

ISAAC NEWTON

Isaac Newton (1642–1727) fue un matemático y físico británico, considerado como uno de los más grandes científicos de la historia, que hizo importantes aportaciones en muchos campos de la ciencia. Sus descubrimientos y teorías sirvieron de base a la mayor parte de los avances científicos desarrollados desde su época. Newton fue junto al matemático alemán Gottfried Wilhelm Leibniz uno de los inventores de la rama de las matemáticas denominada cálculo. También resolvió cuestiones relativas a la luz y la óptica, formuló las leyes del movimiento y dedujo a partir de ellas la ley de la gravitación universal.

Newton nació el 25 de diciembre de 1642 (según el calendario juliano vigente entonces; el 4 de enero de 1643, según el calendario gregoriano vigente en la actualidad), en Woolsthorpe, Lincolnshire. Cuando tenía tres años, su madre viuda se volvió a casar y lo dejó al cuidado de su abuela. Con el tiempo, su madre, que se quedó viuda por segunda vez, decidió enviarle a una escuela primaria en Grantham. Más tarde, en el verano de 1661, ingresó en el Trinity College de la Universidad de Cambridge.

Newton recibió su título de bachiller en 1665. Después de una interrupción de casi dos años provocada por una epidemia de peste, volvió al Trinity College, donde le nombraron becario en 1667. Recibió el título de profesor en 1668. Durante esta época se dedicó al estudio e investigación de los últimos avances en matemáticas y a la filosofía natural que consideraba la naturaleza como un organismo cuyo mecanismo era bastante complejo. Casi inmediatamente realizó descubrimientos fundamentales que le fueron de gran utilidad en su carrera científica.



GRAVITACIÓN

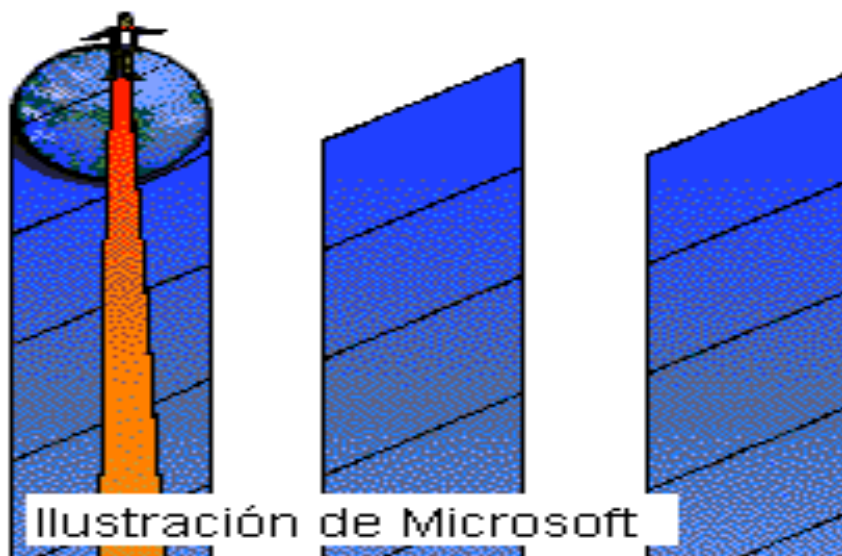


La Gravitación es una propiedad de atracción mutua que poseen todos los objetos compuestos de materia. A veces se utiliza como sinónimo el término *gravedad*, aunque estrictamente este último sólo se refiere a la fuerza gravitacional entre la Tierra y los objetos situados en su superficie o cerca de ella. La gravitación es una de las cuatro fuerzas básicas que controlan las interacciones de la materia; las otras tres son las fuerzas nucleares débil y fuerte, y la fuerza electromagnética (véase Fuerzas fundamentales; Física). Hasta ahora no han tenido éxito los intentos de englobar todas las fuerzas en una teoría de unificación (véase Teoría del campo unificado), ni los intentos de detectar las ondas gravitacionales que, según sugiere la teoría de la relatividad, podrían observarse cuando se perturba el campo gravitacional de un objeto de gran masa.

La ley de la gravitación, formulada por vez primera por el anteriormente nombrado, Isaac Newton en 1684, afirma que la atracción gravitatoria entre dos cuerpos es directamente proporcional al producto de las masas de ambos cuerpos e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre ellos. En forma algebraica, la ley se expresa como

$$F = G \frac{m_1 m_2}{d^2}$$

donde F es la fuerza gravitatoria, m_1 y m_2 son las masas de los dos cuerpos, d es la distancia entre los mismos y G es la constante gravitatoria. El físico británico Henry Cavendish fue el primero en medir el valor de esta constante en 1798, mediante una balanza de torsión. El valor más preciso obtenido hasta la fecha para la constante es de 0,0000000000667 newtons-metro cuadrado por kilogramo cuadrado ($6,67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$). La fuerza gravitatoria entre dos cuerpos esféricos de un kilogramo de masa cada uno y separados por una distancia de un metro es, por tanto, de 0,0000000000667 newtons. Esta fuerza es extremadamente pequeña: es igual al peso en la superficie de la Tierra de un objeto de aproximadamente 1/150.000.000.000 kilogramos.



Efecto de la rotación

La fuerza de la gravedad que experimenta un objeto no es la misma en todos los lugares de la superficie terrestre, principalmente debido a la rotación de la Tierra. La fuerza de la gravedad que se mide es en realidad una combinación de la fuerza gravitatoria debida a la atracción terrestre y una fuerza centrífuga opuesta debida a la rotación de la Tierra (véase Fuerza centrífuga). En el ecuador, la fuerza centrífuga es relativamente elevada, lo que hace que la gravedad que se mide sea relativamente baja; en los polos, la fuerza centrífuga es nula, con lo que la gravedad que se mide es relativamente elevada. En el uso corriente, el término fuerza de la gravedad significa en realidad una combinación de las fuerzas gravitatoria y centrífuga.

Aceleración

La gravedad suele medirse de acuerdo a la aceleración que proporciona a un objeto en la superficie de la Tierra. En el ecuador, la aceleración de la gravedad es de 9,7799 metros por segundo cada segundo, mientras que en los polos es superior a 9,83 metros por segundo cada segundo. El valor que suele aceptarse internacionalmente para la aceleración de la gravedad a la hora de hacer cálculos es de 9,80665 metros por segundo cada segundo. Por tanto, si no consideramos la resistencia del aire, un cuerpo que caiga libremente aumentará cada segundo su velocidad en 9,80665 metros por segundo. La ausencia aparente de gravedad durante los vuelos espaciales se conoce como gravedad cero o microgravedad.

En la actualidad, los científicos intentan demostrar que todas estas interacciones, aparentemente diferentes, son manifestaciones, en circunstancias distintas, de un modo único de interacción. El término 'teoría del campo unificado' engloba a las nuevas teorías en las que dos o más de las cuatro fuerzas fundamentales aparecen como si fueran básicamente idénticas. La teoría de la gran unificación intenta unir en un único marco teórico las interacciones nuclear fuerte y nuclear débil, y la fuerza electromagnética. Esta teoría de campo unificado se halla todavía en proceso de ser comprobada. La teoría del todo es otra teoría de campo unificado que pretende proporcionar una descripción unificada de las cuatro fuerzas fundamentales. Hoy, la mejor candidata a convertirse en una teoría del todo es la teoría de supercuerdas.

Principios elementales

En agosto de 1684 la soledad de Newton se vio interrumpida por la visita de Edmund Halley, un astrónomo y matemático con el que discutió el problema del movimiento orbital. Newton había estudiado la ciencia de la mecánica como estudiante universitario y en esa época ya tenía ciertas nociones básicas sobre la gravitación universal. Como resultado de la visita de Halley, volvió a interesarse por estos temas.

Durante los dos años y medio siguientes, Newton estableció la ciencia moderna de la dinámica formulando las tres leyes del movimiento. Aplicó estas leyes a las leyes de Kepler sobre movimiento orbital formuladas por el astrónomo alemán Johannes Kepler y dedujo la ley de la gravitación universal. Probablemente, Newton es conocido sobre todo por su descubrimiento de la gravitación universal, que muestra como a todos los cuerpos en el espacio y en la Tierra les afecta la fuerza llamada gravedad. Publicó su teoría en *Principios matemáticos de la filosofía natural* (1687), obra que marcó un punto de inflexión en la historia de la ciencia, y además consiguió que su autor perdiera su temor a la publicación de sus teorías.

La aparición de *Principios* también implicó a Newton en un desagradable episodio con el filósofo y físico Robert Hooke. En 1687 Hooke afirmó que Newton le había robado la idea central del libro: que los cuerpos se atraen recíprocamente con una fuerza que varía inversamente al cuadrado de su distancia. Sin embargo, la mayor parte de los historiadores no aceptan los cargos de plagio de Hooke.

En el mismo año de 1687, Newton apoyó la resistencia de Cambridge contra los esfuerzos del rey Jacobo II de Inglaterra para convertir la universidad en una institución católica. Después de la Gloriosa Revolución de 1688, que expulsó a Jacobo de Inglaterra, la universidad eligió a Newton como uno de sus representantes en una convocatoria especial del Parlamento británico. Los cuatro años siguientes fueron de gran actividad para Newton, que animado por el éxito de *Principios*, trató de compendiar todos sus primeros logros en una obra escrita. En el verano de 1693 Newton mostró síntomas de una severa enfermedad emocional. Aunque recuperó la salud, su periodo creativo había llegado a su fin.

Las conexiones de Newton con los dirigentes del nuevo régimen de Inglaterra le llevaron a su nombramiento como inspector y más tarde director de la Casa de la Moneda en Londres, donde vivió hasta 1696. En 1703 fue elegido presidente de la Sociedad Real, un cargo que ocupó hasta el final de su vida. Como presidente, ordenó la inmediata publicación de las observaciones astronómicas del primer astrónomo real de Inglaterra John Flamsteed. Newton necesitaba estas observaciones para perfeccionar su teoría lunar; este tema le proporcionó ciertos conflictos con Flamsteed.

Newton también se implicó en una violenta discusión con Leibniz acerca de la prioridad de la invención del cálculo. Utilizó su cargo de presidente en la Sociedad Real para que se formara una comisión que investigara el tema y él, en secreto, escribió el informe de la comisión que hacía a Leibniz responsable del plagio. Newton incluso recopiló la relación de acusaciones que la sociedad había publicado. Los efectos de la disputa se alargaron casi hasta su muerte.

Además de su interés por la ciencia, Newton también se sintió atraído por el estudio de la alquimia, el misticismo y la teología. Muchas páginas de sus notas y escritos especialmente en los últimos años de su carrera están dedicadas a estos temas. Sin embargo, los historiadores han encontrado poca relación entre estas inquietudes y sus trabajos científicos.

VOCABULARIO

Las tres leyes del movimiento de Newton

Con la formulación de las tres leyes del movimiento, Isaac Newton estableció las bases de la dinámica.

La primera ley

La primera ley de Newton afirma que si la suma vectorial de las fuerzas que actúan sobre un objeto es cero, el objeto permanecerá en reposo o seguirá moviéndose a velocidad constante. El que la fuerza ejercida sobre un objeto sea cero no significa necesariamente que su velocidad sea cero. Si no está sometido a ninguna fuerza (incluido el rozamiento), un objeto en movimiento seguirá desplazándose a velocidad constante.

La segunda ley

La segunda ley de Newton relaciona la fuerza total y la aceleración. Una fuerza neta ejercida sobre un objeto lo acelerará, es decir, cambiará su velocidad. La aceleración será proporcional a la magnitud de la fuerza total y tendrá la misma dirección y sentido que ésta. La constante de proporcionalidad es la masa m del objeto

$$F = ma$$

En el Sistema Internacional de unidades (conocido también como SI), la aceleración a se mide en metros por segundo cuadrado, la masa m se mide en kilogramos, y la fuerza F en newtons. Un newton se define como la fuerza necesaria para suministrar a una masa de 1 kg una aceleración de 1 metro por segundo cada segundo; esta fuerza es aproximadamente igual al peso de un objeto de 100 gramos.

Un objeto con más masa requerirá una fuerza mayor para una aceleración dada que uno con menos masa. Lo asombroso es que la masa, que mide la inercia de un objeto (su resistencia a cambiar la velocidad), también mide la atracción gravitacional que ejerce sobre otros objetos. Resulta sorprendente, y tiene consecuencias profundas, que la propiedad inercial y la propiedad gravitacional estén determinadas por una misma cosa. Este fenómeno supone que es imposible distinguir si un punto determinado está en un campo gravitatorio o en un sistema de referencia acelerado. Einstein hizo de esto una de las piedras angulares de su teoría general de la relatividad, que es la teoría de la gravitación actualmente aceptada.

Rozamiento

El rozamiento, generalmente, actúa como una fuerza aplicada en sentido opuesto a la velocidad de un objeto. En el caso de deslizamiento en seco, cuando no existe lubricación, la fuerza de rozamiento es casi independiente de la velocidad. La fuerza de rozamiento tampoco depende del área aparente de contacto entre un objeto y la superficie sobre la cual se desliza. El área real de contacto esto es, la superficie en la que las rugosidades microscópicas del objeto y de la superficie de deslizamiento se tocan realmente es relativamente pequeña. Cuando un objeto se mueve por encima de la superficie de deslizamiento, las minúsculas rugosidades del objeto y la superficie chocan entre sí, y se necesita fuerza para hacer que se sigan moviendo. El área real de contacto depende de la fuerza perpendicular entre el objeto y la superficie de deslizamiento. Frecuentemente, esta fuerza no es sino el peso del objeto que se desliza. Si se empuja el objeto formando un ángulo con la horizontal, la componente vertical de la fuerza dirigida hacia abajo se sumará al peso del objeto. La fuerza de rozamiento es proporcional a la fuerza perpendicular total.

Cuando hay rozamiento, la segunda ley de Newton puede ampliarse a

$$F_{\text{efectiva}} = F - F_{\text{rozamiento}} = ma$$

Sin embargo, cuando un objeto se desliza a través de un fluido, el valor del rozamiento depende de la velocidad. En la mayoría de los objetos de tamaño humano que se mueven en agua o aire (a velocidades menores que la del sonido), la fricción es proporcional al cuadrado de la velocidad. En ese caso, la segunda ley de Newton se convierte en

$$F_{\text{efectiva}} = F - kV^2 = ma$$

La constante de proporcionalidad k es característica de los dos materiales en cuestión y depende del área de contacto entre ambas superficies, y de la forma más o menos aerodinámica del objeto en movimiento.

La tercera ley

La tercera ley de Newton afirma que cuando un objeto ejerce una fuerza sobre otro, este otro objeto ejerce

también una fuerza sobre el primero. La fuerza que ejerce el primer objeto sobre el segundo debe tener la misma magnitud que la fuerza que el segundo objeto ejerce sobre el primero, pero con sentido opuesto. Por ejemplo, en una pista de patinaje sobre hielo, si un adulto empuja suavemente a un niño, no sólo existe la fuerza que el adulto ejerce sobre el niño, sino que el niño ejerce una fuerza igual pero de sentido opuesto sobre el adulto. Sin embargo, como la masa del adulto es mayor, su aceleración será menor.

La tercera ley de Newton también implica la conservación del momento lineal, el producto de la masa por la velocidad. En un sistema aislado, sobre el que no actúan fuerzas externas, el momento debe ser constante. En el ejemplo del adulto y el niño en la pista de patinaje, sus velocidades iniciales son cero, por lo que el momento inicial del sistema es cero. Durante la interacción operan fuerzas internas entre el adulto y el niño, pero la suma de las fuerzas externas es cero. Por tanto, el momento del sistema tiene que seguir siendo nulo. Después de que el adulto empuje al niño, el producto de la masa grande y la velocidad pequeña del adulto debe ser igual al de la masa pequeña y la velocidad grande del niño. Los momentos respectivos son iguales en magnitud pero de sentido opuesto, por lo que su suma es cero.

Otra magnitud que se conserva es el momento angular o cinético. El momento angular de un objeto en rotación depende de su velocidad angular, su masa y su distancia al eje. Cuando un patinador da vueltas cada vez más rápido sobre el hielo, prácticamente sin rozamiento, el momento angular se conserva a pesar de que la velocidad aumenta. Al principio del giro, el patinador tiene los brazos extendidos. Parte de la masa del patinador tiene por tanto un radio de giro grande. Cuando el patinador baja los brazos, reduciendo su distancia del eje de rotación, la velocidad angular debe aumentar para mantener constante el momento angular.

Fuerzas fundamentales, aquellas fuerzas del Universo que no se pueden explicar en función de otras más básicas. Las fuerzas o interacciones fundamentales conocidas hasta ahora son cuatro: gravitatoria, electromagnética, nuclear fuerte y nuclear débil.

La gravitatoria es la fuerza de atracción que un trozo de materia ejerce sobre otro, y afecta a todos los cuerpos. Es una fuerza muy débil pero de alcance infinito.

La fuerza electromagnética afecta a los cuerpos eléctricamente cargados, y es la fuerza involucrada en las transformaciones físicas y químicas de átomos y moléculas. Es mucho más intensa que la fuerza gravitatoria y su alcance es infinito.

La fuerza o interacción nuclear fuerte es la que mantiene unidos los componentes de los núcleos atómicos, y actúa indistintamente entre dos nucleones cualesquiera, protones o neutrones. Su alcance es del orden de las dimensiones nucleares (10–15 m), pero es más intensa que la fuerza electromagnética.

La fuerza o interacción nuclear débil es la responsable de la desintegración beta de los neutrones (véase Física nuclear); los neutrinos son sensibles únicamente a este tipo de interacción. Su intensidad es menor que la de la fuerza electromagnética y su alcance es aún menor que el de la interacción nuclear fuerte (10–18 m).

Todo lo que sucede en el Universo es debido a la actuación de una o varias de estas fuerzas que se diferencian unas de otras porque cada una implica el intercambio de un tipo diferente de partícula, denominada partícula de intercambio o intermediaria. Todas las partículas de intercambio son bosones, mientras que las partículas origen de la interacción son fermiones.