

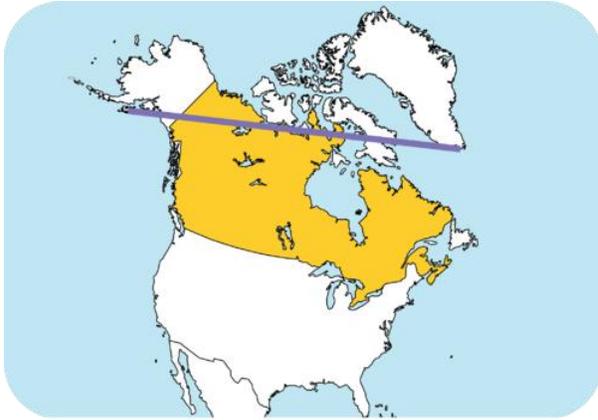
La Teoría General de la Relatividad

En 1905, Albert Einstein publicó la teoría de la relatividad espacial, una teoría sobre el espacio y el tiempo. En los años siguientes, Einstein trabajó en el hecho de que la aceleración produce el mismo efecto que la gravitación. Por ejemplo, si usted estuviera en una nave espacial de aceleración, o simplemente un ascensor, no podría saber si la fuerza que actúa es la de la inercia o la de la gravedad.

A pesar de que la Ley de la Gravitación Universal de Newton funciona bien para los campos gravitatorios ordinarios, es inexacta cuando la intensidad de la gravedad es alta. Albert Einstein formuló la **teoría de la relatividad general** en 1914 como una nueva manera de explicar la gravedad.

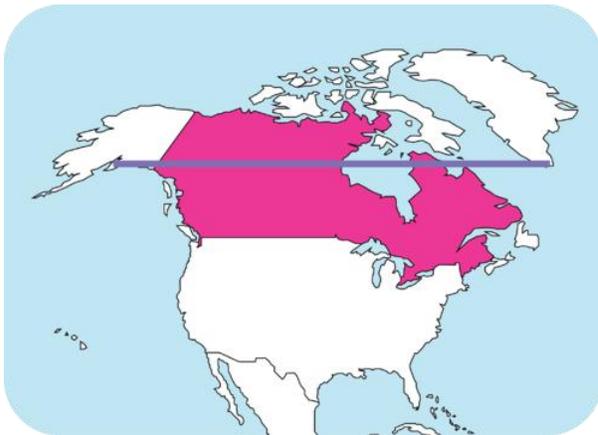
La explicación clásica de la gravedad es que una fuerza de atracción actúa a una distancia entre dos objetos y la magnitud de la fuerza es directamente proporcional a cada una de las masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre los objetos. Los objetos se mueven uno hacia el otro, debido a esta fuerza de atracción. El nuevo concepto de la gravedad de Einstein afirma que la materia (masa) hace que el espacio alrededor de ella sea curva y distorsiona el tiempo.

Supongamos que tomamos un modelo de la tierra en la forma de un globo y trazamos una línea recta en el globo que viaja desde la isla de Kodiak, Alaska hasta el extremo sur de Groenlandia. Esta recta pasará hacia el norte de la bahía de Hudson, desapareciendo por completo.



Ahora supongamos que tomamos un mapa de Canadá aplanado en dos dimensiones y una vez más, dibujamos una línea recta desde la isla de Kodiak, Alaska hasta el extremo sur de Groenlandia.

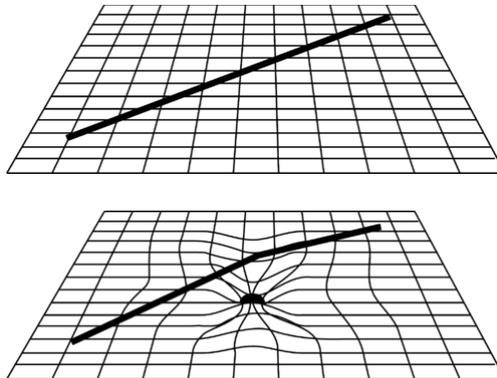
Esta vez, la línea recta que corta, pasa a través del centro de la Bahía de Hudson.



¿Por qué la diferencia?

El espacio real ocupado por la Tierra es tridimensional y esférica. Cuando ese espacio se altera con el fin de encajarlo en una hoja de papel de dos dimensiones, la geometría real de la superficie se altera. Una línea recta sobre una superficie curva no significa lo mismo que una línea recta sobre una superficie plana. Cuando un objeto se desplaza a través del espacio curvo, debe seguir la curvatura del espacio con el fin de moverse en una línea recta.

Cuando no hay una masa en un volumen de espacio, el espacio no es curvo. Un objeto que pasa a través de este espacio seguirá una línea recta.



Sin embargo, cuando se coloca una masa grande en el espacio, este se curva debido a la presencia de la masa. En este caso, un objeto que pasa a través del espacio debe seguir la curvatura del espacio con el fin de seguir una línea recta. Así, la trayectoria del objeto se dobla hacia la masa. El cambio en la dirección del objeto, sigue exactamente el la ley de la gravitación de Newton.

En la teoría de la relatividad general, los objetos se mueven el uno hacia el otro, no a causa de una fuerza que actúa a distancia, sino porque están siguiendo un espacio curvo. Las expresiones matemáticas que describen las propiedades de un campo gravitatorio, alrededor de una masa, se dan en un conjunto de fórmulas llamadas las **ecuaciones de campo de Einstein**. Estas fórmulas son un sistema muy complejo de ecuaciones diferenciales parciales, que están más allá del alcance de nuestro material.

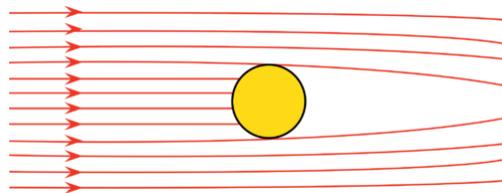
Cuando la intensidad del campo gravitatorio es muy alta, el movimiento correcto de los objetos sólo se puede calcular con la gravedad relativista de Einstein. La masa le dice al espacio cómo curvarse y el espacio le dice a la masa cómo moverse.

Las pruebas experimentales para darle soporte a la teoría general de la relatividad, no fueron fáciles de encontrar. La primera consistió en la órbita del planeta Mercurio (el planeta más cercano al Sol) que mostraba perturbaciones que no podían ser explicadas completamente por la Ley de la Gravitación Universal de Newton.

El movimiento de Mercurio se parecía más a las predicciones de las ecuaciones de la relatividad general. La aceptación de la teoría de la relatividad general aumentó considerablemente después de demostrarse las correctas predicciones de la órbita de Mercurio.

Tanto la teoría de la gravitación universal y la teoría de la relatividad general de Newton predicen que la luz puede ser desviada por la gravedad. El cálculo de la cantidad de desviación predicha por la teoría de Einstein era aproximadamente el doble que predice la teoría de Newton. La desviación de la luz por la gravedad se puso a prueba en 1919, cinco años después, se propuso la relatividad general.

Dos grupos británicos tomaron fotografías de las posiciones de las estrellas en una región del cielo durante el eclipse total de Sol en mayo de 1919; estas fotografías se compararon con otras sacadas en el mismo lugar las y con las misma estrellas en julio de 1919, cuando el sol estaba muy lejos de esa región del cielo.



Los resultados mostraron que la luz se desvía cuando el sol estaba presente, y también que esta desviación fue consistente con la relatividad general, pero no con "la física de Newton".

Otras predicciones de la Teoría General de la Relatividad

La teoría general de la relatividad formulada por Einstein le añade a las tres dimensiones del espacio la dimensión "tiempo". Einstein llamó a este espacio-tiempo: geometría de cuatro dimensiones. La teoría general de la relatividad también predijo que la luz proveniente de un campo gravitatorio fuerte tendría su longitud de onda desplazada hacia longitudes de onda más largas, llamado desplazamiento al rojo.

La teoría también predice que cuando la gravedad se vuelve lo suficientemente grande se producirán objetos llamados agujeros negros. Los agujeros negros son objetos cuya gravedad es tan grande que la luz no puede escapar de la superficie en absoluto. Dado que la luz no puede escapar, tales objetos aparecerían negro.

También hay efectos interesantes que tienen que ver con el "tiempo curvo" predicho por la teoría de la relatividad. Este efecto se manifiesta al hacer tiempo para ir más lento cerca de un objeto masivo. La teoría sugiere que el tiempo en la cima de una montaña pasa más rápido que cuando se está a nivel del mar.

La gravedad de la desaceleración del tiempo también afecta a la frecuencia de las ondas de luz y por lo tanto su color. La luz se convierte más azul cuando se acerca a un objeto masivo y más rojo cuando se aleja. Este efecto fue observado por primera vez en 1960 por Robert Pound y Glen Rebka, que disparó los rayos gamma hasta la parte superior de un edificio y midió el cambio en su color mientras se alejaba de la tierra.