

Ley de Gravitación Universal

La gravedad es una propiedad fundamental de la materia que produce una recíproca atracción entre los cuerpos.

Es una de las fuerzas fundamentales de naturaleza; si bien es la más débil con respecto a las otras fuerzas que tienen la superioridad sobre las partículas elementales de la materia, considerada en escalas cósmicas es la que hace sentir mayormente sus efectos determinando el movimiento de los planetas, de las estrellas, de las galaxias y de toda la materia en el Universo.

La teoría supone que, análogamente a la existencia de las ondas electromagnéticas que se propagan de un lado a otro del Universo, también deben existir ondas gravitacionales, cuya investigación está en curso a través de equipos espaciales.

Según una leyenda, que probablemente tiene una base de verdad, Isaac Newton (1642-1727) estaba sentado en un jardín al pie de un árbol cuando le cayó una manzana encima. El científico que desde ya hacía tiempo trabajaba en la forma de explicar la fuerza de gravedad, estableció entonces la hipótesis de que la fuerza que nos tiene unidos a la Tierra y que disminuye con el alejamiento a partir de su centro, debería hacer sentir su efecto mucho más lejos de lo que en aquellos tiempos pudiera pensarse, probablemente hasta el mundo de la Luna y más allá.



Resumiendo, Newton intuyó, gracias a esta reflexión causada por la ocasional caída de la manzana, que el mismo movimiento de la Luna estaba gobernado por la fuerza de atracción terrestre. Esta idea, generalizada, tomó la forma de un principio físico que se puede enunciar en los siguientes términos: dos masas M_1 y M_2 se atraen recíprocamente con una fuerza F directamente proporcional al producto de las propias masas e inversamente proporcional al cuadrado de sus distancias.

Así, con todo esto resulta que la ley de la Gravitación Universal predice que *la fuerza ejercida entre dos cuerpos de masas m_1 y m_2 separados una distancia r es proporcional al producto de sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia*, es decir:

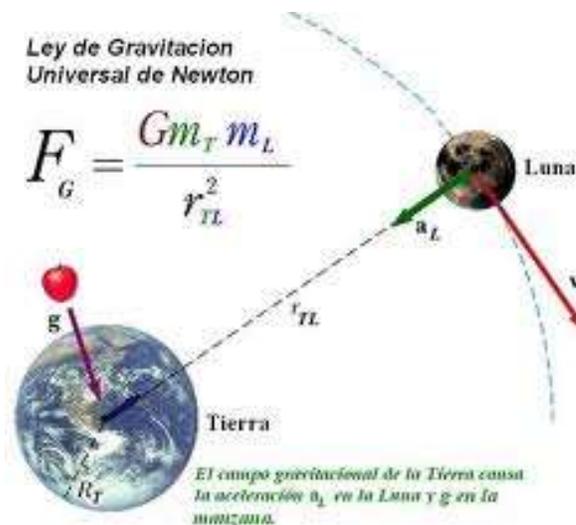
$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

El significado de las letras de la fórmula es:

F : es el módulo de la fuerza ejercida entre ambos cuerpos, y su dirección se encuentra en el eje que une ambos cuerpos.

G : es la constante de gravitación universal.

Es decir, cuanto más masivos sean los cuerpos y más cercanos se encuentren, con mayor fuerza se atraerán.



El valor de esta constante de Gravitación Universal no pudo ser establecido por Newton, que únicamente dedujo la forma de la interacción gravitatoria, pero no tenía suficientes datos como para establecer cuantitativamente su valor. Únicamente dedujo que su valor debería ser muy pequeño. Sólo mucho tiempo después se desarrollaron las técnicas necesarias para calcular su valor, y aún hoy es una de las constantes universales conocidas con menor precisión. En 1798 se hizo el primer intento de medición y en la actualidad, con técnicas mucho más precisas se ha llegado a estos resultados:

$$G = (6.67428 \pm 0.00067) \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$$

Medido en Kg del Sistema Internacional de Medidas.

El estudio de los movimientos de los cuerpos existentes en el Universo ha demostrado que la formulación de Newton es válida en todas partes y, por lo tanto, ha tomado el nombre de Ley de la gravitación universal. Gracias a esta ley también ha sido posible demostrar, por vía analítica, lo que Kepler había establecido de manera empírica: que los planetas recorren órbitas elípticas alrededor del Sol y no órbitas circulares como en un inicio se creía, dando un gran avance al estudiar los fenómenos producidos por dichos movimientos.

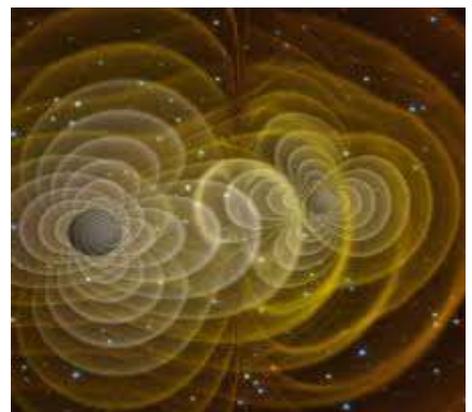


La teoría de la relatividad general de Einstein prevé la existencia de ondas gravitacionales, es decir de vibraciones que, análogamente a las ondas electromagnéticas, deberían propagarse en el espacio a la velocidad de la luz, imagina las ondas como el efecto que tiene un objeto al entrar en un recipiente con agua, genera ondas desde el punto de contacto del objeto hasta los extremos del recipiente.

Los astrofísicos consideran que así como en el pasado, del estudio del cielo surgieron muchas confirmaciones a las teorías Einsteinianas, también las ondas gravitacionales, con el tiempo, serán descubiertas.

Hoy se piensa que las ondas gravitacionales deben ser de dos tipos: **periódicas e impulsivas**. Las primeras, muy débiles, se deben a cuerpos de gran masa en movimiento: por ejemplo dos estrellas que giran la una alrededor de la otra, estrellas de neutrones o agujeros negros rotando, etc. Las segundas, más intensas, serían emitidas cuando un cuerpo muy macizo como una estrella es involucrado en un colapso gravitacional: por ejemplo, durante la formación de un agujero negro en el universo.

Desde un punto de vista físico, las ondas gravitacionales deberían modificar la geometría del espacio en el que propagan y, embistiendo a un cuerpo sólido, deberían producir vibraciones en el propio cuerpo. Sin embargo interactúan muy débilmente con la materia, en el sentido de que la pueden atravesar de lado a lado siendo sólo absorbidas en una mínima parte, resultando por lo tanto de difícil intercepción.



Para revelar las ondas gravitacionales, los astrofísicos han inventado aparatos denominados antenas gravitacionales que consisten, habitualmente, en cilindros de aluminio que tienen una masa variable desde algunas decenas de kilos a varias toneladas, conectados a delicadísimos aparatos electrónicos capaces de determinar la más mínima variación. El principio de funcionamiento es el siguiente: si desde alguna parte del Universo llegara una onda gravitacional, la antena debe ponerse a vibrar y los instrumentos de amplificación indicar el fenómeno.



Sin embargo, las interferencias causadas sobre antenas por fenómenos sísmicos, electromagnéticos, acústicos, etc., han perturbado hasta ahora el trabajo de los astrofísicos, a pesar de las muchas precauciones tomadas para reducir al mínimo estos llamados ruidos de fondo.

Observatorio Green Bank: Conocido también como National Radio Astronom Observatory (NRAO), es el observatorio de radioastronomía más grande de los EEUU y uno de los mayores del mundo.

Fundado en 1957 en Green Bank, en West Virginia, posee una gran antena de 91 metros de diámetro y diversas antenas menores, algunas de las cuales forman Interferómetros.

En este centro de radioastronomía se han hecho importantes descubrimientos sobre la presencia de moléculas interestelares en el espacio y estudios relativos tanto a la estructura de nuestra galaxia, como de galaxias externas.

El interferómetro es un instrumento que emplea la interferencia de las ondas de luz para medir con gran precisión longitudes de onda de la misma luz.



Los meridianos son los semicírculos máximos del globo terrestre que pasan por los polos norte y sur, son líneas imaginarias las cuales sirven para calcular el horario correspondiente al lugar en donde se encuentran.

Observatorio de Greenwich: Es el observatorio astronómico inglés más famoso. Más que por el alcance de sus instrumentos, debe su fama al hecho de que el meridiano sobre el que se encuentra ha sido elegido como origen de las coordenadas de longitud.

Fundado por Carlos II en 1675 en una localidad no lejana de Londres, que se llama precisamente Greenwich, tuvo como primer director al famoso astrónomo John Flamsteed. En aquella época el principal trabajo del observatorio consistía en efectuar medidas astronómicas que sirvieran a los navegantes a resolver el problema de la determinación de la longitud en el mar.



Más tarde fueron realizadas medidas de tiempo y en 1884 el meridiano que pasa por el observatorio fue elegido, por convención internacional, como el primero del mundo (longitud 0 grados).

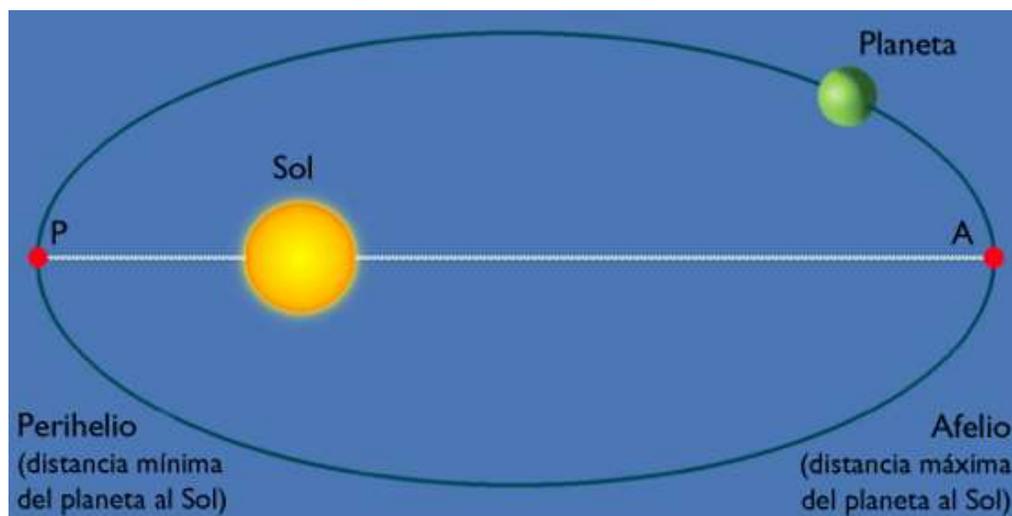
Después de Flamsteed, el observatorio tuvo otros célebres directores, entre otros Edmund Halley y George Airy. Después de la Segunda Guerra Mundial, a causa de las malas condiciones de visibilidad provocadas por los humos y las luces de la vecina capital, el observatorio, aun conservando su nombre original, fue trasladado a Herstmonceux, en Sussex.

El instrumento óptico más importante está constituido por un reflector con un espejo de 2,50 metros de diámetro. El viejo observatorio de Greenwich ha sido ahora transformado en museo.

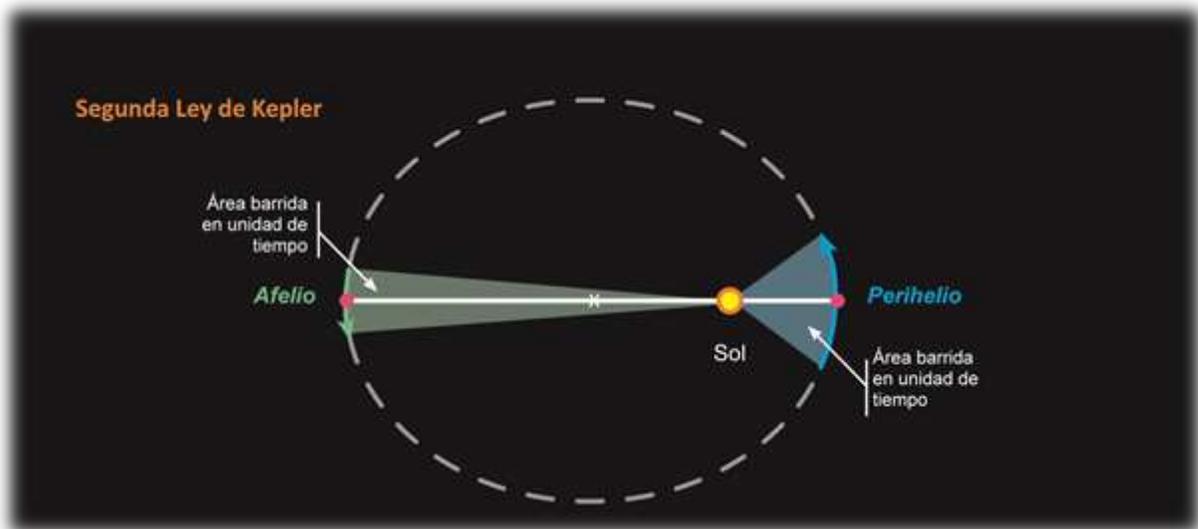
Leyes de Kepler

Se trata de tres leyes acerca de los movimientos de los planetas formuladas por el astrónomo alemán Johannes Kepler a principios del siglo XVII. Kepler basó sus leyes en los datos planetarios reunidos por el astrónomo danés Tycho Brahe, de quien fue ayudante. Sus propuestas rompieron con una vieja creencia de siglos de que los planetas se movían en órbitas circulares.

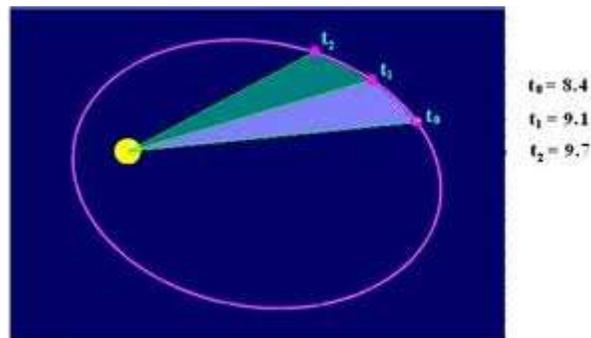
Primera ley: Los planetas giran alrededor del Sol en órbitas elípticas en las que el Sol ocupa uno de los focos de la elipse.



Segunda ley: Las áreas barridas por el segmento que une al Sol con el planeta (radio vector) son proporcionales a los tiempos empleados para describirlas. Como consecuencia, cuanto más cerca está el planeta del Sol con más rapidez se mueve.

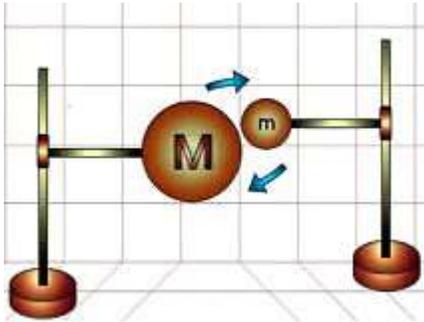


Tercera ley: Los cuadrados de los periodos siderales de revolución de los planetas alrededor del Sol son proporcionales a los cubos de los semiejes mayores de sus órbitas elípticas. Esto permite deducir que los planetas más lejanos al Sol orbitan a menor velocidad que los cercanos; dice que el período de revolución depende de la distancia al Sol.



Estas leyes desempeñaron un papel importante en el trabajo del astrónomo, matemático y físico inglés del siglo XVII Isaac Newton, y son fundamentales para comprender las trayectorias orbitales de la Luna y de los satélites artificiales.

Gravitación universal



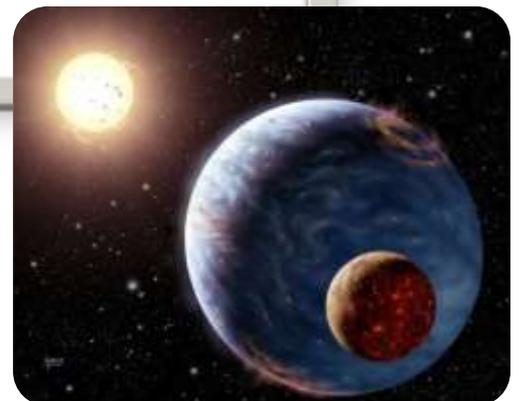
La gravitación es la propiedad de atracción mutua que poseen todos los objetos compuestos de materia. A veces se usa como el término "gravedad", aunque este se refiere únicamente a la fuerza gravitacional que ejerce la Tierra.

La gravitación es una de las cuatro fuerzas básicas que controlan las interacciones de la materia. Hasta ahora no han tenido éxito 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 Isaac Newton en 1684, afirma que la atracción gravitatoria entre dos cuerpos es directamente proporcional al producto sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre ellos.

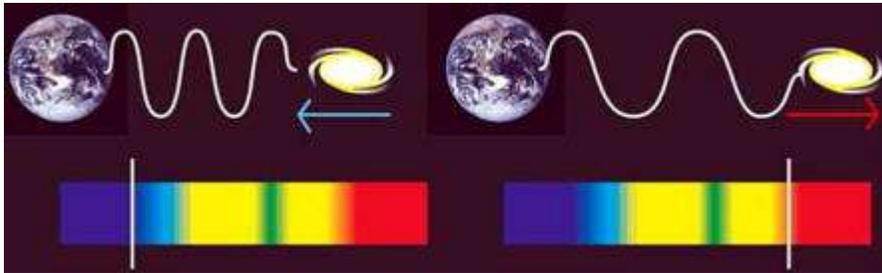
*Expresión actual de la
Ley de la Gravitación Universal*

$$F = G \frac{M \cdot m}{d^2}$$



El efecto Doppler

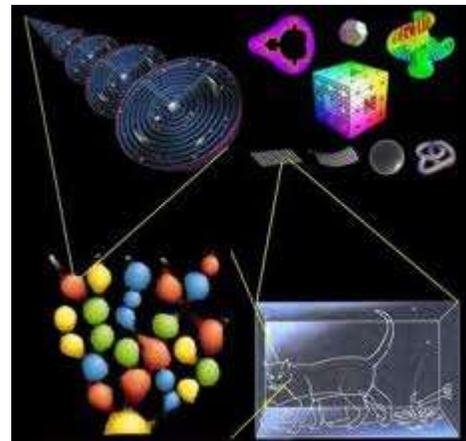
La variación de la longitud de onda de la luz, radiación electromagnética y sonido de los cuerpos informa sobre su movimiento.



Cuando un vehículo se acerca oímos su motor más agudo que cuando se aleja. Igualmente, cuando una estrella o una galaxia se acercan, su espectro se desplaza hacia el azul y, si se alejan, hacia el rojo.

De momento, todas las galaxias observadas se desplazan hacia el rojo, es decir, se alejan de aquí.

La teoría del todo o teoría unificada fue el sueño incumplido de Einstein. A este empeño dedicó con pasión los últimos 30 años de su vida. No lo logró, y hoy continúa sin descubrirse. Consiste en una teoría definitiva, una ecuación única que dé respuesta a todas las preguntas fundamentales del Universo.



La teoría del todo debe explicar todas las fuerzas de la Naturaleza, y todas las características de la energía y la materia. Debe resolver la cuestión cosmológica, es decir, dar una explicación convincente al origen del Universo. Debe unificar relatividad y cuántica, algo hasta ahora no conseguido. Y además, debe integrar otros universos en caso de que los haya. No parece tarea fácil. Ni siquiera se sabe si existe una teoría del todo en la Naturaleza. Y, en caso de que exista, si es accesible a nuestro entendimiento y a nuestras limitaciones tecnológicas para descubrirla.

Einstein creía que sí existe. Para él, el Universo es algo armónico y ordenado, en el que todo está relacionado y tiene un propósito. Creía en la belleza de las matemáticas y del Universo. Seguía la visión tradicional de los antiguos matemáticos y filósofos griegos. Por eso no aceptó el caos de la cuántica, recién descubierta por aquella época. Para él, "Dios no juega a los dados".



Einstein se quedó solo en su búsqueda de una teoría del todo. Durante los últimos años de su vida se distanció tanto de sus colegas, que le ridiculizaban y le tomaban por loco.

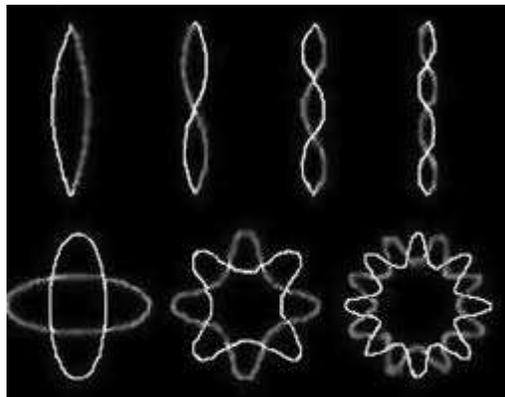
Anteriormente, ya se unificaron otras leyes de la Naturaleza. En el siglo XIX, Maxwell unificó las fuerzas eléctrica y magnética en el electromagnetismo. A comienzos del siglo XX, la relatividad de Einstein unificó espacio y tiempo, y posteriormente el espacio tiempo con la gravedad. Lo que nadie ha podido unificar aún es la relatividad con la cuántica. La relatividad es la ley de lo muy grande, de los astros y las galaxias. La cuántica rige en lo más pequeño, en las partículas subatómicas. Pero a veces están juntas, como en los agujeros negros o en el Big Bang, y la física aún no ha podido conciliarlas.



El modelo estándar, que domina hoy la física, logró unificar tres de las cuatro fuerzas fundamentales de la Naturaleza: electromagnetismo, fuerza nuclear fuerte y fuerza nuclear débil. Las tres se adaptan tanto a la relatividad como a la cuántica. El problema está en la cuarta fuerza fundamental: la gravedad. La gravedad sigue siendo incompatible con la cuántica.

Hoy, la teoría de cuerdas persigue cumplir el sueño de Einstein. Es la principal aspirante a una teoría del todo. Una variante de la teoría de cuerdas, la teoría M, cree poder unificar la gravedad. Para la teoría M, la gravedad no sería una fuerza sino un tipo de partícula provocada por una especial vibración de las cuerdas. Esta partícula elemental sería un bosón llamado gravitón. Pero hasta la fecha es sólo una teoría sin demostrar. Si existe una teoría del todo o no, continúa siendo uno de los mayores misterios del Universo.

En física de partículas, un **bosón o boso**, es uno de los dos tipos básicos de partículas elementales de la naturaleza (el otro tipo son los fermiones).



Glosario:

Elipse: Es el lugar geométrico de todos los puntos de un plano, tales que la suma de las distancias a otros dos puntos fijos llamados focos es constante.

Gravedad: Origina la aceleración que experimenta un cuerpo físico en las cercanías de un objeto astronómico.

Leyes de Kepler: Se trata de tres leyes acerca de los movimientos de los planetas formuladas por el astrónomo alemán Johannes Kepler

Observatorio Green Bank: Conocido también como National Radio Astronom Observatory, es el observatorio de radioastronomía más grande de los EEUU y uno de los mayores del mundo.

Órbita: Es la trayectoria que describe un objeto físico alrededor de otro mientras está bajo la influencia de una fuerza central.

Referencias bibliográficas:

<http://www.astromia.com/glosario/gravitaondas.htm>

http://redescolar.ilce.edu.mx/redescolar/act_permanentes/conciencia/fisica/newton/nw8.htm

<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/celeste/kepler4/kepler4.html>