

Septuagésimo
aniversario del CERN

EL VIEJO Y EL CERN

LORENZO DÍAZ CRUZ

Un hombre mayor caminaba despacio por los pasillos de la cafetería del Centro Europeo de Investigaciones Nucleares, mientras un acompañante llevaba su charola de alimentos; buscaban la mesa donde lo estaban esperando. El rostro mostraba una sonrisa entre irónica y amable, la mirada dejaba ver el espíritu de un guerrero de la ciencia, siempre luchando por la verdad y la honestidad académica. Era un honor que ese profesor retirado, uno de los grandes expertos en la física de partículas elementales y de la teoría de los campos cuánticos, estuviera visitando este laboratorio, que él bien podría llamar su alma mater.

En los años 60 del siglo XX la comunidad de física teórica del mundo se jalaba los pelos tratando de formular una teoría correcta de la estructura básica de la materia, así como las interacciones que rigen el mundo subatómico. La generación de físicos de la Segunda Guerra Mundial había logrado formular la teoría de las interacciones electromagnéticas, encontrándose que dicha fuerza es el resultado del intercambio de una partícula llamada fotón, que en realidad también forman la misma luz. Esta teoría, conocida como electrodinámica cuántica, predijo la existencia de la antimateria, compañeros de la materia de su misma masa, pero de carga opuesta. En el caso del electrón ese compañero se llama positrón.



● Lorenzo Díaz Cruz realizando una estancia en el CERN.

Diez años atrás, durante la década de 1950, habían proliferado los hallazgos de nuevas partículas. Algunas se comportaban como el electrón, pero además participaban de una nueva interacción, la llamada fuerza débil. Dicha interacción hacía que el neutrón fuera inestable, con un tiempo de vida de unos cuantos minutos, al cabo de los cuales se convierte en un protón más un electrón. Adicionalmente, el físico austriaco Wolfgang Pauli propuso que debía existir un ente fantasmagórico que se conoce como el neutrino, cuya existencia se deduce por exigir que se cumpla la ley de conservación de la energía.

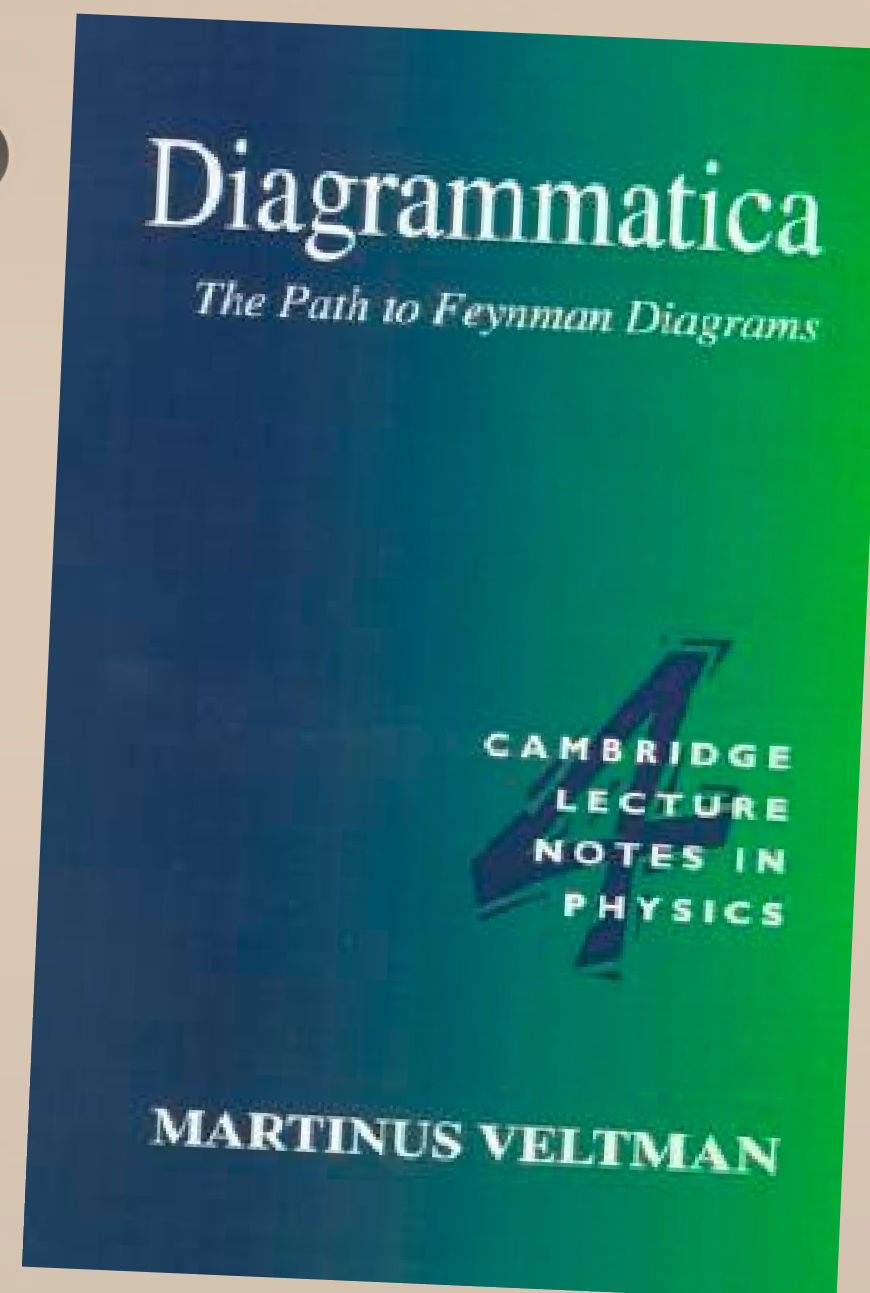
Por otro lado, para explicar la estabilidad del núcleo atómico, donde están juntos muchos protones que tienen carga eléctrica positiva, debía existir una fuerza de atracción que contrarrestara la fuerza de repulsión eléctrica. Esa es la llamada interacción fuerte. Ahora sabemos que el protón y el neutrón están formados de otras partículas, los llamados quarks.

En los años 60 del siglo XX la comunidad de física teórica del mundo se jalaba los pelos tratando de formular una teoría correcta de la estructura básica de la materia, así como las interacciones que rigen el mundo subatómico. La generación de físicos de la Segunda Guerra Mundial había logrado formular la teoría de las interacciones electromagnéticas, encontrándose que dicha fuerza es el resultado del intercambio de una partícula llamada fotón, que en realidad también forman la misma luz.



El camino para lograr entender esos fenómenos del mundo subatómico lo abrieron las llamadas teorías de Yang-Mills (YM), que generalizan la estructura matemática de la electrodinámica cuántica. Así, en lugar de tener un solo fotón, la teoría predice un arreglo de “fotones”, que son las partículas mediadoras de las fuerzas. Pero, ¿es una teoría o son muchas teorías? Podemos decir que el marco teórico es uno, pero hay muchas posibilidades específicas, esto es: se puede etiquetar la teoría con el tipo de simetría que contiene, mismas que habían sido estudiadas por los matemáticos tiempo atrás. Resulta que hay tantas teorías de YM como grupos de simetría, que son infinitos.

Además, para que estas teorías de YM fueran realistas, era necesario que algunos de esos “fotones” tuvieran masa. Tuvo que llegar la década de 1960 para que se descubriera un mecanismo que permite que las partículas adquieran una masa por medio de su interacción con el vacío, el llamado mecanismo de Higgs. Con dicho mecanismo se incluye la posibilidad de que el vacío, que es el estado de mínima energía, no respete las simetrías del sistema.



Estas teorías de YM con un vacío “vivo”, mostraban una notable complejidad matemática y había que domesticarlas para que pudieran hacerse cálculos de las propiedades de las partículas, como probabilidades de colisiones o decaimientos.



Sin embargo, estas teorías de YM con un vacío “vivo”, mostraban una notable complejidad matemática y había que domesticarlas para que pudieran hacerse cálculos de las propiedades de las partículas, como probabilidades de colisiones o decaimientos. Con ello se podría comprobar si dichas teorías podrían darnos una descripción correcta de la naturaleza a las escalas subatómicas.

Justo aquí intervino el genio de ese hombre que pasó casi desapercibido por la cafetería del CERN, el genial Martinus Justinus Godefriedus Veltman. En algún momento de su carrera, Veltman se convenció de que el problema central de la física de partículas de su tiempo era formular una teoría de las interacciones débiles, tan buena en su capacidad predictiva como la electrodinámica cuántica.

Lo primero que Veltman hizo fue convencerse de que el camino correcto para encontrar la teoría correcta era seguir explorando la estructura matemática de las teorías de Yang-Mills. Luego, sería necesario probar que todas las predicciones físicas son finitas, para que al final se pudiera comparar con los datos experimentales.

Veltman, junto con uno de sus estudiantes, Gerard 't Hooft, lograron arrancarle la cabeza de la Hidra a la teoría de campos cuánticos con rotura espontánea de la simetría. Con ello probaron que dichas teorías son renormalizables, esto quiere decir que se pueden manejar los infinitos que aparecen en pasos intermedios del cálculo de probabilidades de transición.

Lo primero que Veltman hizo fue convencerse de que el camino correcto para encontrar la teoría correcta era seguir explorando la estructura matemática de las teorías de Yang-Mills. Luego, sería necesario probar que todas las predicciones físicas son finitas, para que al final se pudiera comparar con los datos experimentales.



● Martinus J. G. Veltman (izquierda) acompañado de John S. Bell en el CERN, 1973. (Imagen: CERN).
© 2014-2016 CERN

Para manejar el álgebra que aparece en dichos cálculos Veltman desarrolló su propio lenguaje computacional de álgebra simbólica, que llamó Schoonship, una muestra más de su versatilidad y capacidad técnica. Por todo ese trabajo monumental, 't Hooft y Veltman recibieron el premio Nobel de Física en 1999.

Cabe mencionar que conocí a Veltman en los años de 1980, durante mi doctorado en la Universidad de Michigan. A muchos estudiantes de todo el mundo nos atrajo el ambiente que había en el grupo de física teórica de esa universidad, encabezado por él. Todos soñábamos con emular, aunque fuera en una parte, el trabajo de G. 't Hooft. Una vez que llegué a la universidad supe que para trabajar con Veltman había que tener una formación casi de nivel doctorado y saber mucha computación. Así me convencí de que era mejor especializarme en la física del Higgs, en el contexto de las llamadas teorías supersimétricas. Entre los profesores del grupo estaba Gordon Kane, un especialista en el

tema, también de fama internacional, quien dirigió mi trabajo de doctorado.

Así pues, contento de haber coincidido con Veltman en esa cafetería del CERN, me le acerque para saludarlo, aunque al principio el hombre parecía no reconocerme. Le dije mi nombre, que lo había conocido en Michigan. Entonces el rostro se le iluminó y me dijo:

—¡Ah sí!, ya recordé, ¡tú fuiste quien resolvió el problema del *vacuum alignment*!

Me dio gusto que recordara mi trabajo. Efectivamente, yo era el que había trabajado en ese problema, que surgió de una pregunta que me hizo él mismo. Sucedió que luego de completar mi doctorado realicé un posdoctorado en la Universidad Autónoma de Barcelona, y por azares del destino, antes de empezarlo, realicé una visita a la Universidad Autónoma de Madrid. Para mi sorpresa, también Veltman estaba de visita ahí, pues era muy amigo de otro legendario profesor español y físico teórico, Francisco Yndurain.

Durante varios días me tocó convivir con Veltman y el grupo de teoría de la Autónoma de Madrid, café, vino y cerveza animaban el lunch y las discusiones sobre temas diversos. Una de esas tardes Veltman me preguntó cómo es que el fotón seguía sin adquirir masa en modelos que contienen un sector escalar más allá del modelo estándar. Le dije que el vacío se elegía para que fuera así, pero que podría estudiarse qué tan general era eso. Me dijo que me recomendaba trabajar ese problema, que era muy importante, que él no lo hacía porque estaba muy ocupado. Me despedí con la promesa de que lo estudiaría, y así lo hice en cuanto empecé mi trabajo posdoctoral.

Terminé ese proyecto en menos de un año y logramos que se publicara en la prestigiosa revista *Nuclear Physics B*. Debo decir que ese artículo ("Vacuum Alignment in multi-scalar theories"), es sin duda uno de mis *papers* favoritos en mi carrera.



LORENZO DÍAZ CRUZ

Es doctor en Física por la Universidad de Michigan. Obtuvo el Premio Estatal Puebla de Ciencia y Tecnología en 2009. Fue merecedor de la Medalla de la DPyC-SMF (División de Partículas y Campos, Sociedad Mexicana de Física) en 2003 por su trayectoria en física de altas energías. Pertenece al SNI Nivel III. Realizó estudios en temas de educación en el Seminario CIDE-Yale de Alto Nivel en 2016. Es autor del libro *El muchacho que soñó con el bosón de Higgs*.

● © 2014-2016 CERN

