

En memoria de Peter Higgs

Peter Higgs fue un físico teórico británico, famoso por su trabajo de 1964 donde propuso un mecanismo que puede generar masas para partículas elementales, conforme a la simetría de norma. Medio siglo después, dos experimentos del CERN confirmaron que este mecanismo está realizado en la naturaleza. El 8 de abril nos llegó la triste noticia del fallecimiento del gran pionero de la física de partículas elementales. Este artículo es dedicado a su memoria, ~~no~~ al mecanismo y la partícula que llevan su nombre.

1 Datos biográficos y contexto histórico

Peter Higgs ^{nació} ~~ha nacido~~ 1929 en Newcastle, Inglaterra, ^{en} ~~así que~~ pasó su juventud parcialmente durante la Segunda Guerra Mundial, circunstancias que complicaron un poco su formación escolar. Después de la guerra, estudió en Londres, primero matemáticas, luego física. En 1954, a 25 años, ^{ya} ~~terminó~~ su doctorado ^{en el} ~~al~~ King's College. ^{los}

Luego trabajó temporalmente en la Universidad de Edimburgo, al University College y al Imperial College, ambos en Londres. En 1960 regresó a Edimburgo – ciudad que le encantó y donde el había llegado por la primera vez en 1949, como estudiante viajando con auto-stop – para ocupar un puesto de catedrático y quedarse ahí toda su vida. de mochilazo (este es el término en español)

En 1964, a los 35 años, ~~ha~~^{había} escrito sus dos artículos famosos (y otro sobre el mismo tema en 1966) [1] que llamaron la atención y condujeron a invitaciones para presentar seminarios en Princeton y Harvard. Tenía que defenderse contra audiencias críticas, Sidney Coleman comentó más tarde que en Harvard “querían romper en pedazos al idiota que pensaba que podía evadir el Teorema de Goldstone” [2]. Resultó que su concepto ~~sigio~~^{siguió} de pie, pero ~~sin~~^{aun} aplicación fenomenológica ~~todavía~~^{de} (sus artículos trataron con un modelo ~~juegete~~^{juguete}). Además se enteró por Yoichiro Nambu (el ~~á~~^{ar}bitro de su primer artículo) de un trabajo parecido [3], publicado 15 días antes ~~del~~^{del} primer artículo de Higgs sobre el tema. Los autores eran François Englert y Robert Brout quienes trabajaron en Bruselas, Bélgica. Dos meses después apareció otro artículo relacionado ~~todavía~~^{del}, escrito en Londres por Gerald Guralnik, Carl Hagen y Tom Kibble [4], pero ellos ya ~~conocieron~~^{habían conocido} y citaron los trabajos de Englert, Brout y Higgs.

El mecanismo que estos tres artículos propusieron no era totalmente nuevo: ~~era descubierto~~ ^{había sido descubierto en} 1962/3 en el contexto de la materia condensada por Philip Anderson [5]. Él aplicó conceptos de Julian Schwinger [6] para la explicación teórica ^{de} para la masa de una partícula de norma a la teoría de superconductores. Englert, Brout y Higgs presentaron una extensión a modelos relativistas.

Totalmente independientemente, en Moscú en 1965, dos chicos de 19 años, ambos de nombre Alexander (o Sasha), con apellidos Migdal y Polyakov, discutieron en gran detalle qué significa el rompimiento de una simetría [7]. Ellos escribieron otro artículo parecido que fue publicado en 1966 [8]. Hace unos años ~~que~~ Migdal visitó México para un evento organizado por Alexander Turbiner, donde relató sobre las dificultades que tenían para publicar este artículo, ya que la comunidad de físicos establecidos en la Unión Soviética – con liderazgo de Lev Landau – rechazó la teoría cuántica de campos, que todavía era muy ~~controvertida~~ ^{controversial} también en el mundo occidental. ~~Entonces~~ este artículo ~~salio~~ ^{fue publicado con} un poco retrasado, pero más tarde ambos Sashas se hicieron famosos por otros trabajos — en especial, Polyakov es conocido por descubrir excitaciones topológicas que llamamos ahora instantones. [↑] ~~quien~~

La explicación ~~como~~ partículas de norma – y ciertas partículas acopladas – pueden tener masa

fue pronto conocida como

~~era pronto conocido~~ el *mecanismo de Higgs*,¹ el tema de la Sección 2 de este resumen. Su aplicación a la fenomenología de partículas elementales emergió en 1967/8 por parte de Steven Weinberg [9] y de Abdus Salam [10]. Ellos integraron este mecanismo al modelo de la interacción electrodébil que Sheldon Glashow ~~había estado~~ había propuesto en 1961 [11] durante su estancia en Copenhague. De hecho, Glashow ~~era~~ ^{había estado} presente en el seminario de Higgs en Harvard, y reconoció que era “a nice model” [2], pero ~~no le ocurrió~~ ^{no le ocurrió} la idea de que este mecanismo podría ser el remedio para salvar su modelo, que él ~~había~~ ^{nunca se} abandonado.

conocida

aún

Sin embargo, esta teoría – ahora ~~conocido~~ ^{conocida} como el sector electrodébil de Modelo Estandar – no era generalmente aceptado por la comunidad ~~todavía~~ ^{ya que} porque era considerado no renormalizable. Las teorías cuánticas de campos casi siempre parecen divergentes a altas energías, así que requieren una “regularización”, una manipulación matemática que convierte la divergencia en un valor finito. Se dice que una teoría es *renormalizable* si, ~~la~~ ^{al} final del cálculo, se puede remover la regularización totalmente y llegar a predicciones finitas para las observables (esta definición es ligeramente simplista).

La comunidad física cambió su punto de vista en 1971/2, gracias al trabajo de Gerard 't Hooft, un brillante estudiante ~~de~~ ^{de} doctorado en Utrecht, Holanda, quien presentó evidencia en favor de la renormalizabilidad de dicho modelo (parcialmente juntos con su asesor, Martinus Veltman). Estos trabajos [12] ~~eran~~ ^{fueron} una sensación que causaron un cambio de paradigma en aquel época. **logros**

La clave

Clave para este hito era un nuevo método, la *regularización dimensional* que es entre los ~~logros~~ principales de la física en América Latina: fue propuesto primero por dos argentinos, Carlos Bollini y Juan José Giambiagi en 1971, aunque la publicación [13] ~~de~~ ^{se demoró} ~~demoró~~ hasta 1972. Ellos trabajaron en La Plata, en ~~circunstancias~~ ^{circunstancias} difíciles durante la dictadura militar [14].

Agregamos que hoy en día se da menos importancia a la pregunta si el Modelo Estandar es renormalizable: la tendencia es que se considera como teoría efectiva, y su validez en un gran rango energético – que no tiene que extenderse hacia infinito – es suficiente.

Poco después, en 1973, el Modelo Estandar de las partículas elementales ~~era~~ ^{fue} completamente establecido, con un sector electrodébil [9, 10] y otro de la interacción fuerte [15]. En ambos ~~sectores~~ ^{sectores}, el mecanismo de Higgs es indispensable para proporcionar masas a gran parte de las partículas elementales. Esto ~~era~~ ^{fue} una revolución en la física de altas energías como no la hemos visto más en el medio siglo que siguió, ~~luego~~ ^{aunque después} el progreso ~~era~~ ^{fue} relativamente lento.

En el siglo XXI es popular especular sobre ~~de~~ ^{de} física más allá del Modelo Estandar. Sin ~~embargo~~ ^{embargo}, por ahora ~~ninguna~~ ^{ninguna} de estas propuestas tiene apoyo sólido de datos experimentales. Por otro lado, los experimentos ~~confirmaron~~ ^{han confirmado} las predicciones del Modelo Estandar una y otra vez: muchas veces ~~salieron~~ ^{salen al aire} noticias que era “refutado” por nuevos resultados, pero al final del análisis, y la repetición de los experimentos, siempre sus predicciones ~~fueron~~ ^{han sido} aprobadas.² **han sido aprobadas.**

~~Es~~ ^{El Modelo Estandar es} incompleto para describir el universo (faltan por ejemplo la gravitación, materia oscura y energía oscura), pero aún así: se trata de nada menos que la teoría más precisa y – en este sentido

¹Consultar la literatura original no conduce a una explicación clara qué es realmente la razón porqué la terminología excluya a Brout y Englert, menos tal vez por razones fonéticas.

²Como ejemplo reciente, en la segunda parte de la década pasada, se difundieron noticias de una tensión entre el Modelo Estandar y experimentos con el decaimiento de mesones pesados conocidos como “mesones B”. Al final, esta discrepancia no se substanció. La última moda es el momento magnético del muón, donde el valor experimental parece un poquito diferente del ~~cálculo~~ ^{cálculo} basado en el Modelo Estandar. Si esto es verdad – cosa que no es nada ~~cierta~~ ^{certera} – la predicción se equivoca al nivel relativo de 10^{-10} : si lo comparamos con la distancia entre México y Europa central (Suiza por ejemplo), unos 10,000 km, esto corresponde a un posible error de la magnitud de milímetros. Pero ~~cálculos~~ ^{simulaciones} con simulaciones numéricas en la retícula conducen a resultados más cerca al ~~valor experimental~~ ^{valor experimental}. tendencia que indica que incluso esta discrepancia mínima podría desaparecer con un análisis más preciso, igual que todas las supuestas ~~discrepancias~~ ^{discrepancias} anteriores.

discrepancias

– más exitosa en la historia de la ciencia.

Higgs ya no participó en este desarrollo rápido. Él ya era tan famoso que podía permitirse casi no publicar más resultados de investigación a partir de la edad de 40 años. (En México esto sería un problema serio con el SNII etc.)

Era conocido como persona tranquila y modesta, casi tímida, que no buscó la atención mediática o ponerse al centro de la atención en eventos. Con su mentalidad de abstenerse del “show”, se puede caracterizar como el contrario a Feynman. Esta ^{caracterización} ~~caracterización~~ corresponde a la impresión de uno de los autores (WB) quien participó en un congreso en Edimburgo 1997. Higgs (quien era emérito desde 1996) apareció ~~al~~ ^{en el} ~~banquete~~, pero muy discreto, simplemente para sentarse ~~a~~ ^{en} una mesa sin ningún espectáculo.

Esto no significa que Higgs no tenía convicciones: era temporalmente activista para el desarmamento nuclear y por el movimiento ambiental como miembro de Green Peace.

Estándar había sido

Una vez que el Modelo ~~Estándar era~~ establecido, su exploración progresó con trabajo intenso en múltiples países. En el año 2000, todas sus partículas ya eran experimentalmente encontradas, menos una: la famosa “partícula de Higgs”, involucrado en este mecanismo, como vamos a describir en la Sección 2.

Otra vez, la nomenclatura es tal vez un poco ^{injusta} ~~injusto~~ con Englert y Brout, pero así es la convención de la comunidad. Higgs no puso este término, pero también ^{le} ~~era~~ ~~con~~ el apodo absurdo “partícula de dios” que no tiene ni el menor sentido. ~~Era propuesta de~~ ^{Este apodo fue propuesto por} la editorial de un libro de divulgación [16], obviamente con un objetivo comercial, pero totalmente irresponsable. Este término se hizo popular y condujo a confusión sin fin, por ejemplo iglesia católica de España creyó que el trabajo al CERN tuviera algo que ver con teología [2]. ¡Tenemos que tener cuidado con los terminos que se usamos!

En el siglo ~~21~~ ^{XXI} fuimos testigos de una carrera emocionante en la búsqueda de la partícula de Higgs. En su fase final, era una competencia entre el Fermilab (cerca de Chicago) y el CERN (cerca de Ginebra, sobre la frontera entre Suiza y Francia). Después de primeras indicaciones en 2011, en 2012 las colaboraciones ATLAS y CMS, ambos trabajando de manera independiente al Gran Colisionador de Hadrones (LHC) al CERN, presentaron evidencia para la observación indirecta pero clara de la partícula de Higgs que era tanto ~~buscado~~ ^{buscada} [17].

Con esto ~~el~~ ^{esto} todo el conjunto de partículas del Modelo Estándar ~~era~~ ^{había sido} observado. Así se confirmó que el mecanismo de Higgs está realizado en la naturaleza, 48 años después de su propuesta teórica. ~~Entonces~~ ^{Esto} se demoró casi el doble del tiempo que la observación del neutrino (predicho por Wolfgang Pauli en 1930, detectado por Clyde Cowan, Frederick Reines y colaboradores en 1956), vemos que a veces vale la pena tener paciencia.

En particular, valió ^{quienes} ~~quien~~ la pena para Englert y Higgs, ~~quien~~ ^{del} recibieron el Premio Nobel en 2013 por su predicción correcta [7]; tristemente, Brout había muerto poco antes, en 2011. En abril ~~2024~~ nos llegó la noticia del fallecimiento de Higgs, a los 94 años, después de una breve enfermedad.

2 Mecanismo de Higgs

References

- [1] P.W. Higgs, *Phys. Lett.* **12** (1964) 132-133; *Phys. Rev. Lett.* **13** (1964) 508-509. *Phys. Rev.* **145** (1966) 1156-1163.

- [2] P. Higgs, *Int. J. Phys.* **A17** (2002) 86-88.
- [3] F. Englert and R. Brout, *Phys. Rev. Lett.* **13** (1964) 321-323.
- [4] G.S. Guralnik, C.R. Hagen and T.W.B. Kibble, *Phys. Rev. Lett.* **13** (1964) 585-587.
- [5] P.W. Anderson, *Phys. Rev.* **130** (1963) 439-442.
- [6] J.S. Schwinger, *Phys. Rev.* **125** (1962) 397-398; *Phys. Rev.* **128** (1962) 2425-2429.
- [7] Royal Swedish Academy of Sciences, “Scientific Background: The BEH-Mechanism, Interactions with Short Range Forces and Scalar Particles”,
www.nobelprize.org/prizes/physics/2013/advanced-information/
- [8] A.A. Migdal and A.M. Polyakov, *Zh. Eksp. Teor. Fiz.* **51** (1966) 135-146 [*Sov. Phys. JETP* **24** (1967) 91-98].
- [9] S. Weinberg, *Phys. Rev. Lett.* **19** (1967) 1264-1266.
- [10] A. Salam, en *Proc. of the 8th Nobel Symposium on “Elementary particle theory, relativistic groups and analyticity”* ed. N. Svartholm (1969) p. 367-377.
- [11] S.L. Glashow, *Nucl. Phys.* **22** (1961) 579-588.
- [12] G. 't Hooft, *Nucl. Phys.* **B33** (1971) 173-199; *Nucl. Phys.* **B35** (1971) 167-188. G. 't Hooft and M.J.G. Veltman, *Nucl. Phys.* **B44** (1972) 189-213.
- [13] C.G. Bollini and J.J. Giambiagi, *Nuovo Cim.* **B12** (1972) 20-26; *Phys. Lett.* **B40** (1972) 566-568.
- [14] W. Bietenholz and L. Prado, *Bol. Soc. Mex. Fís.* **26-4** (2012) 227-230; *Physics Today* **67** (2014) 38-43.
- [15] H. Fritzsch, M. Gell-Mann and H. Leutwyler, *Phys. Lett.* **B47** (1973) 365-368.
- [16] L.M. Lederman and D. Teresi, “The God Particle”, Dell Publishing, 1993.
- [17] ATLAS Collaboration, *Phys. Lett.* **B716** (2012) 1-29. CMS Collaboration, *Phys. Lett.* **B716** (2012) 30-61.
- [18] D. Ayala García and W. Bietenholz, *Bol. Soc. Mex. Fís.* **26-3** (2012) 161-166. W. Bietenholz, *Rev. Cub. Fís.* **30** (2013) 109-112.
- [19] Y. Nambu
- [20] J. Goldstone