

Capítulo 2

UN CAMBIO FUNDAMENTAL: EL MOVIMIENTO MECÁNICO

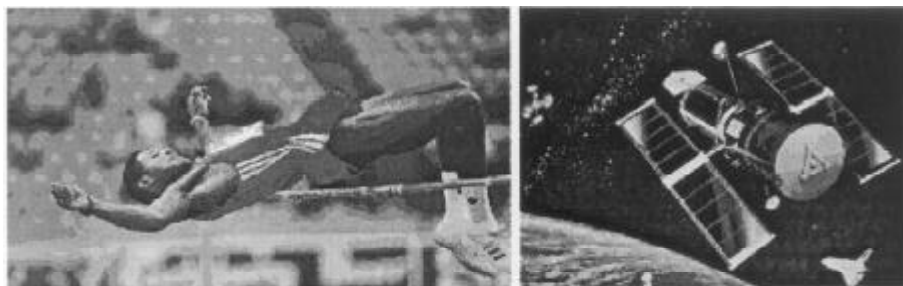


Fig. 2.1 ¿Cómo describir las características del movimiento? ¿De qué factores dependen dichas características?

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.

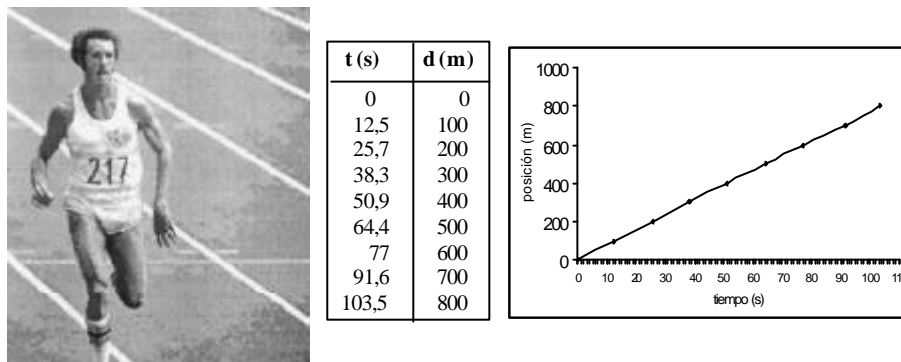


Fig. 2.2 Gráfica y tabla* que describen la carrera de Alberto Juantorena cuando ganó los 800 m planos en la Olimpiada de Montreal en 1976.

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).

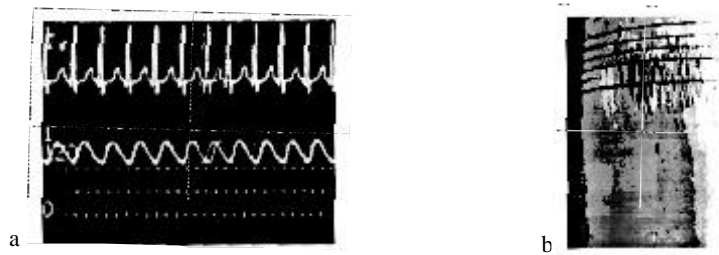


Fig. 2.3 a) Sector de un electrocardiograma. b) Sector de un sismograma.

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.

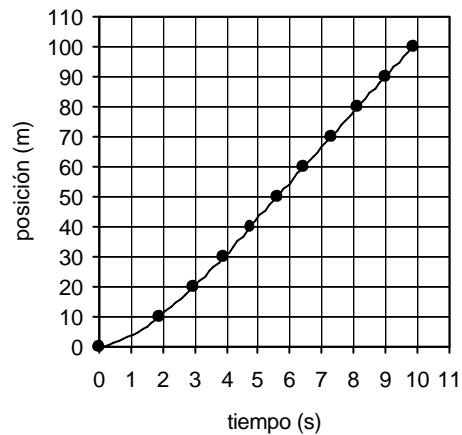


Fig. 2.4 Gráfica de posición-tiempo construida con los datos de la tabla 2.1.

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 atraque 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. Amarizaje y recuperación |
| 6. Órbita lunar | | |

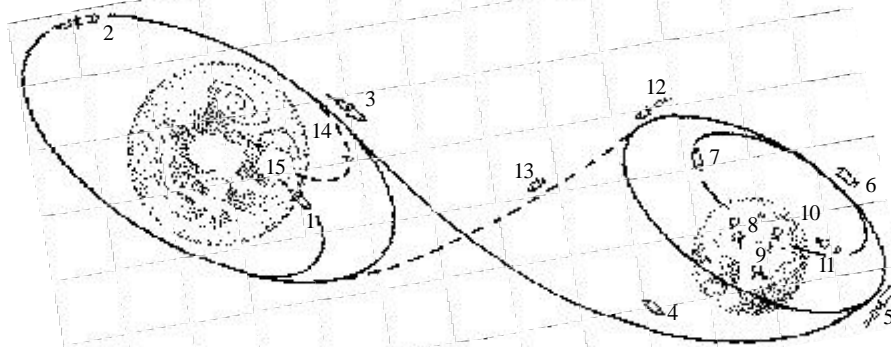


Fig. 2.6 ¿Cómo controlar y dirigir el movimiento de los cuerpos?

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 dependan 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).

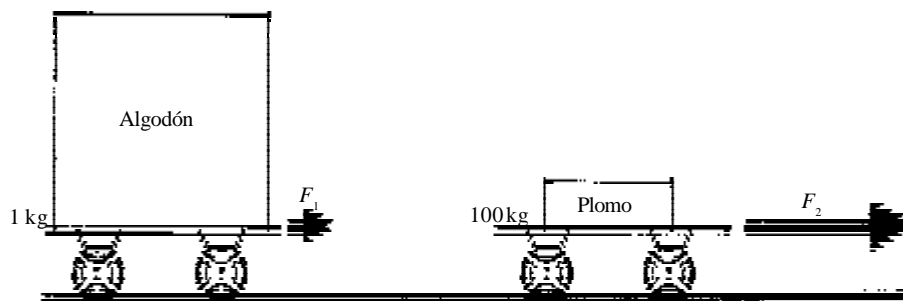


Fig. 2.7. La fuerza necesaria para que la plataforma adquiera cierta velocidad depende de la masa de la carga.

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.

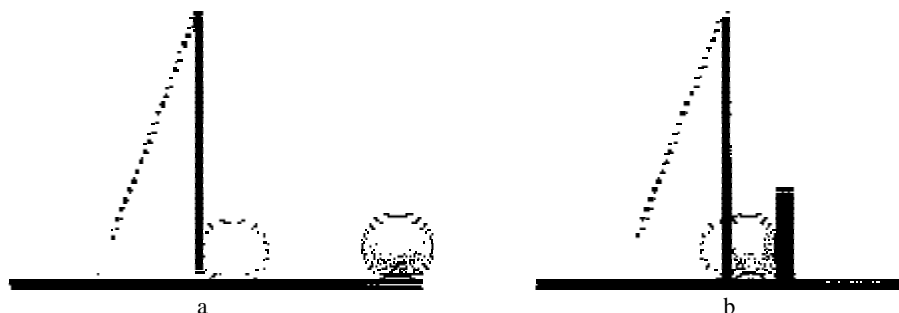


Fig. 2.8 a) La bola de plastilina se pone en movimiento por la acción del golpe. b) La bola de plastilina no se pone en movimiento como un todo sino que se deforma.

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?

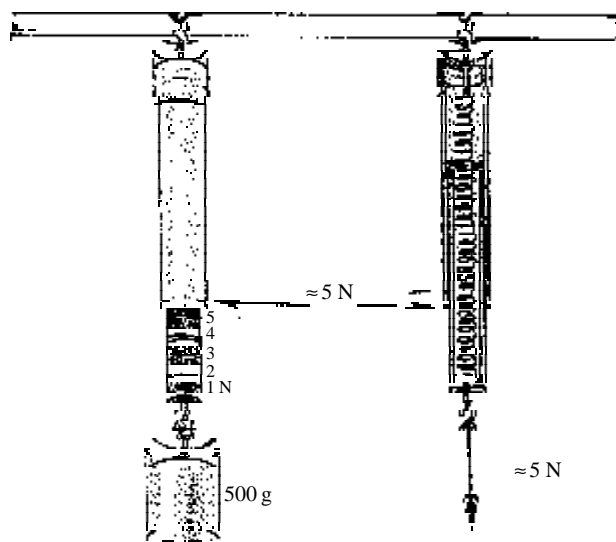


Fig. 2.9 En la escala del dinamómetro podemos leer directamente el valor de la fuerza aplicada sobre el cuerpo.

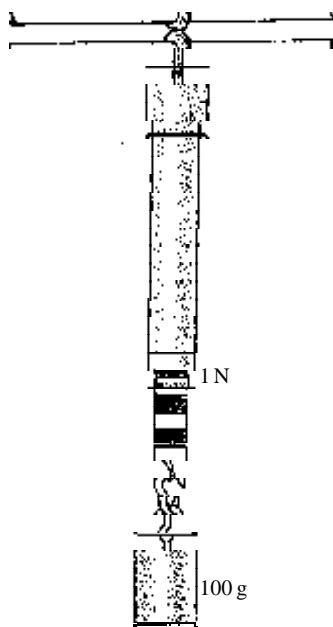


Fig. 2.10 Para mantener suspendido un cuerpo de 0,1 kg se requiere una fuerza de 1 N.

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

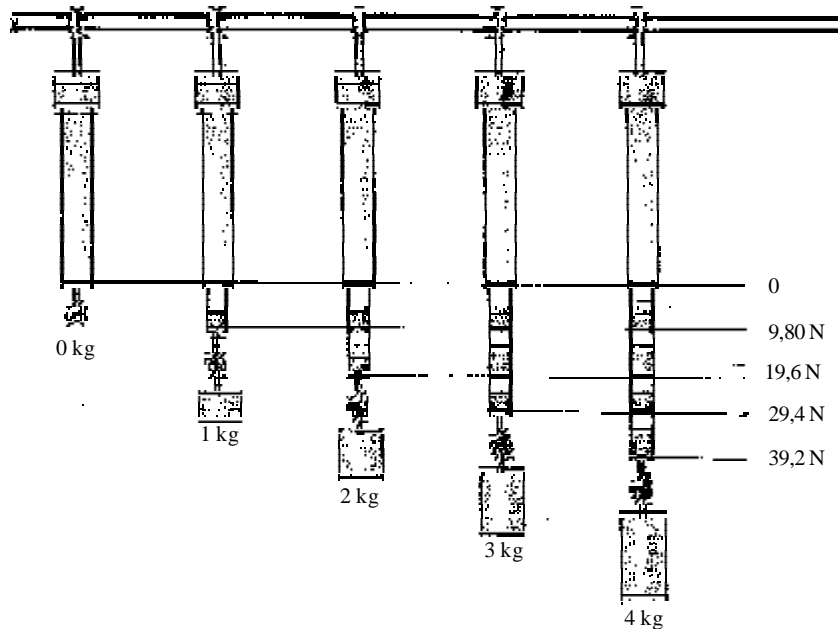


Fig 2.11 Mediciones de masa y fuerza de gravedad correspondientes a una serie de cuerpos.

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.

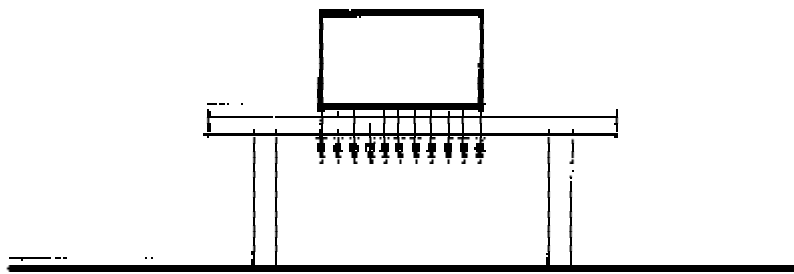


Fig. 2.12 La fuerza que el bloque ejerce sobre la mesa está distribuida por toda la superficie de apoyo.

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 minuteru. 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?

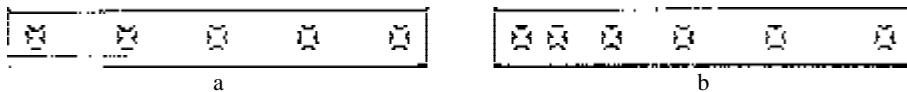


Fig. 2.13 Actividad 12.

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.

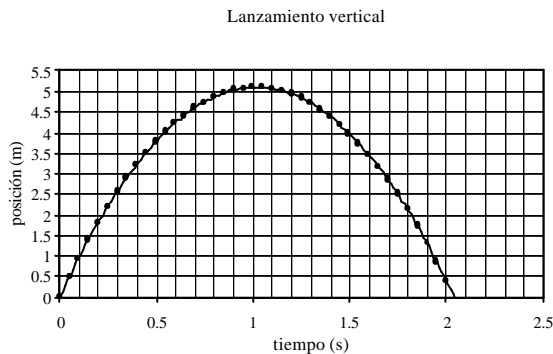


Fig. 2.14 Actividad 13.

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?