“Geometría fractal del vacío cuántico” / The fractal geometry of the quantum vacuum

JS Ruiz Fargueta
SRFargueta@gmail.com
Telefónica de España (Movistar)

Mediante un instrumento matemático sencillo y propiedades básicas de las fluctuaciones cuánticas del vacío descubrimos su estructura oculta.

Using a simple mathematical tool and a basic properties of quantum vacuum fluctuations discover its hidden structure The fractal dimension of the energy of fluctuations is 9, allowing you to occupy a space of nine dimensions: the three regular 6 more compacted.
This special geometry of ordinary dimensions / compacted determines energy dependence of the inverse distance, allowing vacuous stability and appearance of the quantum vacuum. The geometry adopted by our universe must be decisive in the very nature of the quantum: What would a universe with a quantum of energy, for example, instead of our own which is defined by the quantum of action [energy x time]?.

PACS: 05.45.Df , 03.65.-w , 42.50Lc.

A veces lo más sorprendente es lo que ocurre cada día. La transparencia del vacío, por ejemplo, que todo el mundo da por natural y lógica, puede que no lo sea tanto. Sobre todo si consideramos las tremendas energías asociadas al vacío cuántico. A la menor distancia posible,10^{-35}metros, llamada longitud de Planck, se le asocia una masa del orden de 2x 10^{-5} gramos. Si mantuviéramos la misma relación y asignáramos la masa correspondiente a un metro, nos encontraríamos con la friolera de 1.2 x 10^{24} toneladas. Pero las fluctuaciones cuánticas del vacío están acotadas y dependen del inverso de la distancia: esa es la razón de que observemos el vacío transparente y completamente vacío. El cuanto de acción es el responsable de la energía asociada al vacío, de sus fluctuaciones cuánticas. Su extremada pequeñez nos permite ver nuestro mundo cotidiano con una apariencia continua, como la textura de una película fotográfica con grano extremadamente fino. Así podemos distinguir entre las propiedades macroscópicas de la materia, que rigen nuestra vida habitual, y las microscópicas o cuánticas que determinan el comportamiento del mundo corpuscular.

Geometría determinada por la energía del vacío

Las fluctuaciones de energía determinan la propia geometría del espacio. No son simples variaciones sobre un fondo fijo y estable, por lo que analizando su estructura podremos averiguar algo más sobre la referencia espaciotemporal que determinan. Por una parte son no diferenciables, hasta el punto de que son la causa directa de la desaparición del concepto clásico de trayectoria continua en el vacío. Por otra parte su estructura es auto semejante a cualquier escala:
Si tomamos cualquier distancia mayor que la distancia de Planck, por pequeña que sea (diámetro atómico, por ejemplo) y cualquier otra distancia de orden cósmico (diámetro de un cúmulo estelar), a una distancia doble le corresponderá una energía del vacío mitad, y a una distancia mitad una energía del vacío doble (inverso de la distancia).
En base a estas simples propiedades consideraremos una hipótesis de trabajo: que la estructura asociada a la energía del vacío de las fluctuaciones cuánticas es fractal y trataremos de estudiar sus características.

Dimensión fractal
La característica más especial de los fractales es su dimensión. Siempre es positiva y superior a su dimensión topológica. En cierta manera, de forma intuitiva nos indica la dimensión del espacio que son capaces de ocupar. Una cuartilla es un ejemplo de objeto de dimensión topológica 2, pero si la arrugamos conseguimos que ocupe un espacio de mayor dimensión, entre 2 y 3 (normalmente fraccionario). Lo mismo ocurre con una línea (dimensión 1) que si la hacemos lo suficientemente intrincada e irregular es capaz de ocupar un plano (dimensión 2) e incluso un espacio (dimensión 3). Si la línea llega a ocupar el plano su dimensión fractal será 2 y si ocupa el espacio tridimensional, su dimensión fractal será 3. Conforme mayor sea su dimensión fractal, más intrincado e irregular será el fractal: a su dimensión topológica se le suma un coeficiente dimensional que completa el valor de su dimensión. Este coeficiente, normalmente fraccionario, nos indica el grado de irregularidad del fractal.

Dependencia espacial en los fractales
La líneas fractales gozan de una característica notable con relación a su dependencia espacial: una línea fractal capaz de recubrir el plano, para alejarse de cualquier punto arbitrario una distancia efectiva L debe recorrer una distancia media L^2. A otra línea fractal capaz de llenar el espacio le ocurre algo similar: para alejarse de cualquier punto arbitrario una distancia efectiva L, deberá recorrer, como media, una distancia total L^3. Es decir, el valor de los exponentes 2 y 3 se corresponde con las dimensiones fractales de las líneas. Sabiendo la dimensión del fractal podemos calcular su dependencia espacial y a la inversa. Lo que ocurre con las curvas fractales (dimensión topológica 1) lo podemos generalizar a cualquier estructura fractal con mayor dimensión topológica, dividiendo su dimensión fractal por su dimensión topológica. Reducimos así la dispersión de resultados y encontramos más fácilmente símiles con ejemplos sencillos como trayectorias unidimensionales. A este cociente le llamaremos dimensión fractal relativa:

Dim. frac. relativa = (dimens. topológica+ coef. dimensional)/(dimens. topológica).

En nuestro caso conocemos que la energía asociada al vacío depende inversamente de la distancia (L^{-1}). Si fuera una simple línea (dimensión 1) encontraríamos que su dimensión fractal sería -1, pero como la energía es una magnitud tridimensional su dimensión fractal será -3, lo que obedece a un coeficiente dimensional negativo e igual a -6.

Tanto la dimensión fractal como el coeficiente dimensional negativos son resultados anómalos que obedecen a una causa sorprendente que estudiaremos a continuación. Siempre en base a la hipótesis fractal de las fluctuaciones que hemos planteado.
Volvamos a fijarnos en una simple hoja de papel que supondremos de espesor despreciable. Si la arrugamos estamos "fabricando" un fractal con dimensión mayor de 2 y menor de 3, es decir estamos sumando a su dimensión topológica un factor dimensional tanto mayor cuanto más intrincado sea su arrugamiento. ¿Pero qué ocurre si sobre la hoja lisa, sin arrugar, realizamos la operación de enrollarla sobre uno de sus extremos de la forma más fina posible?: A su dimensión topológica 2 le habremos restado una de sus dimensiones. En cierta forma, estamos realizando una operación con resultados opuestos al arrugamiento. En un caso se suma un factor dimensional y en el otro se resta.
Si sobre la expresión de la dimensión fractal relativa aplicamos la siguiente transformación de resta de dimensiones, que llamaremos T:

T: Valor *(dimens. topológica) -->* ***Valor*** *(dimens. topológica – coef. dimensional),*

obtenemos la siguiente expresión para un universo con el mismo valor de dimensiones enrolladas que de coeficiente dimensional:

Dim. fractal relativa = (dimens. topológica)/(dimens. topológica – coef. dimensional).

Si a esta expresión le igualamos el valor (-1) encontramos que el resultado anómalo obtenido se correspondería al de un universo con 6 dimensiones enrolladas y con un factor dimensional, también, de 6.
Para un factor dimensional 6, en un universo tridimensional "sin dimensiones enrolladas", obtendríamos una dimensión fractal de las fluctuaciones cuánticas de valor 9, y su dependencia sería proporcional a la raíz cúbica de la distancia (no a la inversa de la misma). El vacío no sería, desde luego, vacío y las fluctuaciones cuánticas aumentarían con la distancia e impedirían la más mínima estabilidad imprescindible para formar estructuras estables de materia.

Conclusión
La dimensión fractal de la energía de las fluctuaciones es 9, lo que le permite ocupar un espacio de 9 dimensiones: las 3 ordinarias más las 6 compactadas. Esa especial geometría de dimensiones ordinarias/compactadas determina la dependencia de la energía con el inverso de la distancia, permitiendo la estabilidad y la apariencia vacua del vacío cuántico. La geometría adoptada por nuestro universo debió ser determinante en la propia naturaleza del cuanto: ¿Cómo sería un universo con un cuanto de energía, por ejemplo, en lugar del nuestro que está definido por el cuanto de acción [energíaxtiempo] ?

The fractal dimension of the energy of fluctuations is 9, allowing you to occupy a space of nine dimensions: the three regular 6 more compacted. This special geometry of ordinary dimensions / compacted determines energy dependence of the inverse distance, allowing vacuous stability and appearance of the quantum vacuum. The geometry adopted by our universe must be decisive in the very nature of the quantum: What would a universe with a quantum of energy, for example, instead of our own which is defined by the quantum of action [energy x time]?

Como se comenta en el abstract, se ha utilizado un instrumento matemático muy sencillo sobre propiedades básicas, pero esenciales, de las fluctuaciones cuánticas. La conclusión es discutible, pero lógica en base a las premisas adoptadas y puede ayudar a dar un nuevo enfoque "geométrico" sobre el cuanto.

Bibliografía

[1] B.Mandelbrot :*Los objetos fractales. Tusquets Editores,Barcelona,1987*.
[2] J.S. Ruiz Fargueta*: El sorprendente vacío cuántico. Revista Elementos (Benemérita Universidad Autónoma de Puebla) nº 53 ,2004, pp.52-53.*
[3] J.S. Ruiz Fargueta*: "Estabilización del vacío cuántico y dimensiones enrolladas". Revista Ciencia Abierta de la Universidad de Chile, Volumen 23 de febrerode 2004:*
http://cabierta.uchile.cl/revista/23/educacion/educacion.html (**enlace roto**)