoría de las veces la deformación no es tan evidente como en el ejemplo descrito, pero eso no quiere decir que no tenga lugar.

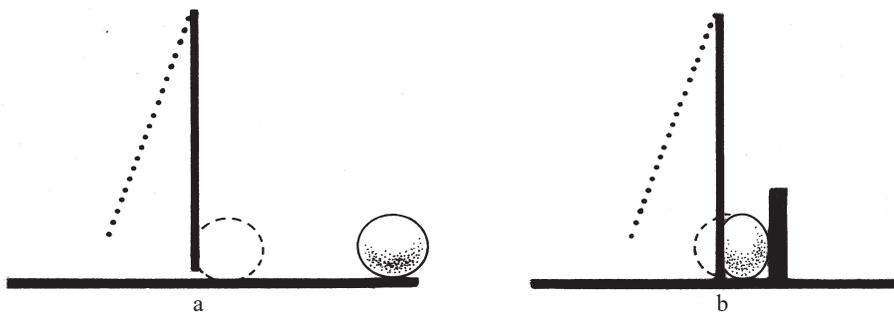


Fig. 2.8 a) La bola de plastilina se pone en movimiento por la acción del golpe. b) La bola de plastilina no se pone en movimiento como un todo sino que se deforma.

De este modo, las fuerzas aplicadas sobre un cuerpo pueden sacarlo del reposo, variar el valor de su velocidad, la dirección de su movimiento y también deformarlo.

A 2.64 Un cuerpo que se coloca encima de una mesa ejerce determinada fuerza sobre ella; sin embargo, habitualmente no observamos ningún cambio. ¿Por qué? Diseña una experiencia con el objetivo de apoyar la idea de que en tales casos sí se producen cambios.

2.3.4 Medición de fuerzas

Existen varios procedimientos para medir las fuerzas aplicadas sobre un cuerpo. El más directo consiste en el empleo de un instrumento llamado *dinamómetro*, cuyo funcionamiento se apoya en la deformación que producen las fuerzas. Está formado, básicamente, por un muelle que se alarga más o menos en dependencia de la magnitud de la fuerza aplicada mediante él. La escala permite determinar *directamente* el valor de la fuerza (fig. 2.9).

La unidad fundamental de fuerza se denomina *newton* (N), en honor a Isaac Newton. Una fuerza de 1 N es, aproximadamente, la ejercida por la Tierra sobre un cuerpo de 100 g situado cerca de su superficie, es, por tanto, la que requerimos aplicar a semejante cuerpo para mantenerlo suspendido (fig. 2.10).

A 2.65 Utiliza un dinamómetro para medir: a) la fuerza de gravedad sobre diferentes cuerpos, b) la fuerza de fricción sobre un bloque que deslizamos con movimiento aproximadamente uniforme sobre la superficie de una mesa.

A 2.66 ¿Por qué en la actividad anterior podemos asegurar que hemos determinado los valores de la fuerza de gravedad y de la fuerza de fricción, si en realidad las fuerzas directamente medidas son las aplicadas a los cuerpos mediante el dinamómetro?

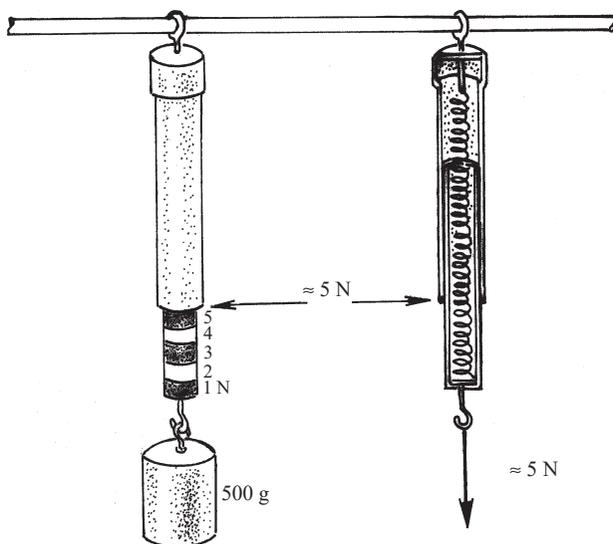


Fig. 2.9 En la escala del dinamómetro podemos leer directamente el valor de la fuerza aplicada sobre el cuerpo.

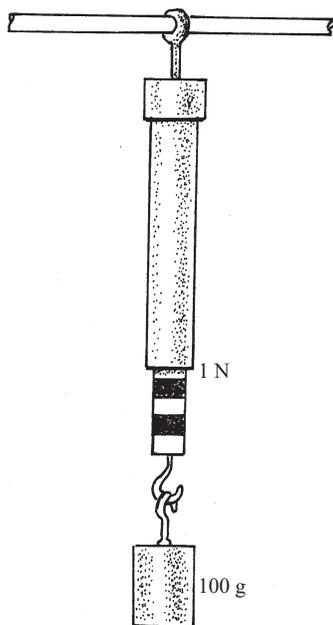


Fig. 2.10 Para mantener suspendido un cuerpo de 0,1 kg se requiere una fuerza de 1 N.

Obviamente, para determinar las fuerzas ejercidas sobre ciertos cuerpos, por ejemplo, sobre los electrones que se mueven en el tubo de pantalla de un televisor, los cuerpos celestes, las naves espaciales, o un robot que se desplaza en la superficie de Marte, no es posible utilizar un dinamómetro. En tales casos, se halla el valor de las fuerzas *indirectamente*, mediante ciertas ecuaciones y cálculos. A continuación, mostraremos cómo calcular, utilizando una ecuación, la *fuerza de gravedad* ejercida sobre un cuerpo. En este caso la ecuación es muy simple.

La tabla 2.4 recoge los resultados de las mediciones de masa y fuerza de gravedad correspondientes a una serie de cuerpos (fig. 2.11). Un análisis de ella muestra que cada valor de fuerza de gravedad (F_g) puede ser obtenido, aproximadamente, multiplicando por 9,8 el correspondiente valor de masa (m), en otras palabras, mediante la ecuación: $F_g = 9,8 m$.

Tabla 2.4

cuerpo	1	2	3	4	5	6	7	8	9
masa (kg)	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50
F_g (N)	4,90	9,80	14,7	19,6	24,5	29,4	34,3	39,2	44,1

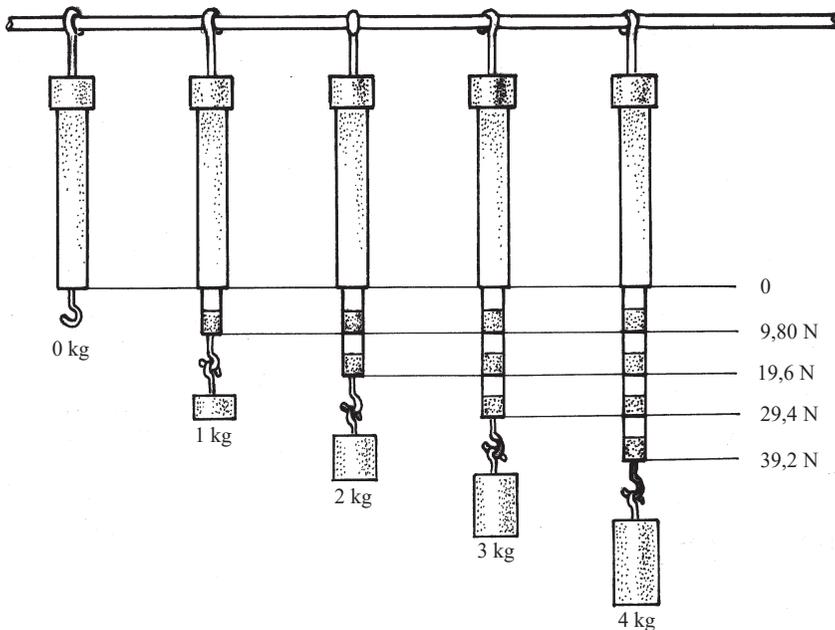


Fig 2.11 Mediciones de masa y fuerza de gravedad correspondientes a una serie de cuerpos.

A 2.67 Comprueba que, en efecto, los datos de la tabla están representados por la ecuación $F_g = 9,8 m$.

A 2.68 Planifica y realiza un experimento para confeccionar por ti mismo una tabla de datos similar a la 2.4. Valora las fuentes de incertidumbre en las mediciones. Comprueba que los datos obtenidos pueden ser representados, aproximadamente, mediante la ecuación $F_g = 9,8 m$.

El factor por el cual se requiere multiplicar los valores de masa para obtener los de fuerza de gravedad, *disminuye a medida que aumenta la distancia a la Tierra*; así, a una altura de unos 400 km, típica para las naves espaciales, es 8,7. *También depende del cuerpo celeste de que se trate*, en particular *de su masa*; por ejemplo, en la superficie de la Luna es 1,6; en la de Marte, 3,8; en la de Júpiter, 25,9. Dicho factor representa la *intensidad de la gravedad*. Esta depende de la distancia al centro del cuerpo celeste y de la masa de este.

Lo anterior indica que una forma más general de escribir la ecuación mediante la cual se calcula la fuerza de gravedad es:

$$F_g = gm$$

donde g es el factor por el cual hay que multiplicar en cada caso. Cerca de la superficie de la Tierra su valor es, como hemos visto, aproximadamente 9,8. Al igual que otras ecuaciones utilizadas en física (véase el epígrafe 2.2), esta también sintetiza una considerable información, por ejemplo, permite conocer la fuerza de gravedad que se ejercerá sobre un cosmonauta en la superficie de la Luna, sobre un robot en la superficie de Marte, etcétera.

A 2.69 Compara los valores de la fuerza de gravedad ejercida sobre un cosmonauta en la Tierra y en la Luna. ¿A qué se debe la diferencia entre dichos valores? ¿Cómo se manifestará esa diferencia al correr o saltar?

A 2.70 ¿Cómo se explica que la intensidad de la gravedad en Júpiter sea mucho mayor que la de la Tierra?

A 2.71 Resume los diversos factores de los cuales depende la fuerza gravitatoria ejercida sobre un cuerpo.

2.3.5 Interacción entre los cuerpos

En un “juego de bolas”, a primera vista es la bola lanzada la que actúa sobre la otra, poniéndola en movimiento. Sin embargo, sabemos muy bien que como resultado del choque, la bola que se ha lanzado cambia la dirección del movimiento que llevaba, e incluso a veces se detiene bruscamente,

quedando en reposo. Este cambio en su movimiento indica que sobre ella también se ha ejercido una fuerza por parte de la bola que estaba en reposo. Se ha producido, pues, una acción de la bola lanzada sobre la que estaba en reposo y viceversa. En otras palabras, ha tenido lugar una acción mutua, una *interacción* entre ellas.

Una característica esencial de las fuerzas es que *no existen aisladamente*, sino siempre en parejas.

A 2.72 Describe situaciones de la vida cotidiana en que se ponga de manifiesto la conclusión anterior.

Cabe preguntarse: ¿Serán de igual magnitud las fuerzas ejercidas mutuamente entre dos cuerpos? Es difícil responder esta pregunta. Newton investigó la cuestión y llegó a una conclusión que llamó *tercera ley del movimiento*, de la cual damos una versión a continuación:

Si un cuerpo A ejerce una fuerza sobre otro B, entonces, el cuerpo B ejercerá una fuerza sobre el A, de igual valor, pero de sentido contrario.

A 2.73 Entre dos carritos iguales, situados juntos sobre una mesa, hay un resorte comprimido. Cuando el resorte se libera, los carritos se ponen en movimiento y alcanzan iguales velocidades. Analiza el experimento descrito desde el punto de vista de la tercera ley de Newton.

A 2.74 Si uno de los carritos del experimento anterior tiene mayor masa que el otro, entonces, al liberar el resorte adquieren velocidades diferentes. Discute la posibilidad de que en este caso, las fuerzas ejercidas mutuamente entre ellos sean de igual valor.

A 2.75 ¿Qué papel desempeña la tercera ley del movimiento cuando caminamos o corremos?

2.3.6 Presión de los cuerpos

Por simplicidad, la fuerza ejercida sobre un cuerpo, generalmente, se representa como una flecha única, pese a que en realidad ella está siempre *distribuida* sobre alguna porción del cuerpo, por ejemplo, la fuerza de rozamiento que se ejerce en toda la extensión de la superficie de roce entre dos cuerpos. En este caso la fuerza es paralela a la superficie. Sin embargo, ella también puede ejercerse perpendicularmente u oblicuamente a dicha superficie. Tal es el caso de la fuerza que un bloque ejerce sobre la superficie de apoyo (fig. 2.12).

A 2.76 Ilustra mediante ejemplos el hecho de que toda fuerza aplicada es, en realidad, una fuerza distribuida a través de la superficie o volumen del cuerpo.

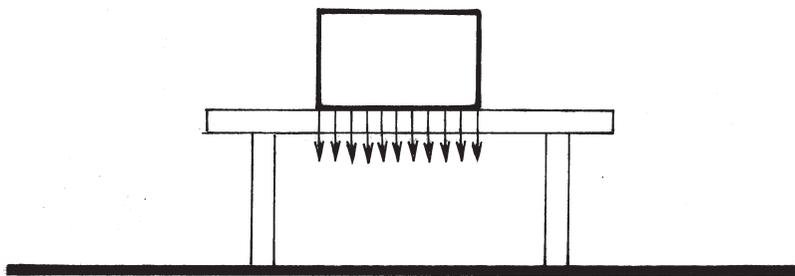


Fig. 2.12 La fuerza que el bloque ejerce sobre la mesa está distribuida por toda la superficie de apoyo.

Presión es el concepto que caracteriza la *fuerza distribuida* sobre determinada superficie, ejercida *perpendicularmente* a dicha superficie. Cuanto mayor sea la fuerza aplicada y menor el área en la que está distribuida, mayor será la presión.

A 2.77 Se tiene un bloque apoyado sobre una superficie. Compara la fuerza de gravedad sobre el bloque y la presión ejercida sobre la superficie en dos situaciones: a) la superficie en la que se apoya el cuerpo es horizontal y b) la superficie está inclinada. Argumenta tu respuesta.

La distribución de las fuerzas en determinada área, y por tanto, el concepto de presión, es esencial en las interacciones que intervienen líquidos y gases, como veremos en el próximo capítulo. Pero también tiene importancia en algunos casos de interacciones entre cuerpos sólidos, por ejemplo, mientras más grande sea una edificación, y en consecuencia la fuerza ejercida por ella sobre el suelo, mayor deberá ser el área de los cimientos; los instrumentos de corte se afilan para que la fuerza ejercida se distribuya en un área menor; etcétera.

A 2.78 Describe los dos ejemplos mencionados en el párrafo anterior, utilizando el término “presión”.

A 2.79 Menciona situaciones diferentes a las referidas en el texto, en las cuales sea importante la presión ejercida por los cuerpos.

A 2.80 ¿Cuál de las dos partes de un pico se utiliza para romper una parte dura del terreno con más facilidad? Argumenta tu respuesta utilizando el concepto de presión.

A 2.81 Explica, utilizando el concepto de presión, por qué es más cómodo sentarse o acostarse sobre superficies blandas que, por ejemplo, en el suelo.

Para conocer la presión sobre cierta superficie, puede utilizarse la ecuación $P = F/A$, donde F es la fuerza distribuida en la superficie, ejercida perpendicularmente sobre ella, y A , el área de dicha superficie.

La unidad fundamental de presión se denomina *pascal* (Pa), en honor a Blaise Pascal (1623-1662). Una presión de 1 Pa es relativamente pequeña, corresponde a una fuerza de 1 N ejercida perpendicularmente y distribuida sobre una superficie de 1 m²; es, aproximadamente, la que ejerce una hoja de papel corriente sobre una superficie horizontal en la que se apoya.

A 2.82 Diseña y lleva a cabo una actividad para comprobar que, como se expresa en el texto, la presión ejercida por una hoja de papel corriente sobre la porción de la superficie horizontal en que se apoya es, aproximadamente, 1 Pa. ¿Cuáles son las principales fuentes de incertidumbre en el resultado obtenido? ¿Cuál será la presión ejercida sobre la mesa por un cuadrado de 1 cm de lado del mismo papel?

A 2.83 Intenta estimar la presión ejercida por los cuerpos en los casos siguientes: a) una persona sobre el piso en el cual está de pie, b) las zapatas de cierta edificación sobre el suelo, c) una tenaza al cortar un trozo de metal.

2.4 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. Confecciona un cuadro sinóptico con los distintos tipos de movimiento analizados.
5. Resume las principales características de las fuerzas.
6. ¿Está la mesa del profesor en reposo o en movimiento?
7. ¿Cómo explicarías los “amaneceres” y “atardeceres” teniendo en cuenta lo estudiado acerca del movimiento? Elabora un dibujo esquemático para apoyar tu explicación.
8. Varios niños van sentados en la cama de un camión que se mueve a velocidad constante por una carretera. Uno de los niños lanza hacia arriba una pelota, la que vuelve a caer en sus manos. a) Describe el movimiento de la pelota visto por otro niño que va sentado en la cama del camión. b) Describe el movimiento de la pelota visto por una persona que se encuentra en el borde de la carretera.
9. Realiza una representación del movimiento de la Luna respecto a la Tierra (un alumno puede representar a la Tierra y otro simular el movimien-

to de la Luna). ¿Es el movimiento de la Luna respecto a la Tierra de traslación o rotación?

10. Observa un reloj pulsera y determina aproximadamente el valor de la velocidad de: a) el extremo del segundero, b) el extremo del minutero. Compara este último valor con el que aparece en la tabla 2.4.
11. ¿Por qué cuando tiene lugar una descarga eléctrica atmosférica (rayo) generalmente primero vemos el relámpago y luego escuchamos el trueno? ¿En qué caso percibimos el relámpago y el trueno simultáneamente?
12. Un camión que transporta aceite tiene en el contenedor un pequeño agujero por el que caen gotas al pavimento. La figura 2.13 muestra el esquema de la disposición de las gotas en dos tramos del recorrido del camión. ¿Qué tipo de movimiento tenía el camión en cada caso? ¿Puede conocerse en qué sentido se estaba moviendo?

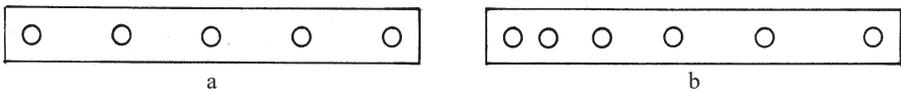


Fig. 2.13 Actividad 12.

13. La figura 2.14 muestra la gráfica de posición-tiempo correspondiente a un cuerpo que se lanzó verticalmente hacia arriba. a) ¿Qué tiempo demoró en hacer el recorrido completo de ida y vuelta? b) ¿Cuál es la altura máxima alcanzada y el tiempo que demoró en llegar a ella? c) ¿Cómo sería el gráfico de un cuerpo que se deja caer desde esa altura? d) Determina, aproximadamente, la velocidad del cuerpo en los primeros 50 cm después de lanzarlo.

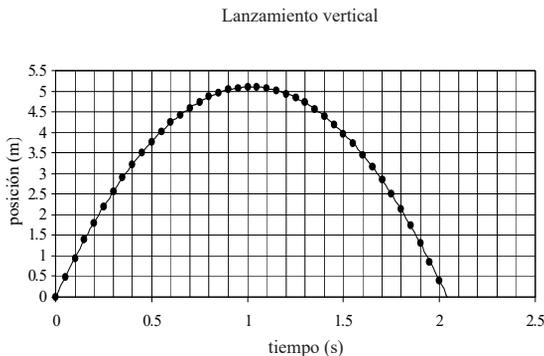


Fig. 2.14 Actividad 13.

14. ¿Qué tipo de movimiento tiene una pelota que es lanzada verticalmente hacia arriba y luego retorna nuevamente a la mano?
15. ¿Qué distancia aproximada recorre la Tierra alrededor del Sol en 1 minuto? ¿Qué distancia aproximada recorren cada minuto, debido a la rotación de la Tierra, las personas que viven cerca del ecuador. ¿Por qué los resultados obtenidos son necesariamente aproximados?
16. ¿Qué tiempo demorará una señal de radio enviada desde la Tierra en llegar a: a) la Luna (la Luna se encuentra a unos 400 000 km de la Tierra), b) Marte (considera que Marte se encuentra a 100 millones de kilómetros de la Tierra)? ¿Por qué los resultados obtenidos tienen que ser considerados aproximados? ¿Qué dificultades pudieran existir para teledirigir un robot que se mueva en la superficie de Marte?
17. Durante el entrenamiento un atleta corrió 100 m en 10 s. Al regresar del centro de entrenamiento a su casa, que está a 3 km, lo hizo en bicicleta y demoró 10 min. ¿En qué caso su velocidad fue mayor? Justifica tu respuesta mediante los cálculos correspondientes. ¿Qué suposiciones has tenido que hacer para resolver el problema? (Concurso provincial de Ciudad Habana, 1999).
18. Las ciudades de Pinar del Río y Santa Clara están situadas sobre un mismo paralelo terrestre. La distancia entre ellas, medida sobre el paralelo, es de aproximadamente 400 km. Se sabe que debido a la rotación de la Tierra sobre su eje, estas ciudades se mueven a unos 0,45 km/s. Cierta día los habitantes de la ciudad de Santa Clara vieron salir el Sol a las 6: 00 de la mañana, ¿a qué hora aproximada lo habrán visto salir ese día los pinareños?(Concurso provincial de Ciudad Habana, 1999).
19. ¿Por qué cuando vamos en un ómnibus y este frena bruscamente nos vamos hacia adelante?
20. Coloca en un extremo de la mesa una hoja de papel, de manera que sobresalga una parte del borde de la mesa. Encima de la hoja sitúa una moneda. Tira bruscamente del papel. ¿Qué le sucede a la moneda? ¿Por qué?
21. Se dejan caer simultáneamente desde una misma altura dos cuerpos, uno de 10 g y otro de 20 g. ¿Llegarán simultáneamente al suelo? Argumenta tu suposición, utilizando los conceptos de fuerza e inercia. Diseña y realiza un experimento para contrastar tu hipótesis.
22. Una balanza tipo pesacartas indica que la masa de cierto cuerpo es 100 g. ¿Indicaría lo mismo la balanza en la Luna? Argumenta tu respuesta.

23. Analiza la influencia que pudiera tener la fuerza de gravitación en características de los sistemas celestes tales como: a) la forma aproximadamente esférica de los cuerpos celestes de gran masa, b) la no desintegración de las estrellas, por ejemplo, del Sol, a pesar de ser esferas “gaseosas” en que tienen lugar gigantescas explosiones, c) el agrupamiento de miles de millones de estrellas en galaxias y el de estas en conglomerados de galaxias.
24. Describe algunas de las medidas que se toman para disminuir la fricción cuando esta resulta perjudicial.
25. Argumenta la importancia de la fuerza de rozamiento para poner en movimiento y variar la dirección de los medios de transporte cotidianos.
26. Sobre una pelota lanzada cerca de la superficie de la Tierra, así como sobre la Luna y los satélites artificiales de la Tierra actúa la fuerza gravitatoria de esta. De acuerdo con la tercera ley del movimiento, esas fuerzas deben tener una pareja. ¿Cuál es esa pareja?
27. Un camión de 10 000 kg choca de frente, ligeramente, contra un automóvil cuya masa es de sólo 1 000 kg. De acuerdo con la tercera ley del movimiento ambos vehículos ejercen fuerzas de igual valor uno sobre el otro. Sin embargo, el chofer del automóvil recibe mucho más daño que el del camión. ¿Cómo se explica esto?
28. ¿Qué papel desempeña la tercera ley del movimiento cuando saltamos?
29. Dos equipos A y B tiran de una cuerda uno por cada extremo. El equipo A vence al B. ¿Significa esto que la fuerza que ejerció el equipo A es mayor que la que ejerció el equipo B? ¿De qué depende el éxito en la competencia?

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 periodos 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.

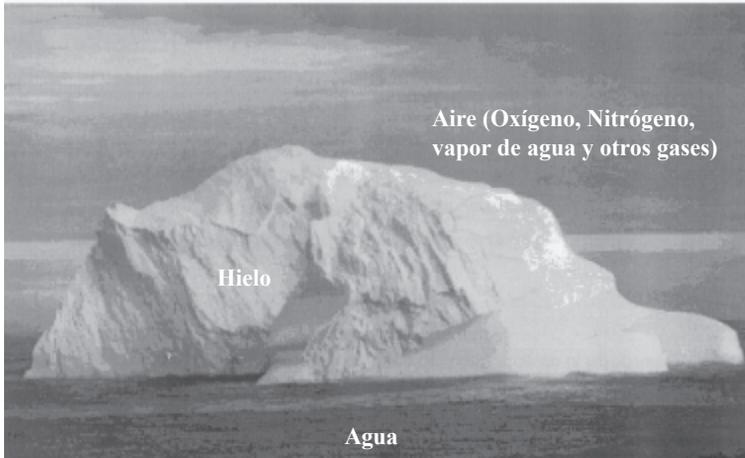


Fig. 3.2 ¿Qué propiedades asemejan y diferencian entre sí: al iceberg, al agua en que está sumergido y al aire que lo rodea?

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.

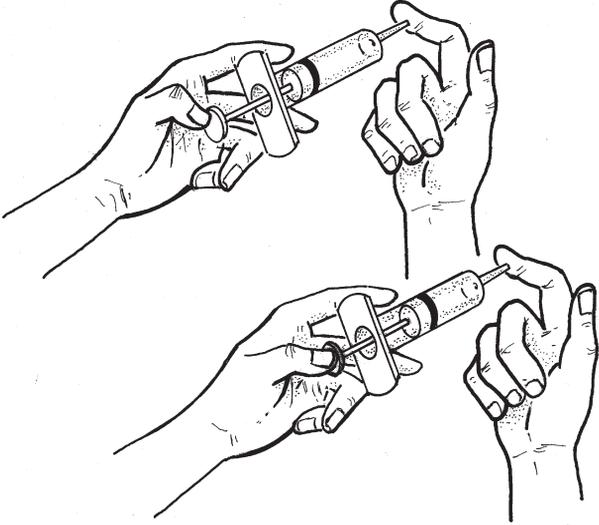


Fig. 3.3 Experiencia que pone de manifiesto la existencia de que los gases ocupan un cierto volumen.

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.

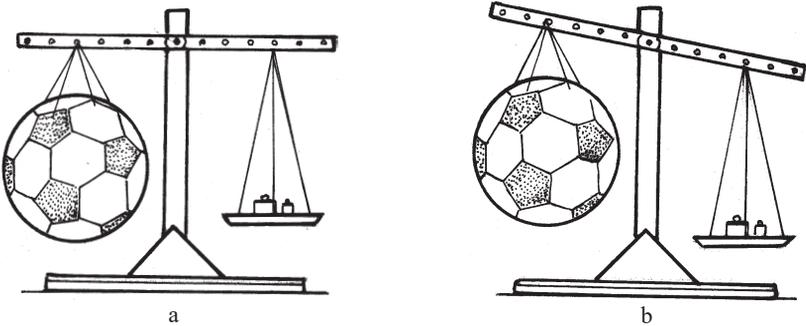


Fig. 3.4 Representación esquemática de la experiencia que pone de manifiesto que los gases tienen masa: a) el balón está lleno de aire, b) se ha dejado escapar el aire del balón.

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 cm³ 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 cm³ 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 ρ (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 ³	Valores aproximados g/cm ³
Espacio interestelar	10 ⁻²⁰	10 ⁻²³
Alto vacío en el laboratorio	10 ⁻¹⁷	10 ⁻²⁰
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 ¹¹	1 · 10 ⁸
Núcleo del átomo de Uranio	3 · 10 ¹⁷	3 · 10 ¹⁴
Estrella de neutrones (núcleo)	10 ¹⁸	10 ¹⁵
Agujero negro	10 ¹⁹	10 ¹⁶

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).

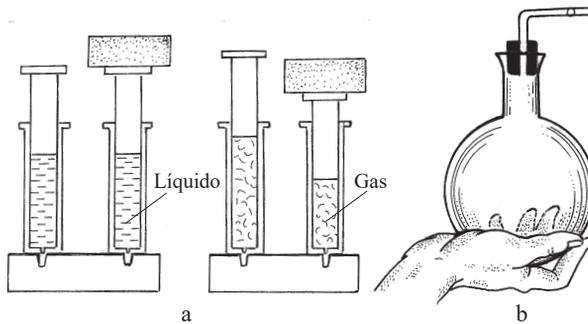


Fig. 3.5 a) Los líquidos no modifican su volumen fácilmente, en tanto que los gases sí, por ejemplo, al comprimirlos. b) El calentamiento producido por la mano dilata el aire en el balón y hace que la gota de agua en el tubo se desplace.

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.

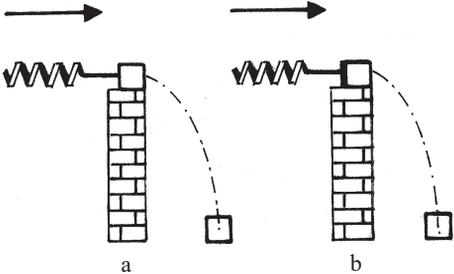


Fig. 3.7 El efecto producido por los resortes es el mismo en a y b pese a que las áreas de contacto entre los cuerpos son muy distintas.

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.

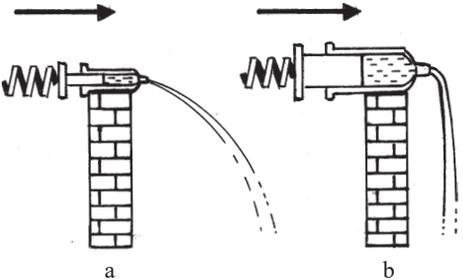


Fig. 3.8 En las situaciones a y b, la fuerza ejercida por el émbolo es la misma; no obstante, el efecto producido es muy distinto.

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.

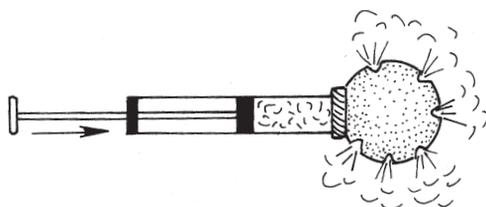


Fig. 3.9 Experimento con el globo de Pascal: Los líquidos y gases transmiten la presión ejercida por ellos en todas direcciones.

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).

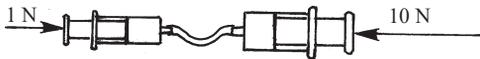


Fig. 3.11 Los líquidos y gases, al transmitir la presión, permiten “amplificar” las fuerzas.

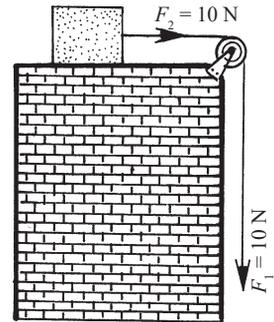


Fig 3.12 La fuerza aplicada a la cuerda se transmite al cuerpo.

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*.

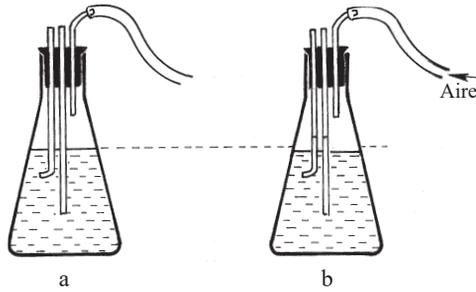


Fig. 3.13 Experimento que evidencia el hecho de que los líquidos transmiten la presión en todas direcciones conservando su valor.

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.

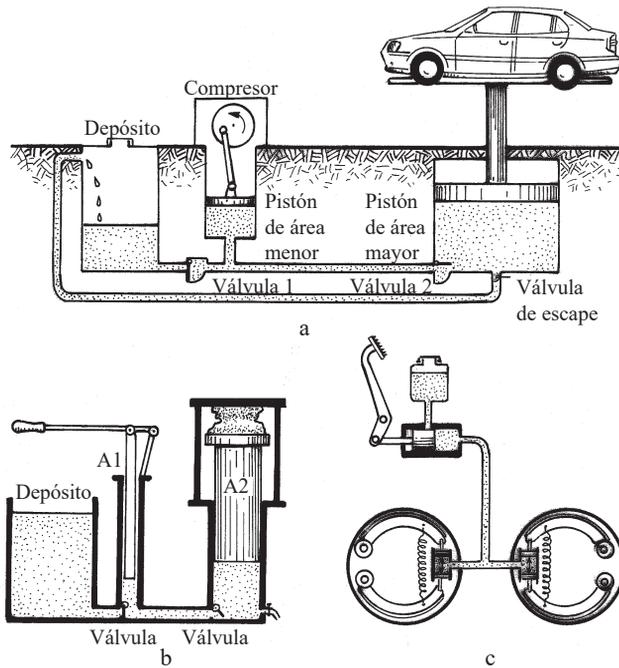


Fig. 3.14 a) Elevador hidráulico. b) Prensa hidráulica. c) Freno hidráulico.

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 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.

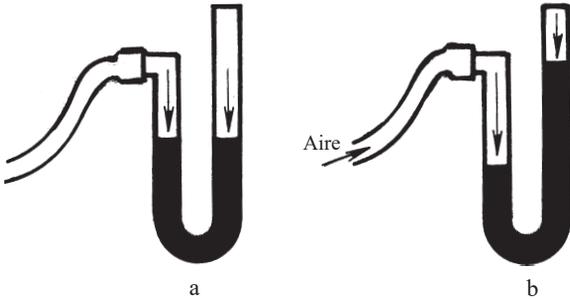


Fig. 3.15 Manómetro.

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 m². 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 m², 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?

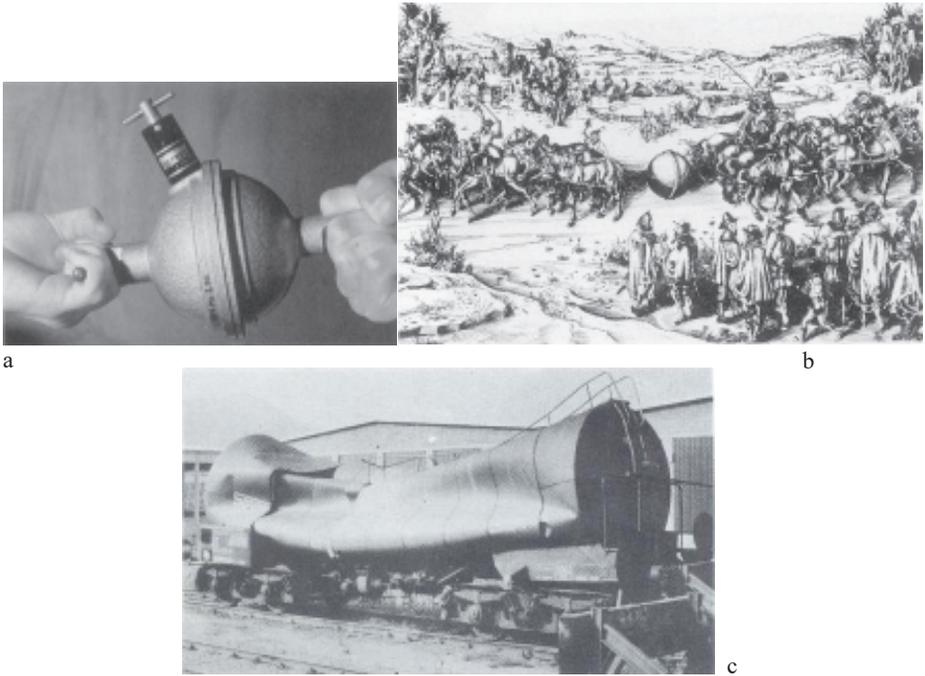


Fig. 3.16 a) Hemisferios para demostrar la existencia de la presión atmosférica. b) Experimento realizado por Otto Guericke para demostrar la existencia de la presión atmosférica. c) La presión atmosférica fue capaz de provocar la destrucción del carro cisterna.

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.

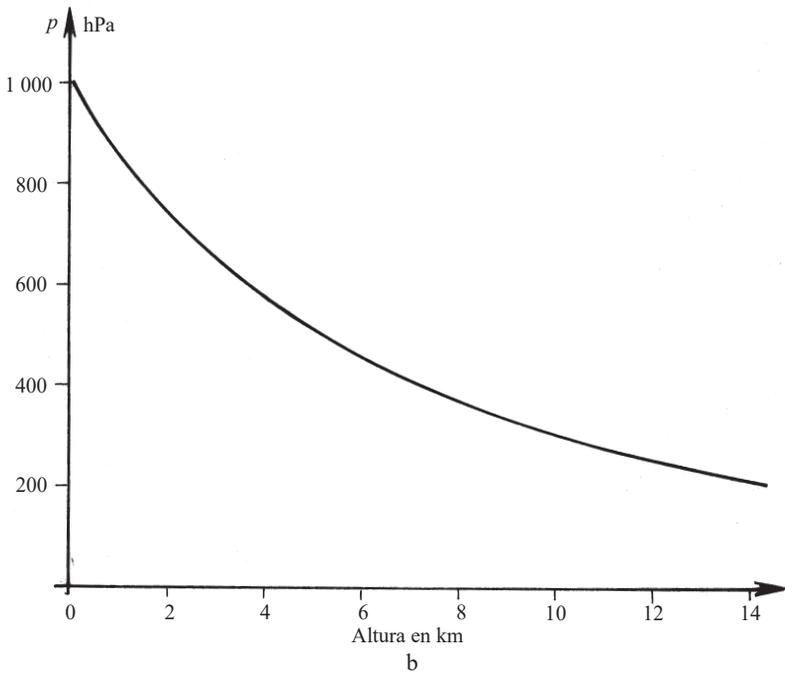
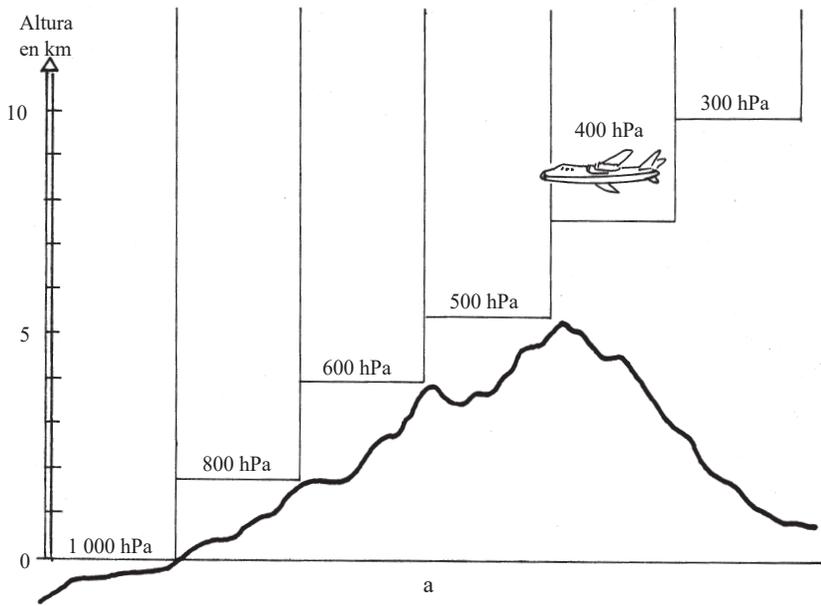


Fig. 3.17 La presión atmosférica disminuye con la altura.

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).

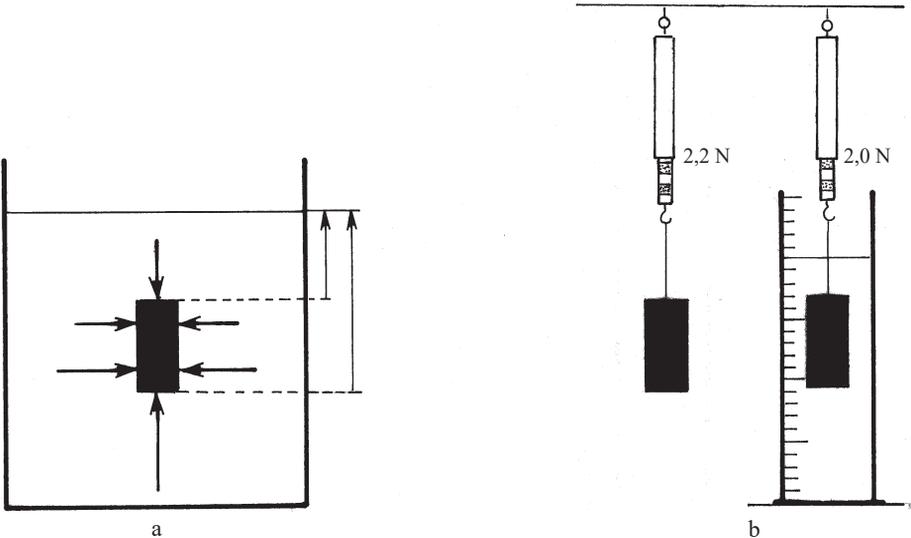


Fig. 3.18 Esquemas que ilustran el origen de la fuerza de empuje.

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.

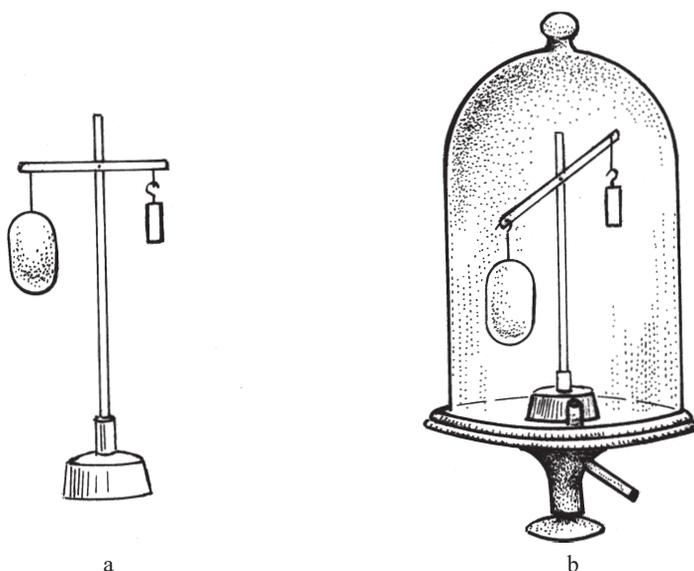


Fig. 3.19 Experimento que demuestra la existencia de la fuerza de empuje ejercida por los gases.

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.

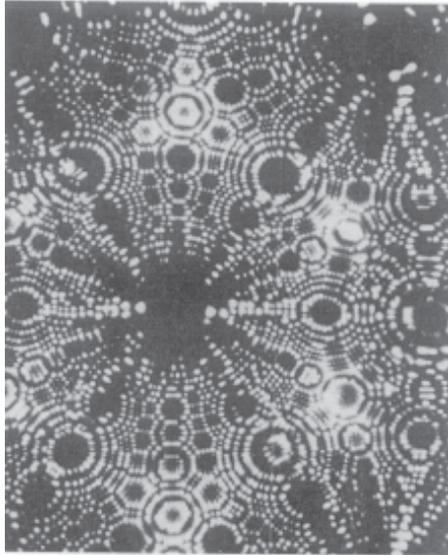


Fig. 3.20 Fotografía de los átomos de la superficie de un cristal de tungsteno.

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?

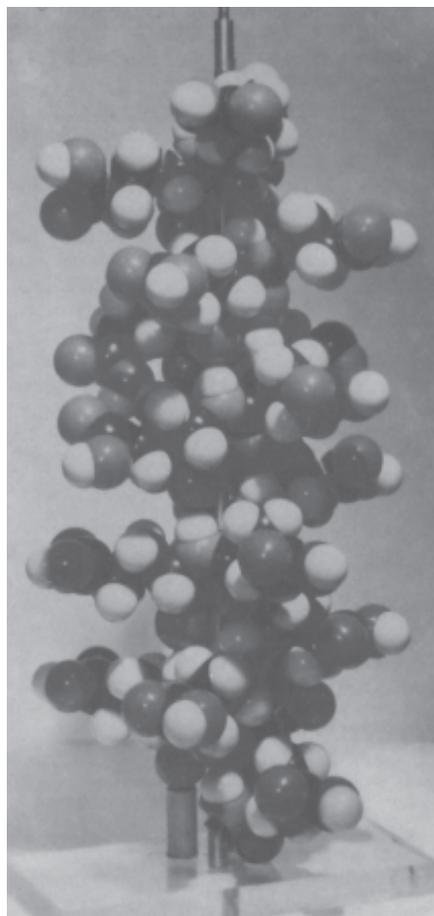
A 3.77 Calcula, aproximadamente, cuántas veces mayor es la masa de un átomo de Uranio comparada con la de un átomo de Hidrógeno.

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).

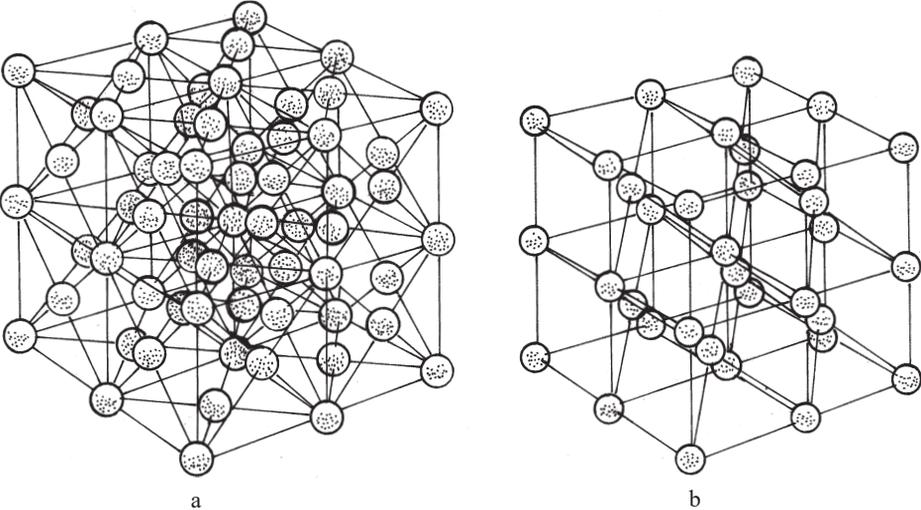


Fig. 3.22 a) Estructura del oro. b) Estructura del uranio.

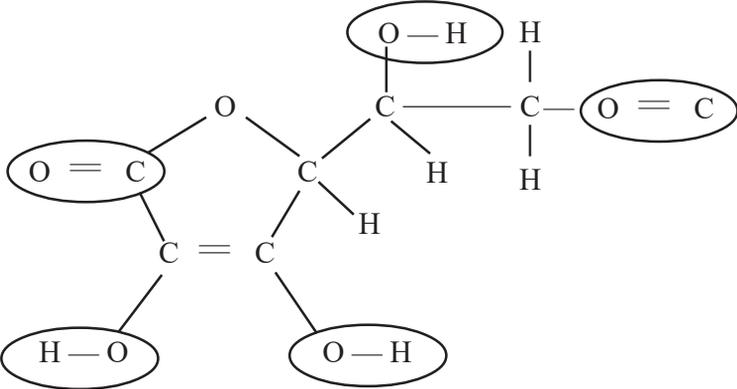


Fig. 3.23 Estructura de la vitamina C.

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.

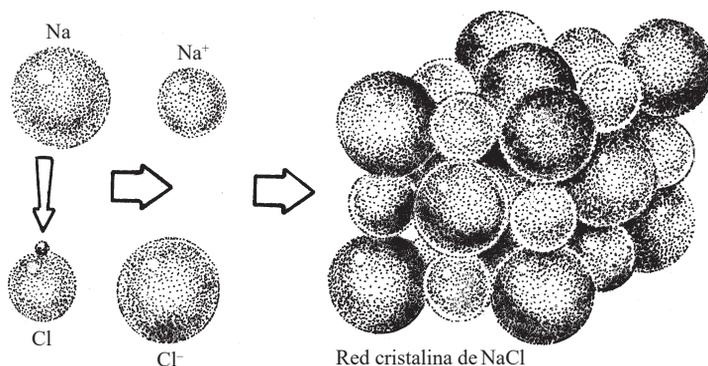


Fig. 3.24 Modelo de la estructura del cloruro de sodio (enlace iónico).

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).

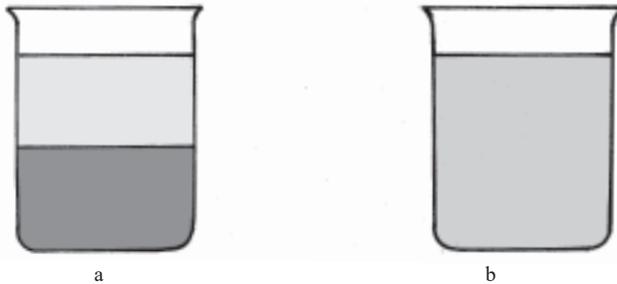


Fig. 3.25 Difusión.

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?

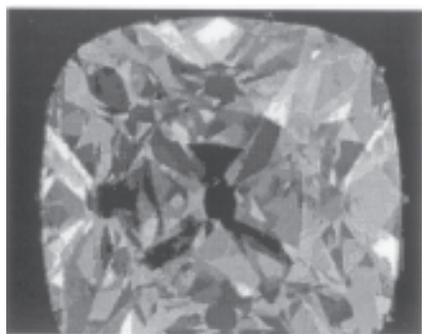
A 3.105 Calcula, aproximadamente, cuántas veces mayor es la densidad del agua que la del vapor de agua. ¿Cómo se explica esa diferencia de densidades desde el punto de vista de la estructura de los cuerpos?

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?

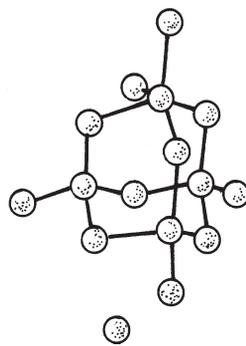
A 3.107 Menciona los elementos de la estructura interna de los cuerpos que determinan la densidad de ellos.

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



a



b

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

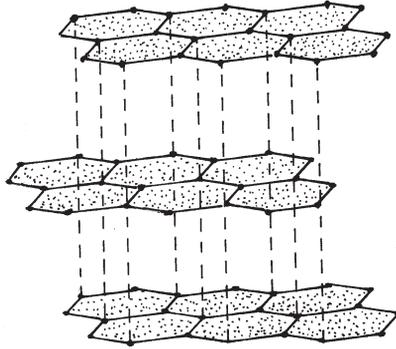


Fig. 3.27 Estructura del grafito.

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.

Capítulo 4

ENERGÍA, SU UTILIZACIÓN, TRANSMISIÓN Y OBTENCIÓN



Fig. 4.1 ¿Será posible utilizar unos pocos conceptos para describir cambios, independientemente de la naturaleza de ellos?

4.1 Introducción

En los epígrafes 1.2.1 y 1.2.2 del primer capítulo y en el capítulo anterior, hemos visto que todos los cuerpos conocidos del universo –desde los átomos hasta los cuerpos celestes– tienen su origen en el agrupamiento en distintas proporciones y formas de protones, electrones y neutrones. Estos dan lugar a los 92 elementos que, a su vez, forman los más de 4 millones de sustancias, naturales y artificiales, actualmente conocidas y los tres estados de agregación en que se hallan los cuerpos en nuestro planeta. De este modo, con unos pocos conceptos –protón, electrón y neutrón, molécula y átomo– puede ser descrita la estructura de numerosos sistemas, así como explicadas muchas de sus propiedades. A su vez, en el segundo capítulo, al estudiar un tipo particular de cambio, el movimiento, nos planteamos la pregunta: ¿Será posible formular algunos pocos conceptos e ideas que permitan explicar la gran variedad de movimientos que existe (epígrafe 2.3)? La respuesta fue afirmativa. Como vimos, esos conceptos son fuerza y masa, y las ideas, las leyes de Newton.

Así, tras una enorme diversidad de sistemas y movimientos hemos encontrado cierta unidad. Motivados por ello, intentaremos ahora ir más allá. Extenderemos la pregunta planteada en relación con el movimiento mecáni-

co a otros cambios: *¿Será posible utilizar unos pocos conceptos e ideas para describir los cambios, independientemente de la naturaleza de ellos?*

A 4.1 Confecciona un listado de cambios que tienen lugar en nuestro planeta, naturales y producidos por los seres humanos, que consideres de importancia para la vida del hombre. Indica, en cada caso, qué es lo que cambia. ¿Habrá algo en común en los orígenes de dichos cambios?

En nuestro derredor tienen lugar modificaciones de muy diversa índole: variaciones de temperatura, formación de vientos, cambios de los estados de agregación de los cuerpos, elaboración de alimentos, transformación y producción de materiales, empleo de múltiples equipos, etc. Pese a la diferente naturaleza de estos cambios, el origen de todos ellos, frecuentemente, lo asociamos con la palabra *energía*.

A 4.2 Ilustra mediante ejemplos concretos los cambios mencionados en el párrafo anterior del texto. Argumenta la afirmación de que el origen de los cambios está frecuentemente asociado a la palabra *energía*.

En efecto, en todos los cambios se pone en juego *energía*. Ella proviene del Sol, de los combustibles habituales, de los combustibles nucleares, del agua que se encuentra almacenada en las represas, de las reacciones químicas en el interior de pilas y baterías, de los alimentos que consumimos y el oxígeno del aire que respiramos, etc. Si no fuese por la *energía* que de muy diversas formas y diariamente se pone en juego, cesaría toda actividad de la sociedad, desaparecería la vida, finalizaría todo cambio en nuestro planeta.

A 4.3 Desarrolla los ejemplos citados en el párrafo anterior del texto, relativos al origen de la *energía*.

A 4.4 Argumenta la importancia que tiene el tema de la *energía* en la vida diaria y para la humanidad.

A 4.5 Apoyándote en las cuestiones anteriormente discutidas, plantea preguntas en las que, en tu opinión, sería de interés profundizar durante el estudio del tema de la *energía*.

Después de reflexionar sobre los cambios y la *energía*, otras veces los estudiantes han considerado que sería de interés profundizar en cuestiones como las siguientes:

¿Qué es energía? ¿En qué época surgió y se desarrolló dicho concepto? ¿Cuáles son los tipos principales de energía? ¿Cómo se utiliza? ¿Cómo se transmite? ¿De qué modo se obtiene? ¿Cómo ahorrar energía? ¿Cuáles son sus principales fuentes?

A 4.6 Indaga sobre la época en que se elaboraron las principales ideas acerca de la *energía* y sobre los científicos que las desarrollaron.

4.2 Energía y sus formas principales

A 4.7 Intenta dar una respuesta inicial a la primera de las preguntas planteadas: ¿Qué es energía?

Resulta difícil expresar lo que es energía en unas pocas palabras. No obstante, teniendo en cuenta las situaciones analizadas anteriormente, pudiéramos decir que:

El concepto de *energía* caracteriza la capacidad de los sistemas para cambiar las propiedades de otros sistemas, o las suyas propias. Mientras mayor sea el cambio producido, mayor será la energía puesta en juego.

A 4.8 Ilustra detalladamente, mediante ejemplos concretos, la caracterización de energía dada en el texto.

A lo largo del capítulo iremos enriqueciendo esta idea inicial acerca de lo que es energía. Por ahora, puntualicemos lo siguiente: La energía se pone de manifiesto a través de los cambios, pero si un sistema no origina transformaciones, no significa que no posea energía. Esto se hace evidente, por ejemplo, en los combustibles, los cuales pueden producir cambios o no en dependencia de cómo los utilizemos. A principios del siglo xx, Einstein demostró que, en realidad, cualquier cuerpo tiene una colosal cantidad de energía, solo que la mayor parte de ella no suele ponerse de manifiesto.

4.2.1 Diferentes formas de energía

A 4.9 Reflexiona acerca de la capacidad de los sistemas para producir cambios. Intenta identificar unas pocas variedades o formas en que se presenta dicha capacidad (formas de energía).

Al analizar detenidamente el origen de múltiples cambios, podemos concluir que la capacidad de los sistemas para producirlos, o energía, se presenta en algunas formas básicas. Una de ellas está relacionada con el movimiento de los cuerpos y, por consiguiente, se denomina *energía de movimiento* o, más comúnmente, *energía cinética* (E_c). En efecto, todo cuerpo que está en movimiento respecto a otros, tiene la capacidad de provocar alteraciones en ellos (fig. 4.2).

A 4.10 Ilustra mediante ejemplos la realización de cambios provocados por el movimiento de unos cuerpos respecto a otros.

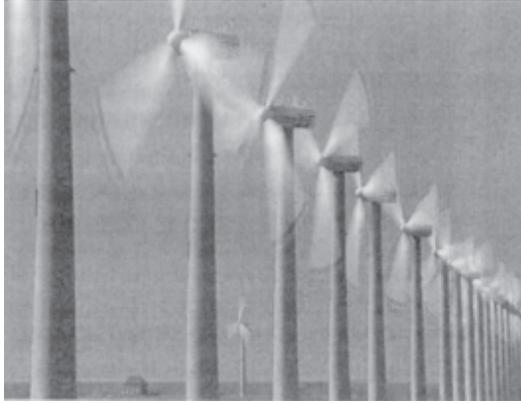


Fig. 4.2 Generación de electricidad aprovechando la energía cinética de los vientos.

A 4.11 ¿Puede determinado cuerpo poseer energía cinética respecto a unos cuerpos y no poseerla respecto a otros? Argumenta tu respuesta.

A 4.12 Indaga acerca del origen y significado del término “cinético”.

A 4.13 De qué magnitudes dependerá la energía cinética de los cuerpos. Ilustra tus suposiciones mediante ejemplos de la vida. Planifica y lleva a cabo alguna actividad práctica para apoyar dichas suposiciones.

Señalemos que la energía cinética está asociada no solo al movimiento de los cuerpos como un todo, sino también al movimiento de las partes o elementos que lo constituyen. Por ejemplo, mientras mayor sea la temperatura de un cuerpo, o lo que es lo mismo, a mayor energía cinética promedio de los átomos y moléculas que lo forman, mayores serán las transformaciones que dicho cuerpo puede provocar en otros.

A 4.14 Argumenta la afirmación de que mientras mayor sea la velocidad de los átomos y moléculas que forman un cuerpo, mayores serán los cambios que puede originar.

Hay situaciones en que un objeto está en reposo respecto a otro y, a partir de determinado momento, uno de ellos, o los dos, adquieren cierta velocidad, poniendo así de manifiesto que poseían energía o capacidad para producir cambios, en forma latente o potencial (fig. 4.3). El caso más común de esto es el de un cuerpo que sostenemos a cierta altura sobre el suelo. Basta con que lo soltemos para que adquiera cierta velocidad, e incluso se produzcan otras modificaciones, en el aire que lo circunda, en sí mismo y en el cuerpo con el que choca. Otro ejemplo de lo anterior, es el de un arpón en una pistola de caza submarina que está lista para disparar. Cuando se acciona el disparador, el arpón adquiere cierta velocidad y la pistola experimenta un retroceso, lo cual evidencia que

poseían energía. Esta segunda forma de energía, que tiene su origen en las fuerzas ejercidas entre dos o más objetos, se llama *energía potencial* (E_p). Ella depende de dos factores: las fuerzas entre los cuerpos y las separaciones de ellos.

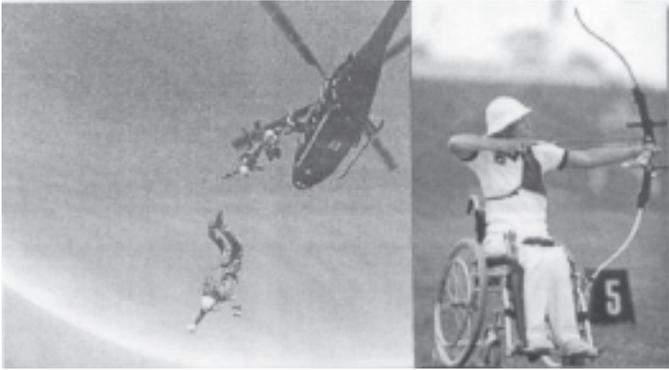


Fig. 4.3 Energía potencial debida a la interacción entre: a) un paracaidista y la Tierra; b) un arco y una flecha.

A 4.15 Ilustra mediante ejemplos, la realización de cambios a partir de la energía potencial de dos o más cuerpos.

A 4.16 ¿Puede un conjunto de dos o más cuerpos que no interactúan entre sí poseer energía potencial? Argumenta tu respuesta.

A 4.17 Un tipo de energía potencial es la energía potencial “gravitatoria”, es decir, debido a la interacción de los cuerpos con la Tierra. ¿De qué magnitudes dependerá dicha energía? Ilustra tus suposiciones mediante ejemplos de la vida. Planifica y lleva a cabo alguna actividad práctica a fin de apoyar dichas suposiciones.

Como sabes, los átomos y moléculas que constituyen los cuerpos están en permanente movimiento, pero también se atraen entre sí. Por eso, además de energía cinética, tienen energía potencial. Puesto que entre los protones y neutrones que integran los núcleos de los átomos, también se ejercen fuerzas de atracción; ellos igualmente poseen energía de interacción. Son precisamente partes de esas energías las que se ponen en juego al “quemar” combustibles habituales y nucleares.

Hemos visto que los cuerpos como un todo pueden tener energía cinética y energía de interacción y, además, que también poseen energía asociada a las moléculas y átomos que los constituyen. Para diferenciar la energía del cuerpo como un todo de la que poseen sus moléculas y átomos, a esta última se le denomina *energía interna*.

A 4.18 Detalla de qué se compone la energía interna de los cuerpos.

La otra forma básica en que se manifiesta la energía es la *radiación*. Un ejemplo de ella, sumamente importante para la vida en nuestro planeta, es la energía de la radiación solar. Como sabes, la radiación procedente del Sol se propaga por el espacio cósmico en todas direcciones e incide sobre los cuerpos celestes, entre ellos nuestro planeta, provocando importantes cambios (fig. 4.4). En realidad, la mayoría de los cambios que han ocurrido y ocurren en la Tierra, ya sean naturales o artificiales, tienen su origen último en la energía de la radiación solar: las variaciones de temperatura a lo largo del año, la evaporación del agua para luego caer en forma de lluvia, la formación de los vientos, la fotosíntesis de las plantas, la formación de los combustibles fósiles (petróleo, gas, carbón, madera), el empleo de paneles solares, etc. Otros ejemplos de radiaciones, que también producen cambios de suma importancia para el hombre, son: las señales de radio y televisión, las radiaciones láser, los rayos X y los rayos gamma. Todas ellas son portadoras de energía y tienen la capacidad de producir cambios.



Fig. 4.4 La radiación solar provoca innumerables cambios, por ejemplo, en las plantas, en nuestra piel, en los productos en un secador.

A 4.19 Argumenta la idea de que, incluso, la energía eléctrica que utilizamos diariamente procede de la radiación del Sol.

A 4.20 Describe algunos de los cambios que provocan radiaciones como: las señales de radio y televisión, las radiaciones láser, los rayos X y los rayos gamma.

A 4.21 Resume en un esquema o cuadro sinóptico, las formas básicas en que se presenta la capacidad para producir cambios, o energía.

4.2.2 Cálculo de la energía cinética y de la energía potencial gravitatoria

Como ya sabes, la capacidad de los cuerpos para provocar cambios debido a su movimiento, es decir, la energía cinética de ellos, depende de

dos magnitudes: velocidad y masa. En efecto, los científicos calculan la energía cinética de un cuerpo respecto a otro mediante la ecuación $E_c = \frac{1}{2} mv^2$, donde m es su masa y v , el valor de su velocidad relativa al cuerpo tomado de referencia. Por medio de la ecuación anterior, podemos determinar, por ejemplo, nuestra energía cinética relativa al suelo cuando caminamos. Así, para una persona de 70 kg que camina con velocidad de 1 m/s tenemos: $E_c = \frac{1}{2} \cdot 70 \text{ kg} \cdot 1 \text{ m}^2/\text{s}^2 = 35 \text{ joule}$ (35 J). El *joule* es una de las unidades más comúnmente empleadas para expresar cantidades de energía. Se denomina así en honor al físico británico James Prescott Joule (1818-1889), quien realizó trabajos fundamentales relacionados con la energía. Para obtener el resultado en *joule* se requiere expresar la masa en *kilogramo* y la velocidad en *metros sobre segundo*.

A 4.22 Calcula las energías cinética respecto al suelo de: a) un ciclista común, b) un corredor de 100 m de alto rendimiento, c) un auto que se mueve por una carretera. Compara dichos valores de energía con el de una persona que camina normalmente.

A 4.23 Determina la energía cinética de una pelota en un lanzamiento habitual de un pitcher.

Los átomos y moléculas que forman los cuerpos están en movimiento y, por tanto, poseen energía cinética. La masa de estas partículas es muy pequeña, debido a lo cual la energía cinética que por término medio le corresponde a cada una, también es muy pequeña. Pero el número de átomos o moléculas en los cuerpos es tan grande, que la energía cinética *total* es considerable. Por ejemplo, en condiciones habituales la energía cinética total de las moléculas contenidas en un litro de aire es, aproximadamente, 170 J. Este valor aumenta con el ascenso de la temperatura y disminuye con su descenso.

A 4.24 En un litro de aire, para cada uno de los gases que lo integran, las moléculas tienen, en promedio, la misma energía cinética total. Considerando esto, razona por qué las moléculas de oxígeno poseen, en promedio, menor velocidad que las de hidrógeno.

En el subepígrafe anterior vimos que la energía potencial de dos o más objetos depende de dos factores: *fuerzas* y *separaciones* entre ellos. Un ejemplo de esto es la energía potencial del sistema formado por la Tierra y un cuerpo cerca de su superficie, la cual habitualmente se calcula mediante la ecuación $E_p = mgh$, donde m es la masa del cuerpo, g , la intensidad de la gravedad y h , la altura del cuerpo sobre la superficie de la Tierra. El producto mg representa, como ya conoces, la fuerza entre el cuerpo y la Tierra, y h es la distancia que lo separa de la superficie de esta. Cuando la masa del

cuerpo se expresa en kilogramo y la distancia a la superficie de la Tierra en metro, el resultado se obtiene en *joule*.

A 4.25 Calcula la energía potencial gravitatoria de una persona que trabaja, a cierta altura, en un poste de la red eléctrica.

A 4.26 Compara la energía potencial gravitatoria correspondiente a un cuerpo situado a cierta altura sobre la superficie de la Tierra, con dicha energía en caso que el cuerpo se encontrara a la misma altura sobre la superficie de la Luna.

A 4.27 ¿De qué magnitudes dependerá la energía potencial de un arpón en una pistola de caza submarina de resorte? Argumenta tus suposiciones. Planifica y lleva a cabo alguna actividad práctica con un resorte para apoyar dichas suposiciones.

4.2.3 Transformación y conservación de la energía

Hemos visto que la energía se presenta en algunas formas básicas: *cinética* o debida al movimiento, *potencial* o debida a las interacciones y energía de *radiación*. La energía puede ser, además, relativa a los cuerpos como un todo, o *interna*, es decir, estar asociada a los átomos y moléculas que los constituyen. Por otra parte, las numerosas situaciones que hemos analizado ponen de manifiesto una regularidad: siempre que desaparece energía en una de sus formas, reaparece en otra. Examinemos algunos ejemplos más, a fin de precisar esta idea.

Cuando se lanza una pelota verticalmente hacia arriba, va perdiendo velocidad, hasta que finalmente esta se hace cero al alcanzar la altura máxima. En ese instante, su energía en forma de movimiento ha desaparecido; sin embargo, aparece en forma de energía potencial de la Tierra y la pelota, es decir, en forma de energía potencial gravitatoria. Durante la caída de la pelota ocurre el proceso inverso, la energía potencial va desapareciendo y al mismo tiempo apareciendo en forma cinética. La situación descrita ilustra un caso en que la energía de los cuerpos como un todo *se transforma* (cambia de forma), pasa de su forma cinética a su forma potencial y viceversa.

A 4.28 Eleva un cuerpo a cierta altura sobre el suelo y, luego, déjalo caer. Determina el valor de su velocidad al llegar al suelo. Puntualiza las suposiciones que has tenido que hacer para resolver el problema. ¿Qué sucede con la energía al quedar el cuerpo en reposo en el suelo?

Supongamos ahora que la pelota es de goma y que la dejamos caer. Luego de repetidos choques con el suelo, queda en reposo (fig. 4.5). Esta vez, ambas formas de energía, cinética y potencial gravitatoria, desaparecen por completo. ¿Es que en este caso la energía no reaparece en ninguna

otra forma? Un análisis más detenido muestra que sí, tanto durante el descenso, como durante el ascenso, la pelota va desplazando cierta cantidad de aire, comunicándole movimiento. Por otra parte, cada vez que choca con el suelo, se comprime y después se dilata nuevamente. Si hiciéramos esto con nuestras manos repetidas veces, advertiríamos que, aunque ligeramente, la temperatura de la pelota se eleva. Es de esperar, pues, que al chocar con el suelo, su temperatura también se eleve, aunque por supuesto, aún más ligeramente. Ello significa que la energía cinética total de las moléculas que forman la pelota, aumenta algo. De este modo, al menos una parte de la energía desaparecida, reaparece, en particular en forma de energía cinética del aire a través del cual se mueve la pelota, y de las moléculas de esta. Un análisis todavía más cuidadoso, tal vez revelaría otras formas en que reaparece parte de la energía. Este ejemplo ilustra, además de las transformaciones de la energía, la *transmisión* de parte de ella a otros cuerpos, en este caso el aire.

A 4.29 Se lanza un cuerpo sobre la mesa y, luego de recorrer cierta distancia, se detiene. Describe las transformaciones de energía que tienen lugar.

A 4.30 Diseña y lleva a cabo una actividad, a fin de determinar, aproximadamente, la velocidad con que puedes lanzar una pelota verticalmente hacia arriba. Puntualiza las suposiciones que has tenido que hacer para resolver el problema. Analiza las principales fuentes de incertidumbre en el resultado obtenido.

Consideremos, por último, algunas transformaciones en las que interviene en primer plano la energía de radiación. En el subepígrafe 4.2.1 examinamos numerosos cambios relacionados con la radiación solar. Uno de los más comunes es simplemente la elevación de temperatura de los cuerpos cuando incide sobre ellos. En estos casos, tiene lugar una transformación de energía de radiación proveniente del exterior en energía interna de los cuerpos. Por otra parte, sabemos que también ocurre el proceso inverso: basta pasar cerca de una pared que ha estado varias horas expuesta a la radiación solar, para advertir la radiación en nuestra piel. Situaciones como la anterior ilustran la transformación de energía de radiación emitida por unos cuerpos en energía interna de otros y de energía interna en energía de radiación transmitida al exterior. Pero la cadena de transformaciones de energía iniciada por la radiación solar suele ser mucho más larga y compleja que la descrita. Tales son los casos, por ejemplo, del denominado ciclo del agua, de la formación de los vientos, de la fotosíntesis de las plantas. Te proponemos hacer un examen detallado de las transformaciones de energía que tienen lugar en estas situaciones.

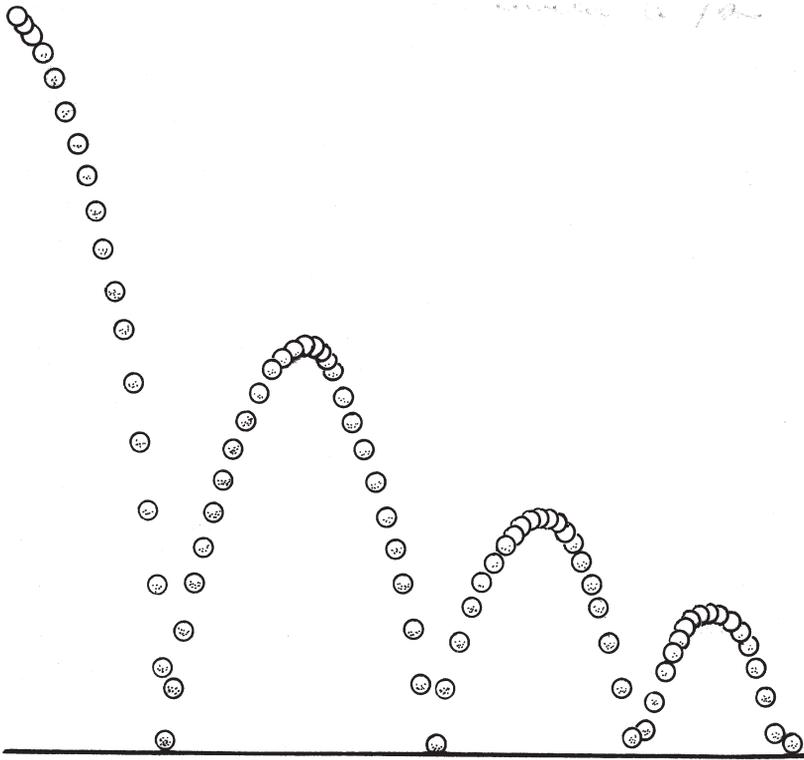


Fig 4.5 Luego de repetidos choques con el suelo la pelota queda en reposo.

A 4.31 Sintetiza mediante un esquema la cadena de transformaciones de energía que tiene lugar en los siguientes casos: a) el ciclo del agua, b) la formación de vientos, c) la fotosíntesis de las plantas.

Pudiéramos, también, intentar ir más atrás en las cadenas de transformaciones consideradas en este epígrafe y preguntarnos: ¿De dónde proceden las energías de la pelota que se ha lanzado verticalmente hacia arriba, de la pelota que se ha elevado a cierta altura y de la propia radiación solar?

A 4.32 Estima la energía que requiere una persona para subir cuatro pisos por unas escaleras. ¿Por qué podemos afirmar que dicho valor es superior al de su energía potencial al llegar al cuarto piso?

El análisis realizado en este epígrafe puede ser resumido del modo siguiente:

La energía cambia constantemente de forma, se transmite de unos sistemas a otros, pero no desaparece.

Esta conclusión constituye parte del contenido de una de las leyes fundamentales relativas a la naturaleza: la *ley de transformación y conservación de la energía*.

A 4.33 Explica desde el punto de vista de la energía, por qué en una pendiente el consumo de combustible de un camión es mayor durante la subida que durante la bajada.

4.3 ¿Mediante qué vías se transforma y transmite la energía?

En los apartados anteriores se han respondido, parcialmente, dos de las preguntas planteadas en la introducción de este capítulo: *¿Qué es energía?* y *¿Cuáles son sus tipos principales?* También empezamos a responder la pregunta *¿Cómo se utiliza?* Ahora la cuestión básica será: *¿De qué modos se transforma y transmite la energía?*

Durante el estudio de este capítulo has analizado numerosas situaciones desde el punto de vista de la energía. A partir de ellas no te será difícil identificar las siguientes vías, mediante las cuales se transforma y transmite: aplicación de fuerzas, calentamiento, radiación. A continuación, examinamos cada una de ellas más detalladamente.

A 4.34 Describe ejemplos de transformación y transmisión de energía mediante cada una de las vías mencionadas en el texto.

4.3.1 Trabajo

Para la realización de sus labores, el hombre primitivo empleaba herramientas simples (hacha, arco y flecha, arado, etc.) y la fuerza de sus músculos. Después, hace unos 5 000 años, comenzó a utilizar la fuerza ejercida por animales. Se estima que a mediados del siglo XIX, más del 90 % del trabajo aún era realizado por hombres y animales. Luego, para aplicar fuerzas empezó a valerse cada vez más ampliamente de máquinas que emplean combustibles, como las de vapor y los motores de combustión. Por consiguiente, históricamente el trabajo estuvo vinculado con la *utilización de energía* –ya sea de hombres, animales o combustibles– y la *aplicación de fuerzas* (fig 4.6). Esta noción de trabajo se extendió a la ciencia.

Trabajo es el proceso en el cual se transforma y transmite energía mediante la aplicación de fuerzas.

A 4.35 Desde la antigüedad, para aumentar o disminuir la fuerza aplicada y variar su dirección, el hombre se ha valido de ciertos dispositivos denominados “máquinas sim-



Fig. 4.6 ¿Qué es el trabajo?

ples”: palanca, plano inclinado, polea, torno. Describe ejemplos concretos de utilización de dichos dispositivos.

Es necesario aclarar que desde el punto de vista de la ciencia, se realiza trabajo no solo cuando el hombre, directamente o valiéndose de animales y máquinas, origina transformaciones de energía a fin de producir algo. Igualmente se realiza durante la caída de un cuerpo desde cierta altura, o cuando en un televisor, los electrones son acelerados hacia su pantalla. En estos casos también se transforma o transmite energía por medio de la aplicación de fuerzas.

A 4.36 Describe ejemplos diferentes a los del texto en que se transforme o transmita energía mediante trabajo.

A 4.37 Analiza las siguientes situaciones y decide en cuáles se realiza trabajo: a) se lanza un bloque sobre la superficie de una mesa horizontal y, al cabo de cierto tiempo, se detiene; b) un bloque se encuentra en reposo apoyado sobre una mesa; c) se levanta una maleta desde el piso hasta cierta altura; d) se eleva la temperatura de un cuerpo a la llama de un mechero; e) la Tierra se mueve alrededor del Sol; f) un cuerpo está cayendo desde cierta altura; g) se golpea con un martillo un pedazo de metal y este eleva su temperatura; h) un bloque se mueve sobre una mesa horizontal sin fricción con velocidad constante; i) un cuerpo de metal colocado al sol eleva su temperatura; j) una maza choca con una pared y la destruye.

El análisis de múltiples situaciones pone de manifiesto que para la realización de trabajo se requiere que los puntos donde están aplicadas las fuerzas se desplacen. Por otra parte, mientras mayores sean las fuerzas y los desplazamientos, mayor será la energía transformada o transmitida y, en consecuencia, el trabajo realizado. Por eso, en algunos casos elementales, los científicos determinan la energía transformada o transmitida por medio de la aplicación de fuerzas, es decir, mediante trabajo, empleando la ecuación $W = F \cdot d$, donde W (inicial de la palabra *work*, que significa trabajo en idioma inglés) representa el trabajo, F , la fuerza aplicada y d , el desplazamiento de su punto de aplicación.

A 4.38 Apoya mediante ejemplos diferentes al del texto, la afirmación de que mientras mayores sean la fuerza aplicada y el desplazamiento de su punto de aplicación, mayor será el trabajo realizado.

A 4.39 En las pruebas deportivas de lanzamiento (bala, disco, jabalina, martillo), la fuerza que puede aplicarse es limitada. Intenta argumentar, utilizando la ecuación para el cálculo del trabajo mecánico, qué debe hacerse para lograr una mayor energía cinética del cuerpo que se lanza. Analiza dicho argumento en el caso concreto de algunas de las modalidades de lanzamiento.

A 4.40 Se lanza un bloque sobre una mesa horizontal y luego de recorrer cierta distancia, se detiene. Auxiliándote de la ecuación $W = F \cdot d$, determina la velocidad con que fue lanzado el bloque. Sugerencia: puedes determinar la fuerza de fricción entre el bloque y la superficie de la mesa empleando un dinamómetro. Analiza las principales fuentes de error en el resultado obtenido. ¿Podría emplearse un procedimiento similar para determinar la velocidad que llevaba un vehículo antes de frenar bruscamente?

En los dos subepígrafes siguientes, examinaremos otras vías mediante las cuales es posible variar la energía interna de los cuerpos sin necesidad de aplicar fuerza sobre ellos.

4.3.2 Calentamiento o calor

Desde épocas muy remotas, para producir cambios, los hombres utilizaron no solo fuerzas, sino también el *calentamiento*, en particular mediante el fuego, primero para cocinar los alimentos y más tarde para forjar y fundir metales (fig. 4.7). Posteriormente, el calentamiento ha sido empleado para realizar trabajo con ayuda de máquinas de vapor y turbinas de vapor.

A 4.41 Indaga acerca de la época en que los seres humanos comenzaron a: a) utilizar el fuego, b) forjar y fundir metales, c) emplear máquinas y turbinas de vapor.

La experiencia muestra que al poner en contacto dos cuerpos que tienen diferentes temperaturas, la de uno disminuye y la del otro aumenta. Esto sugiere que durante el calentamiento, se transmite energía de los átomos o moléculas de un cuerpo, a los de otro. Al calentar un cuerpo, puede aumentar la energía cinética de sus partículas (elevar su temperatura), la energía potencial de ellas (cambiar su estado de agregación) o ambas cosas. El calentamiento conduce, en general, a una elevación de la energía interna de los cuerpos.

Llamaremos *calentamiento o calor* al proceso mediante el cual se transmite energía de cierto cuerpo a otro (o de una parte a otra del mismo cuerpo), que tiene distinta temperatura, por medio de sus átomos y moléculas. Es un modo de variar la energía interna de los cuerpos sin aplicar fuerzas sobre ellos.



Fig. 4.7 Para producir cambios los hombres utilizaron no solo fuerzas, sino también el calentamiento.

A 4.42 Ilustra mediante una representación esquemática, la transmisión de energía que tiene lugar al poner en contacto dos cuerpos con diferentes temperaturas.

A 4.43 Describe e ilustra mediante ejemplos, en qué consisten el calentamiento por conducción y el calentamiento por convección.

A 4.44 Suspende un cilindro metálico por medio de una banda de papel. Coloca el cilindro así suspendido, en la llama de una hornilla y observa lo que ocurre. Repite la experiencia, pero esta vez, utilizando un cilindro de madera. ¿Cómo se explica lo observado?

A 4.45 ¿Por qué el congelador se sitúa en la parte superior de los refrigeradores?

El calentamiento puede dar lugar a cambios en los estados de agregación de los cuerpos, al desplazamiento de ellos (como en las máquinas y turbinas de vapor), o a otros efectos. Pero el caso más simple de calentamiento es aquel en que se produce solo una variación de temperatura del cuerpo. ¿De qué factores dependerá la variación de temperatura en este caso? Para concretar la situación consideremos el calentamiento del agua de un recipiente.

La experiencia cotidiana muestra que la elevación de la temperatura del agua depende de la energía que se le transmite y de su masa. La forma más simple de estas dependencias puede ser expresada matemáticamente como sigue: $\Delta T = Q/m$, donde ΔT es la variación de temperatura, m , la masa de agua y Q , la energía transmitida. De la ecuación anterior se desprende que la energía transmitida al agua es $Q = m\Delta T$.

A 4.46 Argumenta, desde el punto de vista de la estructura atómico-molecular de los cuerpos, la idea de que la variación de temperatura de un cuerpo depende de la energía que le transmitimos y de su masa. Apoya dicha idea con ejemplos de la vida cotidiana.

A 4.47 Teniendo en cuenta la ecuación $Q = m\Delta T$, planifica y lleva a cabo un experimento para determinar cuál de dos hornillas (por ejemplo, una de gas y otra eléctrica, o una de gas de la calle a distintas horas del día) transmitirá mayor cantidad de energía al agua de un recipiente.

Supongamos que en un jarro se tienen dos litros de agua, es decir, 2 kg, y que al calentarla en una hornilla su temperatura se eleva de 25 °C a 100 °C. De acuerdo con la ecuación anterior, la energía transmitida al agua por la hornilla será $Q = 2 \text{ kg} \cdot 75 \text{ °C} = 150$ kilocaloría (150 kcal). La *caloría* y la *kilocaloría*, junto con el *joule*, son unidades de energía ampliamente utilizadas. La kilocaloría es mil veces mayor que la caloría, por eso, el resultado anterior también puede expresarse como 150 000 cal. Si en la ecuación precedente la masa se expresa en *gramo*, el resultado se obtiene en *caloría*, en cambio, si se expresa en kilogramo, se obtiene en *kilocaloría*.

A 4.48 Determina en kilocalorías (kcal), aproximadamente, la cantidad de energía que hace falta para: a) preparar una taza de café “instantáneo”, b) preparar un cubo con agua tibia. ¿Serán estas cantidades de energía iguales a las que en cada caso se ponen en juego en la hornilla? Argumenta tu respuesta.

A 4.49 Planifica y lleva a cabo un experimento para estimar la cantidad de energía que transmite la hornilla de la cocina de tu casa, por ejemplo, en 1 minuto.

Cabe preguntarse: ¿Qué relación existe entre el *joule* y la *caloría*? Inicialmente la energía transmitida a un cuerpo mediante trabajo, es decir, aplicando fuerzas, se medía en *joule*, mientras que la transmitida por calentamiento se medía en *caloría*. Joule determinó la equivalencia entre ambas unidades de medición de la energía. En uno de sus experimentos elevó la temperatura de cierta cantidad de agua haciendo mover dentro de ella unas paletas, es decir, realizando trabajo, y encontró que 1 J produce la misma elevación de temperatura que 0,24 cal, o la inversa, que 1 cal produce igual elevación de temperatura que 4,2 J. De acuerdo con esto, la energía transmitida a los dos litros de agua del ejemplo anteriormente examinado en el texto, puede expresarse, indistintamente, como 150 000 cal, o 630 000 J. Como puedes apreciar, esta es una energía considerablemente grande.

A 4.50 Expresa en joule la cantidad de energía necesaria para: a) preparar una taza de café instantáneo, b) preparar un cubo con agua tibia. ¿A qué altura sobre el piso pudiera elevarse un cuerpo de 20 kg con tales energías?

Para evaluar la energía transmitida mediante calentamiento, hemos empleado agua y la ecuación $Q = m\Delta T$. ¿Podría utilizarse esta misma ecuación si la sustancia no fuese agua? Los experimentos muestran que no. Resulta que todas las sustancias no elevan su temperatura con la misma facilidad. Así, por ejemplo, al *transmitir iguales cantidades de energía* a idénticas masas de agua y aceite vegetal, la temperatura del aceite se eleva aproximadamente el doble que la del agua. Esto significa que la ecuación ofrecería un valor para el agua y otro distinto para el aceite, pese a que las cantidades de energía transmitidas son iguales. A fin de obtener el resultado correcto en el caso del aceite, la ecuación debe escribirse $Q = 0,5 m\Delta T$.

A 4.51 Argumenta por qué en el caso del aceite, la cantidad de energía invertida en elevar su temperatura debe calcularse mediante la ecuación $Q = 0,5 m\Delta T$ y no $Q = m\Delta T$.

En general, para evaluar la energía transmitida a un cuerpo cuando solo varía su temperatura, se utiliza la ecuación:

$$Q = cm\Delta T$$

donde c es un coeficiente denominado *calor específico*, el cual depende del material.

Calor específico es la magnitud que caracteriza la propiedad de los materiales de variar su temperatura en mayor o menor grado al transmitirles energía en forma de calentamiento.

En la tabla 4.1 se muestran los valores de calor específico de algunos materiales. El agua es una de las sustancias que requiere mayor energía para elevar su temperatura.

A 4.52 ¿Cuál de las sustancias relacionadas en la tabla de calores específicos varía su temperatura con mayor facilidad? Argumenta tu respuesta.

A 4.53 Teniendo en cuenta el concepto de calor específico, explica por qué el agua es el líquido más conveniente para el enfriamiento de los motores de los automóviles?

4.3.3 Radiación

La tercera vía mediante la cual se transmite energía de un cuerpo a otro, es la radiación. Ella es emitida en un lugar y absorbida en otros. A diferencia del *trabajo* y el *calentamiento*, la transmisión de energía por *radiación* no requiere que los cuerpos entren en contacto directo o que se comuniquen mediante algún otro cuerpo. La velocidad de propagación de

la radiación electromagnética es muy grande, en el vacío y en el aire aproximadamente 300 000 km/s y en otros medios solo algo menor.

Tabla 4.1
CALORES ESPECÍFICOS DE ALGUNAS SUSTANCIAS

Sustancia	c (kcal/kg °C)	c (J/kg °C)
Agua	1,00	4 200
Queroseno	0,51	2 100
Aceite vegetal	0,48	2 000
Aluminio	0,22	920
Vidrio de laboratorio	0,20	840
Hierro	0,11	460
Cobre	0,09	380
Plomo	0,03	140

A 4.54 Ilustra mediante un dibujo esquemático la transmisión de energía mediante radiación.

A 4.55 Precisa algunas diferencias entre la transmisión de energía mediante trabajo y calentamiento, y su transmisión por radiación.

A 4.56 Ejemplifica algunos tipos de radiación.

A 4.57 Cuando estamos a la sombra de una nube y de pronto esta deja pasar la luz del Sol, inmediatamente percibimos una sensación de calor en nuestra piel. Discute la posibilidad de que en este caso, la elevación de temperatura se haya producido por conducción o convección.

Los tipos de radiación dependen de los objetos que las emiten. Así, por lo general, las radiaciones utilizadas en las comunicaciones (ondas de radio y televisión, microondas), son emitidas por electrones que se mueven en las antenas; las denominadas infrarrojas o térmicas (cuyo efecto principal es la elevación de temperatura) son generadas por átomos y moléculas en movimiento térmico; las luminosas (visibles o luz) se deben a los electrones de las capas más externas de los átomos; las radiaciones ultravioletas y los rayos X, a los electrones de capas más internas; por su parte, las radiaciones gamma, radiactivas y cósmicas tienen su origen en procesos que ocurren en los núcleos de los átomos. Con frecuencia, las radiaciones, y con ellas la energía que portan, son absorbidas por objetos similares a los que le dieron origen. Por ejemplo, la radiación infrarroja comunica energía de movimiento a los átomos y moléculas, elevando la temperatura de los cuerpos, mientras que las luminosas, las ultravioletas y los rayos X, la transmiten a los electrones que forman dichos átomos y moléculas. A su vez, estas radiaciones no son absorbidas por los núcleos de los átomos, en tanto que las radiaciones gamma sí.

A 4.58 Resume en un esquema o cuadro, la relación que existe entre los diferentes tipos de radiación y los objetos que por lo general los emiten y absorben.

A 4.59 ¿Qué tipos de radiaciones han sido utilizadas por el hombre desde épocas remotas?

A 4.60 Indaga acerca de la época en que se descubrieron las radiaciones utilizadas en las comunicaciones (radiaciones electromagnéticas), los rayos X y los rayos gamma.

A 4.61 Menciona ejemplos de la vida diaria donde se ponen de manifiesto los distintos tipos de radiación mencionados en el texto y los usos que el hombre hace de ellos.

A 4.62 Indaga acerca de las radiaciones que pueden resultar particularmente perjudiciales para la salud de los seres humanos y los efectos que ellas producen.

Todos los cuerpos que nos rodean, constantemente están emitiendo y absorbiendo radiaciones, fundamentalmente infrarrojas y luminosas. La facilidad para emitir y absorber tales radiaciones depende de ciertas características de ellos. Por ejemplo, mientras más elevada sea su temperatura, mayor es la cantidad de energía que emiten; por otra parte, un cuerpo cuya superficie es plateada absorbe y emite radiación peor que otro cuya superficie se ha cubierto con “negro de humo” (fig. 4.8).

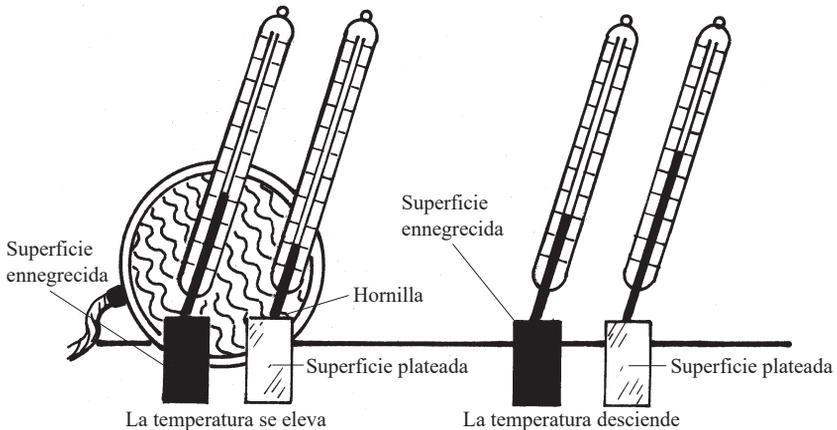


Fig. 4.8 El cuerpo ennegrecido absorbe o emite las radiaciones con más facilidad y, en consecuencia, su temperatura aumenta o disminuye más rápidamente.

A 4.63 ¿Por qué en verano es más conveniente utilizar ropa clara que oscura?

A 4.64 Los techos de algunas casas, están recubiertos con un papel plateado. ¿Qué objetivo tiene esto?

El tipo de radiación emitida por los cuerpos depende también de ciertas características: temperatura, material de que están formados, etc. Así, a temperatura ambiente e incluso a varios cientos de grados, la radiación

no es visible; sin embargo, con la elevación de temperatura pueden emitir no solo radiación infrarroja, sino también luminosa. Cuando la temperatura de la espiral de una hornilla eléctrica o de un pedazo de acero calentado a la llama de un soplete sobrepasa los 500 °C, comenzamos a percibir una radiación roja; hacia los 900 °C, el rojo se torna más brillante (rojo vivo). Si la temperatura del cuerpo es de miles de grado, la radiación que vemos es amarilla e incluso blanca. Los filamentos de las lámparas de incandescencia tienen una temperatura que oscila entre 1 800 °C y 2 600 °C; la temperatura de las capas externas del Sol (que son las visibles) es de unos 6 000 °C.

A 4.65 ¿Qué temperatura es de esperar que tenga el filamento del bombillo de una linterna cuando la accionamos? ¿Por qué el bulbo del bombillo apenas se calienta?

La radiación es la principal vía mediante la cual se transmite energía de unos lugares a otros a escala de todo el universo. En particular, sin la radiación procedente del Sol, como ya conoces, sería imposible la vida en nuestro planeta. En el interior profundo del Sol y de otras estrellas, donde las temperaturas son de más de 10 millones de grados, ocurren procesos nucleares, principalmente, la formación de helio a partir de hidrógeno. Ello da lugar a la transformación de energía interna de los núcleos de estos átomos en energía de radiación, fundamentalmente de radiación gamma. Dicha radiación no sale del Sol, ya que es absorbida por capas más exteriores. De él emanan, ante todo, radiaciones infrarrojas, luminosas y ultravioletas. Cada segundo, el Sol transmite al espacio $3,8 \cdot 10^{26}$ J de energía en forma de radiación. Solo una ínfima parte de esta colosal cantidad de energía, llega a nuestro pequeño planeta.

Alrededor del 30 % de la radiación solar que incide sobre la Tierra, es reflejada (devuelta), sobre todo por las nubes, las zonas de nieve y hielo, y los desiertos. La otra parte es absorbida por la atmósfera, las aguas y tierras, y las plantas. Una buena parte de esta energía se invierte en la evaporación de agua. En Cuba, cada centímetro cuadrado de superficie horizontal de suelo recibe diariamente, como promedio, unos 1 800 J de energía en forma de radiación solar. Por supuesto, el valor correspondiente a determinado día depende de la época del año, de la nubosidad y de otros factores.

A 4.66 Indaga sobre la absorción por la atmósfera terrestre de parte de la radiación ultravioleta que procede del Sol.

A 4.67 Determina la cantidad de energía que diariamente recibe cada metro cuadrado de suelo cubano en forma de radiación solar. Calcula a cuántos kilogramos de petróleo

equivale dicha cantidad. (De cada kilogramo de petróleo pueden obtenerse alrededor de 48 000 000 J.)

A 4.68 Estima la cantidad de energía que procedente del Sol llega cada día a suelo cubano. ¿A cuántas toneladas métricas de petróleo equivale? (Una tonelada métrica es equivalente a 1 000 kg.)

4.4 ¿De qué modo y de dónde se obtiene la energía?

4.4.1 Obtención de energía útil

Parte de la energía que utilizamos diariamente es obtenida directamente mediante la *combustión* de ciertas sustancias. Así, para tibia agua, hervirla, o preparar los alimentos, la mayoría de nosotros emplea simplemente la llama originada por la combustión de gas o queroseno. Cabe señalar que no toda la energía puesta en juego durante la combustión es *útil*, cierta cantidad inevitablemente se invierte en elevar la temperatura del aire circundante y de la propia hornilla, aunque ese no sea nuestro deseo. Aquella parte de la energía empleada en producir otros cambios diferentes a los que nos hemos propuesto se denomina *energía disipada*.

A 4.69 Trata de exponer con tus palabras el significado de los términos energía útil y energía disipada. Auxíliate de un diccionario para esclarecer el significado de los adjetivos “útil” y “disipada”.

Muchas veces, la energía útil que necesitamos no es térmica, sino cinética, o de movimiento. Tal es el caso de los medios de transporte y de las piezas de las maquinarias empleadas en múltiples labores. En estos casos, primero suele obtenerse energía térmica a partir de la combustión y luego, parte de ella, se transforma en energía cinética. Ilustremos esto con ayuda de un experimento simple.

Se calienta, mediante un mechero de alcohol, un tubo de ensayo que contiene un poco de agua y se ha cerrado con un tapón de goma (fig. 4.9a). Al poco tiempo, el tapón sale despedido (fig. 4.9b). Parte de la *energía térmica* de la llama se transmite al agua del tubo de ensayo elevando su temperatura. Luego, cuando el agua hierve, la energía que se le transmite se invierte en hacerla cambiar de estado. Finalmente alcanzamos nuestro propósito: una parte de la energía es transformada en *energía cinética del tapón*. En el experimento descrito, la proporción de energía útil respecto a la energía inicial puesta en juego, es todavía menor que cuando nos proponíamos simplemente elevar la temperatura del agua de un recipiente.

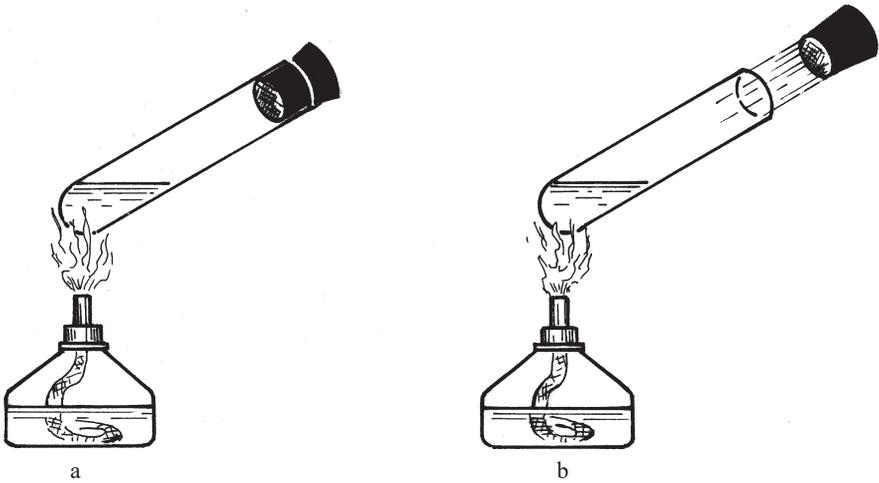


Fig. 4.9 Parte de la energía del vapor es transformada en energía cinética del tapón.

A 4.70 Argumenta detalladamente por qué en el experimento anteriormente descrito, la energía útil es mucho menor que la energía inicial puesta en juego.

El experimento de la figura 4.9 ilustra el principio general de funcionamiento de todas las *máquinas térmicas* (máquinas de vapor, turbinas de vapor, motores de combustión interna): transformación mediante combustión de energía potencial interna en energía térmica y de esta en energía cinética. Mediante máquinas térmicas funcionan los vehículos automotrices y se obtiene la mayor parte de la energía eléctrica que utilizamos en nuestro país.

A 4.71 Indaga acerca del funcionamiento de la máquina de vapor, así como sobre la época en que se inventó y la repercusión histórica que tuvo.

A 4.72 Indaga acerca del funcionamiento de las turbinas de vapor y de los motores de combustión interna, así como sobre la época en que se inventaron.

En las situaciones descritas anteriormente, la energía útil es obtenida mediante combustión (de gas, keroseno, alcohol, etc.). Cabe pues preguntarse: ¿Y de dónde procede la energía que se origina durante la combustión?

Las moléculas de los combustibles comunes reaccionan con las del oxígeno del aire, dando lugar a moléculas diferentes. Un ejemplo muy simple de esto es la reacción de combustión del carbono puro: $C + O_2 = CO_2$. Cuando los átomos de las moléculas iniciales se reagrupan en moléculas de dióxido de carbono, disminuye la energía potencial de ellos. Esta energía potencial perdida aparece, fundamentalmente, en forma de energía de mo-

vimiento de las moléculas y de energía de radiación. Así, en la combustión anterior, por cada gramo de carbono se invierten 2,7 g de oxígeno, con lo cual se transforman alrededor de 400 millones de joule (94 250 kcal) de energía potencial interna en energía térmica y de radiación.

A 4.73 Sintetiza en un esquema las transformaciones de energía que tienen lugar, al obtener energía cinética mediante combustión.

A 4.74 Menciona ejemplos de combustibles frecuentemente empleados para obtener radiación, en particular luminosa.

A 4.75 Describe, con ayuda de un dibujo esquemático en el cual representes las moléculas y átomos, la reacción de combustión del carbono con el oxígeno.

A 4.76 Para la combustión de 1 g de carbono se requieren unos 2 L de oxígeno. Si se sabe que en determinado volumen del aire que nos rodea, el oxígeno ocupa el 21 %, calcula el volumen de aire necesario.

4.4.2 Eficiencia energética y potencia

Dos conceptos de gran importancia en los procesos de obtención de energía útil, en particular en el funcionamiento de las máquinas térmicas, son *eficiencia energética* y *potencia*.

El concepto de *eficiencia energética* caracteriza la proporción de *energía útil* obtenida en determinado proceso (“salida” del sistema), respecto a la *energía inicial* puesta en juego (“entrada” al sistema). Mientras mayor sea dicha proporción y menor la de energía disipada, mayor será la eficiencia del proceso. En la tabla 4.2 se relacionan los valores aproximados de la eficiencia energética de algunos sistemas.

Tabla 4.2
EFICIENCIA ENERGÉTICA DE ALGUNOS SISTEMAS

Sistema	Eficiencia energética (%)
Primera máquina de vapor	0,2
Máquina de vapor de finales del s. XIX	17
Cuerpo humano	25
Motor de combustión interna de gasolina	25
Motor de combustión interna diésel	35
Turbina de vapor de termoeléctrica	40
Turbina de hidroeléctrica	85
Bicicleta	95

A 4.77 ¿A qué crees tú que se deba la baja eficiencia de las máquinas térmicas (máquinas de vapor, motores de combustión, turbinas de vapor) en comparación con las turbinas de las centrales hidroeléctricas?

A 4.78 ¿Cómo entender el concepto de eficiencia energética en el caso del cuerpo humano? ¿Cómo pudiera calcularse su valor? Interpreta en este caso los términos de “entrada” y “salida.”

A 4.79 Indaga acerca del invento de la rueda. ¿Por qué su utilización ha permitido elevar enormemente la eficiencia energética de los medios de transporte terrestres?

Los procesos de obtención de energía útil se diferencian no solo por su mayor o menor eficiencia, sino también por la rapidez con que tienen lugar. Por ejemplo, en igual intervalo de tiempo, un motor grande sube hasta cierta altura mayor cantidad de agua que otro pequeño; un automóvil, cuyo acelerador se presiona más, aumenta su velocidad más rápidamente; una hornilla de gas con su válvula bien abierta, calienta el agua de una olla en menor tiempo; etcétera.

Potencia (P) es la magnitud que caracteriza la rapidez con que se transforma o transmite la energía. Para calcularla se halla la razón entre la energía transformada o transmitida (*E*) en determinado intervalo de tiempo (*t*) y dicho intervalo ($P = E/t$).

La unidad de potencia, joule/segundo (J/s), se denomina *watt* y se designa con la letra *W* en honor a James Watt (1736-1819), ingeniero escocés, quien introdujo numerosas mejoras a la máquina de vapor, dirigidas a elevar su eficiencia y potencia.

En la tabla 4.3 se dan los estimados de potencia de algunos sistemas de interés.

A 4.80 ¿Qué significa la afirmación de que la potencia de una lámpara fluorescente es de 20 W?

Tabla 4.3
VALORES DE POTENCIA DE ALGUNOS SISTEMAS

Sistema	Potencia media aproximada (W)
Corazón humano a ritmo normal	3
Lámpara fluorescente ahorradora	20
Persona corriendo moderadamente	400
Corredor de 100 metros planos	1 000
Plancha eléctrica	1 000
Pesista durante un levantamiento	6 000
Motor de automóvil	100 000
Mayores centrales termoeléctricas	1 300 000 000

A 4.81 Reflexiona acerca del origen de los “apagones” no programados en las “horas pico”.

A 4.82 Determina la potencia media de un hombre común durante un día.

A 4.83 Determina, aproximadamente, tu potencia útil en los siguientes casos: a) al subir por escaleras lo más rápidamente posible a un cuarto piso; b) al salir corriendo rápidamente y alcanzar la máxima velocidad posible.

4.4.3 “Ahorro” de energía y preservación del medio ambiente

A 4.84 Hemos visto que la energía se transforma y se transmite de unos sistemas a otros, pero que se conserva. ¿Por qué entonces se habla de la necesidad de “ahorrar energía”?

Cómo sabes, los seres humanos utilizaron la combustión, principalmente de la leña, desde tiempos remotos. Pero hasta mediados del siglo XIX, el consumo mundial de combustibles era pequeño comparado con el actual, por una parte, debido a la menor población del planeta y, por otra, a que más del 95 % de la energía necesaria para las labores productivas y el transporte todavía se obtenía directamente de los animales y de los propios hombres. Sin embargo, un siglo después, alrededor de 1960, la situación de la energía empleada en las labores productivas y el transporte se había literalmente invertido: más del 95 % de ella provenía de los combustibles, fundamentalmente *combustibles fósiles* (petróleo, carbón, gas natural).

A 4.85 Intenta precisar en qué época comenzaron a utilizarse ampliamente los diferentes combustibles fósiles.

A 4.86 Indaga acerca de la formación de los denominados combustibles fósiles. ¿Por qué esta fuente de energía no es renovable?

A fines del siglo XX la población del planeta era unas 6 veces mayor que en 1800, y el consumo mundial de energía había crecido aún mucho más, aproximadamente 80 veces. La mayor parte de esa energía procedía de los combustibles fósiles. Cabe señalar, además, que el 80 % de ella era utilizada por solo el 20 % de los habitantes, es decir, por una minoría.

A 4.87 Reflexiona acerca de las causas de que durante los pasados dos siglos el crecimiento del consumo mundial de energía haya sido mucho mayor que el de la población.

De este modo, durante las últimas décadas, la base energética fundamental del planeta han sido los combustibles fósiles, cuyo consumo, a causa del crecimiento de la población mundial y de su empleo desmedido, ha

ido en aumento. De mantenerse semejante situación, las reservas, en particular de petróleo, quedarán agotadas en un futuro próximo. La conciencia de esta realidad está a su vez influyendo en la progresiva elevación de los precios del petróleo.

Por tanto, la necesidad de “ahorrar energía” responde, en primer lugar, a la urgencia de economizar la principal fuente de energía útil en la actualidad: los combustibles fósiles.

A 4.88 Averigua cómo ha variado el precio del petróleo en los últimos años.

A 4.89 ¿En qué debieran consistir, en esencia, las propuestas de ahorro de energía? Considera las fases de producción, transmisión y utilización de la energía.

A 4.90 Propón una serie de medidas que contribuyan a “ahorrar” energía en la casa.

Además del interés que tiene disminuir el uso de estos combustibles debido a su agotamiento y encarecimiento, existe aún otra razón para ello: la necesidad de preservar el medio ambiente. Dos serios problemas aparecieron en el pasado siglo: el aumento de la concentración de dióxido de carbono (CO_2) en la atmósfera y la formación de lluvias ácidas.

Como ya conoces, durante la combustión de carbón, petróleo y sus derivados, y gas natural se genera CO_2 . En los últimos cien años la concentración de este gas en la atmósfera se ha incrementado 1,3 veces, intensificando el denominado *efecto invernadero* en nuestro planeta. De continuar aumentando su cantidad en la atmósfera, puede producirse una elevación significativa de la temperatura global de la Tierra, con graves consecuencias para la humanidad.

A 4.91 Indaga acerca de lo que se denomina efecto invernadero.

A 4.92 Reflexiona sobre las consecuencias que puede traer el calentamiento global de la Tierra.

Conjuntamente con el dióxido de carbono, las termoeléctricas y vehículos de motor habituales emiten a la atmósfera dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno, los cuales dan lugar a ácido sulfúrico y ácido nítrico. Estas sustancias son luego arrastradas por las lluvias, originando las llamadas lluvias ácidas, las cuales en algunas regiones del planeta alcanzan una acidez, incluso, similar a la del vinagre.

A 4.93 Indaga acerca de las consecuencias de las lluvias ácidas.

Tanto el problema del agotamiento de los combustibles fósiles como el de la contaminación debido a su utilización, pueden ser enfrentados mediante el empleo de fuentes alternativas de energía, que sean *renovables* y

“limpias”. Ejemplos de estas son, la radiación solar, los saltos de agua, los vientos, las mareas y las olas.

A 4.94 Esclarece el significado de los términos fuente de energía renovable y fuente de energía limpia.

A 4.95 Indaga acerca del empleo de la radiación solar como fuente de energía en Cuba.

A 4.96 Profundiza en las limitaciones que tiene en la actualidad el empleo de fuentes de energía alternativas a las convencionales.

4.5 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.
3. Resume los principales factores que originan el denominado problema energético.
4. Responde, resumidamente, las preguntas planteadas en la introducción. ¿En cuáles sería de interés profundizar? Plantea nuevas cuestiones que sería interesante estudiar.
5. Eleva un cuerpo que cuelga de un hilo (péndulo) a cierta altura con respecto a su posición inicial. Determina la velocidad que lleva cuando, luego de soltarlo, pasa por dicha posición. ¿Qué suposiciones has tenido que hacer para resolver el problema? Explica, desde el punto de vista de la energía, por qué si dejamos oscilar el cuerpo, inevitablemente se detiene luego de transcurrido cierto tiempo.
6. Estima la energía cinética mínima que se requiere para poner en órbita una nave espacial.
7. El chofer de un auto frena bruscamente al ver un peatón. ¿Cuál fue la variación de la energía cinética del auto? ¿Qué sucedió con la energía del auto al detenerse?
8. Utilizando un martillo golpea reiteradas veces primero un pedazo de acero y luego, otro de plomo con similar fuerza. ¿En qué caso será mayor el trabajo realizado por el martillo sobre los cuerpos? Argumenta tu respuesta.
9. ¿Realiza trabajo un levantador de pesas mientras las mantiene en alto?
10. Utilizando el razonamiento y la ecuación $W = F \cdot d$, comprueba que la expresión para la energía potencial gravitatoria de un cuerpo que se eleva cerca de la superficie de la Tierra a una altura h es, como se planteó en el epígrafe 4.2.2, $E_p = mgh$.

11. ¿Por qué si se calientan iguales masas de agua y de queroseno por medio de idénticos calentadores, la temperatura del queroseno se eleva más que la del agua?
12. Utilizando un tubo de ensayo de 25 cm^3 , diseña y lleva a cabo una experiencia para estimar la cantidad de energía suministrada por la llama de un fósforo.
13. Precisa la relación que tienen los conceptos de trabajo y calentamiento o calor, con el concepto de energía.
14. Describe la idea básica de los experimentos llevados a cabo por Joule para establecer la equivalencia entre las cantidades de energía transmitidas a un cuerpo mediante trabajo y mediante calentamiento.
15. Una de las variantes más simples de calentador solar consiste en una caja, cuyo interior se recubre con negro de humo y en la que se coloca un serpentín hecho con un tubo de material transparente por el que circula agua. La caja se cierra con un vidrio a través del cual pasa la radiación solar. Describe las funciones principales de los diferentes elementos de esta variante de calentador.
16. Si como hemos visto, mediante innumerables ejemplos, la energía (capacidad para producir cambios) pasa de un cuerpo a otro, cambia de forma—de cinética a potencial, y viceversa, de interna a cinética, y a la inversa, etc.—y se transmite de unos cuerpos a otros, pero se conserva, entonces, ¿por qué se habla de “producción” de energía y de “gasto” de energía?
17. Un hombre común consume diariamente a través de los alimentos unas 3 000 kcal. ¿En qué se invierte esa energía?
18. ¿Por qué podemos desplazarnos significativamente más rápido en bicicleta que corriendo, si en ambos casos la energía cinética se obtiene a cuenta de nuestro organismo?
19. Imagina la siguiente secuencia de transformaciones de energía: energía potencial gravitatoria del agua de una represa de una hidroeléctrica → energía cinética del agua que sale de la represa → energía de las turbinas de la hidroeléctrica → energía de la corriente eléctrica originada → energía de las aspas de un ventilador. ¿Será igual la energía potencial gravitatoria puesta en juego para mover las aspas del ventilador, que la energía cinética real de dichas aspas? Argumenta tu respuesta detalladamente. ¿Cuáles pudieran considerarse la “entrada” y la “salida” en la secuencia anterior?
20. ¿Qué significa que la eficiencia energética de un motor de gasolina es del 25 %? ¿A dónde va a parar la energía no utilizada?

21. ¿Cómo entender los términos de “entrada” y “salida” al calentar un jarro con agua?
22. Diseña y realiza una actividad a fin de estimar la potencia de la hornilla de tu casa.
23. Profundiza acerca del por qué de las campañas de ahorro de energía, especialmente eléctrica, en muchos países y en particular en Cuba.
24. El uso de biomasas (por ejemplo, bagazo, paja y cogollo de la caña; biogás producto de vertimientos y biodegradables) contribuye al ahorro de los combustibles fósiles, pero dicha fuente de energía no puede considerarse “limpia”. Argumenta por qué.



Colección Secundaria Básica

Esta obra ha sido elaborada para los alumnos de octavo grado de la Educación General Politécnica y Laboral de la República de Cuba. Con ella inician el estudio, en forma sistemática, de cuestiones elementales de Física.

El texto comprende el estudio de los temas: ¿Qué es la física?; Un cambio fundamental: el movimiento mecánico; Propiedades y estructura interna de los cuerpos; y Energía, su utilización, transmisión y obtención. Dos conceptos claves que subyacen en el estudio de estos temas son *sistema* y *cambio*. Se han tratado de reflejar las relaciones de la física con otras ciencias y la tecnología, y su implicación en la sociedad.

El libro fue concebido para que los alumnos trabajen con él. Por eso, a través de su texto se han intercalado numerosas actividades. Ellas proponen, entre otras cuestiones, reflexionar sobre el tema estudiado, plantear asuntos de interés, realizar cálculos y experimentos, profundizar e indagar acerca de determinadas interrogantes.

