

Teoría de campo unificado

Luis de la Peña

Vladimir P. Vizgin. *Unified Field Theories in the first third of the 20th century*. Basilea: Birkhäuser Verlag, 1994. Volumen 13 de la colección Science Networks - Historical Studies. Traducido del ruso por Julian D. Barbour. Edición rusa original Nauka, Moscú, 1985. ISBN 3-7643-2679-4. ISBN 0-8176-2679-4

Esta excelente monografía del conocido historiador de la física (ex-)soviético V. P. Vizgin está dedicada al estudio sistemático del desarrollo histórico de las teorías de campo unificadas que fueron emergiendo en el contexto de la física teórica durante el primer tercio del presente siglo y conformaron el programa geometrizable de la época. El título de la obra corresponde exactamente a su contenido, con el énfasis puesto en el desarrollo histórico de las teorías de campo unificadas, más que en la exposición de éstas, lo que el autor hace, sin embargo, de manera concisa y clara en el caso de las más importantes variantes que discute.

La física —muy en especial, la física teórica— es por naturaleza reduccionista. Toda teoría física suficientemente general pretende englobar el máximo número posible de fenómenos físicos y busca desarrollarse en la dirección de extender su alcance. La tendencia a la generalización, es decir, a expandir el círculo de problemas y situaciones que una teoría dada puede abarcar, es la dirección en que se mueve históricamente no sólo cada una de las ramas de la física, sino ésta en su totalidad. Tan profunda es esta tendencia, que varios de los grandes momentos de la física se identifican con sus grandes síntesis, cuyos dos ejemplos tradicionales son clásicos, la mecánica celeste y la terrenal por Newton, la electricidad, el magnetismo y la luz por Maxwell. Menos conocidas entre el público general son las síntesis que la física de nuestro siglo ha logrado atrapar, son en efecto logros que no alcanzan el lustre de los de Newton y Maxwell, pero constituyen pilares

de importancia para el desarrollo conceptual de la física de nuestros días. Una de ellas, la más temprana, es la teoría de los quarks propuesta al inicio de la década de los sesentas por el físico norteamericano Murray Gell-Mann, que permitió reducir el centenar de hadrones conocidos en el momento¹ a combinaciones de sólo tres partículas (tres quarks) y sus tres correspondientes antipartículas. Otro gran paso sintetizador fue dado con la creación en la década de los setentas de la teoría electro-débil, que unifica las fuerzas débiles (responsables del decaimiento de partículas inestables de vida larga) con las electromagnéticas, y su posterior generalización en la teoría estándar, que amplía la anterior para incluir las interacciones nucleares y conformar una teoría única de estas tres interacciones. Para la física contemporánea, ésta es una síntesis mayor, que requirió de varias décadas y del esfuerzo de mucha gente para ser alcanzada.

Los esfuerzos de unificación geométrica de la relatividad general y la teoría electromagnética, sus motivaciones, vicisitudes y triunfos parciales, descritos con detalle y lucidez en esta obra, recuerdan más las grandes unificaciones físicas de los siglos anteriores, que las más recientes de la física de nuestros días. El paladín de la unificación geometrizarante fue Albert Einstein, quien dedicó a la búsqueda de la teoría fundamental del espacio, el tiempo y la materia casi treinta y cinco años, desde, digámoslo, 1920 hasta su muerte ocurrida en 1955, y pese a lo cual no logró coronar con éxito su obra. Para Einstein, el dualismo en que se vio inmersa la física con el descubrimiento del campo electromagnético por Faraday y Maxwell, y de ahí, de los campos en general como entes físicos que coexisten con la materia atómica, resultaba inadmisibles en línea de principio. Este dualismo de lo continuo y lo discreto lo veía como reflejo de la insuficiencia de nuestras teorías y difícil de aceptar como irreducible. En consecuencia, Einstein optó por el continuo y buscó la manera de construir una teoría general que unificara la relatividad general y la teoría electromagnética (las únicas dos teorías de campo conocidas en el momento), que aparecerían como manifestaciones diversas de un continuo único (el espacio-tiempo) y tal que de ella se derivaran de manera natural tanto la existencia de las partículas (específicamente, el electrón y el protón) como sus ecuaciones de movimiento, incluyendo sus propiedades cuánticas.

1. Los hadrones (partículas que interactúan fuertemente) son las partículas elementales que tienen interacciones de tipo nuclear; los hadrones más importantes son el protón, el neutrón y el pión. Hay partículas elementales que no son hadrones como, por ejemplo, los leptones (partículas ligeras, entre las que se cuentan el electrón y el neutrino) y el fotón (cuanto de luz).

De esta manera, los elementos físicos discretos y sus propiedades emergerían a su vez como otras tantas manifestaciones diversas de un continuo único: las partículas corresponderían a soluciones centrales (más o menos estables) de las ecuaciones de campo que existen en cualquier punto, o bien, de ser necesario, a singularidades, o vórtices, o nudos, etc. del campo.

La necesidad de unificación geométrica de la relatividad general y el campo electromagnético no es obvia. Mientras que la relatividad general es por esencia una teoría geométrica (en su versión usual la métrica del espacio-tiempo determina el potencial gravitatorio), la teoría electromagnética es de naturaleza dinámica y no es claro que deba, o pueda, ser reducida a elementos geométricos. Fue Hermann Weyl quien demostró por vez primera que esta geometrización es posible, pero Einstein nunca consideró la teoría de Weyl como físicamente correcta, pese a la admirable belleza y profundidad que reconoció en ella y que nunca dejó de encomiar. A la larga, Einstein se convenció de que éste era el camino más natural y promisorio e inició su larga búsqueda, que, como alguna vez el mismo dijera, le condujo a generar un panteón de esperanzas muertas.

El programa einsteiniano emergió casi en coincidencia con la aparición del otro gran programa de la física de nuestro siglo, el cuántico. Ambos programas se encuentran en conflicto, pues en la teoría cuántica se busca la manera de agregar a los campos aspectos corpusculares (ésta es la esencia de la dualidad onda-corpúsculo). Sin embargo, la búsqueda de la síntesis no se abandona ni aun en este caso, y se manifiesta, por ejemplo, en que en la teoría cuántica resultante, los campos que corresponden a los mesones (partículas como el pión) o, más en general, a los llamados gluones, son generados a partir de requerimientos de invariancia de la teoría fundamental, como campos de compensación. La simetría de norma local que caracteriza a esta teoría puede expresarse en términos geométricos² por lo que,

2. En la teoría unificada relativista el campo electromagnético se genera, por ejemplo, a partir de la conexión afín del continuo espacio-tiempo. En el caso del campo de norma puede versele como una conexión en un haz fibrado principal, cuya base está formada por el continuo espacio-tiempo, mientras que la fibra es el grupo de simetría interna. El primer campo de norma descubierto fue el electromagnético, el que puede generarse demandando que las conexiones (cuánticas) fundamentales que describen partículas con carga eléctrica sean invariantes frente a una transformación local de norma: el campo aparece como un campo de compensación, que restablece la invariancia demandada al realizar la transformación. Este fenómeno se da con la carga eléctrica, debido a su doble carácter, pues a la vez es fuente del campo y obedece una ley de conservación, la que, por el teorema de Noether, da lugar a la simetría

aunque de manera menos dramática, el programa de unificación cuántica actual contiene elementos fundamentales del programa einsteiniano. Esto es aún más claro en el caso de las teorías unificadas de supercuerdas que están hoy en estudio y ebullición pues con ellas se pretende, como objetivo central, unificar la teoría estándar y la relatividad general, para obtener la teoría general de todas las interacciones, dentro de un contexto cuántico.

El libro de Vizgin, que se lee con fruición, describe con detalle las motivaciones y los esfuerzos realizados por matemáticos como Hilbert, Weyl, Kaluza, etc., y físicos teóricos como Eddington, (G.) Klein, Pauli, el propio Einstein, etc., dirigidos a proponer, construir y avanzar en el desarrollo de las diversas teorías unificadas que se sucedieron en el curso de la primeras tres décadas del presente siglo, o sea, hasta el advenimiento de la mecánica cuántica contemporánea. Aunque el acento queda naturalmente colocado en los limitados éxitos directos que se alcanzaron, la discusión muestra con claridad el importante papel que tales teorías han jugado como base conceptual durante el desarrollo de la teoría cuántica de campo y, muy en particular, de las teorías de norma, o, si se prefiere, de campos de compensación. La exposición es excelente, aunque en ocasiones ligeramente repetitiva. Naturalmente, el énfasis es puesto en los aspectos históricos, pero sin descuidar la exposición, suficientemente detallada y clara, de los elementos conceptuales y matemáticos de las diversas teorías que se discuten. Estas características hacen de la obra a la vez un interesante texto de introducción al tema y un excelente material de referencia, útil tanto a físicos como a matemáticos interesados en la física-matemática o en su historia contemporánea. Es importante tener presente que el autor se detiene en los años treinta, por lo que todos los desarrollos posteriores, asociados básicamente con la teoría cuántica, son solo tocados de paso, y esto hasta 1985, año en que se publicó la edición original en ruso. La traducción al inglés es excelente y minuciosa. Una deficiencia de la obra que hubiera podido tener fácil remedio, heredada de los usos en la literatura científica soviética, es la falta (en este caso, total) de un índice apropiado al final, agravada por la extrema brevedad de la tabla de contenido inicial.

Dada la dirección que las teorías unificadas están tomando en nuestros días, la lectura de una obra como la de Vladimir Vizgin puede ser de gran utilidad y un estímulo importante para alentar el estudio de direcciones profundas en la física.

Luis de la Peña, realizó estudios de ingeniería en comunicaciones eléctricas y electrónicas en la ESIME del IPN (1950- 1953) y, el doctorado en ciencias físico-matemáticas en la Universidad Estatal Lomonosov de Moscú (1961-1964). Desde 1958 imparte cursos de licenciatura y posgrado en la Facultad de Ciencias de la UNAM y es un investigador en el Instituto de Física. Su área de investigación es la física teórica, con énfasis en los fundamentos de la mecánica cuántica y en teoría de procesos estocásticos. Es coautor, junto con A. M. Cetto, del libro *The quantum idea: an introduction to stochastic electrodynamics* (Kluwer, 1995) y, coeditor del libro *The philosophy behind physics de T. Brody* (Springer Verlag, Heidelberg, 1993, 1994). También ha publicado libros de divulgación así como artículos de investigación en revistas especializadas.