

El Premio Nobel 2013 en Física fue concedido a Francois Englert, físico Belga, y al británico Peter Higgs por “el descubrimiento teórico del mecanismo que permite entender el origen de las masas de las partículas subatómicas”, verificado gracias al descubrimiento de la partícula que precedía la teoría a través de los experimentos en el Gran Colisionador de Hadrones (LHC). En otras palabras, el premio fue otorgado a lo que hoy conocemos como el mecanismo de Higgs. Es importante recalcar que el reconocimiento con este galardón no es por la predicción de la existencia del boson de Higgs, es por el mecanismo en sí, que representa el “eco” de la partícula. El otorgamiento del Nobel en Física de este año era uno de los más predecibles. Pero, al mismo tiempo, era tema de muchos debates a quién o quiénes otorgar el reconocimiento de manera concreta.

Sobre el mecanismo de Higgs y el boson de Higgs se han publicado muchos artículos y de todo tipo, por lo que no tiene sentido hablar sobre ello. Sin embargo, el Premio Nobel es un buen motivo para relatar la historia del descubrimiento del mecanismo de Higgs, las dificultades que tuvo el Comité Nobel para la elección de los galardonados, además de aprovechar la oportunidad para corregir la impresión de los lectores cotidianos puedan tener con la lectura sobre el tema.

¿A QUIÉNES LES OTROGAN EL NOBEL?

Cualquier descubrimiento importante en física teórica, con mayor razón si recibe el Premio Nobel, la sociedad la entiende de la siguiente manera: se tenía un problema complicado, muchos intentaron resolverlo, pero nadie lo lograba, de pronto un genio de manera solitaria toma el problema, lo soluciona y presenta toda una teoría completa. Sin embargo, en la mayoría de los casos, en la ciencia actual todo sucede de manera diferente. La física teórica se desarrolló con el esfuerzo conjunto de un gran número de especialistas, el aporte de cada persona en concreto puede ser pequeño, incluso si es la bisagra para las publicaciones anteriores a él con las posteriores.

Por otra parte, se da la circunstancia de que una pregunta difícil durante mucho tiempo no permite

descansar a los físicos. En este ambiente de tensión es posible que varias personas tengan ideas similares al mismo tiempo. Toda la teoría que surgió puede parecer importante, pero dar una justa prioridad a una sola persona por dar “el paso decisivo” en su creación es extremadamente difícil. En algunas ocasiones, el criterio de tal estancamiento no es por lo que era realmente importante para construir la teoría en sí, sino por quién dijo las palabras correctas, en el momento adecuado y en el contexto idóneo.

El Premio Nobel de Física del 2013 es un claro ejemplo de esta situación. El premio para el mecanismo de Higgs fue otorgado a dos físicos: Peter Higgs y Francois Englert -e incluso podría haberse otorgado a Robert Brout, coautor de Englert, si aún estuviera vivo. Sin embargo, en la creación del mecanismo de Higgs aportaron varias decenas de físicos teóricos. Si solo se toman en cuenta los artículos de 1964, en los que en cierta medida se presentaron los resultados claves del mecanismo de Higgs, se deben mencionar al menos tres grupos de artículos. La secuencia cronológica de las publicaciones fue la siguiente: primero, Brout y Englert; a continuación, dos artículos de Higgs; luego, el artículo de Gerald Guralnik, Carl Hagen y Thomas Kibble. No es casualidad que los seis recibieran en el 2010 el prestigioso premio Sakurai de la American Physical Society por sus sobresalientes contribuciones a la física de partículas elementales.

Esta delicada situación sobre la prioridad por el descubrimiento de este mecanismo y el uso constante de la palabra “Higgs” es conocida hace mucho tiempo. Se ha discutido en diversas circunstancias por alrededor de medio siglo.

UNA BREVE HISTORIA DEL MECANISMO DE HIGGS

El mecanismo de Higgs es la cristalización del trabajo de decenas de físicos teóricos en los años 50 y 60 del siglo pasado. Es imposible conocer individualmente a todos y cada uno de los que en cierta medida contribuyeron en la construcción del mecanismo. Se trata de describir brevemente, sin recurrir a los detalles excesivamente técnicos, y de quién, qué y cómo aportó.

A finales de 1950, se formuló una hipótesis audaz: las interacciones fuertes y débiles podían ser descritas como interacciones de calibración, por semejanza con el éxito de la electrodinámica cuántica. En tales teorías la interacción entre partículas aparece como resultado de sus propias simetrías relativistas, y físicamente el campo de fuerza se obtiene por el intercambio de partículas portadoras. Sin embargo, a diferencia de electromagnetismo, estos campos deben ser inusuales para poder describir a las interacciones fuertes o débiles. La teoría de esta interacción fue construida en 1954 por C.J. Yang y Robert Mills, basada en la simetría “interna” de las partículas.

Todo habría estado bien si no fuese por un detalle importante. Si esta simetría es parte de nuestro mundo, entonces, las partículas portadoras de la interacción débil deberían ser sin masa. Pero estas partículas no se observan. Por lo tanto, si esta simetría tiene algo que ver con nuestro mundo, la simetría debería de romperse espontáneamente. En términos generales, las ecuaciones para describir nuestro mundo son simétricas, sus soluciones no.

¿Cómo construir una teoría con la ruptura espontánea de la simetría? En la física de materia condensada esto se conoce desde hace mucho tiempo, y en 1960 Nambu traslado la idea a la física de partículas elementales. Se asume la existencia de campos escalares de un nuevo tipo, que tienen la inusual propiedad que, en el estado de energía más bajo, este campo no desaparece totalmente, un fondo uniforme y continuo llena todo el universo. Ejemplos de estos campos ya eran conocidos en algunas secciones de la física no relativistas, tales como la superfluidez y la superconductividad, pero cómo construir estas teorías relativistas para partículas elementales, no estaba muy claro.

Además, aparece una nueva dificultad, cuando la simetría se rompe espontáneamente, las partículas sin masa ya en el campo escalar. Esta afirmación fue denominado teorema de Goldstone, que finalmente fue probado rigurosamente en 1962. La conclusión era muy rígida, esto significaba que la variedad de los diferentes intentos de vincular las propiedades de las partículas elementales con la ruptura espontánea, de alguna simetría interna, serían infructuosas. Esto motiva a la

aparición de partículas escalares sin masa, aun sabiendo que en la naturaleza no existen.

Por lo tanto, se dejó de lado las propiedades de las partículas y las interacciones reales, y se planteó una pregunta concreta, solo en términos teóricos: ¿era posible evitar de alguna manera el teorema de Goldstone? ¿Era posible romper la simetría, así evitar la aparición de bosones sin masa?

Entre 1962 y 1963 aparecen publicaciones, primero de Schwinger y, luego, de Anderson, en las que se dan ejemplos concretos de cómo evitar este teorema. Anderson formuló una observación que fue clave para colocar las cosas en su lugar: “los bosones sin masa aparecen, pero de inmediato se “enredan” con las partículas portadoras de la interacción sin masa, debido a este entrelazamiento, las partículas escalares sin masa no son observables, a cambio la partícula portadora se hace masiva”.

Esta idea -“partícula escalar sin masa + partícula portadora sin masa = portador masiva”- es el corazón del mecanismo de Higgs. Se consideraría a Anderson como autor de esta idea, si no fuese por un detalle: en su ejemplo Anderson se refería a la teoría no relativista. Él esperaba que esto también tuviera lugar en las teorías relativistas, pero nunca pudo demostrarlo.

AÑO 1964

Lo que sucedía en 1964 más parecía el intercambio de “cartas abiertas” de menos de una página, que de artículos científicos, aunque se publicaron en revistas como Physical Review Letters (PRL) y Physics Letters (PL). En la edición de marzo del PRL, Klein y Lee señalan una vez más que la demostración del teorema de Goldstone se basa en la covarianza relativista total en la formulación de la teoría, y, al parecer, sin esto el teorema no puede demostrarse. ¿Hay algún truco? Tres meses más tarde, Hilbert responde: “por supuesto, es un truco, pero ayuda en las teorías no relativistas. Una teoría de las partículas elementales, se construye con invariante relativista”, pero por desgracia esto no funciona.

En septiembre de 1964, aparece una contraobjeción de Higgs. Esta indicaba que las teorías de calibración tienen sus características importantes que no permiten

una formulación tan rígida como la del teorema de Goldstone. Además, consideraba que todavía era posible construir una teoría con rompimiento de simetría y que como resultado se podrían obtener las partículas sin masa. En la edición de octubre de PRL, Higgs citó un ejemplo concreto (aunque dentro de la teoría clásica, no cuántica), entre otros. Textualmente, escribió “como complemento a todo lo demás, existe una nueva partícula masiva y sin espín”.

Paralelamente, en la edición de agosto de PRL, antes del primer artículo de Higgs, aparece un artículo de tres páginas de Brout y Englert dedicado al mismo problema. Ellos no responden a las objeciones específicas de alguien, sino que simplemente construyeron un ejemplo de la teoría correcta, en el marco de la teoría de Yang y Mills. Como este trabajo apareció casi simultáneamente al primero de Higgs, las citas como referencias cruzadas entre ellos no existen, pero el segundo artículo de Higgs sí lo menciona.

En noviembre de 1964, en PRL Guralnik, Hagen y Kibble publican un artículo dedicado al mismo problema. Ellos no conocían de las publicaciones de Higgs, Brout y Englert hasta el último momento, cuando recibieron estos artículos de la revista para corregir el artículo que habían sometido para su publicación. Se tuvo que añadir nuevos comentarios, pero, en general, ellos entendieron la situación de la siguiente manera: “todo fue completamente resuelto por Englert y Brout, y Higgs, ellos le dieron forma completa”.

Tenga en cuenta que el bosón de Higgs en esta historia es insignificante. Todo el debate es alrededor de la posibilidad de construir una teoría correcta, la búsqueda de evitar el teorema de Goldstone, que era una amenaza mortal para las aplicaciones de la teoría de Yang y Mills. Por otra parte, cuando se trataba de aplicaciones específicas, la mayoría de físicos trataba de usar este nuevo método para explicar la masa de los hadrones, no las hipotéticas partículas portadoras de la interacción débil. Por tanto, desde el punto de vista de la solución de este problema, un nuevo bosón fue mencionado por primera vez, de forma explícita,

* Es doctor (Ph.D.) en Física y Matemáticas, y profesor principal del Departamento de Ciencias Exactas de la Universidad Peruana del Norte en Heredia.

por Higgs, pero no representaba ningún logro nuevo y no tenía relación alguna con la teoría de interacciones débiles. Sin embargo, décadas más tarde, esta referencia directa de un hecho sin trascendencia se percibe por la sociedad como la “predicción del bosón de Higgs”. Se convierte en un elemento importante en todos los avances de la física de partículas.

Como estos trabajos son puramente técnicos, esta historia aún no tiene final. Siguió otros artículos, algunos relacionadas, otros no. Por ejemplo, en 1966, Migdal y Polyakov publicaron un artículo con los mismos resultados obtenidos, pero por otros medios. En sus memorias, Migdal dijo que se trató de publicar este artículo durante dos años, pero nadie lo tomó en serio, tal vez por ser muy joven. De todos modos, el problema de lo que realmente representa la violación de la simetría en las calibraciones se ha debatido durante muchos años. Sin embargo, remarcamos nuevamente: por mucho tiempo la atención se centró precisamente en la teoría en sí, no en el bosón de Higgs.

El papel del boson de Higgs, como un medio para poder observar experimentalmente el “eco” del mecanismo, recién es entendido en los años 70. En ese entonces, tanto al boson como al propio mecanismo se conocía indistintamente como Higgs. Una vez construida la teoría de la interacción electrodébil, basada en este mecanismo, apareció un enorme interés entre los físicos por las propiedades y la búsqueda del bosón de Higgs.

Los teóricos habían comenzado a calcular los procesos de nacimiento y la decadencia del boson Higgs, mientras los experimentadores los buscaban en los colisionadores. Por desgracia, no se habían encontrado rastros, pero esto no representaba inconveniente alguno, dado que la masa del Higgs seguía siendo desconocida. El boson no se pudo observar en el colisionador LEP del CERN ni en el Tevatron del Fermilab, pero la data recopilada da la sensación indirecta de que había llegado el momento para la verificación del Modelo Estándar. La gran mayoría de los físicos había llegado al convencimiento de la posibilidad de que el bosón que exista. Por lo tanto, el mecanismo de Higgs es real, pero faltaba el toque final: el descubrimiento directo del bosón de Higgs en experimentos. Ello se logró en el 2012 con el LHC, después de medio siglo de construida la teoría, esto finalmente confirmó la validez del mecanismo de Higgs para la ruptura de la simetría electrodébil.