¿Invariante cuántico en gravitación newtoniana?

(Quantum Invariant in Newtonian Gravitation)

Carlos Alejandro Chiappini

Abstract

Newton pidió ser disculpado `por presentar solamente la ecuación de la fuerza gravitatoria, sin explicar la naturaleza y el origen de la gravitación. Dijo que dedicó mucho esfuerzo al tema sin resultados convincentes y que, por ese motivo, prefirió dejar la terea para generaciones futuras. Ejemplo de honestidad y de lucidez. Veremos en este documento que esa fórmula es hoy la puerta de ingreso a un ámbito donde las preguntas tienen respuestas estimulantes.

Newton asked to be excused for presenting only the equation of the gravitational force, without explaining the nature and origin of gravitation. He said that he devoted a lot of effort to the subject without convincing results and that, for that reason, he preferred to leave the task for future generations. Example of honesty and lucidity. We will see in this document that this formula is today the gateway to an area where questions have stimulating answers.

Parte 1 - Preguntar por placer

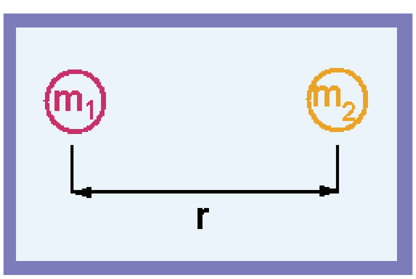
¿ Qué sucede si en la gravitación newtoniana suponemos que la energía está cuantizada ?

A la energía gravitatoria le corresponde signo negativo y la supondremos constituida por un número n de cuantos.

$$E_g = -\ n\ h\ \nu \tag{1}$$

E_g $\rightarrow$ energía gravitatoria del sistema de dos cuerpos
n $\rightarrow$ número de cuantos
h $\rightarrow$ constante de Planck
ν $\rightarrow$ frecuencia

Si la energía está cuantizada, entonces el vínculo gravitatorio entre dos cuerpos tiene naturaleza ondulatoria. Si fuesen ondas viajeras se llevarían la energía y el sistema colapsaría. Debemos pensar en ondas estacionarias.



Cada partícula del cuerpo 1 interactúa ondulatoriamente con todas las partículas del cuerpo 2 y viceversa. La onda estacionaria establecida entre una partícula del cuerpo 1 y una partícula del cuerpo 2 constituye un vinculo elemental. La totalidad de los vínculos elementales constituye el vínculo gravitatorio del sistema entero.

¿ Son iguales el número n de cuantos de energía gravitatoria y el número de vínculos elementales ? La respuesta es no. ¿ Por qué ? Porque los vínculos son ondas del mismo tipo, constituidas por campos vectoriales que dan una resultante global. El número de cuantos de energía gravitatoria se vincula con esa resultante. ¿ De qué depende el número de vínculos elementales ? Depende solamente de cuántas partículas contiene cada cuerpo en su constitución. No podemos suponer que ambos números sean iguales.

Si toda la masa de cada cuerpo estuviese concentrada en un punto, la única longitud de onda posible sería la distancia entre el punto donde se concentra m_1 y el punto donde se concentra m_2 . En realidad, la longitud de onda de cada vínculo elemental tiene un valor específico, que difiere de los valores de los otros vínculos elementales. Existe una variedad de longitudes de onda y una variedad de frecuencias. El análisis detallado de todo eso excede mis conocimientos. Por eso las ecuaciones estarán referidas a la longitud que resulta de suponer a toda la masa de cada cuerpo concentrada en un punto. Con cuerpos esféricos, que tengan distribución de densidad esféricamente simétrica, ese artificio produce un error aceptable, del orden del error típico de la fórmula de Newton.

Expresemos la frecuencia de la onda estacionaria.

$$\nu = \frac{v_o}{\lambda} \tag{2}$$

ν $\rightarrow$ frecuencia
v_o $\rightarrow$ velocidad del tipo de onda correspondiente al vínculo gravitatorio
λ $\rightarrow$ longitud de onda

En (1) reemplacemos ν como indica (2).

$$E_g = -\ n\ h\ \frac{v_o}{\lambda} \tag{3}$$

En el artificio de suponer toda la masa concentrada en un punto existe solamente un valor de longitud de onda, igual a r .

$$\lambda = r \tag{4}$$

En (3) reemplazamos λ como indica (4) .

$$E_g = -\ n\ h\ \frac{v_o}{r} \tag{5}$$

Expresemos E_g según la fórmula de Newton.

$$E_g = -G\ \ \frac{m_1\ m_2}{r} \tag{6}$$

G $\rightarrow$ constante gravitatoria de Newton

Igualemos (3) y (5) .

$$- \ n \ h \ \frac{v_o}{r} = -G \ \ \frac{m_1 \ m_2}{r}$$

Simplifiquemos.

$$n \ h \ v_o = G \ m_1 \ m_2$$

Despejemos n .

$$\boxed{n = \frac{G}{h \ v_o} \ m_1 \ m_2} \tag{7}$$

$n \ \rightarrow$ número de cuantos de la energía gravitatoria del sistema

En el contexto newtoniano n es invariante, pues no depende de la distancia ni del comportamiento cinemático de los cuerpos. Pueden orbitar, estar en caida libre, o lo que sea. Mientras ambas masas y G se mantengan constantes, n también lo hará. Por esta razón, la frase *invariante cuántico* aparece en el título del documento.

Parte 2 - La prudencia de Louis de Broglie

He leido décadas atrás la tesis doctoral de Louis de Broglie, que contiene la ecuación famosa de la longitud de onda de fase, es decir

$$\lambda_f = \frac{h}{m\ v}$$

λ_f $\rightarrow$ longitud de onda de fase
h $\rightarrow$ constante de Planck
m $\rightarrow$ masa de la partícula
v $\rightarrow$ velocidad de la partícula respecto al sistema de referencia

En la época había motivos teóricos para atreverse a especificar el tipo de onda que opera dentro de la constitución de una partícula. Esto es, explicar de qué y cómo están hechas las partículas. En vez de atrevimiento, de Broglie prefirió prudencia. Para no especificar el tipo de ondas, presentó la hipótesis siguiente. *Supongamos que cada partícula está ligada con un fenómeno periódico tal que (...).* Esa hipótesis y la transformación de Lorentz produjeron las mismas ecuaciones que corresponden a un grupo de ondas electromagnéticas. El caso más simple aparece dentro de una guia de onda rectangular. Esto está expuesto detalladamente en un artículo de 130 páginas, disponible en los enlaces indicados al final de este documento. Sin recurrir a la teoría cuántica, solamente con la electrodinámica maxwelliana, aparecen en la guia los resultados que nos enseñan en Relatividad Especial y la distribución discreta de propiedades, asumida en la teoría cuántica. También aparece la ecuación de λ_f presentada por de Broglie. Dentro de la guia coexisten armoniosamente la Electrodinámica, la Relatividad Especial y los Postulados de la Teoría Cuántica.

El análisis de la guia rectangular estaba resuelto desde el siglo 19, mucho antes de la tesis de Louis de Broglie. Por falta de evidencia empírica, de Broglie evitó especificar la naturaleza de las ondas que cumplen su ecuación. Esta carencia permanece hasta hoy. La naturaleza de las ondas que cumplen la ecuación de λ_f ha quedado fuera de los objetivos de la investigación institucional. El problema es que sin conocer la naturaleza de esas ondas, no podemos conocer el valor de la velocidad v_o en la ecuación (7) . El artículo asequible en los enlaces indicados al final de este documento contiene un análisis del tema, que implica naturaleza electromagnética de las ondas que cumplen la ecuación de Louis de Broglie y, consecuentemente, implica v_o igual a la velocidad de la luz en el vacío. Por esa razón tendremos en cuenta lo siguiente.

$$v_o = C \tag{8}$$

C $\rightarrow$ velocidad de la luz en el vacío

En (7) reemplazamos v_o como indica (8).

$$\boxed{n = \frac{G}{h\ C}\ m_1\ m_2} \tag{9}$$

Las tres constantes universales que aparecen en (9) constituyen un término cuya inversa tiene dimensiones del producto de dos masas. ¿ Cuánto debería valer ese producto para que sea $n = 1$? Despejamos $m_1\ m_2$.

$$m_1\ m_2 = n\ \frac{h\ C}{G} \tag{10}$$

Haciendo el cálculo con los valores de las constantes obtenemos lo siguiente.

$$m_1\ m_2 \simeq 4,421.10^{-14}\ Kg^2 \tag{11}$$

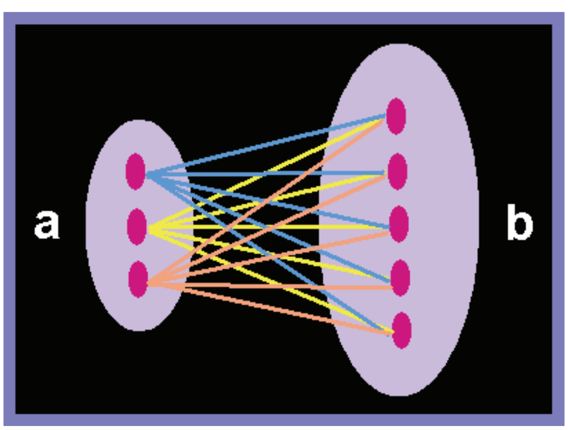
Según la ecuación (9), la gravitación opera únicamente cuando el producto de las masas iguala o supera un umbral, que está determinado por las constantes h, C, G . Cuando el producto de las masas es menor que $4,421.10^{-14}\ Kg^2$ ningún cuanto puede formarse. En ese caso los objetos no gravitan mutuamente.

Actualmente, la pregunta respecto a un umbral de operación de la gravedad está siendo contemplada.

Parte 3 - Génesis de la fórmula de Newton

Hoy utilizamos muy displicentemente la frase *teoría gravitatoria de Newton*. Es una expresión equivocada por la razones que Newton ha señalado, cuando pidió ser disculpado por ofrecer solamente la fórmula de la fuerza, sin ofrecer una explicación de los fenómenos que originan la gravedad. Aclaró que dedicó mucho esfuerzo sin llegar a una descripción adecuada y que, por eso, prefirió dejar la tarea para generaciones futuras. Tuvo razón, porque sin la electrodinámica maxwelliana es imposible describir el origen. La honestidad y la lucidez de Newton son ejemplares.

Sabemos que cada partícula del cuerpo 1 interactúa con todas las partículas del cuerpo 2 y viceversa. Para facilitar el razonamiento supongamos un cuerpo **a** constituido por 3 partículas y otro cuerpo **b** constituido por 5 .



¿ Cuántos vínculos elementales hay en el sistema ? Hay 15, es decir 3 multiplicado por 5 . Aunque cada cuerpo esté constituido por una cantidad enorme de partículas, el número total de vinculos elementales se obtiene multiplicando ambos números de partículas.

¿ Hay alguna manera de calcular, con aproximación razonable, el número de partículas constituyentes de un cuerpo ?

Los nucleones (protones y neutrones) vibran levemente respecto al centro de masa del cuerpo. Eso permite establecer fácilmente ondas estacionarias duraderas entre un nucleón del cuerpo 1 y un nucleón del cuepo 2 . En consecuencia, permite mantener el conjunto de ondas estacionarias establecido entre ambos cuerpos. Los electrones ejecutan traslaciones veloces y caóticas, desfavorables para establecer ondas estacionarias estables entre un electrón del cuerpo 1 y una partícula del cuerpo 2. Esto significa que cometemos un error despreciable si suponemos que la gravitación depende solamente de los nucleones. Entonces nos interesa el número de nucleones que hay en cada cuerpo.

En el cálculo de la masa, es pequeño el error que cometemos despreciando a los electrones. Por eso supondremos que toda la masa de cada cuerpo corresponde solamente a los nucleones.

La masa del protón y la masa del neutrón difieren poco mutuamente. Cometeremos un error tolerable suponiéndolas iguales. Por ejemplo, podemos suponer que la masa del protón y la masa del neutrón son ambas iguales al promedio de las masas reales. No es un promedio minucioso, pero es preferible a suponer que ambas son iguales a la masa del protón, o iguales a la masa del neutrón.

$$m_i = \frac{m_p + m_n}{2} \tag{12}$$

m_i $\rightarrow$ valor que atribuiremos a la masa de cada nucleón
m_p $\rightarrow$ masa del protón
m_n $\rightarrow$ masa del neutrón

Con esas aproximaciones podemos calcular para cada cuerpo el número de partículas constituyentes.

$$n_1 = \frac{m_1}{m_i} \tag{13}$$

$$n_2 = \frac{m_2}{m_i} \tag{14}$$

El número de vínculos elementales es el producto de ambos.

$$n = n_1 \; n_2 \tag{15}$$

Aplicamos (13) y (14) en (15) .

$$n = \frac{m_1}{m_i} \, \frac{m_2}{m_i}$$

$$n = \frac{m_1 \; m_2}{m_i^2} \tag{16}$$

Si hubiese solamente un vínculo elemental, la fuerza resultante sería simplemente la fuerza entre una carga $+Q_o$ y una carga $-Q_o$. Esto puede verse en el artículo indicado al final de este documento. El campo eléctrico de ese par de cargas es de tipo capacitivo. La capacitancia se expresa en la forma siguiente.

$$\mathscr{C} = \varepsilon_o \ \frac{\lambda}{2\ \pi} \tag{17}$$

Expresemos la energía del campo eléctrico del vínculo elemental.

$$W_E = -\ \frac{Q_o^2}{2\ \mathscr{C}} \tag{18}$$

En (18) expresamos $\mathscr{C}$ como indica (17) .

$$W_E = -\ \frac{Q_o^2}{2\ \varepsilon_o\ \dfrac{\lambda}{2\ \pi}}$$

Simplificamos y ordenamos.

$$W_E = -\ \frac{\pi\ Q_o^2}{\varepsilon_o\ \lambda}$$

Según (4) podemos reemplazar λ por r .

$$W_E = -\ \frac{\pi\ Q_o^2}{\varepsilon_o\ r} \tag{19}$$

La fuerza elemental es la derivada de W_E respecto de la distancia.

$$F_i = \frac{dW_E}{dr} \tag{20}$$

$F_i \ \rightarrow$ fuerza elemental

Derivamos a (19).

$$\frac{dW_E}{dr} = \frac{\pi\ Q_o^2}{\varepsilon_o\ r^2} \tag{21}$$

Aplicamos (20) en (21) .

$$F_i = \frac{\pi\ Q_o^2}{\varepsilon_o\ r^2} \tag{22}$$

¿ Podemos suponer que la fuerza gravitatoria entre dos cuerpos es simplemente igual a F_i multiplicada por n ? No, porque la resultante de todos los vínculos elementales es una suma vectorial. La resultante no depende solamente del número de vínculos elementales. También debemos tener en cuenta la complejidad de la constitución interna de cada cuerpo, donde algunas relaciones de fase pueden reforzar y otras pueden debilitar a la resultante. Por eso necesitamos incluir un factor de complejidad, es decir un factor adimensional que dependa del funcionamiento interno de los cuerpos.

$$F_g = \varphi\ n\ F_i \tag{23}$$

$\varphi \ \rightarrow$ factor de complejidad

En (23) expresamos F_i como indica (22) .

$$F_g = \varphi\ n\ \frac{\pi\ Q_o^2}{\varepsilon_o\ r^2} \tag{24}$$

Expresemos n como indica (16) .

$$F_g = \varphi \; \frac{m_1 \; m_2}{m_i^2} \; \frac{\pi \; Q_o^2}{\varepsilon_o \; r^2}$$

Ordenamos.

$$F_g = \varphi \; \frac{\pi \; Q_o^2}{\varepsilon_o \; m_i^2} \; \frac{m_1 \; m_2}{r^2} \tag{25}$$

Escribamos la fórmula de Newton.

$$F_g = G \; \frac{m_1 \; m_2}{r^2} \tag{26}$$

Igualando (26) con (25) resulta lo siguiente.

$$\boxed{G = \varphi \; \frac{\pi \; Q_o^2}{\varepsilon_o \; m_i^2}} \tag{27}$$

En (28) notamos que G no puede ser una constante universal, porque φ no lo es. El término φ depende del funcionamiento interno de la materia, que puede ser afectado por campos intensos y por otras circunstancias. En el sistema solar, Mercurio es el planeta más cercano al sol. En la órbita de Mercurio, el campo solar es más intenso que en las órbitas de los otros planetas. Y la órbita de Mercurio difiere un poco del cálculo efectuado con la fórmula de Newton, que no incluye al término φ . Esto significa que G no es una constante universal. Es una función que se mantiene aproximadamente constante cuando los campos son débiles.

El artículo de referencia demuestra la igualdad siguiente.

$$h = \frac{2 \; \pi \; Q_o^2}{\varepsilon_o \; C}$$

Despejamos Q_o^2 .

$$Q_o^2 = \frac{h \; \varepsilon_o \; C}{2 \; \pi} \tag{28}$$

En (27) reemplazamos Q_o^2 como indica (28) .

$$G = \varphi \; \frac{\pi \; \frac{h \; \varepsilon_o \; C}{2 \; \pi}}{\varepsilon_o \; m_i^2}$$

Simplificamos y ordenamos.

$$\boxed{G = \varphi \; \frac{h \; C}{2 \; m_i^2}} \tag{29}$$

Utilizando los valores de las constantes obtenemos lo siguiente.

$$\frac{h \; C}{2 \; m_i^2} = 3,5453559712333509402810380885926.10^{28} \; \frac{Newton \; metro^2}{Kilogramo^2} \tag{30}$$

Notamos en (30) que el término situado en (29) a la derecha de φ es 39 órdenes de magnitud mayor que G . Eso significa que el factor de complejidad φ es del orden de 10^{-39} .

En (29) despejamos φ .

$$\varphi = \frac{2\ G\ m_i^2}{h\ C} \tag{31}$$

Con los valores de las constantes resulta lo siguiente.

$$\varphi = 1,8819.10^{-39} \tag{32}$$

El valor que vemos en (32) corresponde a campos débiles, como los campos del sistema solar. En otras situaciones φ puede tomar valores distintos. Sorprendentemente distintos en algunos casos.

Parte 4 - Reflexión final

¿ Sirve para algo este documento ? En mi caso sirvió para entender que es buena idea explorar posibilidades y variantes nuevas, independientemente de cuán erradas o cuán acertadas puedan estar, porque amplían el panorama mental.

- ¿ Está la investigación institucional en deuda con la Relatividad General ?
- En caso de haber una deuda, ¿ podría residir en el modo de interpretar a G ?
- ¿ Puede realmente haber un umbral en el producto de las masas ?
- En caso de haberlo, ¿ es la Relatividad General coherente con ese umbral ?
- ¿ Puede φ tomar valores negativos, que corresponderían a repulsión gravitatoria ?
- ¿ Qué sucedería si φ pudiese tomar valores de ambos signos muchos órdenes de magnitud mayores que el valor indicado en (32) ?
- ¿ Sería posible con la tecnología actual controlar la gravedad induciendo cambios en φ ?
- Si fuese posible, ¿ serviría la tecnología de microondas para esa finalidad ?

En el comienzo expresé que la propuesta de este documento es pregunrar por placer. Con ese plan hemos encontrado detales que habitualmente no analizamos. Espero que esos detalles puedan suscitar preguntas estimulantes.

Carlos Alejandro Chiappini
carloschiappini@gmail.com

Artículo de referencia disponible en los enlaces siguientes.

`http://www.monografias.com/usuario/perfiles/carlos_alejandro_chiappini/monografias`

`http://www.vixra.org/abs/1711.0313`