



Paul A. M. Dirac y la estética en la ciencia

Kurt Bernardo Wolf

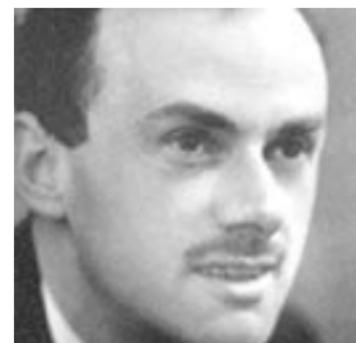
Instituto de Ciencias Físicas, UNAM-Campus Morelos
Miembro de la Academia de Ciencias de Morelos A. C.

El verano pasado estuve en Newcastle, Inglaterra, participando en el congreso bianual

de teoría de grupos (28-ICGTMP). Los grupos son la herramienta matemática idónea para estudiar la simetría de variados sistemas. Ocurrió que hice amistad con un colega alemán, Hans Kastrup, quien me regaló un libro extraordinario, escrito por un investigador del Museo de Ciencia de Londres sobre Paul

Adrien Maurice Dirac [1], a quien la comunidad física conoce como el padre unificador de la mecánica cuántica [2]. Dirac fue un físico extraño; parco de habla, muy conciso en sus escritos, ensimismado y enjuto, modesto al extremo, catedrático Lucasiano en Cambridge, Premio Nobel 1931, y hombre de

familia. Como joven doctor, le tocó conocer, alternar y dirimir sus diferencias conceptuales con la generación de jóvenes –todos menores de 40 años– que construyó ladrillo a ladrillo la teoría cuántica de la materia y la luz durante los años 20s y 30s del siglo pasado: Bohr, Heisenberg, Schrödinger, de Broglie,



Paul A. M. Dirac (1902–1984)

Oppenheimer, Wigner, ... Apellidos que debieran ser tan familiares y gratos como los de los otros muchos escritores, artistas, cineastas y deportistas de ese siglo.

Dirac personifica el talento para expresar con máxima sencillez y elegancia matemática los fundamentos de una teoría, dejando a sus colegas embonarlos firmemente con experimentos que la confirmen o descarten. Mostró que las construcciones de Heisenberg y de Schrödinger eran equivalentes, y las conjugó con su propio aparato matemático. A finales de 1928, Dirac atacó el problema de unificar la teoría cuántica con la relatividad de Einstein mediante una sola ecuación clave. Sorprendentemente, obtuvo no sólo la explicación del giro intrínseco del electrón (*spin*), sino también la predicción de su anti-partícula: el positrón. Cuando la existencia efímera de esta anti-materia fue confirmada, le fue concedido el premio Nobel por su descubrimiento. Para no dejar al apartado la ecuación de Dirac, con un pie que intenta interpretar sus símbolos.

Predecir mediante matemáticas la necesaria existencia de una partícula material significa que se ha penetrado más adentro del mundo real que la mera descripción de uno de sus fenómenos. Sin embargo, es condición necesaria mas no suficiente, pues la naturaleza es más sutil. Durante las décadas siguientes se comenzaron a descubrir experimentalmente partículas más allá de los protones, electrones y fotones conocidos en tiempos de Dirac. Existen el neutrón, el neutrino y el muón, los tres piones, la lambda, las tres sigmas, las dos xis, las cuatro deltas, cada una caracterizada de forma única por su masa, carga eléctrica, por las reacciones en las que participan con distintas probabilidades, y en las que no participan jamás.

Durante la segunda mitad de los 60s me tocó vivir como estudiante de posgrado en Israel otro hito en la física de las partículas elementales: se había confirmado la existencia de una partícula llamada Omegas, predicha poco antes por Murray Gell-Mann, Yuval Ne'eman y George Zweig, con base en una teoría conocida como Los Tres Quarks –técnicamente se llama SU(3), o de interacciones hadrónicas. Bien pronto hubo centenares de artículos en revistas científicas que de-

Cablemás HD

con más canales y al menor precio

por sólo
\$99 al mes

adicionales a la renta de tu servicio

Y por lanzamiento
recibe:

**2 meses
al 50%***

Contrata al:
01 800 522 2530
www.cablemas.com

Cablemás
DIGITAL

*Vigencia de la promoción al 31 de Marzo de 2011. A partir del 3er. mes después de la contratación la tarifa será de \$99 adicionales a la renta del Servicio Digital. Aplica para Clientes ya digitalizados, que cuenten con paquete con video de más de 70 canales del Servicio Residencial.



Marcos Moshinsky (1921–2009)

sarrollaron la teoría para proponer experimentos y extensiones que rigieran sobre otras interacciones. Fue en el Instituto Weizmann, en Rehovoth, donde me tocó escuchar una conferencia dada por el propio Dirac, entonces de 70 años, con el mismo porte y voz que tan bien retrata el libro que me regaló el profesor Kastrop.

La búsqueda por el diseño maestro del mundo siguió su curso. Gell-Mann obtuvo el premio Nobel en 1969, y siguieron descubriéndose partículas y tejiéndose construcciones basadas en la estética de simetrías multidimensionales, hasta consolidar en los 80s el llamado Modelo Estándar, que explica buena parte de la microfísica conocida. No obstante, este modelo aún no es satisfactorio pues no ha logrado incorporar de manera orgánica a la gravedad y a la cosmología, a pesar de la plétora de estructuras matemáticas propuestas para formular lo que irónicamente se ha llamado "Teoría del Todo". Se han dedicado enormes esfuerzos para confirmar ciertas predicciones clave como la existencia del bosón de Higgs, que imparte masa a la materia, objetivo importante del Gran Colisionador de Hadrones que ha entrado en operación recientemente en Ginebra, a un costo de varios gigadólares. Una extensión significativa del rango de validez de la ecuación de Dirac fue propuesta en 1989 por Marcos Moshinsky, trabajando con su asociado postdoctoral Adam Szczepaniak [3]: descubrió que la ecuación de Dirac, además de portar en su seno a las fuerzas electromagnéticas, también se presta para incluir fuerzas del tipo de oscilador armónico [4], que fueron originalmente asociadas al modelo SU(3). La expectativa era que con esta extensión se pudieran describir las interacciones fuertes entre protones, neutrones y mesones, y

entender sus masas y otras características que el Modelo Estándar acepta como datos puramente experimentales. La maestría del Dr. Moshinsky consistió en aplicar la nueva ecuación para describir sistemas compuestos de dos, tres o más de estos cuerpos elementales. Desafortunadamente, las masas predichas no corresponden con las que estas partículas realmente tienen [5]. Sin embargo, existe el convencimiento de que una estructura con esa elegancia y parsimonia no puede quedar desaprovechada por el mundo real. Investigaciones más recientes [6] han mostrado que en varios casos particulares, la ecuación de Dirac-Moshinsky en efecto reproduce resultados como los del modelo de Jaynes-Cummings en óptica cuántica, que rige la interacción de la luz con átomos [6].

La herencia de Dirac ha sido el criterio de austera simplicidad en las ideas fundamentales sobre el mundo y su concreción en ecuaciones breves y profundas. Sin el apoyo de la religión o la filosofía, la física se ha desenvuelto lenta pero firmemente hacia el entendimiento de lo que nos rodea. Y así como un poco de educación musical nos abre al gozo de escuchar las obras de sus genios, estudiar la física nos sensibiliza para apreciar la estética de la naturaleza.

Referencias:

- [1] Graham Farmelo, *The Strangest Man* (Faber&Faber, Londres, 2010).
- [2] P.A.M. Dirac, The Quantum Theory of the Electron, *Proceedings of the Royal Society*, **A117** 610-624 (1928); *ibid.* **A118**, 351-361 (1929).
- [3] M. Moshinsky y A. Szczepaniak, The Dirac oscillator, *J. Phys. A* **22**, L817—L820 (1989).
- [4] K.B. Wolf y G. Krötzsch, El oscilador armónico, *La Unión de Morelos*, 15 de junio 2009, pp. 34—35. Véase en http://www.acmor.org.mx/descargas/09_jun_15_oscilador.pdf
- [5] M. Moshinsky y Yuri F. Smirnov, *The Harmonic Oscillator in Modern Physics* (Harwood Academic Publ., Amsterdam, 1996). Capítulos 11—13.
- [6] J.M. Torres, E. Sadurní y T.H. Seligman, The Dirac-Moshinsky oscillator coupled to an external field and its connection to quantum optics, *American Institute of Physics Conference Proceedings* **1323**, 301—312 (2010).

$$\gamma \cdot (i\hbar c \partial - eA) \Psi = mc^2 \Psi$$

La ecuación de Dirac del electrón. El símbolo γ (gamma) es un conjunto de cuatro matrices (arreglos de números con propiedades específicas bajo producto); el punto \cdot es importante porque indica el producto de estas cuatro matrices con el vector de cuatro dimensiones que le sigue entre paréntesis; el símbolo ∂ produce las razones de cambio (derivadas) respecto de movimiento en el espacio y en el tiempo; A es el cuadrivector de potencial electromagnético; Ψ es el vector función de onda de cuatro componentes (dos para cada orientación de giro del electrón y dos de su anti-partícula —el positrón); m es la masa del electrón, e su carga eléctrica, \hbar es el cuanto de acción de Heisenberg, y c es la velocidad de la luz.

Para actividades recientes de la Academia y artículos anteriores puede consultar: www.acmor.org.mx

Se renueva el Comité Editorial de la Academia de Ciencias de Morelos

El Comité Editorial de la Academia de Ciencias de Morelos se encarga de la revisión y edición de los artículos que aparecen todos los lunes en esta sección y se renueva cada dos años.

Durante 2009 y 2010, éste Comité estuvo integrado por:

Dr. Enrique Galindo Fentanes (Coordinador), Instituto de Biotecnología, UNAM-Campus Morelos
Dr. Hernán Larralde Ridaura, Instituto de Ciencias Físicas, UNAM-Campus Morelos
Dr. Gabriel Iturriaga de la Fuente, Centro de Investigación en Biotecnología, UAEM
Dr. Edmundo Calva Mercado, Instituto de Biotecnología, UNAM-Campus Morelos
Dr. Sergio Cuevas García, Centro de Investigación en Energía, UNAM-Campus Morelos

quienes agradecen la preferencia de los lectores, así como el enorme apoyo que tuvieron de parte de los autores y de *La Unión de Morelos*.

El Comité Editorial para el periodo 2011-2012 esta integrado por:

Dr. Edmundo Calva Mercado (Coordinador), Instituto de Biotecnología, UNAM-Campus Morelos
Dr. Raúl Arredondo Peter, Facultad de Ciencias, UAEM
Dr. Sergio Cuevas García, Centro de Investigación en Energía, UNAM-Campus Morelos
Dr. Thomas W. Buhse, Centro de Investigaciones Químicas, UAEM
Dr. Luis Mochán Backal, Instituto de Ciencias Físicas, UNAM-Campus Morelos
Dra. Julia Tagueña Parga, Centro de Investigación en Energía, UNAM-Campus Morelos



ACADEMIA DE CIENCIAS DE MORELOS, A.C.



Con el objetivo de estimular y promover las actividades de investigación, así como la posibilidad de detectar talentos en las áreas de ciencias y humanidades entre los estudiantes de nivel medio y medio superior, el Centro Universitario Anglo Mexicano, S. C. y la Academia de Ciencias de Morelos, A. C. convocan a los estudiantes de enseñanza media (secundaria) y media superior (preparatoria/bachillerato) a participar en el

XXII Congreso de Investigación CUAM-ACMor



Jueves 12 y viernes 13 de mayo de 2011
de las 9:00 a las 14:00 horas
Sede: CUAM-Morelos

Luna 44 esquina con Sol, Colonia Jardines de Cuernavaca

Fecha límite para inscripción: **18 de Marzo de 2011**

Fecha límite para recepción de carteles: **4 de Mayo de 2011**

Es el congreso de mayor tradición en el Estado y pionero a nivel nacional



El jurado está formado por investigadores de alto nivel, varios de ellos miembros de la ACMor. **Este evento es clasificatorio para las Experiencias Nacionales y Experiencias internacionales, así como otros eventos Internacionales de Milset**



Los ganadores tendrán derecho a una **beca**, otorgada por la Academia Mexicana de Ciencias, para un **"Verano de la Investigación"**

Informes

Lic. Alma Ayala
Presidenta del Comité Organizador
almaaayal@gmail.com
aayala@hcuam.cuam.edu.mx
(777) 316 2339

Lic. Nora de la Vega
noravega24@hotmail.com
nvega@hcuam.cuam.edu.mx
(777) 315 6888 y 316 2389

M. en B. Alma Caro
Secretaria Ejecutiva de la ACMor
almadcaro@yahoo.com.mx
Celular (777) 155 7221 Tel. (777) 311 0888

Consulta la convocatoria en: www.cuam.edu.mx www.acmor.org.mx



Este evento cuenta con el co-patrocinio del CCyTEM, a través de un proyecto del Fondo Mixto CONACyT- Gobierno del Estado de Morelos