

Capítulo 1

¿QUÉ ES LA FÍSICA?

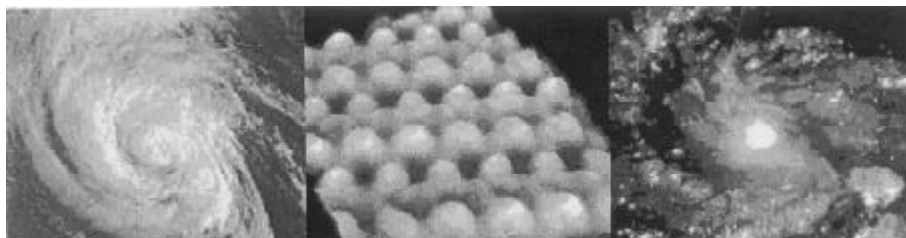


Fig. 1.1 ¿Qué es la física?

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.

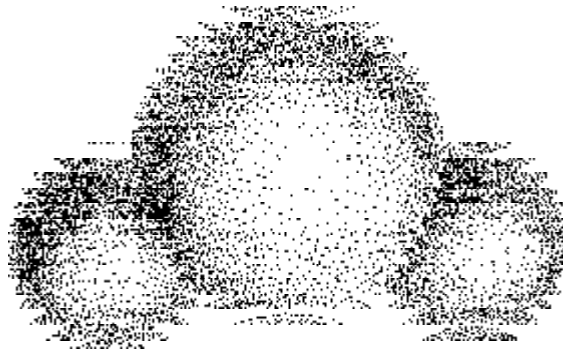


Fig. 1.3 Al combinarse dos átomos de hidrógeno con uno de oxígeno se produce una molécula de agua.

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?