

“LA MENTIRA DEL RELOJ”

Clave de registro: CIN2018A20174

Escuela: CENTRO UNIVERSITARIO MÉXICO A.C.

Autores: Quinn Reyes Liza Fernanda, Camacho López
Andrés, Tarango Aja Sofía & García Barsse Illy Daniela

Asesor: Flores Téllez Jesús

Área de conocimiento: Ciencias Fisicomatemáticas y de
las Ingenierías

Disciplina: Física

Tipo de Investigación: Documental

Lugar y fecha: viernes 16 de febrero de 2018, Ciudad de
México.

ÍNDICE TEMÁTICO:

- Resumen ejecutivo.....3
- Introducción:
 - Planteamiento del problema.....4
 - Objetivos.....4
- Fundamentación teórica:
 - Historia del tiempo.....4
 - Definición de tiempo de filósofos.....7
 - Definición de tiempo de científicos9
 - Teoría electromagnética de Maxwell.....9
 - Hipótesis.....11
- Metodología11
- Resultados.....11
- Conclusiones.....18
- Bibliografía.....18

RESUMEN EJECUTIVO :

Mediante esta investigación, buscamos estudiar y definir el concepto a lo largo del tiempo y su papel de la teoría de la relatividad de Albert Einstein, para así poder argumentar la posibilidad del viaje a través del tiempo.

Para fundamentar esto, se realizó una investigación sobre los primeros intentos de definir el tiempo de las culturas de la antigüedad. Los egipcios y babilonios son los primeros en buscar concebir la idea del tiempo para así regular sus actividades políticas, sociales y económicas, como lo fue la agricultura. Eventualmente las civilizaciones plantearon calendarios y sistemas para perfeccionar la medición del tiempo, así como también la creación de relojes solares ayudaron a definir mejor la medición de este. Paulatinamente las civilizaciones se desarrollaron y evolucionaron, refinando y planteando nuevos horizontes de conocimiento. Así las ciencias avanzaron y para el siglo XVI, el uso de la medición del tiempo dentro de las ciencias ya era de típico. Para lograr resultados y análisis eficientes, los científicos de aquella época estaban en necesidad de desarrollar un instrumento que les permitiera medir el tiempo con precisión, y así surgió el péndulo, al cual eventualmente perfeccionaron también. Y así poco a poco el hombre fue mejorando y definiendo como organizar el tiempo mediante husos horarios y zonas. Respecto a la ciencia, el “boom” respecto al tiempo llegó a la par de un científico judío alemán, Albert Einstein y su teoría de relatividad.

En base a lo investigado, el equipo propone como objetivo principal la comprensión de las teorías de relatividad de Einstein tanto especial como general para así comprender como es que el universo sufre curvaturas en el espacio tiempo y como a partir de estas podríamos fundamentar el viaje en el tiempo.

En la teoría de la relatividad general el tiempo también se dilata por efecto de la gravedad. La dilatación gravitacional del tiempo se manifiesta en marcos de referencia acelerados o, en virtud del principio de equivalencia, en el campo gravitacional de objetos masivos. En términos más simples, los relojes que se encuentran lejos de cuerpos masivos (o en potenciales gravitacionales más altos) van más rápido, y los que están cerca de los cuerpos masivos (o en potenciales gravitacionales más bajos) van

más despacio, respecto a un observador situado lejos de la fuente del campo gravitatorio.

De acuerdo con la relatividad general los sistemas de referencia no inerciales o acelerados, tales como de marco de referencia acelerado tal como un transbordador espacial se experimentarían una dilatación del tiempo similar a la que acontece en un campo gravitatorio.

La velocidad de la luz en un entorno es siempre igual a c de acuerdo con el observador allí presente. La perspectiva del observador estacionario corresponde al tiempo propio local. Cada región infinitesimal de espacio-tiempo puede tener su propio tiempo propio, que corresponde a la dilatación temporal gravitatoria en dicho punto, donde la radiación electromagnética y la materia son afectadas por igual, puesto que están compuestas de la misma esencia. La dilatación gravitacional del tiempo se ha medido experimentalmente usando relojes atómicos en aviones. Los relojes que viajaron a bordo de los aviones se atrasaron ligeramente con respecto a los relojes en tierra. El efecto es lo bastante significativo como para que el Sistema de Posicionamiento Global necesite corregir este efecto en los relojes a bordo de satélites artificiales, dando una confirmación experimental adicional del efecto.

Teniéndose en cuenta lo ya mencionado, la región de la curvatura en el espacio- tiempo de un objeto masivo podría ser la clave en el viaje en el tiempo. Al verse afectado por la deformación y a su vez el campo gravitacional del objeto, la velocidad de un cuerpo podría aumentar a tal que podría desplazarnos a través del tiempo

RESUMEN:

Hoy por hoy, el concepto de el concepto y la medición del tiempo es sumamente ordinaria para nosotros: bajo este planeamos eventos, señalamos acontecimientos trascendentes y organizamos nuestras actividades día a día. Sin embargo, en el mundo de la física el tiempo no es tan mundano como lo que se acaba de señalar. En la Teoría de la Relatividad, Einstein no plantea el tiempo como un concepto que solo mide duración de ciertos eventos y fenómenos, sino que el tiempo funciona como una dimensión. En base a esto, si podemos movernos con toda libertad en un espacio

tridimensional, ¿cómo será el movimiento en un espacio cuatridimensional? ¿Es posible el viaje en el tiempo? Mediante el estudio de la curvatura espacio tiempo, el equipo buscará hilar los conceptos de velocidad de la luz, deformaciones en la geometría espacio-temporal y la misma gravedad para argumentar si es posible o no desplazarnos a través del tiempo.

Palabras clave: Tiempo, viaje, relatividad, curvatura y geometría espacio-tiempo.

ABSTRACT:

Nowadays, the concept and the measurement of time is extremely common for us: using time, we plan events, establish important moments, and organize our daily activities as well. However, in the physics world time isn't as mundane as we just pointed out. In the Theory of Relativity, Einstein doesn't conceived time as a concept that juts measure the time of events, time is a dimension. Taking this into account, if we can move freely in a tridimensional world, ¿how does movement can be presented in a four-dimensional space? ¿Can it be possible to travel in time? Studying the curvature of space and time, our team will try to relate the concepts of the speed of light, deformations in the space-time geometry and gravity itself to discuss it is possible or not to time travel.

Key words: Time, travel, Relativity, curvature, and space-tiem geometry.

“LA MENTIRA DEL RELOJ”

INTRODUCCIÓN:

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La naturaleza del tiempo ha sido estudiada desde las primeras civilizaciones como medio para darle sentido a los sucesos que los rodean, desde los antiguos griegos hasta las teorías de relatividad de Albert Einstein, a lo largo de la historia el hombre en su esfuerzo por explicar la realidad ha utilizado y moldeado el concepto de tiempo, y por esto está profundamente entrelazado con las explicaciones y predicciones que nos da la ciencia.

Esta la razón por la que es importante entender y comprender lo que el tiempo representa, desde la visión científica de la relatividad para así poder brindarle sentido y contexto a las descripciones que generamos. De igual manera, argumentar si es posible “viajar” a través del tiempo basándonos en distintas concepciones del tiempo a lo largo de la historia del hombre que nos llevan a concluir, que la relatividad puede proponer, que el viaje en el tiempo es una posibilidad y el significado de realizar esto.

OBJETIVOS

Mediante una investigación, comprender los conceptos básicos de la Teoría de la Relatividad especial y general, como éstas se relacionan con el tiempo y definir como la curvatura del espacio-tiempo permitiría desplazarnos a través del tiempo.

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Historia del tiempo

Primeros pasos:

El concepto de tiempo empezó con la necesidad de establecer divisiones del día y de la noche donde participaron los egipcios, griegos y romanos a crear instrumentos cronometrados.

Los babilonios y los egipcios fueron los que empezaron medir el tiempo aproximadamente hace 500 años. Sus calendarios se basaban en tres ciclos naturales: El día solar, el mes lunar y el año solar. Los calendarios concebidos en latitudes bajas respondían más al ciclo lunar y en climas donde las estaciones condicionaban la agricultura el calendario solar tuvo una mayor importancia.

El calendario gregoriano actual tiene su base en los de Babilonia, Egipto, Israel y Roma. El calendario civil egipcio constaba de 12 meses de 30 días, con 5 días añadidos para aproximarse al año solar.

La creación del reloj solar permitió indicar la hora temporal durante el día por medio de la longitud o la dirección de la sombra producida por el sol, para las horas nocturnas se creó el reloj de agua o clepsidra que consiste en que una base es perforada con pequeños orificios por donde sale el agua a medida que el nivel del agua va descendiendo y se van contando las horas de acuerdo con lo señalado en el recipiente, este dispositivo solo funciona en la cuenca mediterránea.

Péndulos:

En el siglo XVI, el astrónomo danés Tycho Brahe y otros se propusieron aplicar los relojes a fines científicos, pero necesitaban un instrumento de mejor calidad para medir los tiempos de tránsito de las estrellas y crear así mapas celestes más exactos.

El péndulo demostró ser la clave de la precisión y la seguridad, siendo utilizado por Galileo Galilei y otros que trabajaban con él experimentaron con péndulos. Pero fue Christiaan Huygens quien construyó el primer reloj de péndulo en Navidad de 1656.

Huygens advirtió que un péndulo de arco circular completaba las oscilaciones pequeñas más deprisa que las grandes. Por ello, cualquier variación del recorrido de oscilación del péndulo producía un adelanto o un retraso del reloj. Sabiendo que era imposible mantener constante la amplitud en las sucesivas oscilaciones, Huygens ideó una suspensión del péndulo tal, que la lenteja se moviera siguiendo un arco cicloidal y no un arco circular, así el péndulo oscilaba al mismo tiempo que fuese la amplitud del movimiento. La precisión de los relojes de péndulo reduce un minuto por semana variaciones que solían ser de 15 minutos diarios.

Hacia 1660 los franceses e ingleses ya creaban sus propias versiones de esta nueva máquina de relojería.

La aparición del péndulo incrementó la demanda de relojes y dio lugar a su integración en el mobiliario doméstico, empezaron a definirse estilos nacionales. A Huygens no le importaba la apariencia si no perfeccionar al dispositivo para uso en astronomía y resolver el problema de la longitud de un navío en alta mar.

Patrón horario:

Antes del siglo XIX EE. UU. Y Europa ajustaban al Sol su hora local. Si en una ciudad el punto más alto del paso del Sol ocurría tres minutos antes que en otra, en dicha ciudad se marcan también tres minutos antes. La red de Ferrocarriles necesitaba tener una misma hora normalizada en todas las estaciones del trayecto, para satisfacer esa exigencia, los observadores astronómicos distribuyeron por telégrafo la hora exacta a las compañías ferroviarias. El primer servicio público, introducido en 1851, consistía en cadencias de reloj transmitidas desde el Observatorio de Harvard. Al año siguiente el Observatorio de Greenwich planteó un patrón único para Gran Bretaña.

En EE. UU. se impusieron cuatro zonas horarias 1883. Un año después, todos los gobiernos establecieron tener un patrón horario de ámbito mundial para la navegación y el comercio. En la Conferencia Internacional del Meridiano, celebrada en 1884 en Washington, se dividió el globo en 24 zonas eligiendo el meridiano del Observatorio Real de Greenwich como referencia fundamental. Tiene longitud cero, línea a partir de la cual se miden las demás longitudes, se escogió porque dos tercios de los buques del mundo utilizaban ya la hora de Greenwich para la navegación.

Alta Precisión:

Desde finales del siglo XIX se fueron desarrollando cronómetros de alta precisión, Siegmund Riefler desarrolló un un cronometro de alta precisión sometido a un vacío parcial para reducir al mínimo los efectos de la presión barométrica y equipado con un péndulo muy poco sensible a las variaciones de temperatura. posteriormente William H. Shortt, desarrolló el reloj de péndulo libre, que ofrecía un margen de exactitud de

un segundo al año.

En 1928 Warren A. Morrison, ingeniero de los Laboratorios Bell, descubrió un generador de frecuencia extremadamente uniforme y fiable, el cristal de cuarzo. Hacia 1948 Harold Lyons y sus colaboradores, de la Oficina Nacional de Normas en Washington, elaboraron el primer reloj atómico basado en la frecuencia de resonancia natural de un átomo, es decir, la oscilación periódica.

Más adelante, con la aparición de relojes de cesio capaces de medir las discrepancias en la rotación terrestre, en 1967 se adoptó como unidad normalizada de tiempo una nueva definición del segundo, basada en la frecuencia de resonancia de un átomo de cesio.

Definición de tiempo por filósofos

Aristóteles:

Filósofo de la antigüedad Aristóteles, que nació en 384 a. C. Le dedicó un gran empeño al estudio del tiempo, y se dio cuenta que viéndolo por el lado que se lo vea, presenta una profunda incertidumbre. Una parte del tiempo ha acontecido y ya no es, y otra está por venir, pero aún no es: ¿el tiempo es o no es? Entonces ¿en qué parte nos encontramos nosotros?, porque aparentemente somos –existimos–. Si decimos que existimos en el ahora –que parece ser el límite entre el pasado y el futuro, es decir que en él no hay nada de pasado ni de futuro–, este ahora debería ser parte del tiempo.

Aristóteles le dedicó un gran empeño al estudio del tiempo, y se dio cuenta que viéndolo por el lado que se lo vea, presenta una profunda incertidumbre. Una parte del tiempo ha acontecido y ya no es, y otra está por venir, pero aún no es: ¿el tiempo es o no es? Entonces ¿en qué parte nos encontramos nosotros?, porque aparentemente somos –existimos–. Si decimos que existimos en el ahora –que parece ser el límite entre el pasado y el futuro, es decir que en él no hay nada de pasado ni de futuro–, este ahora debería ser parte del tiempo.

Cuando no observamos cambio, es decir, sino percibimos diferencia de ahora, parece que no hubiera transcurrido tiempo alguno. Pero cuando se es consciente del cambio o movimiento, se dice que ha transcurrido tiempo. Entonces el filósofo concluía que:

Sin movimiento no hay tiempo. Sin tiempo no hay movimiento. Sin alma que perciba el movimiento, no hay tiempo.

Así que la definición de Aristóteles era: **El tiempo es el número del movimiento según el antes y el después.**

Platón:

Por 427 ó 428 a. C. en Atenas, nació Platón y distingue en la realidad dos mundos separados: el mundo inteligible y el mundo sensible. A las manifestaciones del mundo inteligible, las denomina “ideas”, y las apropia de cualidades como inmateriales, inmutables, eternas, indestructibles, Platón dice que esta realidad constituye el modelo perfeccionista del mundo sensible –el mundo material, sometido al cambio, a la generación y destrucción, etc., es decir, la realidad que percibes con los sentidos, y que resulta no ser más que una copia errada del mundo inteligible

Por lo que para Platón **El tiempo es una imagen móvil de la eternidad.**

Dice que es una imagen, es decir, una atroz imitación de la eternidad inmóvil, del mundo de ideas. Por lo que, la verdadera naturaleza de las cosas es permanecer estática y eterna, y la ‘sombra’ de esa inmovilidad es justamente el cambio, el tiempo. Declara, por tanto, que la transformación, el movimiento, el devenir, son una prueba contundente de que estamos contemplando ‘tiempo’, un tiempo cíclico. Pero hay que tener en cuenta que ‘tiempo’ no es una idea; es la imagen de una idea, que es la eternidad.

Immanuel Kant :

Immanuel Kant fue un filósofo prusiano de la Ilustración. Es el primero y más importante representante del criticismo y precursor del idealismo alemán. Es considerado como uno de los pensadores más influyentes de la Europa moderna y de la filosofía universal, establece **el espacio y el tiempo como necesarios para cualquier experiencia humana**, aun cuando los considera conceptos subjetivos.

Definiciones del tiempo de científicos:**Isaac Newton:**

En mecánica relativista la medida del transcurso del tiempo depende del sistema de referencia donde esté situado el observador y de su estado de movimiento, es decir, diferentes observadores miden diferentes tiempos transcurridos entre dos eventos causalmente conectados. Por tanto, la duración de un proceso depende del sistema de referencia donde se encuentre el observador.

Newton definió un espacio y tiempo absolutos, con lo que logra separar la noción de tiempo de elementos subjetivos y lo simplifica al punto de permitir un tratamiento matemático, plantea que el tiempo transcurre por si sólo de un modo uniforme y las cosas se mueven. El sistema newtoniano sostiene la idea de que el lapso transcurrido entre dos eventos, tiene el mismo valor para todos los observadores.

Teoría electromagnética de Maxwell.

A mediados del siglo 19, los científicos buscaban encontrar la conexión entre los fenómenos eléctricos y magnéticos.

Maxwell unifica estos dos conceptos en una sola fuerza en 1873. Al relacionar las ondas sonoras a la luz, los científicos propusieron que la luz se movía a través de un medio al cual se le denominó "éter lumífero". Sin embargo, aún quedaba la tarea de comprobar la existencia de este medio y las propiedades que presentaría éste.

Introduce el concepto de campos de energía. De esto deduce que el movimiento de una carga eléctrica genera magnetismo. Por tanto, las corrientes eléctricas producen un campo magnético, un campo electromagnético.

El electromagnetismo es millones de veces más fuerte que la gravedad. La repulsión electromagnética entre los átomos propios y de objetos hace posible interactuar con ellos sin atravesarlos. Los imanes se repelen/atraen debido a la alineación de los electrones que multiplican su repulsión o atracción.

Maxwell unificó las fuerzas eléctrica y magnética mediante cuatro ecuaciones matemáticas. Estas ecuaciones demuestran que la relación entre magnetismo, electricidad y luz, naciendo el concepto de ondas electromagnéticas. Comprueba así la relación con la velocidad de la luz, pues la constante eléctrica entre la constante magnética es igual a la velocidad de la luz. Este descubrimiento lleva a Einstein a creer que la Naturaleza está íntimamente relacionada a todo y, por tanto, que existe una teoría unificada, teoría del todo.

- Primera Ecuación: Las cargas eléctricas generan campos eléctricos cuyas líneas de fuerza tienen comienzo y fin.
- **Segunda Ecuación:** No es posible aislar los polos magnéticos debido a que las líneas de campo son cerradas sobre sí mismas, sin inicio ni fin. $\nabla \cdot \mathbf{E} = 0$ $\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$
- **Tercera Ecuación:** Un campo magnético variable induce un campo eléctrico variable. $\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$
- **Cuarta Ecuación:** Un campo magnético puede ser producido por una corriente eléctrica o por un campo eléctrico variable. $\nabla \times \mathbf{B} = \mu_0 \mathbf{J} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t}$

Manipuló las fórmulas y obtuvo la ecuación de ondas, donde E es el campo eléctrico y c la velocidad de propagación de la onda, la cual está a su vez relacionada con las características del medio por el que se propaga la onda.

La variación del campo eléctrico que produce el campo magnético da lugar a una onda electromagnética. Ambos oscilan a través de la propagación de la onda en el éter. La velocidad de propagación coincide con la velocidad de la luz.

HIPÓTESIS

Si logramos comprender las causas de la curvatura del espacio tiempo (geometría espacio temporal), ya sea debido a una alta velocidad en un sistema de referencia o a la presencia de un cuerpo masivo, entonces podremos producir artificialmente esta deformación del espacio tiempo y generar una dilatación en el tiempo que permita movernos a través de él.

METODOLOGÍA

Se realizará una investigación documental y bibliográfica de:

1. Dilatación del tiempo en la Teoría Relatividad Especial.
2. Concepto del espacio-tiempo como un espacio cuatridimensional.
3. Dilatación del tiempo en la Teoría Relatividad General.
4. El efecto Doppler gravitacional como evidencia de la deformación espacio-temporal debida a un cuerpo masivo.
5. Se construirá una maqueta que ejemplifique la deformación del espacio tiempo

RESULTADOS

La relatividad especial

Publicada por Albert Einstein en 1905, es conocida como teoría de la relatividad restringida ya que solo se puede aplicar cuando la curvatura del espacio-tiempo es despreciable por la gravedad.

En esta teoría, Einstein se basó en 2 hipótesis:

1. Las leyes de la física son las mismas en todos los sistemas inerciales
 - Que surge al observar la velocidad de la luz en el vacío, la cual es igual en todos los sistemas de referencia inerciales, cumpliendo así lo que postulo Galileo Galilei años antes.
2. La velocidad de la luz es una constante y se marca como "c"
 - Negando la existencia del "éter"

La dilatación del tiempo se usa en la relatividad especial al explicar este ejemplo:

Un hombre observa que el reloj de un segundo hombre está marcando el tiempo a un ritmo menor que el suyo. La interpretación más lógica que le podría dar a este suceso es que está atrasado, sin embargo, esto solo pasa en el sistema de referencia del primer hombre, ya que localmente, el tiempo siempre está transcurriendo al mismo ritmo.

Durante el siglo XVII los científicos creyeron que la gravedad estaba gobernada por las leyes de Newton y que la luz estaba constituida por corpúsculos que eran emitidos a una velocidad muy alta.

En 1783 el filósofo naturalista británico John Michell combinó la descripción corpuscular de la luz con las leyes de la gravitación de Newton y en base a un experimento que hizo pudo llegar a lo siguiente: la mínima velocidad inicial necesaria para que la partícula pueda escapar, se denomina “velocidad de escape”.

Calcular la velocidad de escape utilizando las leyes de la gravedad de Newton pudo demostrar que es proporcional a la raíz cuadrada de la masa de la estrella dividida por su circunferencia. Cuanto más pequeña es la circunferencia mayor es la gravedad en la superficie y más trabajo tiene que hacer la partícula para escapar de la atracción gravitatoria de la estrella.

Durante más de dos siglos, la mecánica de Newton dominó completamente en la física: el universo entero parecía comportarse tal como lo predecían las ecuaciones de la física newtoniana y la comprensión de la naturaleza se había reducido a un problema de técnica matemática. Pero a principios del siglo XX empezaron a surgir evidencias de que la física clásica, así como todos los conceptos relacionados con ella, no describe adecuadamente a los fenómenos que suceden a la escala de los átomos o a velocidades comparables a la de la luz. Para estudiar o describir un fenómeno físico debemos recurrir necesariamente a un sistema de referencia con respecto al cual efectuamos mediciones. Así, todo movimiento es relativo al sistema de referencia en el cual se observa y las leyes de la física no cambian de un sistema a otro. Este hecho fundamental se conoce como principio de relatividad de Galileo.

Para cada suceso en el espacio-tiempo se puede construir un cono de luz (el conjunto de todos los posibles caminos luminosos en el espacio-tiempo emitidos en ese suceso)

y dado que la velocidad de la luz es la misma para cada suceso y en cada dirección, todos los conos de luz serán idénticos y estarán orientados en la misma dirección.

La teoría también nos dice que nada puede viajar más rápido que la velocidad de la luz. Esto significa que el camino de cualquier objeto a través del espacio y del tiempo debe estar representado por una línea que cae dentro del cono de luz de cualquier suceso en ella.

La teoría de la relatividad especial tuvo éxito al explicar por qué la velocidad de la luz era la misma para todos los observadores (tal y como había mostrado el experimento de Michelson-Morley) y al describir adecuadamente lo que sucede cuando los objetos se mueven con velocidades cercanas a la de la luz. Sin embargo, la teoría era inconsistente con la teoría de la gravitación de Newton, que decía que los objetos se atraían mutuamente con una fuerza dependiente de la distancia entre ellos. Esto significaba que, si uno movía uno de los objetos, la fuerza sobre el otro cambiaría instantáneamente. o, en otras palabras, los efectos gravitatorios deberían viajar con velocidad infinita, en vez de con una velocidad igual o menor que la de la luz, como la teoría de la relatividad especial requería.

La contracción del tiempo no es el único efecto sorprendente que predice la teoría de la relatividad. Einstein también demostró que existe una equivalencia entre la energía y la masa, dada por la famosa fórmula:

$$E = mc^2$$

Donde E es la energía equivalente a una masa m de materia.

De la fórmula $E = mc^2$ no se deduce que cualquier masa se puede transformar en energía o viceversa; este proceso se da sólo en condiciones muy particulares. Hemos mencionado la fusión nuclear, pero la manera más eficiente de transformar masa en energía es por la aniquilación de la materia con la antimateria

Para aumentar la velocidad de un cuerpo, hay que proporcionarle energía, lo cual se manifiesta como un aumento de la masa del cuerpo. La teoría de la relatividad predice que la energía necesaria para que un cuerpo de masa m alcance la velocidad v es:

$$E = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

En el límite $v = 0$, se recupera la fórmula $E = mc^2$ para la energía ya existente en forma de masa. En el otro extremo, la energía E aumenta con la velocidad y se necesita una energía infinita para que el cuerpo alcance la velocidad de la luz. Es por ello que, según la teoría de la relatividad, ningún cuerpo puede alcanzar o superar la velocidad de la luz. La excepción es la luz misma: según la física moderna la luz está constituida por unas partículas llamadas fotones, la masa de un fotón es nula y, por ello, puede viajar a la velocidad límite c .

Transformaciones de Lorentz

Las transformaciones de Lorentz fueron publicadas en 1904 pero su formalismo matemático inicial era incorrecto. El matemático francés Poincaré desarrolló el conjunto de ecuaciones en la forma consistente en la que conocen hoy en día. Los trabajos de Minkowski y Poincaré mostraron que las relaciones de Lorentz podían interpretarse como las fórmulas de transformación para rotación en el espacio-tiempo cuatridimensional, que había sido introducido por Minkowski.

$$\left\{ \begin{array}{l} x' = \gamma(x - vt) \\ y' = y \text{ que se} \\ z' = z \\ t' = At + Bx \end{array} \right.$$

Las transformaciones de Lorentz relacionan las medidas de una magnitud física realizadas por dos observadores inerciales. La transformación de Lorentz permite preservar el valor de la velocidad de la luz constante para todos los observadores inerciales.

La relatividad general

Con el fin de agregar la gravedad a esta teoría, en 1915 Einstein formula la Teoría General de la Relatividad propone que el espacio se puede deformar y estirar debido a la presencia de materia y energía, provocando así curvaturas y variaciones en la

geometría del espacio. Los cuerpos se moverán a través de estos relieves mediante “rutas” curvas. (la Tierra y el Sol)

Escribió ecuaciones que relacionan la energía contenida en la geometría espaciotemporal y ésta misma. Introduciendo los trabajos anteriores de los matemáticos alemanes Carl Gauss y Bernhard Riemann, Einstein postula sus ecuaciones en 1916. Las ecuaciones de campo de Einstein sustituyen a la Ley de Gravitación Universal de Newton.

Einstein realiza una serie de predicciones que más tarde se les conocerían como las tres pruebas clásicas de la relatividad general. La primera busca explicar cómo el planeta Mercurio se mueve (Presenta su eje mayor un tiempo de rotación de 43 segundos cada 3 años). La segunda dice que la trayectoria de la luz sufre distorsiones al pasar cerca de un objeto masivo, deduciéndose así que la geometría espacial funciona como lente. La tercera sostiene que la longitud de onda de una fuente que al estar cerca de un objeto masivo y verse afectada por éste, será estirada y sufrirá un corrimiento hacia el rojo.

Para incluir a la gravedad en una teoría relativista, Einstein desafió una vez más al sentido común al postular que el espacio-tiempo es curvo y la gravedad es la manifestación de esa curvatura.

Riemann demostró que las propiedades básicas de un espacio curvo están determinadas exclusivamente por la fórmula para medir "distancias". Cada forma de ds^2 define un cierto espacio riemanniano, en el que las líneas rectas pierden sentido, pero son sustituidas por curvas geodésicas cuya longitud —medida según ds^2 — es mínima. A diferencia de las superficies, que son espacios de dos dimensiones, los espacios curvos de tres o más dimensiones simplemente no se pueden visualizar. Sin embargo, es posible definirlos y manejarlos matemáticamente sin ninguna dificultad formal; los espacios riemannianos son un excelente ejemplo de un concepto que sólo se puede describir en el lenguaje matemático.

La esencia de la teoría de la relatividad general es que el espacio-tiempo es curvo. En ausencia de masas gravitantes se tiene un espacio-tiempo de Minkowski y una partícula se mueve en línea recta porque nada influye sobre su trayectoria. La presencia de una

masa deforma al espacio-tiempo y el concepto de recta pierde su sentido; en un espacio-tiempo curvo, una partícula se mueve a lo largo de una geodésica. Según esta interpretación, un planeta gira alrededor del Sol porque sigue una trayectoria geodésica en el espacio-tiempo deformado por la masa solar.

En un espacio-tiempo de Minkowski, la pseudodistancia o tiempo propio se mide según la fórmula $ds^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2 - c^2 dt^2$ pero en un espacio-tiempo riemanniano, la fórmula para ds^2 toma una forma más general determinada por la distribución de masa. En la teoría newtoniana, se puede calcular matemáticamente la atracción gravitacional ejercida por una distribución dada de masa. En la teoría de Einstein, la situación es bastante más complicada porque no sólo la masa sino también la energía ejerce una acción gravitacional. En su artículo de 1915, Einstein dedujo la fórmula matemática que relaciona la geometría del espacio-tiempo con la distribución de masa y energía: esta fórmula se conoce como ecuación de Einstein y es el corazón de la teoría de la relatividad general.

Cuarta dimensión

En la teoría de la relatividad de Einstein se habla del tiempo como una cuarta dimensión, sin embargo, esta no se considera una dimensión espacial más y aunque se consideraba como una dimensión matemática al inicio, se concluyó que se trataba de una dimensión geométrica

De esta teoría se establecen dos que:

1. Los cuerpos también se mueven a través del tiempo, es decir, están en constante movimiento en el tiempo por lo tanto el tiempo y el espacio se liga al tiempo en una sola entidad denominada espacio-tiempo. También se sabe que el tiempo depende de la velocidad del cuerpo
2. El tiempo además como lo dice la teoría general puede sufrir una curvatura por efecto de la gravedad

Efecto Doppler Gravitatorio

El efecto Doppler sobre las ondas electromagnéticas como la luz es de gran utilidad en astronomía, y se manifiesta en los denominados corrimiento al rojo o corrimiento al azul. Se ha utilizado para medir la velocidad a la que estrellas y galaxias están acercándose o alejándose de la Tierra; es decir, sus velocidades radiales. Este fenómeno físico se utiliza para detectar estrellas binarias, para medir la velocidad de giro de las estrellas y galaxia.

Muestran líneas de absorción definidas de las frecuencias que están en correspondencia con las energías requeridas para excitar los electrones de varios elementos de un nivel a otro. El efecto Doppler es reconocible en el hecho de que los patrones conocidos de las líneas de absorción no aparecen siempre coincidiendo con las frecuencias que se obtienen a partir del espectro de una fuente de luz estacionaria. Dado que la luz azul tiene una frecuencia más alta que la luz roja, las líneas espectrales de una fuente de luz astronómica que se acerca exhiben un corrimiento al azul, y las de uno que se aleja experimentan un corrimiento hacia el rojo.[[]

Con base en esto se deduce:

$$\left(\frac{mc^2}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \right)^2 = (mc^2)^2 + \left(\frac{mc^2 \frac{v}{c}}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \right)^2 \quad (1)$$

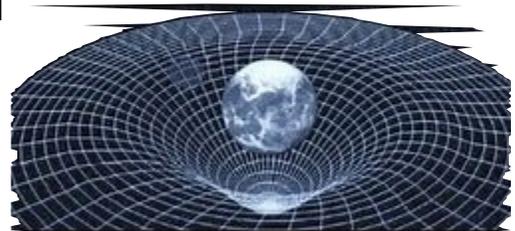
Donde m es la masa de la partícula, v es la velocidad relativa de la partícula y c es la velocidad de la luz.

CONCLUSIONES

En este trabajo, el concepto de “tiempo” fue sometido a investigación para comprender la percepción del hombre datando de la antigüedad hasta finamente llegar a la gran teoría de Einstein y la propuesta de la geometría espacio-tiempo, incluyendo al tiempo como una dimensión sobre la cual somos capaz de desplazarnos.

En sus pruebas clásica, Einstein postula que la luz, ante la presencia de un objeto masivo, sufrirá una desviación debido a la curvatura espacio tiempo que genera el objeto. Esto se comprobó en 1919 por un astrónomo inglés, Arthur Eddington. El científico tomó una foto del grupo de estrellas Híades estando en Oxford. Meses después, Eddington realiza un viaje al norte de las costas de África para presenciar un eclipse solar total y toma una segunda foto de las Híades en el momento justo en el que el sol se colocaba frente a las estrellas. La posición de las estrellas era diferente respecto a la primera foto. Lo que sucedía era que el sol ocasionaba una distorsión en el camino de la luz de las estrellas. Con esto se comprueba la predicción de Einstein en el respecto a la curvatura del espacio-tiempo y pone en tela de juicio la Ley de Gravitación Universal de Newton.

Ahora si bien el punto de este trabajo era argumentar la posibilidad del viaje en el tiempo, curiosamente no planteamos la creación de una “máquina del tiempo”. La clave del viaje espacio temporal no recae en ninguna cabina de policía telefónica azul, ni en un collar mágico que da vueltas, y mucho menos en un auto DeLorean. La respuesta está en las deformaciones de la geometría espacio-temporal que provocan los objetos en nuestro universo. Gracias al campo gravitacional de objetos masivos y la curvatura ya mencionada, al encontrarnos próxima a la región donde de manifiestan estas dos, la velocidad de un cuerpo sería tal que podría provocar un desplazamiento en el tiempo, es decir, una “viaje” en el tiempo.



BIBLIOGRAFÍA

- Rodríguez Quintero, J. (2015). Universos Paralelos. España: RBA y audiovisuales.
- Odriozola, A. A. (2015). Los agujeros negros: las fuerzas extremas de la gravedad (1st ed., vol. 1, un paseo por el cosmos). Barcelona: RBA.

- Russell, B., Pirani, F. A., & Simas, M. (1964). *El ABC de la relatividad*. Edición revisada por Félix Pirani. (Traducción de manual Simas.). pp. 181. Buenos Aires.
- Rodríguez-Quintero, J. (2015). *Universos paralelos: realidades múltiples y dimensiones ocultas*. (1st ed., vol. 1).
- Davies, Paul. (2007). La máquina del tiempo. *El tiempo*, Número 314, pág. 16-21.
- Andrewes, William J. H.. (2007) Crónica de la medición del tiempo. *El tiempo*, Número 314, pág. 52-61.
- Wagnsness, Roald K.. (1983) *Campos Electromagnéticos*. Ciudad de México, México. Editorial Limusa.