

La Teoría General de la Relatividad

Introducción

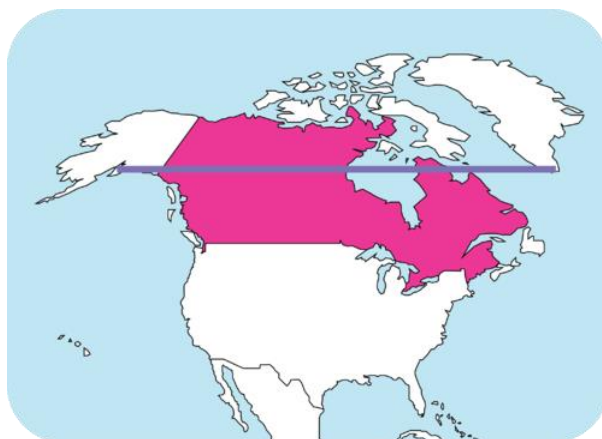
En 1905, Albert Einstein publicó la teoría de la relatividad especial, una teoría sobre el espacio y el tiempo. En los años siguientes, Einstein trabajó en el hecho de que la aceleración produce el mismo efecto que la gravedad. Es decir, si usted estuviera en una nave espacial acelerada, o simplemente un ascensor, no podría saber si la fuerza que actúa sobre usted es la de la inercia o la de la gravitatoria. Basado en ese hecho Albert Einstein formuló la **Teoría de la Relatividad General** en 1914 como una nueva manera de explicar 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. 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.

Para ilustrar algunos aspectos de los espacio curvos 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, como se muestra en la figura.



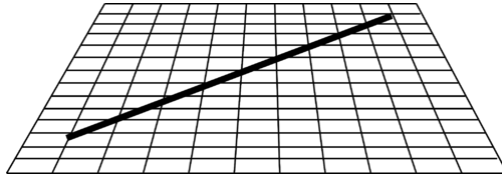
Ahora supongamos que tomamos un mapa de Canadá aplanado en dos dimensiones y una vez más, dibujamos una línea recta desde la isla de Kodiak, Alaska hasta el extremo sur de Groenlandia. Esta vez, la línea recta que corta, pasa a través del centro de la Bahía de Hudson como se muestra en la figura.



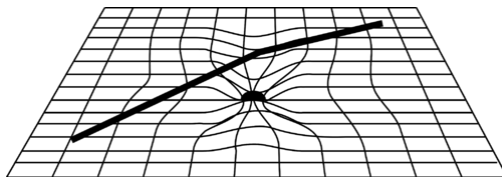
¿Por qué la diferencia?

El espacio real ocupado por la Tierra es tridimensional y esférico. 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.

Según la Teoría de la Relatividad General, en el espacio vacío lejos de cualquier objeto con masa, un cuerpo viajará a través de él en línea recta como se muestra en la figura de abajo.



Sin embargo, cuando se coloca una masa de gran magnitud 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 como se muestra en la figura.



En este sentido, 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 una trayectoria en un espacio curvo.

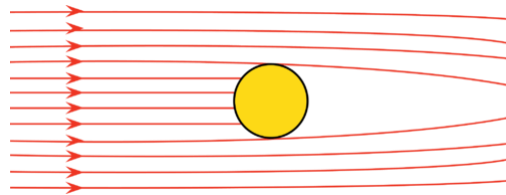
Las expresiones matemáticas que describen las propiedades de un campo gravitatorio, alrededor de una masa, se dan en un conjunto de fórmulas llamadas las **ecuaciones de campo de Einstein**. Estas fórmulas son un sistema muy complejo de ecuaciones diferenciales parciales, que están más allá del alcance 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 predicciones correctas de la órbita de Mercurio.

La teoría de la relatividad general también predice que la luz puede ser desviada por la gravedad. Esta desviación de la luz se puso a prueba en 1919, cinco años después de que se propuso la teoría, cuando 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 y con las mismas estrellas en julio de 1919, cuando el sol estaba muy lejos de esa región del cielo y 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 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.

Otra predicción de la teoría es 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.

También hay efectos interesantes que tienen que ver con el "tiempo curvo" predicho por la teoría de la relatividad. Este efecto se manifiesta en el hecho de que el tiempo transcurre más lento cerca de un objeto masivo lo que 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.