

CRÍTICA AL MODELO DEL CAMPO CUÁNTICO

Oscar Monroy Cárdenas

Facultad de Ciencias Físicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima-Perú
omonroyc@unmsm.edu.pe

Marco Merma Jara

Facultad de Ciencias Físicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima-Perú
mmernaj@unmsm.edu.pe

Luis Bolarte Canals

Facultad de Ciencias Físicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima-Perú
lbolartec@unmsm.edu.pe

Resumen

Se presenta un análisis de las microestructuras en el campo cuántico y de las características propias del campo de Higgs. Utilizando la relación de incertidumbre posición – momento se deduce que la longitud de onda Compton representa el límite inferior de longitud que debe tener una microestructura para poder detectar su existencia. También, combinando la energía de existencia de Einstein y la relación de incertidumbre energía – tiempo de Heisenberg, se deduce que la longitud de onda Compton se puede interpretar como el máximo alcance que puede experimentar una partícula virtual en el espacio libre antes de desaparecer. Como consecuencia se muestra que la longitud de onda Compton asociada al gluon predice un alcance infinito para la interacción fuerte, lo cual sería inconsistente con el concepto convencionalmente aceptado de que sólo una fuerza de corto alcance puede unir a los quarks para formar el protón, el neutrón y otros hadrones. Finalmente, al estudiar el campo de Higgs mediante la analogía clásica del oscilador armónico se observa que los bosones vectoriales que adquieren masa no podrían ser portadores de información en la interacción débil.

Palabras clave: Microestructuras, longitud de onda Compton, bosones vectoriales.

CRITIQUE OF THE QUANTUM FIELD MODEL

Abstract

An analysis of the microstructures in the quantum field and of the characteristics of the Higgs field is presented. Using the position-momentum uncertainty relationship, it follows that the Compton wavelength represents the lower limit of length that a microstructure must have in order to detect its existence. Also, combining Einstein's energy of existence and Heisenberg's energy-time uncertainty relation, it follows that the Compton wavelength can be interpreted as the maximum range that a virtual particle can experience in free space before it disappears. As a consequence, it is shown that the Compton wavelength associated with the gluon predicts an infinite range for the strong interaction, which would be inconsistent with the conventionally accepted concept that only a short-range force can bind quarks together to form the proton, the neutron and other hadrons. Finally, when studying the Higgs field using the classical analogy of the harmonic oscillator, it is observed that the vector bosons that acquire mass could not be carriers of information in the weak interaction.

Keywords: Microstructures, Compton wavelength, vector bosons.

Introducción

En la mecánica clásica un campo continuo se puede describir como una red de osciladores armónicos acoplados mediante resortes imaginarios cuya energía puede estar comprendida en un intervalo continuo de valores, siendo la distancia entre las partículas oscilantes es muy pequeña. Así, la dinámica del campo clásico se describe por ondas planas.

En la mecánica cuántica el campo cuántico se puede entender como un sistema de osciladores acoplados cuya energía toma valores discretos, es decir, está cuantizada. La energía corresponde a cada uno de los modos normales de vibración y se considera equivalente a la de un sistema de partículas cuánticas distribuidas en los diversos niveles de energía [1,2].

El anuncio del descubrimiento del bosón de Higgs en julio del 2012 despertó el interés para un análisis más profundo de la naturaleza del campo cuántico. Se admite que un número incontable de bosones de Higgs se extiende por todo el vacío cuántico del universo (como si fuera una nueva versión de un éter viscoso) y se denomina campo de Higgs. El efecto de este campo sería que las partículas subatómicas adquieren masa por interacción (una especie de fricción) con el bosón de Higgs [3].

En la teoría convencional del campo cuántico las entidades fundamentales no son las partículas subatómicas, sino los campos asociados. Por consiguiente, las vibraciones de algunos campos cuánticos representan a partículas subatómicas. En particular el campo de Higgs fue introducido para explicar el mecanismo de ruptura espontánea de la simetría en la teoría electrodébil en la cual para el estado de baja energía la interacción electrodébil se desdobra en la interacción electromagnética y la interacción débil.

El propósito de este trabajo es proporcionar observaciones sobre algunos aspectos inconsistentes que presenta la teoría convencional del campo cuántico asociado a partículas elementales, así como también mostrar mediante una analogía con el campo clásico de un oscilador armónico la generación de la masa de las partículas en el campo de Higgs como consecuencia de la ruptura espontánea de la simetría.

El problema de las microestructuras

¿Cuál sería el umbral de existencia del campo cuántico? Sería a partir del régimen de Planck. La Física convencional contemporánea introduce el criterio de que las menores longitudes en el microcosmos tienen como límite inferior a la longitud de Planck [4]:

$$l_P = \left(\frac{G\hbar}{c^3} \right)^{1/2} \approx 10^{-35} \text{ m} \quad (1)$$

Aquí G , \hbar y c son las llamadas constantes cosmológicas fundamentales: la constante de gravitación, la constante de Planck (reducida) y la rapidez de la luz en el vacío respectivamente.

A esta escala de longitudes tan extraordinariamente pequeñas, con respecto a la escala humana, los efectos cuánticos y relativistas se deben combinar. Esto implica usar la ecuación relativista de Einstein:

$$E = mc^2 \quad (2)$$

donde m es la masa relativista de la partícula, junto con la ecuación de Planck:

$$E = \frac{hc}{\lambda} \quad (3)$$

donde λ es la longitud de onda asociada a la partícula. El resultado de combinar las Ecs. (2) y (3) es la relación:

$$\lambda = \frac{h}{mc} \quad (4)$$

Si $m = m_0$ es la masa en reposo de la partícula, entonces se escribe:

$$\lambda_C = \frac{h}{m_0 c} \quad (5)$$

Esta cantidad es una longitud característica asociada a la partícula, llamada *longitud de onda Compton*. Indica el tamaño aparente o efectivo de la partícula subatómica [4].

Sin embargo, una interpretación más rigurosa de la Ec.(5), basada en la relación de incertidumbre posición – momento, consiste en afirmar que es imposible localizar e identificar a una partícula en una región del espacio menor que la longitud de onda Compton. En otras palabras, la longitud de onda Compton es el límite inferior de longitud que debe tener toda microestructura para poder detectar indirectamente su existencia. Esto se expresa por la condición:

$$\text{Tamaño de la microestructura} \gtrsim \lambda_C \quad (6)$$

Por ejemplo, para que exista el núcleo atómico, su tamaño debe ser mayor que la longitud de onda Compton del protón ($\gtrsim 10^{-15}$ m).

Se puede dar otro significado importante a la longitud de onda Compton, combinando la ecuación de existencia de Einstein y la relación de incertidumbre energía – tiempo. Pero, sabemos que esta relación de incertidumbre permite violar el principio de conservación de la energía en una cantidad ΔE , durante un intervalo de tiempo Δt . En consecuencia, puede aparecer espontáneamente en el universo la cantidad de energía $\Delta E \sim m_0 c^2$ para crear transitoriamente una partícula llamada *partícula virtual*. Según la relación de incertidumbre energía – tiempo, esta clase de partícula existiría durante un intervalo de tiempo Δt tal que:

$$\Delta t \gtrsim \frac{h}{m_0 c^2} \quad (7)$$

Luego, al combinar (5) y (7) se deduce la condición:

$$\lambda_C \lesssim c \Delta t \quad (8)$$

Por tanto, con la longitud de onda Compton se plantea el máximo alcance que puede experimentar una partícula virtual en una región del espacio libre antes de que desaparezca de nuestro mundo.

Análogamente, ¿qué significado tendría la frecuencia Compton asociada a una partícula virtual? Combinando la ecuación de Planck $E = h\nu_C$ con la ecuación de existencia de Einstein se obtiene la frecuencia Compton:

$$\nu_C = \frac{m_0 c^2}{h} \quad (9)$$

Este resultado indica la frecuencia umbral de vibración de una partícula virtual que puede ser inducida por una fuerza para que su existencia tenga efectos mensurables. El caso $m_0 = 0$,

$v_C = 0$ carece de sentido. El caso de especial significado emerge cuando en la Ec.(9) se reemplaza m_0 por la masa de Planck m_P , la cual se deduce de la igualdad $\lambda_C = l_P$ y de las expresiones (1) y (5), siendo el resultado:

$$m_P = \left(\frac{\hbar C}{G} \right)^{1/2} \approx 10^{-8} \text{ kg} \quad (10)$$

Por consiguiente, la introducción de la masa de Planck (10) en la Ec.(9) conduce al resultado:

$$v_P = \left(\frac{C^5}{Gh} \right)^{1/2} \quad (11)$$

Nótese que esta frecuencia está determinada por las tres constantes fundamentales: $c = 3 \times 10^8$ m/s, $G = 6,67 \times 10^{-11}$ Nm²/kg² y $h = 6,63 \times 10^{-34}$ Js. Al reemplazar estos valores en la fórmula (11) se obtiene que la frecuencia de vibración en el régimen de Planck:

$$v_P \approx 10^{43} \text{ vibraciones/segundo} \quad (12)$$

Este resultado equivale a un periodo de oscilación de 10^{-43} s, correspondiente a las microestructuras en el régimen de Planck, que serían los osciladores cuánticos acoplados o el sistema de partículas cuánticas de número variable que conforman el campo cuántico.

Ahora investiguemos con qué rapidez se movería una partícula cuántica en el régimen de Planck mediante la relación de incertidumbre posición–momentum:

$$\Delta x \Delta p \gtrsim h \quad (13)$$

Si $\Delta x \sim 10^{-35}$ m y como $h \sim 10^{-34}$ Js, entonces se obtiene $\Delta p \gtrsim 10$ kg m/s, o también $m_P v \gtrsim 10$ kgm/s, por consiguiente, se deduce que:

$$v \gtrsim 10^9 \text{ m/s} > c \quad (14)$$

Este resultado indica que las partículas elementales en el régimen de Planck se mueven más rápido que la luz, su energía es tan grande que a esta escala contradice el principio de la constancia de la rapidez de la luz en el vacío. Y si existiera una región del espacio físico inferior a la escala de Planck, las partículas se moverían con rapidez mucho mayores que la de la luz.

Con respecto a la escala nuclear, según la teoría convencional la interacción nuclear fuerte (fuerza fuerte) es la que mantiene unidos a los quarks dentro del protón y dentro del neutrón, así como también es la fuerza que mantiene unidos a los protones y neutrones en los núcleos de los átomos. Se piensa que esta fuerza es transmitida por una partícula virtual llamada *gluon* que sólo interactúa con los quarks y consigo misma. También, se piensa que la interacción nuclear fuerte tiene una extraña propiedad llamada *confinamiento* que es la que impide que existan quarks libres [5,6].

Por otro lado, recordemos que la longitud de onda Compton, definida en la Ec.(5), se debe interpretar como el alcance máximo que puede experimentar una partícula virtual en una región espacial. Este concepto conduce a incoherencias en cualquier modelo cuántico de transmisión de fuerzas que intente explicar la interacción nuclear fuerte. Para mostrar esto, hay que recurrir a la relación de incertidumbre energía – tiempo de Heisenberg y a la ecuación de existencia de Einstein las cuales explican que cualquier partícula, como los quarks, pueden ser creados de modo que mediante la fuerza fuerte formen microestructuras como el protón y el neutrón.

Pero existe un problema; el gluon, la partícula portadora de la fuerza fuerte, carece de masa en reposo, es decir, $m_0 = 0$. Entonces, según la Ec.(5) su longitud de onda Compton correspondiente resulta:

$$\lambda_{gluon} = \frac{h}{0.C} = \infty \quad (15)$$

Este resultado es obviamente contradictorio con la idea generalmente aceptada de que la interacción nuclear fuerte es de corto alcance. Si el gluon, la partícula portadora de la fuerza fuerte, interviniera en la formación de microestructuras (como el protón y el neutrón) entonces al tener un alcance infinito no podría formar ninguna microestructura y no existirían las macroestructuras que se conocen, no habría núcleos atómicos, y por tanto no existiría la luz solar.

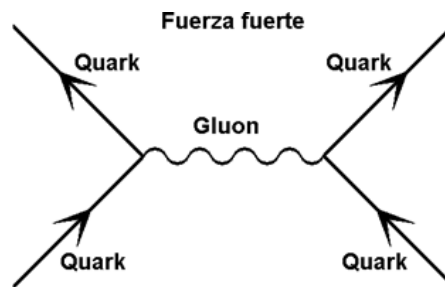


Figura 1. Diagrama de Feynman para interpretar el mecanismo de transmisión de la fuerza fuerte desde la perspectiva de la teoría cuántica de campos. Las líneas rectas corresponden a los caminos seguidos por los quarks en el espacio – tiempo y la línea ondulada corresponde a un gluon de corto alcance (cuanto) que es emitido por un quark y es absorbido por el otro quark.

En la teoría cuántica de campos, las partículas se describen como ondas o como en los cuantos de los campos de fuerza fundamentales, y todas las interacciones entre partículas se describen por un intercambio de partículas virtuales las cuales transmiten las fuerzas. Las interacciones pueden representarse por diagramas de Feynman (véase la figura 1), donde las líneas (llamadas *líneas del universo*) corresponden a las partículas que interactúan y la ondulación corresponde a la partícula virtual que se intercambia para transmitir la fuerza. En el marco de la teoría cuántica de campos la interacción fuerte entre dos quarks se explica mediante el intercambio de un gluon, con alcance finito, para que cumpla el requerimiento de que la interacción fuerte es de corto alcance. Pero esto contrasta con el hecho de que la longitud de onda Compton asociada al gluon es infinita, y en consecuencia la interacción nuclear fuerte debería ser de largo alcance, como se muestra en la figura 2.

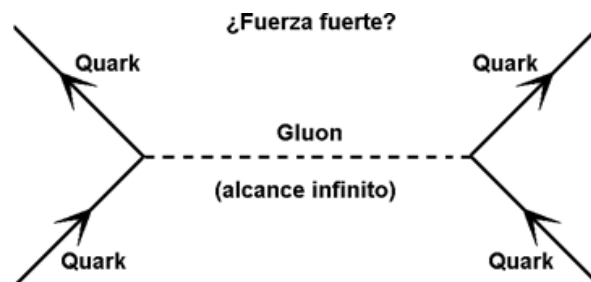


Figura 2. Diagrama de Feynman ininteligible, si la interacción fuerte fuese de largo alcance. Las líneas discontinuas corresponderían a un gluon cuya longitud de onda Compton es infinita.

En la teoría de supercuerdas (la cual se inventó a finales de los años 60 en un intento por dar una descripción convincente de la interacción fuerte) las partículas elementales se identifican con los armónicos de las vibraciones de la cuerda. En esta teoría se plantea que los principios convencionales de la física son sólo versiones aproximadas de un principio más general que permite estudiar las propiedades de las pseudo microestructuras mediante cuerdas

que miden unos 10^{-35} m (longitud de Planck), es decir, unos 10^{20} veces menor que el diámetro de un protón [7].

Sin embargo, la teoría de supercuerdas presenta un problema sutil: usa el artificio de un espacio – tiempo con 10 dimensiones, en lugar de las cuatro dimensiones que percibimos (con tres coordenadas espaciales y una temporal). Además, se intenta justificar que no percibimos las otras seis dimensiones alegando que están curvadas en una región espacial muy pequeña, del orden de 10^{-38} m, que resulta imposible detectarlas. Pero esta suposición es incompatible con la menor longitud de las cuerdas postuladas por la propia teoría, porque es mil veces menor que la longitud de Planck [7,8].

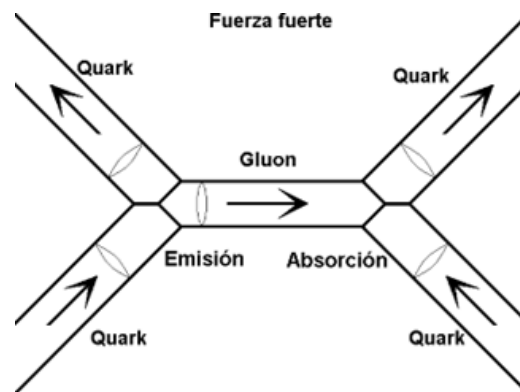


Figura 3. Diagrama de Feynman para interpretar el mecanismo de transmisión de la fuerza fuerte, desde la perspectiva de la teoría de supercuerdas. Las superficies bidimensionales (hojas del Universo) corresponden a los caminos seguidos por los quarks en el espacio – tiempo, y la superficie central corresponde a un gluón de alcance finito que se intercambia entre los quarks. En el lenguaje de las supercuerdas la división de dos cuerdas corresponde a la emisión de un gluón y la reunión de dos cuerdas corresponde a la absorción de un gluón.

En la teoría de supercuerdas la interacción fuerte corresponde a fragmentos de cuerdas que se extienden (como en una tela de araña) entre otros fragmentos de cuerdas para mantener ligados a los quarks y poder formar las microestructuras como el protón, el neutrón y otros hadrones. En analogía con la figura 1, la historia de los quarks se representa por superficies bidimensionales en el espacio-tiempo (llamadas *hojas de Universo*), como se muestra en la figura 3. Estas superficies son cilindros deformados los cuales son descritos por cuerdas cerradas y están unidos por otro cilindro transversal el cual correspondería al gluón que se intercambia entre los quarks para transmitir la fuerza fuerte [8].

Como en la teoría de supercuerdas las partículas elementales se describen por ondas viajando por la cuerda y corresponden a las frecuencias resonantes de la cuerda. Puesto que el gluón tiene asociada una longitud de onda Compton infinita ($\lambda_{\text{gluon}} = \infty$), entonces le corresponderá una cuerda de extensión infinita siendo su frecuencia de vibración nula. Esto significa que es imposible identificar al gluón como un armónico de las vibraciones de la cuerda, porque simplemente la cuerda no vibraría.

Además, la tensión de una supercuerda (T_S) expresada en unidades naturales ($\hbar = c = G = 1$) está dada por:

$$T_S = \frac{1}{2\pi l_S^2} \quad (16)$$

donde l_S es la longitud de la supercuerda. Como l_S debe ser igual a un múltiplo (n) de la longitud de onda Compton asociada al gluón, entonces se obtiene el resultado $l_S = n\lambda_{\text{gluon}} = \infty$, y por consiguiente en la Ec.(16) se obtiene:

$$T_S = \frac{1}{\infty} = 0 \quad (17)$$

Puesto que la teoría de supercuerdas tiene que describir la interacción fuerte, el resultado (17), equivale a una fuerza fuerte de intensidad nula, la cual no sería capaz de unir nada en absoluto, como para poder formar las microestructuras.

Según la teoría convencional, la intensidad relativa de la fuerza fuerte es igual a la unidad. Pero el resultado (17) es totalmente contradictorio. Por consiguiente, esto significaría una incongruencia de la teoría de supercuerdas. Más dudoso aún será que la teoría de supercuerdas encuentre algún día confirmación experimental convincente, porque se han construido en base a pseudo principios físicos que sólo son producto de la imaginación humana y no corresponden a ningún patrón observado en la naturaleza.

El Campo de Higgs

En la mecánica cuántica convencional las vibraciones del campo cuántico son interpretadas como partículas. El modelo estándar de la física de partículas es una teoría cuántica de campos basada en las ideas de la unificación de fuerzas denominadas fundamentales de la naturaleza (las interacciones: fuerte, débil y electromagnética), así como también en la simetría. Esta teoría describe la estructura fundamental de la materia y el vacío cuántico mediante la cinemática de partículas elementales [2].

Según el mecanismo de ruptura espontánea de simetría propuesto por Higgs y otros, el estado simétrico (o estado base) del campo unificado significa que los campos no tienen masa. Pero la introducción de un nuevo campo elevaría la energía del estado base por encima de otro estado base en el cual los bosones adquieren masa. A este nuevo campo se le denomina *campo de Higgs*. En el modelo estándar una vibración del campo de Higgs se identifica como una partícula, denominada *bosón de Higgs* [9].

El campo de Higgs en el modelo estándar se comporta de modo similar a la fuerza que deforma un resorte ideal en un sistema masa – resorte con movimiento armónico simple hasta exceder su límite de elasticidad rompiendo así su simetría inicial. Análogamente, en el contexto del modelo estándar el campo de Higgs actúa sobre el campo electrodébil llevándolo de un estado simétrico a un estado antisimétrico. Por consiguiente, en este sentido el campo de Higgs es admitido como el responsable de la simetría espontánea de la simetría y de la generación de la masa de las partículas.

Para mostrar cómo podrían adquirir masa las partículas en un campo oscilatorio, considérese el modelo mecánico consistente en una partícula subatómica con carga eléctrica y masa m unido a un resorte de constante elástica (o coeficiente de rigidez) k , como muestra la figura 4. Como la partícula tiene carga eléctrica y aceleración, emitirá radiación electromagnética con determinada frecuencia angular ω . Además, esta radiación está constituida de fotones con energía dada por:

$$E = \hbar\omega \quad (18)$$

Combinando la Ec.(18) con la ecuación relativista de Einstein (2) y despejando la masa se tiene:

$$m = \frac{\hbar\omega}{c^2} \quad (19)$$

Por otro lado, en la figura 4 cuando la fuerza sobre el sistema masa – resorte es proporcional a la deformación ($F = kx$), el sistema oscila con movimiento armónico simple alrededor de la posición de equilibrio ($x = 0$) y adquiere energía potencial:

$$V(x) = \frac{1}{2}kx^2 \quad (20)$$

donde el coeficiente de rigidez del resorte k es constante y está dado por:

$$k = m\omega^2 \quad (21)$$

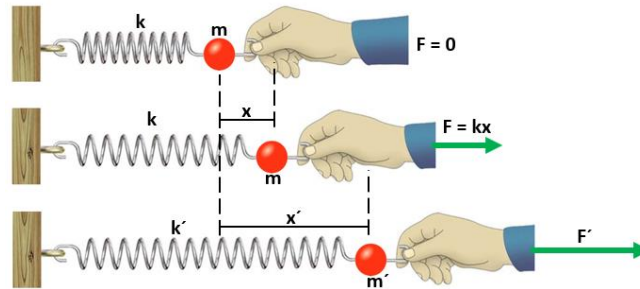


Figura 4. Cuando la fuerza sobre un sistema masa – resorte es $F = kx$, el sistema realizará movimiento armónico simple y existirá una sola posición de equilibrio estable. Pero si se incrementa la fuerza deformadora hasta una magnitud F' tal que exceda el límite de elasticidad del resorte, entonces existirán otras posiciones de equilibrio.

La gráfica de la energía potencial elástica, o simplemente potencial, es una parábola simétrica con vértice en el origen ($x = 0$). En la figura 5 se muestra una situación de la mecánica clásica de este potencial.

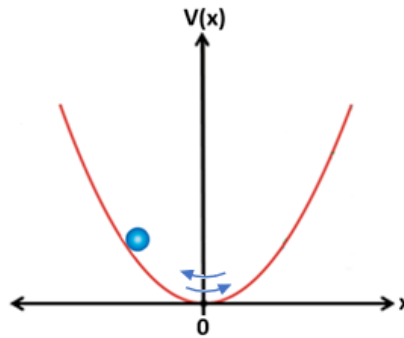


Figura 5. Una partícula en un potencial simétrico realizando movimiento armónico simple respecto a la posición de equilibrio $x = 0$.

Si ahora se aplica una fuerza F' , la cual deforma el resorte una longitud x' (véase la figura 4) de modo que sobrepase su límite de elasticidad, el sistema oscilará respecto a una nueva posición de equilibrio x_0 y el potencial dejará de ser simétrico respecto a la posición de equilibrio inicial. En este nuevo régimen de movimiento oscilatorio el sistema tendrá otra frecuencia de oscilación ω' diferente a la inicial.

En el modelo estándar el campo de Higgs es análogo al de un oscilador. Por consiguiente, para explicar el mecanismo de Higgs de la ruptura de simetría es conveniente plantear que la frecuencia de oscilación ω' cambia con la posición según la ecuación:

$$\omega' = \omega - \alpha x^2 \quad (22)$$

donde α es una constante positiva. El nuevo coeficiente de rigidez será una función de la posición x , el cual se define por:

$$K(x) = m(\omega - \alpha x^2)^2 \quad (23)$$

Teniendo en cuenta la Ec.(23) la expresión para el nuevo potencial es:

$$V'(x) = \frac{1}{2}Kx^2$$

$$V'(x) = \frac{1}{2}m(\omega - \alpha x^2)^2 x^2 \quad (24)$$

Un bosquejo de la gráfica de este potencial sería tal como se muestra en la figura 6. Para poder conocer los nuevos puntos de equilibrio posibles (x_0), debe estudiarse los mínimos del nuevo potencial en la Ec.(24) a partir de la primera condición de extremo de una función. Por consiguiente, la primera derivada de la función potencial en la Ec.(24) debe igualarse a cero:

$$\left(\frac{dV'}{dx} \right)_{x=x_0} = (\omega - \alpha x_0^2)(\omega - 3\alpha x_0^2) m x_0 = 0 \quad (25)$$

Los posibles puntos de equilibrio son:

$$x_0 = \sqrt{\frac{\omega}{\alpha}} \quad ; \quad x'_0 = \sqrt{\frac{\omega}{3\alpha}} \quad (26)$$

Para conocer si estos puntos corresponden a los mínimos y máximos del potencial, es necesario aplicar el criterio de la segunda derivada:

$$\frac{d^2V'}{dx^2} = m(\omega^2 - 12\alpha x^2\omega + 15\alpha^2 x^4)$$

De donde se sigue:

$$\left(\frac{d^2V'}{dx^2} \right)_{x=x_0} = 4m\omega^2 > 0 \quad (27)$$

$$\left(\frac{d^2V'}{dx^2} \right)_{x=x'_0} = -\frac{4}{3}m\omega^2 < 0 \quad (28)$$

Por consiguiente, x_0 corresponde a un mínimo del potencial y x'_0 corresponde a un máximo del potencial. Esto significa que x_0 es una posición de equilibrio estable de la partícula con otra energía en donde tendrá otro movimiento armónico simple (véase la figura 6). Desarrollando el potencial $V'(x)$ en serie de Taylor en el entorno de $x = x_0$ se tiene:

$$V'(x) = V'(x_0) + \left(\frac{dV'}{dx} \right)_{x_0} (x - x_0) + \frac{1}{2} \left(\frac{d^2V'}{dx^2} \right)_{x_0} (x - x_0)^2 + \frac{1}{6} \left(\frac{d^3V'}{dx^3} \right)_{x_0} (x - x_0)^3 + \dots \quad (29)$$

En este desarrollo, teniendo en cuenta que x_0 es un mínimo, y de la figura 6, es claro que:

$$V'(x_0) = 0 \quad ; \quad \left(\frac{dV'}{dx} \right)_{x=x_0} = 0 \quad ; \quad \left(\frac{d^2V'}{dx^2} \right)_{x=x_0} > 0 \quad (30)$$

Se puede poner: $x' = x - x_0$ y también la nueva constante elástica:

$$k' = \left(\frac{d^2 V'}{dx^2} \right)_{x=x_0} = 4m\omega^2 \quad (31)$$

Por consiguiente, el nuevo potencial en la Ec.(29) adopta la forma:

$$V' = \frac{1}{2} k' x'^2 + \dots \quad (32)$$

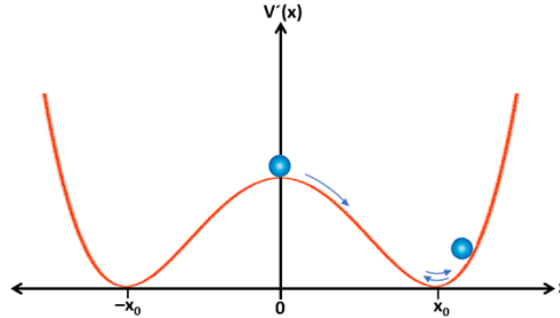


Figura 6. El nuevo potencial de la partícula oscilante como consecuencia de la ruptura de la simetría del potencial inicial. Obsérvese que existirán dos posibles posiciones de equilibrio opuestas en las que la partícula adquiere otra energía.

Para pequeñas oscilaciones de la partícula en torno de la posición de equilibrio estable x_0 se pueden prescindir en las Ecs.(29) y (32) de los términos de orden superior, y el movimiento será el de un oscilador armónico. Además, si ω' es la nueva frecuencia de oscilación en torno al punto x_0 , la nueva constante elástica k' en la Ec.(31) se puede escribir:

$$k' = m\omega'^2 = 4m\omega^2 \quad (33)$$

De donde se obtiene la nueva frecuencia de oscilación de la partícula:

$$\omega' = 2\omega \quad (34)$$

La partícula cargada al oscilar con la frecuencia ω' emitirá fotones de energía:

$$E' = \hbar\omega' = 2\hbar\omega \quad (35)$$

Según la relación relativista masa – energía, la masa de la partícula asociada a la frecuencia ω' es:

$$m' = \frac{E'}{c^2} = \frac{\hbar\omega'}{c^2} \quad (36)$$

Reemplazando (35) en (36), y teniendo en cuenta la Ec.(19), se obtiene:

$$m' = 2m \quad (37)$$

Esto significa que la partícula cargada oscilante, además de emitir fotones cuya frecuencia asociada es el doble de la inicial, también adquiere masa la cual es el doble de la inicial. Así, la variación de la masa de la partícula es:

$$\Delta m = m' - m = m \quad (38)$$

Se ha mostrado mediante el modelo del oscilador clásico que la deformación del resorte excediendo su límite elástico produce la ruptura de la simetría del potencial inicial. También se ha mostrado que en el nuevo potencial la partícula tendrá otra posición de equilibrio estable y como consecuencia de ello la partícula cargada oscilante adquiere masa.

De modo análogo al caso en que una fuerza deformadora de un resorte causa la ruptura del potencial inicial variando la masa de la partícula oscilante, se piensa que el campo de Higgs es el responsable de la masa que adquieren las partículas, como los bosones vectoriales o de gauge W^+ , W^- y Z^0 en la manifestación de la interacción débil. Sin embargo, es dudoso que en el mecanismo imaginario de Higgs y otros, estos bosones vectoriales sean verdaderamente los que transmitan información, ya que su existencia depende de la interacción con el campo de Higgs. Esto significa que el fotón sería el único bosón vectorial que transmitiría información. El mismo análisis es válido para el gluon en la interacción fuerte. Además, la masa producida sólo explicaría un 4% de la materia observable del universo, ya que un 22% es materia oscura y un 74% es energía oscura. También, según el reciente descubrimiento del telescopio James Webb (2022), existe la posibilidad de que no hubo Big Bang, y como el modelo estándar se basa en esta idea, entonces el campo de Higgs quedaría desacreditado.

Conclusión

La relación de incertidumbre posición – momento indica que la longitud de onda Compton representa el límite inferior de longitud que debe tener una microestructura para poder detectar su existencia.

La energía de existencia de Einstein y la relación de incertidumbre energía – tiempo de Heisenberg conduce a que la longitud de onda Compton se puede interpretar como el máximo alcance que puede experimentar una partícula virtual en el espacio libre antes de desaparecer.

La longitud de onda Compton asociada al gluon predice un alcance infinito para la interacción fuerte. Esto resulta paradójico con el concepto convencionalmente aceptado de que sólo una fuerza de corto alcance puede unir a los quarks para formar el protón, el neutrón y otros hadrones. Además, este problema conduce a dificultades insalvables en los modelos cuánticos de transmisión de fuerzas propuestos en las teorías físicas actuales con el propósito de describir la interacción fuerte.

La analogía entre el campo de Higgs y la fuerza que deforma a un resorte permite explicar la ruptura espontánea de la simetría del potencial inicial y como consecuencia de ello las partículas subatómicas adquirirían masa en el campo de Higgs. Sin embargo, no sería cierto que el campo de Higgs permea todo el espacio vacío porque existe un 22% de materia oscura cuyo origen no puede ser explicado mediante el mecanismo de Higgs.

Referencias

- [1] Weinberg Steven (1995). *The quantum theory of fields: Foundations*. Cambridge University Press, Inglaterra.
- [2] Kirzhnits *et al.* (2001). Teoría cuántica de campos, en Lewis H. Ryder: Cambridge University Press, Reino Unido.
- [3] Pralavorio, Corinne (2013). «New results indicate that new particle is a Higgs boson», CERN, Suiza.
- [4] Davies, P. (1986). *El universo accidental*, Salvat Editores, España.
- [5] Monroy, O. (2006). Crítica a los principios fundamentales de la Física: *El problema de la partícula elemental*, Revista de Investigación de Física, Volumen 9, Nº 1, UNMSM, Perú.
- [6] Weinberg, S (1985). *Partículas Subatómicas*, Prensa Científica, S.A, España.
- [7] Greene, B. (2007). *El universo elegante*, Editorial Planeta colombiana S.A, Barcelona, España.
- [8] Hawking, S. (1989). *Historia del tiempo*, Editorial Crítica, España.
- [9] Schumm, Bruce A. (2004). *Deep Down Things*, Johns Hopkins Univ. Press. Chpt. 9, Estados Unidos.

Autores

Oscar Monroy Cárdenas, es docente del Departamento Académico de Física Nuclear, Atómica y Molecular en la Facultad de Ciencias Físicas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima – Perú. Obtuvo su bachillerato y licenciatura en Física en la UNMSM y una maestría en investigación y docencia universitaria en la UIGV, Lima – Perú. Desde la década de 1990 ha publicado artículos científicos, libros de investigación en el campo de la Física teórica, así como libros de enseñanza universitaria.

Marco Merma Jara, es físico graduado en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, actualmente docente de la Facultad de Ciencias Físicas de la UNMSM, Lima, Perú.

Luis Bolarte Canals, es docente investigador del Departamento Académico de Física Interdisciplinaria en la Facultad de Ciencias Físicas en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima – Perú. Obtuvo su bachillerato y licenciatura en Física en la UNMSM y una maestría en docencia universitaria en la UCV, Lima – Perú. Ha realizado estudios de posgrado en Física del Estado Sólido en la UNMSM.