

Gravedad Cuántica

Heber Gabriel Pico Jiménez MD,
Medico Cirujano
heberpico@hotmail.com
Calle 13 No.10-40 Cereté, Córdoba, Colombia

Resumen

La gran conclusión de este trabajo es que aquí presentamos una teoría cuántica de campos formulada como una teoría determinista, sobre campos de partículas asentados en un espacio-tiempo curvo como el de la Relatividad General que es afectado en su geometría, por el momento lineal de las partículas. Le salimos al camino diciendo que la independencia del espacio-tiempo como substrato es fundamental y algunas de las asunciones de la base de la teórica de campos cuánticos, que antes no se podían transportar al espacio-tiempo curvado, incorporando adecuadamente el ángulo del observador en la Contracción de la Cuadri-Lorentz parece que resuelve el inconveniente de la transposición y precisa a la mecánica cuántica, generalizarse a contextos donde no hay tiempo especificado a-priori. Se establece de esta manera la base matemática que unifica el cuanto y la gravedad, que puede servir para describir el comportamiento de todas las demás fuerzas de la naturaleza. Se considera que este trabajo se presta para combinar de esa manera con la gravedad, la simetría y las indicaciones del resto de las teorías actuales que involucran a las tres fuerzas restantes.

Palabras claves: Gravitón, Relatividad General, Relatividad Especial, Gravedad Cuántica, Energía del Vacío, Vacío Cuántico

Abstract

The great conclusion of this work is that here we presented/displayed a quantum theory of formulated fields like a determinist theory, on particle camps set up in a curved space-time like the one of the General Relativity that is affected in its geometry, at the moment linear of particles. We left to him to the way saying that the independence of the space-time as substratum is fundamental and some of the assumptions of the base of the theoretics of quantum fields, that before could not be transported to the curved space-time, but incorporating suitably the angle of the observer in the Contraction of the Cuadri-Lorentz it seems that it solves the disadvantage of the transposition and needs to the quantum mechanics, to become general to contexts where there is specified time no a-priori. The mathematical base settles down this way that unifies the whatever and the gravity, that can serve to describe the behavior of all the other forces of the nature. It is considered that this work is lent to combine of that way with the gravity, the symmetry and the indications of the rest of the present theories that they involve the three remaining forces.

Key Words: Graviton, General Relativity, Special Relativity, Quantum Gravity, Energy of the Emptiness, Quantum Emptiness.

1. Introducción

Recordamos en esta introducción a las siguientes relaciones número uno (1) y uno $a(1a)$, que representa a la misma relación de Newton, fuerza gravitatoria en función de las respectivas masas y energías invariantes:

$$(1)$$

$$(1a)$$

Donde F es la fuerza de atracción mutua, G es la constante de gravitación universal, $m1$ y $m2$ son las respectivas masas invariantes de los dos objetos, $E1$ y $E2$ son las respectivas energías invariantes de los objetos a que se refiere Newton, r es la distancia que separa los centros de gravedad de ambos objetos y c es la velocidad de la luz en el vacío.

Con el objetivo de describir y puntualizar una fuerza relativa de atracción gravitatoria entre dos objetos, fuerza que deje de ignorar la presencia de otros cuerpos o astros menores del sistema. Por todo esto el reciente trabajo de Relatividad General expresa exactamente a la misma relación original del sabio pero, en función de la energía invariante equivalente a la masa en reposo de solo uno de los dos objetos que podría ser cualquiera de los dos, este se identifica como el cuerpo observado, todo para que la relación descrita por el otro cuerpo observador, diga que tanto influye el movimiento relativo entre los dos objetos en la intensidad de la atracción gravitatoria relativa, resultante y recíproca, que actúa tras el movimiento relativo entre ellos:

$$(2) \text{ solo-si}$$

$$(3)$$

Donde F es la fuerza de atracción mutua, G es la constante de gravitación universal, n es un escalar que define la relación habida entre las energías invariantes de los cuerpos observador y observado, $E1$ y $E2$ son las concernientes energías invariantes equivalentes a las respectivas masas también invariantes de los mismos objetos, r es la distancia habida entre los respectivos centros de gravedad de los objetos y c es la velocidad de la luz en el vacío.

Recordamos también la fuerza de atracción gravitacional relativa y resultante que actúa recíprocamente entre dos cuerpos que relativamente se alejan según lo describe la siguiente relación número cuatro (4):

$$(4)$$

Donde F es la fuerza de atracción mutua, G es la constante de gravitación universal, n es un escalar que define la relación habida entre las energías invariantes de los cuerpos observador y observado, E es la respectiva energía invariante del objeto observado equivalente a la también masa invariante del mismo, r es la distancia habida entre los respectivos centros de gravedad de los objetos, $v \cos \theta$ es la velocidad relativa con que se alejan los cuerpos y c la velocidad de la luz en el vacío.

Recordamos también a la fuerza de atracción gravitatoria relativa y resultante que actúa recíprocamente entre dos cuerpos que esta vez se acercan relativamente entre sí, descrita en la siguiente relación número cinco (5):

(5)

Donde F es la fuerza de atracción mutua, G es la constante de gravitación universal, n es un escalar que define la relación habida entre las energías invariantes de los cuerpos observador y observado, E es la respectiva energía invariante del objeto observado equivalente a la también masa invariante del mismo, r es la distancia habida entre los respectivos centros de gravedad de los objetos, $v \cos \theta$ es la velocidad relativa con que se acercan los cuerpos y c la velocidad de la luz en el vacío.

Como introducción queremos recordar que el planteo recientemente descrito en el trabajo de Relatividad General, está perfectamente de acuerdo por ejemplo con el avance del perihelio de los planetas más cercanos al sol, la deflexión de los rayos de luz, el corrimiento al rojo gravitacional, el efecto doppler relativista y la dilatación o contracción relativa del tiempo.

Queremos además recordar en esta introducción que el valor de la cantidad de masa cuántica invariante y mínima, presente o involucrada en un discreto cuanto de energía como es la constante de Planck, partiendo eso sí de la equivalencia entre masa invariante y energía planteada por la relatividad especial de Einstein. Tal como se expresa en la siguiente relación:

Donde m_p es la (masa Planck) cantidad de masa invariante Planck involucrada en la cantidad de energía equivalente de la constante de Planck, h es la constante de Planck y c es la velocidad de la luz en el vacío.

Es bien conocido que la masa invariante de un sistema en reposo que emite un fotón de energía E , medido también en el sistema de referencia en reposo del sistema emisor, lo

cual resulta en una reducción de la masa invariante por un valor E / c^2 . Del mismo modo, la masa invariante de ese mismo sistema si absorbe un fotón, se incrementa entonces por la misma cantidad de masa invariante correspondiente.

2. Desarrollo del Tema.

Por todo esto creemos que se puede considerar sin contradicción que los dos cuerpos a que se refiere Newton en su relación original de la gravedad, objeto observado y observador, son dos cuantos de energía pero de esa energía de fondo existente en el espacio vacío o energía del vacío. Si la energía está realmente allí en el vacío cuántico, entonces debe ejercer una fuerza gravitacional, por eso en este trabajo serán consideradas a h como un par de micro agujero negro y entonces, remplazando la siguiente relación número seis (6) en la también siguiente relación número uno (1):

(6)

(1)

Donde mp es la cantidad de masa invariante (masa Planck) equivalente a la energía invariante en la constante de Planck, h es la constante de Planck, F es la fuerza de atracción mutua, G es la constante de gravitación universal, $m1$ y $m2$ son las respectivas masas invariantes del objeto observado y observador, r es la distancia habida entre los respectivos centros de gravedad de los objetos y c la velocidad de la luz en el vacío.

Seguidamente nos queda entonces la siguiente relación todavía original de la fuerza gravitacional de Newton pero, expresada cuánticamente de la presente manera en la siguiente relación número siete (7):

$$F = G \frac{h_1 h_2}{c^2 r^2} \quad (7)$$

$$F = G \frac{h_1^2}{c^2 r^2} \quad (8) \quad \text{si - solo - si} \quad h_1 = n \cdot h_2$$

Donde F es la fuerza de atracción mutua, n es un escalar que define la relación habida entre las energías invariantes del objeto observador y observado, G es la constante de gravitación universal, $h1$ es la energía invariante del cuanto observador, $h2$ es la energía invariante del cuanto observado, r es la distancia habida entre los respectivos centros de gravedad de los objetos y c es la velocidad de la luz en el vacío.

En esta última y anterior relación número ocho (8) se sobreentiende que el valor escalar de $n=1$ es uno o la unidad, uno por uno, que identifica la relación dependiendo de la cantidad de las dos energías invariantes idénticas pero diferentes: observadora y

observada. La anterior relación número ocho (8) así como está descrita, está definida ignorando totalmente la presencia de otros cuantos en el sistema del vacío cuántico, hay un total reposo relativo entre los objetos al igual que en la original de Newton, pero queremos detallarla es para que se pueda describir la atracción gravitacional relativa resultante que actúa recíprocamente entre dos cuantos de vacío que esta vez se alejan relativamente uno del otro, tal como se representa en la siguiente relación número nueve (9):

$$F = \frac{nG}{c^4 r^2} \left(h \sqrt{1 - \frac{v^4 \cos^4 \theta}{c^4}} \right)^2 \quad (9)$$

Donde F es la fuerza de atracción mutua, G es la constante de gravitación universal, n es un escalar que define la relación habida entre las energías invariantes de los cuerpos observador y observado, h es la respectiva energía invariante del objeto observado equivalente a la también masa invariante del mismo, r es la distancia habida entre los respectivos centros de gravedad de los objetos, $v \cos \theta$ es la velocidad relativa con que se alejan los cuerpos y c la velocidad de la luz en el vacío.

Si ahora la anterior relación número ocho (8), la detallamos es para poder describir la fuerza de atracción gravitacional relativa que actúa recíprocamente entre dos cuantos de vacío que esta vez se acercan relativamente, tal como se representa en la siguiente relación número diez (10):

$$F = \frac{nG}{c^4 r^2} \left(\frac{h}{\sqrt{1 - \frac{v^4 \cos^4 \theta}{c^4}}} \right)^2 \quad (10)$$

Donde F es la fuerza de atracción mutua, G es la constante de gravitación universal, n es un escalar que define la relación habida entre las energías invariantes de los cuerpos observador y observado, h es la respectiva energía invariante del objeto observado equivalente a la también masa invariante del mismo, r es la distancia habida entre los respectivos centros de gravedad de los objetos, $v \cos \theta$ es la velocidad relativa con que se acercan los cuerpos y c la velocidad de la luz en el vacío.

Las anteriores relaciones número nueve (9) y diez (10) aquí identificadas, en caso de haber un desplazamiento en el espacio-tiempo a la velocidad de la luz de uno de los cuantos, quedaran representadas de la siguiente manera tal como lo dicen las siguientes relaciones número once (11) y doce (12):

$$F = \frac{nG}{c^4 r^2} \left(h \sqrt{1 - \frac{c^4 \cos^4 \theta}{c^4}} \right)^2 \quad (11)$$

$$F = \frac{n.G}{c^1 r^2} \left(\frac{h}{\sqrt{1 - \frac{c^4 \cos^4 \theta}{c^4}}} \right)^2 \quad (12)$$

Donde F es la fuerza de atracción mutua, G es la constante de gravitación universal, n es un escalar que define la relación habida entre las energías invariantes de los cuerpos observador y observado, h es la respectiva energía invariante del objeto observado equivalente a la también masa invariante del mismo, r es la distancia habida entre los respectivos centros de gravedad de los objetos, $c \cdot \cos \theta$ es la velocidad relativa con que se alejan o se acercan los cuerpos y c la velocidad de la luz en el vacío.

Relaciones estas que de complemento si se hace una simplificación resultan descritas de la siguiente manera en las relaciones numero trece (13) y catorce (14):

$$F = \frac{n.G}{c^1 r^2} \left(h \sqrt{1 - \cos^4 \theta} \right)^2 \quad (13)$$

$$F = \frac{n.G}{c^1 r^2} \left(\frac{h}{\sqrt{1 - \cos^4 \theta}} \right)^2 \quad (14)$$

Donde F es la fuerza de atracción mutua, G es la constante de gravitación universal, n es un escalar que define la relación habida entre las energías invariantes de los cuerpos observador y observado, h es la respectiva energía invariante del objeto observado equivalente a la también masa invariante del mismo, r es la distancia habida entre los respectivos centros de gravedad de los objetos, θ es el ángulo descrito por la velocidad relativa con que se alejan o se acercan los cuerpos y su trayectoria, c la velocidad de la luz en el vacío.

Se puede observar que la energía invariante (h) o constante de un cuanto de vacío o, cantidad de energía involucrada en la cantidad invariante de masa Planck (mp), como partículas no podrán jamás adquirir relativamente por ninguna razón la velocidad de la luz en el vacío cuántico, además por el hecho de que: El estado real de vacío no es desde ningún punto de vista un simple espacio físico absolutamente vacío, el vacío real está lleno de los mismos cuantos (h) de vacío, de esos que precisamente estamos estudiando aquí y que además de auto frenarse sus propios desplazamientos, no les queda espacio sino para fluctuar longitudinalmente en grupos helicoidales polarizados circularmente entre ellos, traducido esto como largas contracciones de ondas electromagnéticas dirigidas que viajan curvadas ellas í a la velocidad de la luz en el vacío, separándose y uniéndose. Entonces el vacío realmente es un vacío cuántico. Recordamos que los cuantos (h) son partículas que su solo presencia significa gravedad

que fluye transversalmente no como bosón, sino como un micro agujero negro abierto con permeabilidad gravitacional que además presenta espín entero y carga neutra. Neutralidad sugestiva de que están conformadas de por lo menos, un par de mini agujeros negros perforados que corresponden a la radiación de Hawking, que son partículas virtuales que saltan, con cargas contrarias, adentro y afuera de la existencia.

Gravedad del Fotón

Dado que los fotones contribuyen al tensor de energía-impulso, por lo que ejercen una atracción gravitatoria sobre otros objetos y a la vez ellos son afectados por la gravedad. Además de acuerdo con la cromodinámica cuántica, un fotón real puede interactuar transversalmente como una colección de quarks y gluones o, longitudinalmente como una partícula puntual esto es, como un hadrón. Los fotones no serían entonces un conjunto de quarks de valencia tal como están distribuidos en el protón por ejemplo, la estructura de los fotones quedaría entonces determinada por las fluctuaciones helicoidales polarizadas circularmente en una colección de quarks de un fotón puntual en el vacío cuántico.

Por lo que parece, el vacío cuántico, el fotón y los quarks, están hechos de lo mismo: Los cuantos de energía del vacío. Lo que deja claro que el vacío cuántico siempre está presente y organizado en las curvaturas del espacio-tiempo alrededor de las partículas con masa, es decir curvando al espacio-tiempo de acuerdo a la intensidad de la presencia de cualquier masa por pequeña que sea.

Partimos de la siguiente relación de Newton número uno a ($1a$) pero expresada con respecto a las energías invariantes de los objetos:

$$F = G \frac{E_1 E_2}{c^4 r^2} \quad (1a)$$

Donde F es la fuerza de atracción mutua, G es la constante de gravitación universal, E_1 y E_2 son las respectivas energías invariantes de los objetos a que se refiere Newton, r es la distancia que separa los centros de gravedad de ambos objetos y c es la velocidad de la luz en el vacío.

Si partimos del hecho de que la energía E_2 del objeto observado en la anterior relación número uno a ($1a$) es la energía invariante de un fotón, entonces haciendo el respectivo reemplazo de la energía E_1 del observador en función del objeto observado en la anterior ecuación número uno a ($1a$), nos queda entonces la siguiente relación número quince (15):

$$F = nG \frac{E_2^2}{c^4 r^2} \quad (15) \quad \text{solo - si} \quad E_1 = h \cdot E_2 \quad (16)$$

Donde F es la fuerza de atracción mutua, G es la constante de gravitación universal, n es un escalar que define la relación habida entre las energías invariantes de los cuerpos observador y observado, E_1 y E_2 son las concernientes energías invariantes

equivalentes a las respectivas masas también invariantes de los mismos objetos, r es la distancia habida entre los respectivos centros de gravedad de los objetos y c es la velocidad de la luz en el vacío.

Si la anterior relación número quince (15) la expresamos describiendo la intensidad relativa de la fuerza de atracción gravitatoria recíproca y resultante, entre un fotón y otro objeto cualquiera cuando se alejan entre sí relativamente pero, el fotón se desplaza en el espacio-tiempo a la velocidad de la luz:

$$F = \frac{nG}{c^4 r^2} \left(E_2 \sqrt{1 - \cos^4 \theta} \right)^2$$

Donde F es la fuerza de atracción mutua, G es la constante de gravitación universal, n es un escalar que define la relación habida entre las energías invariantes de los cuerpos observador y observado, E_2 es la respectiva energía invariante del fotón observado, r es la distancia habida entre los respectivos centros de gravedad de los objetos, θ es el ángulo descrito por la velocidad con se alejan y la trayectoria del fotón y c la velocidad de la luz en el vacío.

Si la anterior relación número quince (15) la describimos expresando ahora a la intensidad relativa de la fuerza de atracción gravitatoria recíproca y resultante entre un objeto cualquiera y un fotón que se acercan entre sí relativamente pero, el fotón se desplaza en el espacio-tiempo a la velocidad de la luz:

$$F = \frac{nG}{c^4 r^2} \left(\frac{E_2}{\sqrt{1 - \cos^4 \theta}} \right)^2$$

Donde F es la fuerza de atracción mutua, G es la constante de gravitación universal, n es un escalar que define la relación habida entre las energías invariantes de los cuerpos observador y observado, E_2 es la respectiva energía invariante del fotón observado, r es la distancia habida entre los respectivos centros de gravedad de los objetos, θ es el ángulo descrito por la velocidad relativa con que se acercan los cuerpos y su trayectoria, c la velocidad de la luz en el vacío.

Como se puede observar la trayectoria de un fotón en un campo gravitatorio, al igual que la de una partícula con masa, como no hay substrato fijo del espacio-tiempo, deben siempre conservar en la trayectoria, algún ángulo de curvatura mínima, para no configurar directamente una singularidad espaciotemporal.

3. Conclusiones.

La gran conclusión de este trabajo es que aquí presentamos una teoría cuántica de campos formulada como una teoría determinista, sobre campos de partículas asentados en un espacio-tiempo curvo como el de la relatividad General que es afectado en su geometría por el momento lineal de las partículas. Le salimos al camino diciendo que la independencia del espacio-tiempo como substrato es fundamental y algunas de las

asunciones de la base de la teoría de campos cuánticos que no se podían transportar al espacio-tiempo curvado, incorporando adecuadamente el ángulo del observador en la contracción de la Cuadri-Lorentz parece que resuelve este problema. Se establece así una base matemática unificada entre el cuanto y la gravedad, que puede servir para describir el comportamiento de todas las demás fuerzas de la naturaleza. Se considera que este trabajo se presta para combinar de esa manera con la gravedad, la simetría y las indicaciones del resto de las teorías actuales que involucran a las tres fuerzas restantes.

Este artículo intenta explicar convenientemente el modo íntimo y cuántico de cómo nace y opera la gravedad jamás repulsiva a partir del vacío cuántico. Para esto se comienza describiendo primero a los cuantos (\hbar) que constituyen la energía del vacío, tal como aquellas partículas de energía que su sola presencia significan gravedad penetrante. Gravedad que fluye transversalmente tras ellas no como si estas fueran un simple bosón, sino más bien como un par de micros agujeros negros absolutamente huecos y vacíos, perforado perpendicularmente al disco de acrecimiento. Por este hecho consta el vacío cuántico con una propiedad que podemos identificarla como **permeabilidad gravitacional del vacío cuántico**. Asimismo estos cuantos (\hbar) de vacío además de masa ostentan espín entero y son neutras. Hechos muy sugestivos de que realmente están conformadas por lo menos por un par de mini agujeros negros abiertos y cargados, corpúsculos individuales que parecen corresponder además a la radiación de Hawking, tal como aquellas partículas virtuales cargadas que separadas saltan, con cargas contrarias, adentro y afuera de la existencia.

A)-La ecuación número diez y siete (17) corresponde, a una relación general que define la intensidad definitiva de la fuerza de atracción gravitatoria sobre un fotón que se aleja relativamente de un observador con campo gravitatorio además:

$$F = \frac{nG}{c^4 r^2} \left(E_2 \sqrt{1 - \cos^4 \theta} \right)^2 \quad (17)$$

Donde F es la fuerza de atracción mutua, G es la constante de gravitación universal, n es un escalar que define la relación habida entre las energías invariantes de los cuerpos observado y observador, r es la distancia existente entre los centros de gravedad del observador y el objeto observado, c es la velocidad de la luz, E_2 es la energía invariante del fotón observado, θ es el ángulo descrito entre la velocidad transversal relativa con que se aleja del observador y la trayectoria del objeto observado, c es también la velocidad del objeto observado en el espacio-tiempo.

B)-La ecuación número diez y ocho (18) corresponde, a una relación general que define la intensidad definitiva de la fuerza de atracción gravitatoria sobre un fotón que se acerca relativamente a un observador con campo gravitatorio además:

$$F = \frac{nG}{c^4 r^2} \left(\begin{array}{c} E_2 \\ \sqrt{1 - \cos^4 \theta} \end{array} \right)^2 \quad (18)$$

Donde F es la fuerza de atracción mutua, G es la constante de gravitación universal, n es un escalar que define la relación habida entre las energías invariantes del cuerpo observado y observador, r es la distancia existente entre los centros de gravedad del observador y el objeto observado, c es la velocidad de la luz, E es la energía invariante del fotón observado, θ es el ángulo descrito entre la velocidad transversal relativa con que se acerca al observador y la trayectoria del objeto observado, v es también la velocidad del objeto observado en el espacio-tiempo.

C)-Una gran conclusión que tiene este trabajo es la unificación de las relaciones de energía-momento tanto para el fotón, como para las partículas con masa. Recordemos que la llamada relación de energía-momento es una ecuación que tiene como objetivo relacionar a las componentes de vector energía-momento con la masa en reposo o masa invariante. Pues ya sea en un fotón o en una partícula con masa la energía cinética del objeto siempre será $E_c = c \cdot p$, aunque pueda variar relativamente la cantidad de movimiento (p) de la misma partícula según la posición relativa del observador:

$$E_c = c \cdot p = h \cdot \nu \quad (19)$$

$$E^2 = c^2 p^2 + \left(E \sqrt{1 - \cos^4 \theta} \right)^2 \quad (20)$$

$$\left(\frac{E}{\sqrt{1 - \cos^4 \theta}} \right)^2 = c^2 p^2 + E^2 \quad (21)$$

Donde E es la energía invariante tanto del fotón como de cualquier partícula con masa, c es la velocidad de la luz en el vacío, E_c es la energía cinética tanto del fotón como de cualquier partícula, p es la cantidad movimiento tanto del fotón como de la partícula con masa, θ es el ángulo descrito por la velocidad transversal relativa con la trayectoria del objeto observado tanto de retirada como de aproximación al observador.

D)-Definitivamente como conclusión en este trabajo se puede decir también que la relación de energía-momento para un fotón o partícula que se aleja a la velocidad de la luz del observador es la siguiente relación número veinte y dos (22) y veinte y tres (23):

$$E^2 = c^2 p^2 + \left(E \sqrt{1 - \cos^4 \theta} \right)^2 \quad (22) \text{ solo - si } p = m \cdot v \cdot \cos^2 \theta$$

$$E^2 = (h \nu)^2 + \left(E \sqrt{1 - \cos^4 \theta} \right)^2 \quad (23)$$

Donde E es la energía invariante tanto del fotón como de una partícula con masa, c es la velocidad de la luz en el vacío, p es la cantidad de movimiento, θ es el ángulo descrito

por la velocidad transversal relativa con la trayectoria del objeto observado, h es la constante de Planck, ν es la frecuencia de la energía cinética del objeto observado.

La relación de energía-momento para un fotón o partícula que se acerca a un observador a la velocidad de la luz es la siguiente relación número veinte y cuatro (24) y veinte y cinco (25):

$$\left(\frac{E}{\sqrt{1-\cos^4\theta}} \right)^2 - c^2 p^2 = E^2 \quad (24) \quad \text{solo - si} \quad p = \frac{m c \cos^2\theta}{\sqrt{1-\cos^4\theta}}$$

Donde E es la energía invariante tanto del fotón como de una partícula con masa, c es la velocidad de la luz en el vacío, p es la cantidad movimiento tanto del fotón como de la partícula con masa, θ es el ángulo descrito por la velocidad transversal relativa con la trayectoria del objeto observado, h es la constante de Planck, ν es la frecuencia de la energía cinética del objeto observado.

$$\left(\frac{E}{\sqrt{1-\cos^4\theta}} \right)^2 - (h\nu)^2 = E^2 \quad (25)$$

E)-La relación energía-momento del fotón al igual que las partículas con masa, también cuenta con energía (E_i) invariante, energía cinética (E_c) y energía potencial gravitatoria (E_p) que es precisamente el sitio del fotón sensible a la gravedad, tal como esta descrita en la siguientes relaciones número veinte y seis y veinte y siete (26) y (27):

$$\text{fotón que se aleja} \quad E_i^2 = E_p^2 + E_c^2 \quad (26)$$

$$\text{fotón que se acerca} \quad E_i^2 = E_p^2 - E_c^2 \quad (27)$$

4. REFERENCIAS DEL PRESENTE ARTÍCULO.

- [01] Relatividad General
- [02] Relatividad General
- [03] corrimiento al rojo gravitacional
- [04] efecto doppler relativista
- [05] corrimiento al rojo
- [06] corrimiento al rojo gravitacional
- [07] efecto doppler relativista
- [08] efecto doppler relativista
- [1] <http://www.monografias.com/trabajos-pdf2/concepto-masa-gravitacional-relatividad-especial/concepto-masa-gravitacional-relatividad-especial.pdf>
- [2] <http://www.textoscientificos.com/fisica/articulos/masa-gravitacional-aparente>
- [3] Hawking, Stephen; and Ellis, G. F. R. (1973). The Large Scale Structure of Space-

- Time. Cambridge: Cambridge University Press. ISBN 0-521-09906-4.
- [4] Misner, Thorne and Wheeler, *Gravitation*, Freeman, (1973), ISBN 0-7167-0344-0.
- [5] Robert M. Wald, *General Relativity*, Chicago University Press, ISBN 0-226-87033-2.
- [6] Steven Weinberg, *Gravitation and Cosmology: principles and applications of the general theory of relativity*, Wiley (1972), ISBN 0-471-92567-5
- [7] Bodanis, David (2001). *E=mc²: A Biography of the World's Most Famous Equation*, Berkley Trade. ISBN 0-425-18164-2.
- [8] Tipler, Paul; Llewellyn, Ralph (2002). *Modern Physics* (4th ed.), W. H. Freeman. ISBN 0-7167-4345-0.
- [9] Girbau, J.: “*Geometria diferencial i relativitat*”, Ed. Universitat Autònoma de Catalunya, 1993. ISBN 84-7929-776-X
- [10] Serway, Raymond A.; Jewett, John W. (2004). *Physics for Scientists and Engineers*, 6th ed. edición, Brooks/Cole. ISBN 0-534-40842-7.
- [11] Tipler, Paul (2004). *Physics for Scientists and Engineers: Mechanics, Oscillations and Waves, Thermodynamics*, 5th ed. edición, W. H. Freeman. ISBN 0-7167-0809-4.
- [12] Tipler, Paul; Llewellyn, Ralph (2002). *Modern Physics*, 4th ed. edición, W. H. Freeman. ISBN 0-7167-4345-0.
- [13] School of Mathematics and Statistics, University of St Andrews (2000). «Biography of Gaspard-Gustave de Coriolis (1792-1843)».
- [14] *Oxford Dictionary*, Oxford Dictionary 1998.
- [15] <http://www.monografias.com/trabajos-pdf2/matematicas-energia-cinetica-potencial-movimiento/matematicas-energia-cinetica-potencial-movimiento.pdf>