

Significado del concepto *masa imaginaria* en el mecanismo de Higgs

Joaquín González Álvarez

Resumen

En el presente ensayo mostramos como el concepto masa imaginaria no tiene que referirse a un ente material perceptible por los sentidos, sino una propiedad de los taquiones a los cuales consideramos **como si** existieran en nuestra hipótesis de trabajo, "existencia" de la que sólo podemos tener conocimiento por sus efectos fenomenológicamente observados como detallamos en este trabajo.

Desarrollo

En lo que sigue expondremos la tesis de que es posible una interpretación real del concepto *Masa Imaginaria* asimilándolo a un fenómeno físico observable en procesos como la expansión exponencial del universo atribuida a la energía oscura y el recientemente comprobado Mecanismo de Higgs. En nuestra hipótesis de trabajo tomamos como cierta la posibilidad de existencia de partículas que se comportan **como si** fueran taquiones y con este nombre las citaremos, partículas éstas que presentan propiedades que no pueden ser percibidas por nuestros sentidos y que tenemos conocimientos de las mismas por sus efectos, esto es, como fenómenos a los que nos referiremos mas adelante. Para explicar las propiedades de los taquiones, nos valemos del recurso de admitir que poseen una masa cuyo valor viene dado por un número imaginario (la velocidad será mayor que la de la luz por necesaria condición, parte de nuestro recurso) lo cual nos permite referirnos al fenómeno descrito como *Masa Imaginaria*. Así que la masa imaginaria no es nada material sino algo que se manifiesta como un fenómeno, sucede algo semejante a lo que ocurre con el concepto masa inercial la cual sin ser material se percibe como causada por un agente que se opone a la aceleración.

Nos valemos del **como si** positivista cuando se observan regularidades lógicas y no contradictorias, en un proceso como efectos de esa causa que conjeturamos, recurso que han utilizado, con éxito hasta el momento, los teóricos del Big Bang al defender la monumental hipótesis sobre el origen del universo **como si** hubiera ocurrido a partir de una colosal explosión.

Lo que llamamos masa imaginaria refiere a los efectos sobre la mecánica de los taquiones que pasamos a tratar a continuación.

Veamos como surge el valor imaginario admitiendo la validez de la Teoría Especial de la Relatividad.

$$m = m_0 \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2} \quad (1)$$

la cantidad subradical se hace negativa por la condición que asumimos para los taquiones multiplicando, por $i = \sqrt{-1}$ el denominador, al introducirlo en el radical permite invertir el orden de los términos y para salvar la operación habrá que multiplicar por i al numerador.

Como sabemos la energía intrínseca potencial de una partícula viene dada por la famosa $E = mc^2$ por lo que para un valor imaginario de la masa, tendremos $E = imc^2$ con lo cual por (1) y lo dicho de la inversión de términos podemos llegar a la fórmula de la energía relativista:

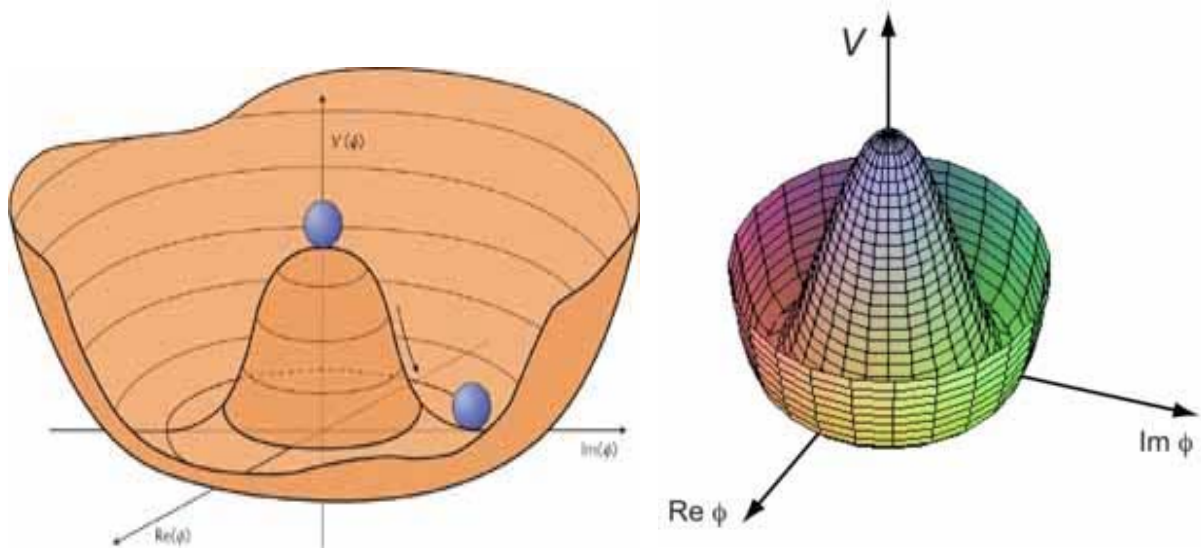
$$E = -mc^2 \sqrt{\left(\frac{v}{c}\right)^2 - 1} \quad (2)$$

la cual para taquiones no introduce ningún valor imaginario.

El análisis de (2) nos lleva a interesantes interpretaciones de las consecuencias de haber considerado un valor imaginario de la masa cuyo carácter complejo no aparece para taquiones en la citada ecuación. Vemos que como aparente paradoja, un aumento de la energía viene asociada a una disminución de velocidad de taquiones lo cual podemos interpretar como debida a una inestabilidad en el espacio producido por la acción de un fenómeno físico real que identificamos nominalmente como masa imaginaria. En el temprano postbigbang durante el periodo inflacionario teorizado por Alan Guth, por acción de la presión negativa de la energía oscura y por efecto del fenómeno masa imaginaria plasmado matemáticamente en (2), pudo producirse una inversión del movimiento de los taquiones que proponemos entonces existían, disminuyendo su velocidad de modo que se ordenara por condensación, el hasta ese momento desordenado (no condensado) y por tanto simétrico movimiento, con la consiguiente ruptura de simetría de gauge, efectuándose una transformación de segunda especie a una fase viscosa que diera masa inercial a las partículas, sucediendo que la velocidad disminuyera hasta valores menores que las de la luz, las partículas perdieran su condición de taquiones y se convirtieran en bosones de Higgs de masa real. Antes de seguir adelante debemos explicar como se produce la inestabilidad en nuestro contexto. Nos valdremos de una modelización muy importante conocida como *Potencial Sombrero Mexicano* el cual se grafica con una curva que semeja al perfil de un sombrero como el de los integrantes de una banda musical de mariachis.

La ecuación para el gráfico conocida como Potencial de Higgs es la de la típica energía potencial $V(\phi)$ la cual con máximo en ϕ (cúspide del sombrero), tiene la expresión de Yukawa:

$$V(\phi) = 1/2 m^2 \phi^2 + 1/4 \Lambda \phi^4 \quad (3)$$



Si se coloca una canica en la cúspide del sombrero (máximo de V) la misma se encuentra en *inestabilidad* e inevitablemente rodará hasta caer en la parte plana del ala del sombrero ($V=0$). Durante la precaria estancia en la cúspide el sistema presentará simetría pues no existe ruta preferencial de caída de la canica por las laderas por lo cual, dicha caída constituye una *ruptura de simetría*. Mas arriba nos referimos a la ruptura de simetría que lleva a la explicación del mecanismo Higgs debida a una inestabilidad explicada por un fenómeno que asimilamos con el concepto masa imaginaria. Esa inestabilidad se explica de igual forma que la de la canica en el sombrero, tiene que estar el sistema en un estado de V máximo, esto es, tiene que presentar el sistema de taquiones un estado tal que la segunda derivada en (3) sea $V'' < 0$ para $\phi = 0$ (origen de coordenadas cuyo eje de alturas atraviesa la cúspide del sombrero, esto es:

$$V''(\phi) = m^2$$

y para que sea negativo como requiere el máximo, la masa tiene que tener valor imaginario, esto es lo que en nuestro trabajo consideramos un fenómeno 'físico' plasmado matemáticamente en la igualdad (2). Consideramos de interés referirnos a una forma matemáticamente elegante de presentar el concepto masa imaginaria refiriéndonos al hecho de que el lagrangiano $L = T - V$ el cual en nuestro caso V es el de Yukawa (3) por lo que el lagrangiano tendrá la forma $L = T - 1/2 m^2 \phi^2 - 1/4 \Lambda \phi^4$, al llegar a la condición necesaria de inestabilidad $V'' = 2m^2 < 0$ m tendrá un valor imaginario y el lagrangiano habrá perdido simetría, con lo cual observamos que la variación del término másico en L indica ruptura de simetría del sistema y comprobamos que para que haya simetría gauge el lagrangiano tiene que permanecer invariante. La aparición del nuevo término masivo que rompe la simetría refiere al rol del Bosón de Higgs en el mecanismo electrodébil. Retomando nuestro razonamiento se tiene que para el Mecanismo Higgs debe estar el sistema de taquiones en un estado similar al de la canica en la cúspide del sombrero, hay pues que llevar al sistema

de taquiones hasta energía V máximo y por tanto, hay que proporcionarle energía para que “suba la cuesta” de la curva de Yukawa (3) y esa energía la produce la mencionada mas arriba, presión negativa de la energía oscura de Guth.

El campo del Bosón de Higgs ocupa todo el espacio universal y actúa como un océano viscoso el cual, al desacelerar a partículas como los bosones W y Z de la interacción electrodébil, los dota de masa inercial dependiendo su valor del grado de interacción de los mismos con el campo de Higgs. El fotón queda sin masa pues no interactúa con el campo de Higgs por ser sólo energía.

El Bosón de Higgs comenzó siendo una genial especulación tan bien estructurada y dotada de convincente lógica interna, que pocos dudaron de que fuera descubierto como en efecto ocurrió y los autores teóricos de la predicción recibieron el Premio Nobel de Física 2013.

La historia de la física registra frecuentes casos de bien razonadas especulativas tesis basadas en inteligente análisis de ecuaciones y fórmulas surgidas en un tema no precisamente el que lo sería de la especulación, mas tarde comprobada, como podría ocurrir con la de la masa imaginaria como fenómeno que proponemos. Así tenemos que en 1928 Paul Dirac analizando su ecuación relativista de la energía conjeturó que el signo negativo de la raíz cuadrada que aparece, correspondería a un electrón hasta ese momento no conocido, con carga positiva al que se llamaría positron, cuatro años mas tarde Carl Anderson lo detectó en una cámara de ionización, ambos físicos fueron galardonados con el Nobel. Hechos similares ocurrieron con la espectacular comprobación de la Teoría General de la Relatividad dirigida por Sir Arthur Eddington, la del planeta Neptuno por Leverrier y otras.

Esperamos que el artículo que presentamos tentativamente con intención de motivar reflexión, de lugar a razonables criterios de todo tipo que nos agradecería conocer.

Joaquín GONZÁLEZ ÁLVAREZ
j.gonzalez.a@hotmail.com