

Dilatación del tiempo gravitacional

Carlos Andrés García Suarez¹, David Brandon Zevallos Garay¹ y Luis Fernando Ubillus Benites¹

¹ *Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, Universidad Nacional Federico Villarreal. El Agustino 15003. Lima-Perú.*

Resumen

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Palabras clave: sdjssasdfsdf, asdfsdf, asdfsdafsd.

Time gravitational dilation

Abstract

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Keywords: sdjssasdfsdf, asdfsdf, asdfsdafsd.

Índice

1. Introducción	2
1.1. Transformadas de Galileo	2
1.2. Transformadas de Lorentz	4
1.3. Diagrama Minkowski	5
2. Marco Teórico	5
2.1. Teoría de la Relatividad Especial	5
2.2. Principio de equivalencia	5
2.3. Masa inercial y masa gravitacional	5
2.4. Principio de Covariancia	5
2.5. Sistema Inercial	5
3. Conclusiones	5

1. Introducción

1.1. Transformadas de Galileo

Una de los primeros indicios a nivel histórico de relatividad fue propuesto por Galileo, el principio de relatividad de Galileo establece que: Dos sistemas de referencia en movimiento relativo de traslación rectilínea uniforme son equivalentes desde el punto de vista mecánico; es decir, los experimentos mecánicos se desarrollan de igual manera en ambos, y las leyes de la mecánica son las mismas.

Suponga que se presenta algún fenómeno físico, que llamará evento, el cual es observado por alguien en reposo en un marco inercial de referencia. Al decir que un observador está “en un marco”, significa que está en reposo respecto al origen de ese marco. La ubicación y tiempo del evento pueden ser especificados por las cuatro coordenadas (x, y, z, t) . Lo deseable es poder transformar las coordenadas de un observador en un marco inercial a las de otro en un marco que se mueve con velocidad relativa uniforme en comparación con el primer marco.

Como muestra la geometría de la figura 1, las relaciones entre estas coordenadas se escriben como:

$$\begin{aligned}
 x' &= x - vt \\
 y' &= y \\
 z' &= z \\
 t' &= t
 \end{aligned}$$

Éstas son las ecuaciones de transformación galileanas del espacio-tiempo. Observe que el tiempo se supone el mismo en ambos marcos inerciales; es decir, dentro de la estructura de la mecánica clásica, todos los relojes funcionan al mismo ritmo, cualquiera que sea su

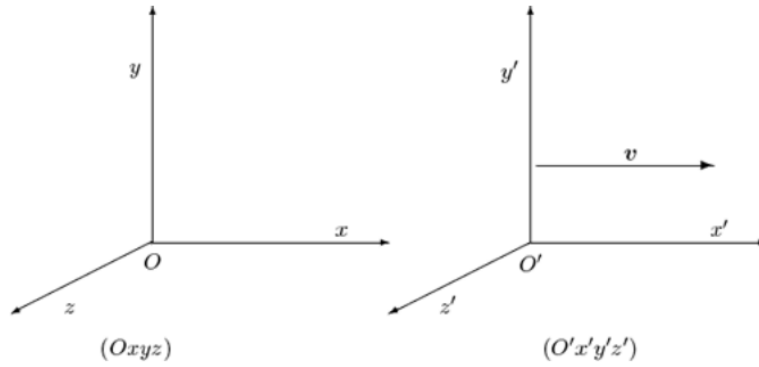


Figura 1: Sistemas de referencia en movimiento relativo rectilíneo y uniforme, con velocidad v en dirección O_x

velocidad, de modo que el tiempo en el que se presenta un evento para un observador en S es el mismo tiempo para el mismo evento en S' . En consecuencia, el intervalo de tiempo entre dos eventos sucesivos debe ser el mismo para ambos observadores.

1.2. Transformadas de Lorentz

Según los postulados de Einstein todas las leyes físicas tienen que permanecer invariantes para todos los observadores con velocidad relativa constante y la velocidad de la luz es una invariante física con el mismo valor para todos los observadores inerciales. Bajo estas suposiciones, la transformación de Galileo no es válida, en particular la ecuación $t = t'$ no puede ser correcta. Si la velocidad de la luz es la misma para dos observadores con movimiento relativo uniforme, no es posible, como se verá después, que los dos midan el mismo tiempo. En otras palabras, el intervalo de tiempo entre dos eventos no tiene por qué ser el mismo para observadores en movimiento relativo. En definitiva debemos reemplazar la transformación Galileana por otra, de modo que la velocidad de la luz sea invariante.

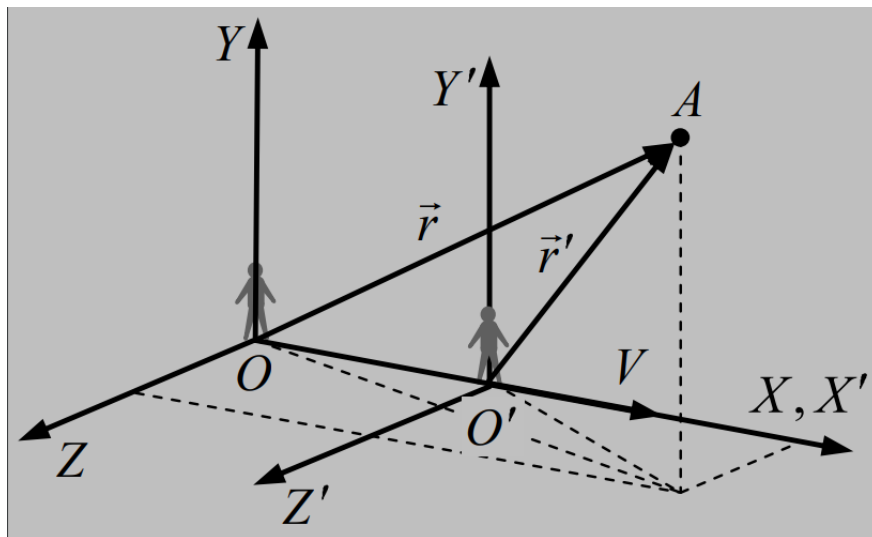


Figura 2: Sistemas de referencia de observadores inerciales

De la figura 2 supondremos dos observadores inerciales O y O' de modo que O' se mueve respecto a O con velocidad constante V en la dirección del eje OX común de sus respectivos sistemas de coordenadas, como se ve en la figura. Exigimos que los dos observadores ajusten sus relojes de modo que $t = t' = 0$ cuando sus posiciones coinciden. Para $t = t' = 0$ se emite un destello de luz en la posición común (o sea, cuando O y O' coinciden).

Las transformaciones de Lorentz dicen que si el sistema O' está en movimiento uniforme a velocidad v , a lo largo del eje X del sistema O , y en el instante inicial ($t = t' = 0$) el origen de coordenadas de ambos sistemas coinciden, entonces las coordenadas atribuidas por los dos observadores están relacionadas por las siguientes expresiones:

$$\begin{aligned}x' &= \gamma(x - vt) \\y' &= y \\z' &= z \\t' &= \gamma\left(t - \frac{v}{c^2}x\right)\end{aligned}$$

Donde $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$

1.3. Diagrama Minkowski

2. Marco Teórico

2.1. Teoria de la Relatividad Especial

Este es el enfoque moderno que le dio Albert Einstein a la física, donde se olvidó el concepto de tiempo y distancia Absoluto de la Teoría de Newton. Esta teoría se basa en dos postulados simplemente: Las leyes de la Física son válidas para todos los sistemas inerciales. La velocidad de la luz en el vacío es igual para todos los observadores. Hay que tener cuidado con la palabra inercial que es su campo de aplicación.

2.2. Principio de equivalencia

Un punto clave en este trabajo es el principio de equivalencia, que nos dice que un observador en caída libre en un campo gravitatorio es equivalente a un observador en el espacio fuera de toda influencia gravitatoria. Todo esto de forma local hasta que este sienta las consecuencias de la curvatura. Pero también nos dicen que un observador acelerado con aceleración a en el espacio sin influencia de gravedad, es equivalente a un observador inercial en tierra con una gravedad igual a $-a$. Todo esto de forma local, hasta que el observador en el espacio se de cuenta que no sigue una geodésica.

2.3. Masa inercial y masa gravitacional

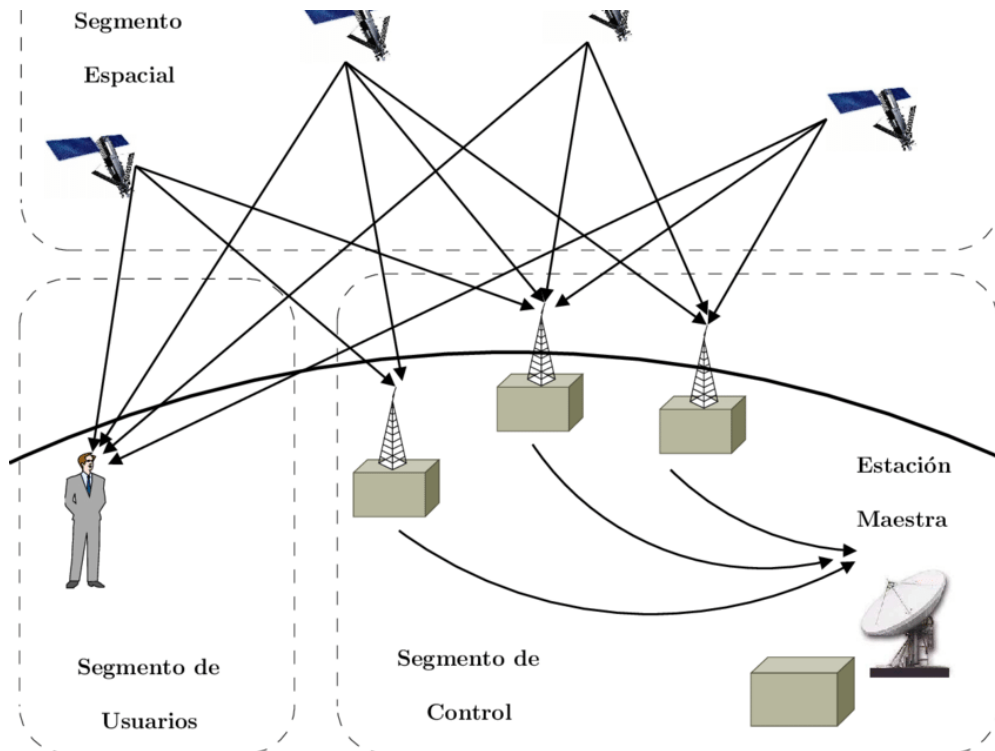
2.4. Principio de Covariancia

Este principio nos indica que el lenguaje tensorial permite escribir las leyes de la Física de manera que son válidas para todos los observadores." (Expo2, pag 151)

2.5. Sistema Inercial

Dado que para Newton un Sistema inercial es aquel que tiene una velocidad relativa a otro en reposo, para este estaba bien definido este concepto, pero gracias al principio de equivalencia se observa que un observador acelerado también se puede considerar a sí mismo como inercial por lo menos de forma local...

3. Conclusiones



Referencias

- Austin, R. W. (2017). Gravitational time dilation derived from special relativity and newtonian gravitational potential. *European Scientific Journal*, 13.
- Czarnecka, A. y Czarnecki, A. (2020). Gravitational time dilation, free fall, and matter waves.
- López, D. F. B. (2021). *Estudio de la dilatación gravitacional del tiempo en estrellas enanas blancas*.