

Es natural pensar que el universo se compone de dos partes, los cielos y la tierra; y, según el filósofo griego Aristóteles, esas dos partes parecían comportarse de manera completamente diferente.

Aristóteles observó que aquí abajo, en la tierra, todo cambia o se desintegra: los hombres envejecen y mueren, los edificios se deterioran y derrumban, el mar se encrespa y luego se calma, los vientos llevan y traen las nubes, el fuego prende y luego se apaga, y la Tierra misma tiembla con los terremotos.

En los cielos, por el contrario, parecían reinar sólo la serenidad y la inmutabilidad. El Sol salía y se ponía puntualmente y su luz jamás subía ni bajaba de brillo. La Luna desgranaba sus fases en orden regular, y las estrellas brillaban sin desmayo.

Aristóteles concluyó que las dos partes del universo funcionaban de acuerdo con reglas o «leyes naturales» de distinta especie. Había una ley natural para los objetos de la Tierra y otra para los objetos celestes.

Estos dos conjuntos diferentes de leyes naturales parecían tener su validez al aplicarlas al movimiento. Una piedra soltada en el aire caía derecha hacia abajo. Y en un día sin viento, el humo subía recto hacia lo alto. Todo, los movimientos terrestres, librados a su suerte, parecían avanzar o hacia arriba o hacia abajo.

No así en el cielo. El Sol y la Luna y las estrellas no caían hacia la Tierra ni se alejaban de ella. Aristóteles creía que se movían en círculos suaves y uniformes alrededor de nuestro planeta.

Había otra diferencia, y es que en la Tierra los objetos en movimiento terminaban por pararse. La piedra caía al suelo y se detenía. Una pelota podía botar varias veces, pero muy pronto quedaba en reposo. Y lo mismo con un bloque de madera que deslizara pendiente abajo, o con una vagoneta sobre ruedas, o con una piedra lanzada. Incluso un caballo al galope acababa por cansarse y pararse.

Aristóteles pensaba, por tanto, que el estado natural de las cosas en la Tierra era el reposo. Cualquier objeto en movimiento regresaba a ese estado natural de reposo lo antes posible. En el cielo, por el contrario, la Luna, el Sol y las estrellas jamás hacían un alto y se movían siempre con la misma rapidez.

### De Galileo a Newton

Las ideas aristotélicas sobre el movimiento de los objetos fueron lo mejor que pudo ofrecer la mente humana durante casi dos mil años. Luego vino Galileo con otras mejores. Allí donde Aristóteles creía que los objetos pesados caen más rápidamente que los ligeros, Galileo mostró que todos los objetos caen con la misma velocidad. Aristóteles tenía razón en lo que se refiere a objetos muy ligeros: era cierto que caían más despacio. Pero Galileo explicó por qué: al ser tan ligeros, no podían abrirse paso a través del aire; en el vacío, por el contrario, caería igual de aprisa un trozo de plomo que el objeto más ligero, pues éste no se vería ya retardado por la resistencia del aire.

Unos cuarenta años después de la muerte de Galileo, el científico inglés Isaac Newton estudió la idea de que la resistencia del aire influía sobre los objetos en movimiento y logró descubrir otras formas de interferir con éste. Cuando una piedra caía y golpeaba la tierra, su movimiento cesaba porque el suelo se cruzaba en su camino. Y cuando una roca rodaba por una carretera irregular, el suelo seguía cruzándose en su camino: la roca se paraba debido al rozamiento entre la superficie áspera de la carretera y las desigualdades de la suya propia. Cuando la roca bajaba por una carretera lisa y pavimentada, el rozamiento era menor y la roca llegaba más lejos antes de pararse. Y sobre una superficie helada la distancia cubierta era aún mayor.

Newton pensó: ¿Qué ocurriría si un objeto en movimiento no hiciese contacto con nada, si no hubiese barreras, ni rozamiento ni resistencia del aire? Dicho de otro modo, ¿qué pasaría si el objeto se mueve a través de un enorme vacío?. En ese caso no habría nada que lo detuviera, lo retardara o lo desviara de su trayectoria. El objeto seguiría moviéndose para siempre a la misma velocidad y en la misma dirección.

Newton concluyó, por tanto, que el estado natural de un objeto en la Tierra no era necesariamente el reposo; esa era sólo una posibilidad.

Sus conclusiones las resumió en un enunciado que puede expresarse así: *Cualquier objeto en reposo, abandonado completamente a su suerte, permanecerá para siempre en reposo. Cualquier objeto en movimiento, abandonado completamente a su suerte, se moverá a la misma velocidad y en línea recta indefinidamente.* Este enunciado es la primera ley de Newton del movimiento.

Según Newton, los objetos tendían a permanecer en reposo o en movimiento. Era como si fuesen demasiado «perezosos» para cambiar de estado. Por eso a la primera ley de Newton se denomina a veces la ley de «inercia». («Inertia», en latín, quiere decir «ocio», «pereza».)

A poco que uno recapacite verá que los objetos tienen cantidades de inercia (de resistencia al cambio) muy variables. Basta dar una patadita a un balón de playa para mandarlo muy lejos, mientras que para mover una bala de cañón hay que empujar con todas nuestras fuerzas, y aun así se moverá muy despacio. Una vez en movimiento, también es grande la diferencia en la facilidad con que dejan detenerse. Un balón de playa que viene lanzado hacia nosotros lo podemos parar de un manotazo. Una bala de cañón, a la a velocidad, más vale dejarla pasar, porque nos arrancaría la mano y ni se enteraría. La bala de cañón es mucho más reacia a cambiar su estado de movimiento que un balón de playa. Tiene mucha más inercia. Newton sugirió que la masa de un objeto es la cantidad de inercia del objeto. Una bala de cañón tiene más masa que un balón de playa. La bala de cañón tiene también más peso que el balón. Los objetos pesados tienen en general gran masa, mientras que los ligeros tienen poca. Pero el peso no es lo mismo que la masa. En la Luna, por ejemplo, el peso de cualquier objeto es sólo un sexto de su peso en la Tierra, pero su masa es la misma. El movimiento de una bala de cañón en la Luna sería tan difícil de iniciar y tan peligroso de detener como en la Tierra; y, sin embargo, la bala nos parecería sorprendentemente ligera al levantarla.

Para hacer que un objeto se mueva más rápidamente, más lentamente o abandone su trayectoria, hay que tirar de él o empujarlo. Un tirón o un empujón recibe el nombre de «fuerza». Y la razón (por unidad de tiempo) a la que un cuerpo aviva o retarda su paso o cambia de dirección es su «aceleración».

La segunda ley del movimiento que enunció Newton cabe expresarla así: la aceleración de cualquier cuerpo es igual a la fuerza aplicada a él, dividida por la masa del cuerpo. Dicho de otro modo, un objeto, al empujarlo o tirar de él, tiende a acelerar o retardar su movimiento o a cambiar de dirección. Cuanto mayor es la fuerza, tanto más cambiará de velocidad o de dirección. Por otro lado, la masa del objeto -la cantidad de inercia que posee- actúa en contra de esa aceleración. Un empujón fuerte hará que el balón de playa se mueva mucho más deprisa porque posee poca masa; pero la misma fuerza, aplicada a la bala de cañón (que tiene mucha más masa), apenas afectará su movimiento.

## De la manzana a la Luna

Newton propuso luego una tercera ley del movimiento, que puede enunciarse de la siguiente manera: *Si un cuerpo ejerce una fuerza sobre un segundo cuerpo, éste ejerce sobre el primero una fuerza igual pero de sentido contrario*. Es decir, que si un libro aprieta hacia abajo sobre una mesa, la mesa tiene que estar empujando el libro hacia arriba en la misma cuantía. Por eso el libro se queda donde está, sin desplomarse a través del tablero ni saltar a los aires.

Las tres leyes del movimiento sirven para explicar casi todos los movimientos y fuerzas de la Tierra. ¿Sirven también para explicar los de los cielos, que son tan distintos?

Los objetos celestes se mueven en el vacío, pero no en línea recta. La Luna, pongamos por caso, sigue una trayectoria curva alrededor de la Tierra. Lo cual no contradice la primera ley de Newton, porque la Luna no está «librada completamente a su suerte». No se mueve en línea recta porque sufre continuamente un tirón lateral en dirección a la Tierra.

Para que la Luna se viera solicitada de este modo era necesario -por la segunda Ley de Newton- que existiera una fuerza aplicada en ella, una fuerza ejercida siempre en dirección a la Tierra.

La Tierra ejerce, sin duda, una fuerza sobre los cuerpos terrestres y hace que las manzanas caigan, por ejemplo. Es la fuerza *de la gravedad*. ¿Era esta fuerza la misma que actuaba sobre la Luna? Newton aplicó sus tres leyes del movimiento a nuestro satélite y demostró que su trayectoria quedaba explicada admirablemente con sólo suponer que sobre ella actuaba la misma fuerza gravitatoria que hacía caer a las manzanas.

Pero la cosa no paraba ahí, porque cualquier objeto de universo establece una fuerza de gravitación; y es la gravitación del Sol, por ejemplo, la que hace que la Tierra gire y gire alrededor del astro central.

Newton aplicó sus tres leyes para demostrar que la magnitud de la fuerza de gravitación entre dos cuerpos cualesquiera del universo dependía de las masas de los cuerpos y de la distancia entre ellos. Cuanto mayores las masas, mayor la fuerza. Y cuanto mayor la distancia mutua, menor la atracción entre los cuerpos. Newton había descubierto la ley de la gravitación universal.

Esta ley consiguió dos cosas importantes. En primer lugar explicaba el movimiento de los cuerpos celestes hasta casi sus últimos detalles; explicaba asimismo por qué la Tierra cabeceaba muy lentamente sobre su eje; y más tarde sirvió para explicar la rotación mutua de parejas de estrellas (binarias), alejadas billones de kilómetros de nosotros.

En segundo lugar, y quizá sea esto lo más importante, Newton demostró que Aristóteles se había equivocado al pensar que existían dos conjuntos de leyes naturales, uno para los cielos y otro para la Tierra. Las tres leyes del movimiento explicaban igual de bien la caída de una manzana o el rebote de una pelota que la trayectoria de la Luna. Newton demostró así que los cielos y la Tierra eran parte del mismo universo.

## CUESTIONES

- 1.- Para Aristóteles, ¿existían las mismas leyes en la Tierra y en los Cielos? ¿En qué se basaba para afirmarlo?
- 2.- ¿Cómo explicaba Aristóteles el movimiento en la Tierra y en los Cielos?
- 3.- ¿Cuál era, según Aristóteles; el estado natural de los objetos en la Tierra y en los Cielos?
- 4.- ¿Cuáles eran las opiniones de Aristóteles y Galileo sobre la caída de los cuerpos pesados y ligeros? ¿Qué puntualización hizo Galileo respecto al papel del aire en el movimiento?
- 5.- ¿Cuál es el enunciado de la primera ley de Newton? ¿De dónde viene su nombre? ¿Cómo llegó a esa conclusión?
- 6.- Según Newton, masa e inercia estaban estrechamente relacionadas, ¿por qué?. Busca los conceptos de masa inercial y masa gravitatoria.
- 7.- Enuncia la segunda y tercera leyes de Newton y coméntalas.
- 8.- La trayectoria de la Luna no es rectilínea, ¿contradice eso la primera ley de Newton?
- 9.- ¿Qué relación había para Newton entre la caída de una manzana y el movimiento de la Luna?
- 10.- Al final de la lectura se dice que: "... Newton demostró así que los Cielos y la Tierra eran parte del mismo Universo...", ¿qué crees que significa?