

## ENSAYO

### CAPITULO2

#### ESPACIO Y TIEMPO

La observación y el estudio de los movimientos ha atraído la atención del hombre desde tiempos remotos. Así, es precisamente en la antigua Grecia en donde tiene su origen la sentencia «Ignorar el movimiento es ignorar la naturaleza», que refleja la importancia capital que se le otorgaba al tema. Siguiendo esta tradición, científicos y filósofos observaron los movimientos de los cuerpos y especularon sobre sus características.

Tal vez no haya en la naturaleza nada más antiguo que las observaciones acerca del movimiento de los cuerpos, son numerosos y extensos las teorías dadas por los filósofos. Aristóteles es considerado como el gran físico de la edad media, quien por medio de su pensamiento puro, mantuvo la idea en la que afirmaba que el estado natural de un cuerpo era estar en reposo y que este solo se movía si era empujado por una fuerza o un impulso. Sin embargo, el estudio propiamente científico del movimiento se inicia con Galileo Galilei. A él se debe una buena parte de los conceptos que aparecen recogidos en este capítulo, y que por consiguiente demuestra que las ideas de Aristóteles eran falsas, a través de su experimento y el estudiando del movimiento de los cuerpos, descubrió que "un cuerpo que se mueve, y continuará en movimiento a menos que una fuerza sea aplicada y que lo obligue a detenerse." Galileo argumentó que el movimiento es tan natural como el reposo, esto es, un cuerpo que está en reposo permanece así a menos que sea sometido a una fuerza que lo haga moverse. Si un objeto ya se está moviendo, continuará moviéndose a menos que sea sometido a una fuerza que lo haga detener. También determino a través de sus observaciones, que al dejar caer bolas de diferentes pesos a lo largo de un plano inclinado, concluye, que una bola de plomo y una pluma, caerán con diferente rapidez, ya que, la resistencia del aire, hace que la pluma sea frenada.

Las mediciones de Galileo sirvieron de base a Newton quien dio una explicación completa al movimiento y la forma en que las fuerzas actúan. La descripción está contenida en el resumen de sus 3 leyes:

- Primera Ley: **Inercia**, está basada en la enunciada por Galileo, aunque Galileo no había realmente llegado al concepto de inercia. En ausencia de fuerzas externas, un objeto en reposo permanece en reposo, y un objeto en movimiento permanece en movimiento, quedando en movimiento rectilíneo y con velocidad constante. Esta propiedad de un cuerpo que se resiste al cambio, se llama inercia. La medida de la inercia de un cuerpo es su momento. Newton definió el momento de un objeto como proporcional a su velocidad. La constante de proporcionalidad, es su masa.
- Segunda Ley: **Ley de la Fuerza**, relaciona el cambio de velocidad del objeto con la fuerza aplicada sobre él. "La fuerza neta aplicada a un objeto es igual a la masa del objeto por la aceleración causada al cuerpo por esta fuerza. La aceleración tiene la misma dirección de la fuerza.
- Tercera Ley: **Acción y Reacción**, establece que si el objeto ejerce una fuerza sobre otro objeto, este otro ejerce una fuerza igual y contraria.

Newton descubrió, además de las leyes del movimiento, la ley que describe la fuerza de la gravedad, esta ley, fue muy razonable al indicar, que todo cuerpo atrae a todos los demás cuerpos con una fuerza proporcional a la masa de cada uno de ellos. Así la fuerza entre dos cuerpos se duplicara si, uno de ellos dobla su masa. Esta ley de la gravedad, sostiene que también cuanto más separados estén los cuerpos menor será la fuerza gravitatoria entre ellos.

Newton pudo explicar el movimiento de los planetas en torno al Sol, asumiendo la hipótesis de una fuerza dirigida al Sol, que produce una aceleración que obliga a la velocidad del planeta a cambiar de dirección

continuamente, considerando el movimiento de la Luna en torno a la Tierra, desde las leyes de Kepler. Obviamente la Tierra ejerce una atracción sobre los objetos que están sobre su superficie.

La gravitación universal, descubierta por Newton, implica que la Tierra no sólo atrae a los objetos que están en su superficie, sino también a la Luna y a cualquier cuerpo en su cercanía. Además, el Sol atrae a la Tierra y a todos los demás planetas, las estrellas se atraen entre sí, las galaxias también, y así toda la materia en el Universo.

Pero además Newton descubrió que la fuerza de gravedad obedece una ley muy sencilla. La fuerza gravitacional entre dos cuerpos es directamente proporcional a las masas de los cuerpos e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que los separa.

Los planetas se mantienen unidos al Sol en órbitas estables por el equilibrio de dos fuerzas: la atracción gravitacional de ese astro y la fuerza centrífuga debida al movimiento circular. La fuerza centrífuga no se debe a una interacción de la materia, sino a la tendencia que tienen los cuerpos a mantener su movimiento en línea recta (esta fuerza se manifiesta, por ejemplo, en un automóvil cuando toma una curva: los pasajeros sienten una fuerza que los empuja hacia la parte exterior de la curva). Todo se explicaba a la perfección en el esquema teórico desarrollado por Newton. El único pedazo que faltaba en el rompecabezas era la naturaleza de la fuerza de gravitación. En efecto ¿qué es lo que produce realmente la atracción gravitacional? Si jalamos una piedra con una cuerda, la atracción se da por medio de la cuerda; si soplamos para empujar una pluma, la fuerza de interacción se da mediante el aire. Toda transmisión implica un medio: el sonido se transmite por medio del aire, la energía eléctrica por medio de cables, el calor por cuerpos conductores, etc. ¿Qué medio transmite la gravitación? ¿Cómo "sabe" la Luna que la Tierra está ahí y la atrae? ¿Cuál es el origen de esa "acción a distancia"? .

Newton nunca estuvo enteramente satisfecho de su obra, pues no tenía una respuesta a las anteriores preguntas. Como una solución provisional propuso que el espacio está totalmente lleno de una sustancia invisible e impalpable, el éter, que permea todos los cuerpos materiales y sirve para transmitir, de algún modo aún desconocido, la atracción gravitacional. La misteriosa "acción a distancia" cuya naturaleza todavía desconocía, se ejercería mediante el éter. Empero, el problema habría de perdurar mucho tiempo en la física.

Y aun permanecían las ideas de Aristóteles en la que se creía en un estado preferente de reposo, en la que consideraba el movimiento como un proceso de cambio, en oposición al reposo que, siendo el fin y la meta del movimiento, debía ser reconocido como un estado. Según esto, todo movimiento es cambio y por eso afecta siempre al cuerpo que se mueve. Por consiguiente, si un cuerpo está provisto de dos movimientos, estos se entorpecen, se obstaculizan mutuamente y son a veces incompatibles uno con otro. Así mismo creyó que la tierra se encontraba en reposo. Pero se siguieron refutando estas ideas, afirmando, que el movimiento es solo un estado en el que un cuerpo se encuentra y es indiferente a su estado de movimiento o de reposo. El reposo no es distinto del movimiento, y además, puesto que somos indiferentes al movimiento podemos estar moviéndonos a una velocidad enorme sin percibirlo.

Para Newton era una preocupación, por la falta de una posición absoluta o un espacio absoluto. Pero, sí, tanto para Aristóteles como Newton creían en un tiempo absoluto, pensaban que se podía medir el intervalo de tiempo entre dos sucesos, el tiempo estaba totalmente separado y era independiente del espacio.

Para dar un nuevo paso y comprender la gravitación se necesitaba una nueva teoría física que relevara la mecánica de Newton en los nuevos dominios del Universo que surgían. Afortunadamente, entra en contacto con sus ideas Albert Einstein, que había elaborado su teoría de la gravitación, también conocida como *teoría de la relatividad general*.

De acuerdo con Einstein el espacio y el tiempo no son conceptos independientes, sino que están estrechamente vinculados y forman un *espacio-tiempo* de cuatro dimensiones, en el que el tiempo es la cuarta

dimensión.

La conclusión más interesante que podemos sacar de esta discusión es que el campo gravitacional afecta los intervalos de tiempo. Pero, según ya vimos al enunciar la teoría especial de la relatividad, el tiempo y el espacio no pueden separarse. El verdadero escenario para los sucesos naturales es el espaciotiempo. Lo que se afirme para el espacio o lo que se diga para el tiempo es una expresión verdadera sólo en un marco de referencia particular. Las cuestiones relativistas se expresan en el espaciotiempo. Vistos desde esta perspectiva, nuestros experimentos, pensados o reales, nos llevan a concluir que el campo gravitacional, al cambiar los intervalos de tiempo, altera la geometría del espaciotiempo. La gravitación induce una curvatura; el espaciotiempo deja de ser plano y se convierte en un espacio no-euclidiano, donde prevalece la geometría de Riemann. Cuando la gravedad no es muy intensa, la curvatura es ligera y el espaciotiempo aparenta ser plano. Las conclusiones de Einstein tienden entonces, como un caso límite, a las de Newton.