La Energía Potencial Gravitatoria del Fotón

The gravitational potential energy of the photon

Heber Gabriel Pico Jiménez MD¹

¹Investigador Independiente.
heberpico@hotmail.com

Recibido 23 de Enero del 2012; Aceptado XXXX; Publicado en línea XXXX

Resumen

En este artículo se describe la siguiente correlación: Suponiendo que un fotón emitido por una estrella cercana se aproxima a la Tierra. La masa propia y la energía conservada del fotón permanecen invariantes. Por lo tanto un observador ubicado in situ en el fotón que es un sistema inercial, es decir, se halla en caída libre, no sospecha que se trata de un fotón ni experimenta ninguno de los efectos originados por el campo gravitatorio terrestre. De ello se deduce que la masa en reposo para el observador in situ y la energía conservada del fotón no se alteran como consecuencia de la acción de la gravedad y tampoco lo hace la frecuencia de la luz. Ahora bien, si las observaciones las realiza un astrónomo en reposo con respecto a su campo gravitatorio situado en la superficie de la Tierra, los resultados serían muy diferentes, podría este comprobar cómo el fotón, por efectos de su caída hacia la tierra, va absorbiendo progresivamente los fotones virtuales de la energía potencial gravitatoria a través de su masa y como consecuencia de esto, la masa relativista involucrada en la energía cinética del fotón con respecto al campo gravitatorio se va incrementando para el astrónomo, lo que a la vez ocasiona incremento de esta energía cinética y entonces su frecuencia se corre hacia el azul. Como la masa propia y energía conservada del fotón permanecen invariantes entonces ¿Cómo es posible que exista tal divergencia entre los resultados del astrónomo y la masa invariante de la energía conservada del fotón? La única manera de resolver esta contradicción es considerando que la masa relativista del fotón con respecto al campo gravitatorio se le va incrementando al astrónomo a expensas de ir reduciendo cada vez más a la masa de la energía potencial gravitatoria debido que a medida que aumenta la densidad de masa-materia, el tiempo se ralentiza más como consecuencia de la presencia de un campo gravitatorio hasta el punto de llegar hasta si fuera caso a congelar el tiempo eliminando todo tipo de procesos dinámicos y en ese instante en la respectiva superficie exacta del horizonte de sucesos de una singularidad espacio-temporal, la masa relativista del fotón adquiriría su valor máximo e igualaría a la masa propia en reposo e invariante del mismo y en ese momento también desaparecería del fotón totalmente la energía potencial gravitatoria y su masa. En el interior de los horizontes de eventos no sabemos qué ocurriría con la masa y la energía del respectivo fotón.

Palabras claves: Energía Potencial Gravitatoria, Fotón.

Abstract

This article describes the following correlation: assuming that a photon emitted by a nearby star is approaching the Earth. Own mass and conserved energy of the photon remains invariant. Therefore an observer in situ installed in the photon which is an inertial system, i.e., is in free fall, not suspicion that this is a photon or experiences any of the effects caused by the Earth's gravitational field. It follows that the invariant mass for the observer in situ and the conserved energy of the photon are not altered as a result of the action of gravity and neither does the frequency of the light. Now, if comments performed them an astronomer at rest with respect to its gravitational field located in the Earth's surface, the results would be very different, this could check how the photon, for effects of its fall was the Earth, will gradually absorbing gravitational potential energy as a result, the relativistic mass of the photon with respect to the gravitational field increases for the astronomer. It also causes increase in their energy and then its frequency runs made blue. As the mass itself and preserved the photon energy remain invariant then how is it possible that there is divergence between the results of the astronomer and the invariant mass of the conserved energy of the photon? The only way to resolve this contradiction is whereas the relativistic mass of the photon with respect to the gravitational field it increases due astronomer as it increases the density of masa-materia, time slows down more as a result of the presence of a gravitational field to the point of if it is case to freeze time by removing all kinds of dynamic processes and in the surface of the event horizon at the time of a space-time singularity, the mass relativist of the photon would be highest and equal to the mass at rest and the same invariant and then also desaparecería gravitational potential energy of the photon. In the interior of the horizons of events we do not know what happens with the photon mass.

Keywords: Gravitational Potential Energy, Photon.

© 2011 Todos los derechos reservados.

1. Introducción

Recordamos al lector que para poder entender este artículo se debe tener presente, que el desarrollo matemático y conceptual de este trabajo es en base al mecanismo matemático utilizado en los artículos del campo gravitatorio que se encuentran publicados y descritos, en la bibliografía al final de este artículo [1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14](#).

2. Desarrollo del Tema

Presentamos a la velocidad orbital clásica de un campo gravitatorio:

$$v_{oc} = \sqrt{\frac{GM}{r}} \quad (1)$$

Donde v_{oc} es la velocidad orbital clásica, G es la constante de gravitación universal, M es la masa invariante o masa propia en reposo del cuerpo masivo y r es la distancia radial al centro del cuerpo masivo.

En base a esta anterior velocidad orbital clásica de los campos gravitatorios deducimos al cuadrivector de la relatividad general.

CUADRIVECTOR DE LA RELATIVIDAD GENERAL

En este trabajo vamos a presentar el espacio-tiempo de la relatividad general no como una variedad pseudoriemanniana:

$$\left(\frac{dt}{\sqrt{3}}\sqrt{\frac{GM}{r}}\right)^2 + \left(\frac{dt}{\sqrt{3}}\sqrt{\frac{GM}{r}}\right)^2 + \left(\frac{dt}{\sqrt{3}}\sqrt{\frac{GM}{r}}\right)^2 + (icdt)^2 = (dc)^2 \quad (2)$$

Donde dt es la diferencial del tiempo, G es la constante de gravitación universal, M es la masa invariante o masa propia en reposo del cuerpo masivo central, r es la distancia radial al centro del cuerpo masivo, i es un número imaginario, dc es la diferencial de la velocidad de la luz y c es la velocidad de la luz en el vacío.

$$\left(\frac{1}{\sqrt{3}}\sqrt{\frac{GM}{r}}\right)^2 + \left(\frac{1}{\sqrt{3}}\sqrt{\frac{GM}{r}}\right)^2 + \left(\frac{1}{\sqrt{3}}\sqrt{\frac{GM}{r}}\right)^2 + (ic)^2 = (c)^2 \quad (3)$$

Donde G es la constante de gravitación universal, M es la masa invariante del cuerpo masivo central, r es la distancia radial al centro del cuerpo masivo, i es un número imaginario y c es la velocidad de la luz en el vacío.

$$\left(\sqrt{\frac{GM}{r}}\right)^2 + (ic)^2 = (c)^2 \quad (4)$$

Donde G es la constante de gravitación universal, M es la masa invariante o masa propia en reposo del cuerpo masivo central, r es la distancia radial al centro del cuerpo masivo, i es un número imaginario y c es la velocidad de la luz en el vacío.

$$i = \sqrt{1 - \frac{GM}{rc^2}} \quad (5)$$

Donde i es un número imaginario, G es la constante de gravitación universal, M es la masa invariante o masa propia en reposo del cuerpo masivo central, r es la distancia radial al centro del cuerpo masivo y c es la velocidad de la luz en el vacío.

CUADRIVELOCIDAD DE LA RELATIVIDAD GENERAL

La cuadrivelocidad es la derivada temporal de las coordenadas de posición respecto al tiempo propio de la partícula.

Se reemplaza la anterior ecuación número cinco (5) del número imaginario, en la también anterior relación número cuatro (4):

$$\left(\sqrt{\frac{GM}{r}}\right)^2 + \left(c\sqrt{1 - \frac{GM}{rc^2}}\right)^2 = (c)^2 \quad (6)$$

Donde G es la constante de gravitación universal, M es la masa invariante o masa propia en reposo del cuerpo masivo central, r es la distancia radial al centro del cuerpo masivo y c es la velocidad de la luz en el vacío.

$$\left(\frac{\sqrt{\frac{GM}{r}}}{\sqrt{3}\sqrt{1 - \frac{GM}{rc^2}}}\right)^2 + \left(\frac{\sqrt{\frac{GM}{r}}}{\sqrt{3}\sqrt{1 - \frac{GM}{rc^2}}}\right)^2 + \left(\frac{\sqrt{\frac{GM}{r}}}{\sqrt{3}\sqrt{1 - \frac{GM}{rc^2}}}\right)^2 + (c)^2 = \left(\frac{c}{\sqrt{1 - \frac{GM}{rc^2}}}\right)^2 \quad (7)$$

Donde G es la constante de gravitación universal, M es la masa invariante o masa propia en reposo del cuerpo masivo central, r es la distancia radial al centro del cuerpo masivo y c es la velocidad de la luz en el vacío.

$$\left(\frac{\sqrt{\frac{GM}{r}}}{\sqrt{1 - \frac{GM}{rc^2}}}\right)^2 + (c)^2 = \left(\frac{c}{\sqrt{1 - \frac{GM}{rc^2}}}\right)^2 \quad (8)$$

Donde G es la constante de gravitación universal, M es la masa invariante o masa propia en reposo del cuerpo masivo central, r es la distancia radial al centro del cuerpo masivo y c es la velocidad de la luz en el vacío.

$$(c^2)^2 = \left(\frac{c^2}{\sqrt{1 - \frac{GM}{rc^2}}}\right)^2 - \left(\frac{c\sqrt{\frac{GM}{r}}}{\sqrt{1 - \frac{GM}{rc^2}}}\right)^2 \quad (9)$$

Donde G es la constante de gravitación universal, M es la masa invariante o masa propia en reposo del cuerpo masivo central, r es la distancia radial al centro del cuerpo masivo y c es la velocidad de la luz en el vacío.

VELOCIDAD ORBITAL RELATIVISTA DE UN CAMPO GRAVITATORIO

Así como encontramos a la velocidad orbital clásica en un campo gravitatorio, también identificamos en este artículo a la velocidad orbital relativista de un campo gravitatorio.

$$v_{or} = \frac{\sqrt{\frac{GM}{r}}}{\sqrt{1 - \frac{GM}{rc^2}}} \quad (10)$$

Donde v_{or} es la velocidad orbital relativista, G es la constante de gravitación universal, M es la masa invariante o masa propia en reposo del cuerpo masivo, r es la distancia radial al centro del cuerpo masivo y c es la velocidad de la luz en el vacío.

$$v_{or} = \frac{v_{oc}}{\sqrt{1 - \frac{GM}{rc^2}}} \quad (11)$$

Donde v_{or} es la velocidad orbital relativista, v_{oc} es la velocidad orbital clásica, G es la constante de gravitación universal, M es la masa invariante o masa propia en reposo del cuerpo masivo central, r es la distancia radial al centro del cuerpo masivo central y c es la velocidad de la luz en el vacío.

CUADRIMOMENTO DE LA RELATIVIDAD GENERAL

El cuadrimomento de la relatividad general resulta de multiplicar a la masa invariante o masa propia en reposo de un cuerpo como un escalar multiplicado por la anterior relación número nueve (9) de la cuadrivelocidad:

$$(mc^2)^{\dot{}} = \left(\frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{GM}{rc^2}}} \right)^2 - \left(\frac{m.c \sqrt{\frac{GM}{r}}}{\sqrt{1 - \frac{GM}{rc^2}}} \right)^2 \quad (12)$$

Donde m es la masa invariante o masa propia en reposo de la partícula a quien se le estudia su movimiento, G es la constante de gravitación universal, M es la masa invariante o masa propia en reposo del cuerpo masivo central, r es la distancia radial al centro del cuerpo masivo y c es la velocidad de la luz en el vacío.

En esta anterior ecuación número doce (12) vemos que el miembro del extremo derecho lo vamos a multiplicar arriba y abajo sin romper la proporcionalidad por la velocidad de la luz:

$$(mc^2)^{\dot{}} = \left(\frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{GM}{rc^2}}} \right)^2 - \left(\frac{m \sqrt{\frac{GM}{r}} . c.c}{c \sqrt{1 - \frac{GM}{rc^2}}} \right)^2 \quad (13)$$

Donde m es la masa invariante o masa propia en reposos de la partícula a quien se estudia, G es la constante de gravitación universal, M es la masa invariante o masa propia en reposo del cuerpo masivo central, r es la distancia radial al centro del cuerpo masivo y c es la velocidad de la luz en el vacío.

LA MASA RELATIVISTA

Ahora en esta anterior relación número trece (13) vamos a identificar a una masa distinta a la masa invariante propia y en reposo que la llamaremos como masa relativista m_r de la siguiente manera:

$$m_r = \frac{m \sqrt{\frac{GM}{r}}}{c \sqrt{1 - \frac{GM}{rc^2}}} \quad (14)$$

Donde m_r es la masa relativista de la partícula que se estudia, m es la masa invariante o masa propia en reposo de la partícula a quien se estudia su movimiento, G es la constante de gravitación universal, M es la masa invariante o masa propia en reposo del cuerpo masivo central, r es la distancia radial al centro del cuerpo masivo y c es la velocidad de la luz en el vacío.

$$m_r = \frac{m v_{or}}{c} \quad (14a)$$

Donde m_r es la masa relativista de la partícula que se estudia, m es la masa invariante o masa propia en reposos de la partícula a quien se estudia su movimiento, v_{or} es la velocidad orbital relativista del campo gravitatorio y c es la velocidad de la luz en el vacío.

$$(mc^2)^{\dot{}} = \left(\frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{GM}{rc^2}}} \right)^2 - (m_r c^2)^{\dot{}} \quad (15)$$

Donde m es la masa invariante o masa propia en reposo de la partícula a quien se estudia, G es la constante de gravitación universal, M es la masa invariante o masa propia en reposo del cuerpo masivo central, r es la distancia radial al centro del cuerpo masivo, m_r es la masa relativista de la partícula que se estudia y c es la velocidad de la luz en el vacío.

CUADRIMOMENTO Y RELACIÓN ENERGÍA MOMENTO EN LA RELATIVIDAD ESPECIAL

Los postulados y principios de la relatividad especial se la aplicamos a la masa relativista m_r de una partícula que es la masa que recibe de la relatividad general:

$$(m_r c^2)^c = \left(\frac{m_r c^2}{\sqrt{1 - \frac{v_c^2}{c^2}}} \right)^2 - \left(\frac{m_r v_c c}{\sqrt{1 - \frac{v_c^2}{c^2}}} \right)^2 \quad (16)$$

Donde m_r es la masa relativista de la partícula a quien se le estudia su movimiento, v_c es la velocidad clásica de la partícula que se estudia y c es la velocidad de la luz en el vacío.

CUADRIMOMENTO QUE INCLUYE TANTO A LA RELATIVIDAD GENERAL COMO A LA RELATIVIDAD ESPECIAL EN UN CAMPO GRAVITATORIO

Ahora usamos una relación que incluya tanto a la masa invariante o masa propia en reposo como a la masa relativista de la misma partícula y reemplazamos a la anterior ecuación número diez y seis (16), en la también anterior ecuación número quince (15) y nos queda la siguiente relación general:

$$(m c^2)^c = \left(\frac{m c^2}{\sqrt{1 - \frac{GM}{r c^2}}} \right)^2 - \left(\frac{m_r c^2}{\sqrt{1 - \frac{v_c^2}{c^2}}} \right)^2 + \left(\frac{m_r v_c c}{\sqrt{1 - \frac{v_c^2}{c^2}}} \right)^2 \quad (17)$$

Donde m es la masa invariante o masa propia en reposo de la partícula a quien se le estudia su movimiento, G es la constante de gravitación universal, M es la masa invariante o masa propia en reposo del cuerpo masivo central, r es la distancia radial al centro del cuerpo masivo, m_r es la masa relativista de la partícula que se estudia, v_c es la velocidad clásica de la partícula que se estudia y c es la velocidad de la luz en el vacío.

$$(E)^2 = (E_p)^2 + (E_c)^2 \quad (18)$$

Donde E es la energía en reposo de la partícula a quien se le estudia su movimiento, E_p es la energía potencial gravitatoria, E_c es la energía cinética de la partícula.

ENERGÍA POTENCIAL GRAVITATORIA DE UNA PARTÍCULA QUE SE MUEVE EN UN CAMPO GRAVITATORIO

La energía potencial gravitatoria se define en la siguiente relación:

$$(E_p)^c = \left(\frac{m c^2}{\sqrt{1 - \frac{GM}{r c^2}}} \right)^2 - \left(\frac{m_r c^2}{\sqrt{1 - \frac{v_c^2}{c^2}}} \right)^2 \quad (19)$$

Donde E_p es la energía potencial gravitatoria, m es la masa invariante o masa propia en reposo de la partícula a quien se le estudia su movimiento, G es la constante de gravitación universal, M es la masa invariante o masa propia en reposo del cuerpo masivo central, r es la distancia radial al centro del cuerpo masivo, m_r es la masa relativista de la partícula a quien se le estudia su movimiento, v_c es la velocidad clásica de la partícula que se estudia y c es la velocidad de la luz en el vacío.

$$E_p = \sqrt{\left(\frac{m c^2}{\sqrt{1 - \frac{GM}{r c^2}}} \right)^2 - \left(\frac{m_r c^2}{\sqrt{1 - \frac{v_c^2}{c^2}}} \right)^2} \quad (20)$$

Donde E_p es la energía potencial gravitatoria, m es la masa invariante o masa propia en reposo de la partícula a quien se le estudia su movimiento, G es la constante de gravitación universal, M es la masa invariante o masa propia en reposo del cuerpo masivo central, r es la distancia radial al centro del cuerpo masivo, m_r es la masa relativista de la partícula que se estudia, v_c es la velocidad clásica de la partícula que se estudia y c es la velocidad de la luz en el vacío.

ENERGÍA CINÉTICA DE UNA PARTÍCULA QUE SE MUEVE DENTRO DE UN CAMPO GRAVITATORIO

Según se identifica en la anterior relación número diez y siete (17) la siguiente relación es de la energía cinética:

$$E_c = \frac{m \sqrt{\frac{GM}{r}} v_c c}{c \sqrt{1 - \frac{GM}{r c^2}} \sqrt{1 - \frac{v_c^2}{c^2}}} \quad (21)$$

Donde E_c es la energía cinética de la partícula, m es la masa invariante o masa propia en reposo de la partícula a quien se le estudia su movimiento, G es la constante de gravitación universal, M es la masa invariante o masa propia en reposo del cuerpo masivo, r es la masa distancia radial al centro del cuerpo masivo, v_c es la velocidad clásica de la partícula a quien se le estudia su movimiento y c es la velocidad de la luz en el vacío.

$$E_c = \frac{m_r v_c c}{\sqrt{1 - \frac{v_c^2}{c^2}}} \quad (21)$$

Donde E_c es la energía cinética de la partícula, m_r es la masa relativista de la partícula a quien se le estudia su movimiento, v_c es la velocidad clásica de la partícula a quien se le estudia su movimiento y c es la velocidad de la luz en el vacío.

$$E_c = pc \quad (22)$$

Donde E_c es la energía cinética de la partícula, p es la cantidad de movimiento relativista de la partícula a quien se le estudia su movimiento y c es la velocidad de la luz en el vacío.

$$p = \frac{m_r v_c}{\sqrt{1 - \frac{v_c^2}{c^2}}} \quad (23)$$

Donde p es la cantidad de movimiento relativista de la partícula que se estudia, m_r es la masa relativista de la partícula a quien se le estudia su movimiento, v_c es la velocidad clásica de la partícula a quien se le estudia su movimiento y c es la velocidad de la luz en el vacío.

Consideramos que esta anterior relación número veinte y tres (23) es una verdadera cantidad de movimiento relativista de un cuerpo porque en realidad, queda descrita en ella a una relación que involucra tanto a la dilatación por velocidad del tiempo como a la dilatación gravitacional del mismo:

$$p = \frac{m \sqrt{\frac{GM}{r}} v_c}{c \sqrt{1 - \frac{GM}{rc^2}} \sqrt{1 - \frac{v_c^2}{c^2}}} \quad (24)$$

Donde p es la cantidad de movimiento relativista de la partícula que se estudia, m es la masa invariante o masa propia en reposo de la partícula que se estudia, G es la constante de gravitación universal, M es la masa invariante o masa propia en reposo del cuerpo masivo, r es la distancia radial al centro del cuerpo masivo, v_c es la velocidad clásica de la partícula a quien se le estudia su movimiento y c es la velocidad de la luz en el vacío.

$$p = \frac{m v_{or} v_c}{c \sqrt{1 - \frac{v_c^2}{c^2}}} \quad (25)$$

Donde p es la cantidad de movimiento relativista de la partícula que se estudia, m es la masa invariante o masa propia en reposo de la partícula que se estudia, v_{or} es la velocidad orbital relativista del campo gravitatorio, v_c es la velocidad clásica de la partícula a quien se le estudia su movimiento y c es la velocidad de la luz en el vacío.

MECÁNICA CUÁNTICA EN EL CAMPO GRAVITATORIO

Aprovechamos a las anteriores relaciones de la energía potencial gravitatoria de una partícula que se mueve dentro de un campo gravitacional y lleva intrínseca a su movimien-

to una energía cinética que las reemplazamos en la anterior relación número diez y siete (17):

$$(mc^2)^2 = \left(\frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{GM}{rc^2}}} \right)^2 - \left(\frac{mrc^2}{\sqrt{1 - \frac{v_c^2}{c^2}}} \right)^2 + \left(\frac{m_r v_c c}{\sqrt{1 - \frac{v_c^2}{c^2}}} \right)^2 \quad (17)$$

Donde m es la masa invariante o masa propia en reposo de la partícula a quien se le estudia su movimiento, G es la constante de gravitación universal, M es la masa invariante o masa propia en reposo del cuerpo masivo central, r es la distancia radial al centro del cuerpo masivo, m_r es la masa relativista de la partícula que se estudia, v_c es la velocidad clásica de la partícula que se estudia y c es la velocidad de la luz en el vacío.

$$(mc^2)^2 = \left(\frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{GM}{rc^2}}} \right)^2 - \left(\frac{mrc^2}{\sqrt{1 - \frac{v_c^2}{c^2}}} \right)^2 + (pc)^2 \quad (26)$$

Donde m es la masa invariante o masa propia en reposo de la partícula a quien se le estudia su movimiento, G es la constante de gravitación universal, M es la masa invariante o masa propia en reposo del cuerpo masivo central, r es la distancia radial al centro del cuerpo masivo, v_c es la velocidad clásica de la partícula que se estudia, p es la cantidad de movimiento relativista de la partícula que se estudia y c es la velocidad de la luz en el vacío.

$$(E)^2 = (E_p)^2 + (E_c)^2 \quad (18)$$

Donde E es la energía en reposo de la partícula a quien se le estudia su movimiento, E_p es la energía potencial gravitatoria, E_c es la energía cinética de la partícula.

$$(mc^2)^2 = (E_p)^2 + (E_c)^2 \quad (27)$$

Donde m es la masa invariante o masa propia en reposo de la partícula a quien se le estudia su movimiento, E_p es la energía potencial gravitatoria, E_c es la energía cinética de la partícula y c es la velocidad de la luz en el vacío.

$$(mc^2)^2 = \left(\frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{GM}{rc^2}}} \right)^2 - \left(\frac{mrc^2}{\sqrt{1 - \frac{v_c^2}{c^2}}} \right)^2 + \left(\frac{hc}{\lambda} \right)^2 \quad (28)$$

Donde m es la masa invariante o masa propia en reposo de la partícula a quien se le estudia su movimiento, G es la constante de gravitación universal, M es la masa invariante o masa propia en reposo del cuerpo masivo central, r es la distancia radial al centro del cuerpo masivo, m_r es la masa relativista de la partícula a quien se le estudia su movimiento, v_c es la velocidad clásica de la partícula que se estudia, h es la constante de Planck, λ es la longitud de onda y c es la velocidad de la luz en el vacío.

$$(E)^2 = (E_p)^2 + (E_c)^2 \quad (18)$$

Donde E es la energía en reposo constante de la partícula que se estudia, E_p es la energía potencial gravitatoria y E_c es la energía cinética de la partícula.

Si la dilatación gravitacional del tiempo no influyera en la longitud de onda de un fotón, entonces la cantidad de movimiento de una partícula en la relatividad especial no necesitara una masa relativista:

$$p = \frac{m_r v_c}{\sqrt{1 - \frac{v_c^2}{c^2}}} \quad (23)$$

Donde p es la cantidad de movimiento relativista de la partícula que se estudia, m_r es la masa relativista de la partícula a quien se le estudia su movimiento, v_c es la velocidad clásica de la partícula a quien se le estudia su movimiento y c es la velocidad de la luz en el vacío.

$$\frac{h}{\lambda} = \frac{m_r v_c}{\sqrt{1 - \frac{v_c^2}{c^2}}} \quad (29)$$

Donde h es la constante de Planck, λ es la longitud de onda, m_r es la masa relativista de la partícula a quien se le estudia su movimiento, v_c es la velocidad clásica de la partícula a quien se le estudia su movimiento y c es la velocidad de la luz en el vacío.

$$\lambda = \frac{h \sqrt{1 - \frac{v_c^2}{c^2}}}{m_r v_c} \quad (30)$$

Donde λ es la longitud de onda, h es la constante de Planck, m_r es la masa relativista de la partícula a quien se le estudia su movimiento, v_c es la velocidad clásica de la partícula a quien se le estudia su movimiento y c es la velocidad de la luz en el vacío.

$$\lambda = \frac{h \sqrt{1 - \frac{v_c^2}{c^2}}}{m \frac{v_{or}}{c} v_c} \quad (31)$$

Donde λ es la longitud de onda, h es la constante de Planck, m es la masa invariante o masa propia en reposo de la partícula a quien se le estudia su movimiento, v_c es la velocidad clásica de la partícula a quien se le estudia su movimiento, v_{or} es la velocidad orbital relativista del campo gravitatorio y c es la velocidad de la luz en el vacío.

$$\lambda = \frac{hc \sqrt{1 - \frac{v_c^2}{c^2}}}{m v_{or} v_c} \quad (32)$$

Donde λ es la longitud de onda, h es la constante de Planck, m es la masa invariante o masa propia en reposo de la partícula a quien se le estudia su movimiento, v_c es la velocidad clásica de la partícula a quien se le estudia su movimiento, v_{or} es la velocidad orbital relativista del campo gravitatorio y c es la velocidad de la luz en el vacío.

$$\frac{m v_{or} v_c}{\sqrt{1 - \frac{v_c^2}{c^2}}} = \frac{hc}{\lambda} \quad (33)$$

Donde m es la masa invariante o masa propia en reposo de la partícula a quien se le estudia su movimiento, v_{or} es la velocidad orbital relativista del campo gravitatorio, v_c es la velocidad clásica de la partícula a quien se le estudia su movimiento, h es la constante de Planck, λ es la longitud de onda y c es la velocidad de la luz en el vacío.

Para velocidades bajas con respecto a la velocidad de la luz en el vacío esta ecuación de la longitud de onda pudiera quedar de la siguiente manera:

$$\lambda = \frac{h}{m_r v_c} \quad (34)$$

Donde λ es la longitud de onda, h es la constante de Planck, m_r es la masa relativista de la partícula a quien se le estudia su movimiento y v_c es la velocidad clásica de la partícula a quien se le estudia su movimiento.

CANTIDAD DE MOVIMIENTO DE UN FOTÓN

La cantidad de movimiento para un fotón queda de la siguiente manera:

$$\frac{h}{\lambda} = \frac{m_r v_c}{\sqrt{1 - \frac{v_c^2}{c^2}}} \quad (29)$$

Donde h es la constante de Planck, λ es la longitud de onda, m_r es la masa relativista de la partícula a quien se le estudia su movimiento, v_c es la velocidad clásica de la partícula a quien se le estudia su movimiento y c es la velocidad de la luz en el vacío.

$$\frac{h}{\lambda} = m_r c \quad (35)$$

Donde h es la constante de Planck, λ es la longitud de onda, m_r es la masa relativista de la partícula a quien se le estudia su movimiento y c es la velocidad de la luz en el vacío.

$$m_r = \frac{m \cdot v_{or}}{c} \quad (36)$$

Donde m_r es la masa relativista de la partícula que se estudia, m es la masa invariante o masa propia en reposo de la partícula a quien se le estudia su movimiento, v_{or} es la velocidad orbital relativista del campo gravitatorio y c es la velocidad de la luz en el vacío.

$$\frac{h}{\lambda} = \frac{m v_{or} c}{c} \quad (37)$$

Donde h es la constante de Planck, λ es la longitud de onda, m es la masa invariante o masa propia en reposo de la partícula a quien se le estudia su movimiento, v_{or} es la velocidad orbital relativista del campo gravitatorio y c es la velocidad de la luz en el vacío.

$$\frac{h}{\lambda} = m \cdot v_{or} \quad (38)$$

Donde h es la constante de Planck, λ es la longitud de onda, m es la masa invariante o masa propia en reposo de la partícula a quien se le estudia su movimiento y v_{or} es la velocidad orbital relativista del campo gravitatorio.

$$\lambda = \frac{h}{m \cdot v_{or}} \quad (39)$$

Donde λ es la longitud de onda, h es la constante de Planck, m es la masa invariante o masa propia en reposo de la partícula a quien se le estudia su movimiento y, v_{or} es la velocidad orbital relativista del campo gravitatorio.

$$m_r = \frac{mv_{or}}{c} = \frac{E_c}{c^2} \quad (40)$$

Donde m_r es la masa relativista de la partícula que se estudia, m es la masa invariante o masa propia en reposo de la partícula a quien se le estudia su movimiento, v_{or} es la velocidad orbital relativista del campo gravitatorio, E_c es la energía cinética de la partícula y c es la velocidad de la luz en el vacío.

$$mv_{or} = \frac{E_c}{c} \quad (41)$$

Donde m es la masa invariante o masa propia en reposo de la partícula a quien se le estudia su movimiento, v_{or} es la velocidad orbital relativista del campo gravitatorio, E_c es la energía cinética de la partícula y c es la velocidad de la luz en el vacío.

$$\lambda = \frac{h}{E_c/c} \quad (42)$$

Donde λ es la longitud de onda, h es la constante de Planck, E_c es la energía cinética del fotón y c es la velocidad de la luz en el vacío.

$$\lambda = \frac{hc}{E_c} \quad (43)$$

Donde λ es la longitud de onda, h es la constante de Planck, E_c es la energía cinética del fotón y c es la velocidad de la luz en el vacío.

El concepto tajante de que la energía de un sistema de referencia en reposo que emite un fotón, se reduce en una cantidad de energía igual a la energía E del fotón, resultaría entonces según esta misma noción en una reducción de la masa en reposo por un valor de E/c^2 . Del mismo modo, la masa en reposo de un sistema en reposo que absorbe un fotón se incrementaría según este categórico concepto por la misma cantidad correspondiente. Sin embargo, al tratar de aplicar este principio en la práctica por ejemplo en los resultados prácticos con los leptones y el efecto Lamb en la electrodinámica cuántica, para que las mediciones experimentales con esta acepción concuerden con las predicciones de la teoría, no obstante se requiere contar con la contribución adicional de una cantidad indefinida de fotones virtuales, lo que se adopta con el fin de que la masa en reposo del sistema en referencia se incremente o se disminuya formalmente y concuerde exactamente con la masa relativista de los fotones. Este episodio en realidad se presenta con estos sujetos prácticos es porque además de ser su presencia inexplicable, sus propiedades son inmedibles de forma exacta con la energía cinética, entonces se hace necesario implantar a esta figura virtual para tratar de contraponer la presencia de la partícula real y poder explicar la infracción que se comete en contra de la conservación de la masa, energía y cantidad de movimiento en el evento, porque en verdad aquí solo se tiene en cuenta en los resultados es a la presencia de la cantidad de masa involucrada en la energía cinética del fotón emitido por el sistema en reposo, pero sin embargo totalmente se ignora a la presencia de la cantidad de masa en reposo implicada para originar la cantidad de energía potencial gravitatoria que es inmedible directamente de forma exacta pero que originada por el campo gravitatorio le sigue perdurando al mismo fotón.

$$(mc^2)^2 = \left[\left(\frac{mc^2}{\sqrt{1-\frac{GM}{rc^2}}} \right)^2 - \left(\frac{m_r c^2}{\sqrt{1-\frac{v_c^2}{c^2}}} \right)^2 \right] + (pc)^2 \quad (44)$$

Donde m es la masa invariante o cantidad de masa propia en reposo del fotón o partícula a quien se le estudia su movimiento, G es la constante de gravitación universal, M es la masa invariante o masa propia en reposo del cuerpo masivo central, r es la distancia radial con el centro del cuerpo masivo, m_r es la masa relativista del fotón o partícula a quien se le estudia su movimiento, v_c es la velocidad clásica máxima de la cantidad de masa propia en reposo del fotón o partícula a quien se estudia su movimiento, p es la cantidad de movimiento relativista del fotón o partícula a quien se le estudia su movimiento y c es la velocidad de la luz en el vacío.

$$(mc^2)^2 = \left[\left(\frac{mc^2}{\sqrt{1-\frac{GM}{rc^2}}} \right)^2 - (\sqrt{2}m_r c^2)^2 \right] + (pc)^2 \quad (45)$$

Donde m es la masa invariante o cantidad de masa propia en reposo del fotón o partícula a quien se le estudia su movimiento, G es la constante de gravitación universal, M es la masa invariante o masa propia en reposo del cuerpo masivo central, r es la distancia radial con el centro del cuerpo masivo, m_r es la masa relativista del fotón o partícula a quien se le estudia su movimiento, p es la cantidad de movimiento relativista del fotón o partícula a quien se le estudia su movimiento y c es la velocidad de la luz en el vacío.

$$(mc^2)^2 = (E_p)^2 + (pc)^2 \quad (46)$$

Donde m es la masa invariante o cantidad de masa propia en reposo del fotón o partícula a quien se le estudia su movimiento, E_p es la energía potencial del fotón o partícula a quien se le estudia su movimiento, p es la cantidad de movimiento relativista del fotón o partícula a quien se le estudia su movimiento y c es la velocidad de la luz en el vacío.

$$E_p = \left[\left(\frac{mc^2}{\sqrt{1-\frac{GM}{rc^2}}} \right)^2 - (\sqrt{2}m_r c^2)^2 \right] \quad (47)$$

Donde E_p es la energía potencial gravitatoria del fotón o partícula a quien se le estudia su movimiento, m es la masa invariante o masa propia en reposo del fotón o partícula a quien se le estudia su movimiento, G es la constante de gravitación universal, M es la masa invariante o masa propia en reposo del cuerpo masivo central, r es la distancia radial al centro del cuerpo masivo, m_r es la masa relativista de la partícula que se estudia y c es la velocidad de la luz en el vacío.

$$E_p = \left[\left(\frac{mc^2}{\sqrt{1-\frac{GM}{rc^2}}} \right)^2 - \left(\frac{\sqrt{2}m \cdot v_{or}}{c} c^2 \right)^2 \right] \quad (48)$$

Donde E_p es la energía potencial gravitatoria del fotón o partícula a quien se le estudia su movimiento, m es la masa invariante o masa propia en reposo del fotón o partícula a quien se le estudia su movimiento, G es la constante de gravitación universal, M es la masa invariante o masa propia en reposo del cuerpo masivo central, r es la distancia radial al centro del cuerpo masivo, v_{or} es la velocidad orbital relativista del campo gravitatorio y c es la velocidad de la luz en el vacío.

$$E_p = \sqrt{\left(\frac{m c^2}{\sqrt{1-\frac{GM}{r c^2}}}\right)^2 - \left(\sqrt{2} m v_{or} c\right)^2} \quad (49)$$

Donde E_p es la energía potencial gravitatoria del fotón o partícula a quien se le estudia su movimiento, m es la masa invariante o masa propia en reposo del fotón o partícula a quien se le estudia su movimiento, G es la constante de gravitación universal, M es la masa invariante o masa propia en reposo del cuerpo masivo central, r es la distancia radial al centro del cuerpo masivo, v_{or} es la velocidad orbital relativista del campo gravitatorio y c es la velocidad de la luz en el vacío.

$$E_p = \sqrt{\left(\frac{m c^2}{\sqrt{1-\frac{GM}{r c^2}}}\right)^2 - \left(\frac{\sqrt{2} m c \sqrt{\frac{GM}{r}}}{\sqrt{1-\frac{GM}{r c^2}}}\right)^2} \quad (49)$$

Donde E_p es la energía potencial gravitatoria del fotón o partícula a quien se le estudia su movimiento, m es la masa invariante o masa propia en reposo del fotón o partícula a quien se le estudia su movimiento, G es la constante de gravitación universal, M es la masa invariante o masa propia en reposo del cuerpo masivo central, r es la distancia radial al centro del cuerpo masivo y c es la velocidad de la luz en el vacío.

3. Conclusiones

a)- PRIMERA GRAN CONCLUSIÓN es la masa relativista que le entrega la relatividad general a la relatividad especial:

$$m_r = \frac{m \sqrt{\frac{GM}{r}}}{c \sqrt{1-\frac{GM}{r c^2}}} \quad (14)$$

Donde m_r es la masa relativista de la partícula que se estudia, m es la masa invariante o masa propia en reposo de la partícula a quien se estudia, G es la constante de gravitación universal, M es la masa invariante o masa propia en reposo del cuerpo masivo central, r es la distancia radial al centro del cuerpo masivo y c es la velocidad de la luz en el vacío.

b)-UNA SEGUNDA GRAN CONCLUSIÓN es la presentación de una verdadera cantidad de movimiento relativista porque está descrita incluyendo tanto a la dilatación por velocidad del tiempo, como a la dilatación gravitacional del mismo tiempo:

$$p = \frac{m_r v_c}{\sqrt{1-\frac{v_c^2}{c^2}}} \quad (23)$$

Donde p es la cantidad de movimiento relativista de la partícula que se estudia, m_r es la masa relativista de la partícula a quien se le estudia su movimiento, v_c es la velocidad clásica de la partícula a quien se le estudia su movimiento y c es la velocidad de la luz en el vacío.

$$\frac{h}{\lambda} = \frac{m_r v_c}{\sqrt{1-\frac{v_c^2}{c^2}}} \quad (29)$$

Donde h es la constante de Planck, λ es la longitud de onda, m_r es la masa relativista de la partícula a quien se le estudia su movimiento, v_c es la velocidad clásica de la partícula a quien se le estudia su movimiento y c es la velocidad de la luz en el vacío.

c)- UNA TERCERA GRAN CONCLUSIÓN son las energías potenciales y cinéticas descritas a través de la contribución de las masas invariantes y relativistas de las partículas:

$$E_p = \sqrt{\left(\frac{m c^2}{\sqrt{1-\frac{GM}{r c^2}}}\right)^2 - \left(\frac{m_r c^2}{\sqrt{1-\frac{v_c^2}{c^2}}}\right)^2} \quad (20)$$

Donde E_p es la energía potencial gravitatoria, m es la masa invariante o masa propia en reposo de la partícula a quien se le estudia su movimiento, G es la constante de gravitación universal, M es la masa invariante o masa propia en reposo del cuerpo masivo central, r es la distancia radial al centro del cuerpo masivo, m_r es la masa relativista de la partícula que se estudia, v_c es la velocidad clásica de la partícula que se estudia y c es la velocidad de la luz en el vacío.

$$E_c = \frac{m \sqrt{\frac{GM}{r}} v_c c}{c \sqrt{1-\frac{GM}{r c^2}} \sqrt{1-\frac{v_c^2}{c^2}}} \quad (21)$$

Donde E_c es la energía cinética de la partícula, m es la masa invariante o masa propia en reposo de la partícula a quien se le estudia su movimiento, G es la constante de gravitación universal, M es la masa invariante o masa propia en reposo del cuerpo masivo, r es la masa distancia radial al centro del cuerpo masivo, v_c es la velocidad clásica de la partícula a quien se le estudia su movimiento y c es la velocidad de la luz en el vacío.

$$E_c = \frac{m_r v_c c}{\sqrt{1-\frac{v_c^2}{c^2}}} \quad (21)$$

Donde E_c es la energía cinética de la partícula, m_r es la masa relativista de la partícula a quien se le estudia su movimiento, v_c es la velocidad clásica de la partícula a quien se le estudia su movimiento y c es la velocidad de la luz en el vacío.

$$E_c = pc \quad (22)$$

Donde E_c es la energía cinética de la partícula, p es la cantidad de movimiento relativista de la partícula a quien se le estudia su movimiento y c es la velocidad de la luz en el vacío.

e)- UNA CUARTA GRAN CONCLUSIÓN es la relación general que unifica a la relatividad general con la relatividad especial y la mecánica cuántica:

$$(mc^2)^2 = \left(\frac{mc^2}{\sqrt{1-\frac{GM}{rc^2}}} \right)^2 - \left(\frac{m_r c^2}{\sqrt{1-\frac{v_c^2}{c^2}}} \right)^2 + \left(\frac{m_r v_c c}{\sqrt{1-\frac{v_c^2}{c^2}}} \right)^2 \quad (17)$$

Donde m es la masa invariante o masa propia en reposo de la partícula a quien se le estudia su movimiento, G es la constante de gravitación universal, M es la masa invariante o masa propia en reposo del cuerpo masivo central, r es la distancia radial al centro del cuerpo masivo, m_r es la masa relativista de la partícula que se estudia, v_c es la velocidad clásica de la partícula que se estudia y c es la velocidad de la luz en el vacío.

$$(mc^2)^2 = \left(\sqrt{\left(\frac{mc^2}{\sqrt{1-\frac{GM}{rc^2}}} \right)^2 - \left(\frac{m_r c^2}{\sqrt{1-\frac{v_c^2}{c^2}}} \right)^2} \right)^2 + (pc)^2 \quad (26)$$

Donde m es la masa invariante o masa propia en reposo de la partícula a quien se le estudia su movimiento, G es la constante de gravitación universal, M es la masa invariante o masa propia en reposo del cuerpo masivo central, r es la distancia radial con el centro del cuerpo masivo, v_c es la velocidad clásica de la partícula que se estudia, p es la cantidad de movimiento relativista de la partícula que se estudia y c es la velocidad de la luz en el vacío.

$$(mc^2)^2 = \left(\sqrt{\left(\frac{mc^2}{\sqrt{1-\frac{GM}{rc^2}}} \right)^2 - \left(\frac{m_r c^2}{\sqrt{1-\frac{v_c^2}{c^2}}} \right)^2} \right)^2 + \left(\frac{hc}{\lambda} \right)^2 \quad (28)$$

Donde m es la masa invariante o masa propia en reposo de la partícula a quien se le estudia su movimiento, G es la constante de gravitación universal, M es la masa invariante o masa propia en reposo del cuerpo masivo central, r es la distancia radial al centro del cuerpo masivo, m_r es la masa relativista de la partícula a quien se le estudia su movimiento, v_c es la velocidad clásica de la partícula que se estudia, h es la constante de Planck, λ es la longitud de onda y c es la velocidad de la luz en el vacío.

f)- UNA QUINTA GRAN CONCLUSIÓN es la identificación de la llamada masa relativista de cualquier partícula, quien su valor va a depender del potencial gravitacional que

tenga el observador y es totalmente independiente de la velocidad del objeto, incluidas las masas relativistas de aquellas partículas que viajan a la velocidad de la luz, además es una masa aparente que cuenta siempre con una menor magnitud del valor que tiene la masa invariante o masa en reposo de la partícula, que es la masa de una partícula libre medida en reposo con respecto al observador inercial y es válida con esa manera de obtenerla para todos los observadores inerciales.

4. Referencias del artículo.

- [1] [Gravedad cuántica di novo](#)
- [2] [Electrón agujero negro](#)
- [3] [Radio clásico del electrón](#)
- [4] [Energía cinética y potencial del campo eléctrico y gravitatorio](#)
- [5] [Dilatación Eléctrica del Tiempo](#)
- [6] [Energía cinética y potencial relativista](#)
- [7] [Dilatación gravitacional del tiempo](#)
- [8] [Velocidades cósmicas del agujero negro](#)
- [9] [Relación energía momento de la relatividad general](#)
- [10] [Cuadrimomento de la relatividad general](#)
- [11] [Velocidad orbital relativista](#)
- [12] [Cuadrivelocidad de la relatividad general](#)
- [13] [Cuadrivector de la relatividad general](#)
- [14] [Sobre gravedad cuántica-monografias.com](#)
- [15] [Sobre gravedad cuántica-textoscientificos.com](#)
- [16] [Velocidades cosmicas-textoscientificos.com](#)
- [17] [Velocidades cósmicas-monografias.com](#)

Copyright © Derechos Reservados.

Heber Gabriel Pico Jiménez MD. Médico Cirujano 1985 de la Universidad de Cartagena Colombia. Investigador independiente de problemas biofísicos médicos de la memoria y el aprendizaje entre ellos la enfermedad de Alzheimer.

heberpico@hotmail.com