

# Horizonte

## EL MICROCOSMOS EN 1961

Por Fray Juan ZARCO DE GEA, O. F. M.

EN cuanto al sentido filosófico y principalmente epistemológico del desarrollo de la ciencia del microcosmos, hay que decir que consiste esencialmente en la continuación y ampliación—gracias a nuevos argumentos objetivos—del movimiento general de avance, iniciado hace ya bastantes lustros hacia una representación cada día más perfectamente estructuralista, dinamista y funcionalista de la naturaleza, tanto inanimada como viviente; y a la vez, en el progresivo abandono, cada día más pleno, de las imágenes espaciales y estáticas de aquélla, propuestas por el mecanicismo materialista, que concebía las totalidades naturales (sistemas físicos, organismos), al modo de edificios resultantes de la reunión de elementos o piezas materiales independientes, bien individualizadas, persistentes y especialmente localizadas (corpúsculos, células), cuyas interacciones bastaban para dar razón del todo. Pero el destino de la ciencia moderna de lo más pequeño, en sus diversas ramas, parece ser el de comprobar a cada paso que los sillares y constituyentes últimos de lo real, así supuestos, no poseen tan notables cualidades y que en ningún terreno son las partes quienes pueden explicar el todo, sino siempre, por el contrario, el todo—en forma de un campo matemático—el que ha de justificar cada ente parcial y cada acontecimiento. Este resultado puede expresarse también, si se quiere, como la liquidación del materialismo, para emplear las palabras de Pascual Jordán.

Toda la historia de las partículas elementales, siempre más numerosas y extrañas, que ha culminado con el hallazgo experimental de protón negativo, provocado en el bevatrón de la Universidad de California por el bombardeo de un blanco de cobre mediante protones ordinarios (positivos) animados de una energía de 6.200 millones de electrón-volts, tiene, en efecto, el sentido de un proceso de desmaterialización progresiva, iniciado con la mecánica cuántica y ondulatoria, proceso que se enriquece continuamente con nuevos aspectos y matices, gracias a los cuales adquiere cada día más el carácter de una transformación radical de nuestros conocimientos cosmológicos. Algunas fases de este singular proceso científico son relativamente conocidas, al menos en su enunciado: la dualidad, para cada partícula, de un aspecto ondulatorio—hecho patente en la famosa experiencia de difracción de electrones, al modo de las ondas luminosas, por Davisson y Germer, en 1927—, estrechamente asociados por relaciones matemáticas entre sus magnitudes características; la interpretación probabilística de las ecuaciones de ondas de Schrödinger, por la cual la localización espacial de una partícula en un instante dado se diluye por todo el espacio, con distintos grados de probabilidad de presencia de la partícula en cada punto y en cada región del mismo, al tiempo que su cantidad de movimiento se distribuye probabilísticamente también entre distintos valo-

res posibles; así como la posibilidad de aniquilamiento de la materia, con desprendimiento de energía radiante, y del fenómeno opuesto de materialización o condensación de la energía en forma de diversas partículas elementales, de acuerdo con la repetida ecuación einsteiniana  $E = mc^2$ , que relaciona ambas magnitudes. Son también del dominio público los fenómenos de transformación de unos elementos químicos en otros por la radiactividad natural (emisión de rayos "alfa", "beta" y "gamma") o artificial o de transformación de unas partículas elementales en otras—neutrones en protones o viceversa, con emisión de radiación "beta" (electrones) positiva o negativa—, que demuestra entre otras cosas lo inadecuado de los conceptos de "simplicidad" o "composición" en este dominio. Pero acaso no se haya reflexionado mucho sobre un peculiar aspecto de subordinación de las partículas elementales cargadas de "spin"  $1/2$  (con relación a la unidad convencional)—y aún del neutrón y neutrino—al campo o a la estructura total del universo físico, representada por el hecho de que una de esas partículas no puede producirse o desaparecer sino en compañía de la que le es complementaria en un par de partículas de semejantes características y signos opuestos, pero nunca aisladamente. Este hecho desconcertante y sugestivo, previsto en la teoría del "spin" de Dirac de 1928, cuya validez para las partículas "ligeras" fue puesta de manifiesto por Anderson en 1932, ha sido comprobada para el par "pesado" (protón-antiprotón) en la experiencia californiana del año 1955.

Los últimos años transcurridos han sido de gran interés para el estudio y comprensión de las partículas elementales, o sea, para el microcosmos. Un grupo de físicos eminentes de la escuela italiana, dirigidos por Amal-

di, han logrado, empleando la técnica de las emulsiones nucleares, por ellos elaborada, registrar la huella del paso de una partícula de masa análoga a la del protón, y de carga eléctrica opuesta: todo esto a 25.000 metros de altura, gracias a globos-sonda que alcanzaron las zonas de la atmósfera en que la intensidad de efectos ionizantes de la radiación cósmica es inmensa. Las conclusiones de estos físicos aparecieron en el "Nuovo Cimento". (Hay que observar que experiencias semejantes, pero de valor definitivo, habían sido hechas anteriormente en Norteamérica por Schein, de Chicago, y Rossi, del Politécnico de Massachusetts, con cámaras de Wilson a 30.000 metros.)

En la Conferencia Internacional de Pisa sobre partículas elementales se adoptaron las siguientes conclusiones:

a) Todos los mesones-K, tanto cargados como neutros, tienen una masa de unos 96 electrones (con error menor de 10), y una vida media, los cargados, del orden de una cienmillonésima de segundo. La energía necesaria para la producción de mesones positivos en el bevatrón, con relación a la que es precisa para producir los negativos, está en proporción de 100 a 1.

b) Teniendo en cuenta los conocimientos actuales, puede considerarse que existen cuatro clases o categorías generales de partículas elementales: 1. Los bariones, que incluyen los nucleones (neutrones y protones) y varias clases de hiperones, partículas estas últimas inestables, de masa mayor que los nucleones—o sea, las de mayor masa conocida—y que se desintegran fácilmente, produciendo un nucleón, un mesón "pi", o a veces un mesón y otro hiperón; 2. Los mesones, propiamente dichos, que comprenden los pi-ones y varios tipos de mesones-K; 3. Los electrones que comprenden los ordinariamente conocidos como tales, positivos y negativos, los mu-ones (que se desintegran en un electrón ordinario y dos neutrinos) y el neutrino de Fermi; 4. Finalmente, los fotones de luz.

c) Se admiten igualmente tres tipos irreductiblemente distintos de interacción entre partículas: fuertes, electromagnéticas y débiles. Estas conclusiones fueron completadas después por las luminosas disertaciones de Bethe y Leprince-Ringuet en la Conferencia de Ginebra sobre mesones de luz ("pi" y "mu") y mesones pesados o hiperones, respectivamente.

Un gran acontecimiento, en el campo del microcosmos, se produjo en Berkeley en octubre de 1955, por obra de Lawrence, el inventor del ciclotrón, que ya en 1948 había conseguido, por primera vez, materializar mesones. Lawrence y sus colaboradores—el principal Emilio Segrè, de la escuela italiana de Fermi, emigrado como éste a América—tuvieron éxito en una experiencia en la cual, proyectado un chorro de protones ordinarios sobre un blanco de cobre, algún protón, al chocar con un neutrón del cobre dio como resultado el rebote de ambas partículas, y además de esto, la materialización de una parte de la energía en un grupo

nuevo de partículas, entre las cuales un par protón-antiprotón que salieron disparados a 160.000 kilómetros por segundo, recorriendo pocos metros y desapareciendo con emisión de energía radiante; Segre opina que antes de aniquilarse el par pasó por el estado de intermedio de mesones.

La principal consecuencia teórica de este hecho fue sanción definitiva dada por la experiencia a la teoría de Dirac. Lo que se había propuesto este investigador inglés con su teoría ondulatoria relativista del "spin" era establecer una ecuación de onda capaz de satisfacer al principio de la relatividad de Einstein, que exigía que la coordenada representativa del tiempo fuera siempre una cuarta coordenada en todo análoga a las tres especiales, cosa no cumplida por la anterior ecuación de onda, la de Schrödinger, que no es simétrica respecto de las cuatro coordenadas, sino de segundo orden con relación a las espaciales y de primero con relación al tiempo. La teoría de Dirac encuadra en la nueva mecánica, además de los aspectos de carga y masa de las partículas, también su momento magnético y cinético representados por el "spin". Pues bien, establecida la teoría frontal, resultó que, según ella, los estados de energía negativa debían ser considerados en el universo en el mismo pie de igualdad que los de energía positiva. Dirac tuvo que suponer que tales estados negativos están ocupados normalmente por electrones negativos no visibles físicamente (pues todos los procesos ordinarios ocurren en la región de energía positiva); de este mar de electrones invisibles los campos electromagnéticos pueden llevar uno a la región de energía positiva, en la que se hace observable, pero éste deja un hueco, un lugar desocupado, en el mar desocupado, en el mar de energía negativa, y este hueco se comporta en todo como un electrón positivo de energía positiva. O sea, el electrón positivo no es sino la ma-

nifestación observable de un hueco.

Generalizada esta teoría a todas las partículas de "spin" 1/2 resulta que a cualquier partícula conocida de esta clase le corresponde su complementaria o hueco, formando entre ambas un par, indivisible por esencia, en el sentido de que dos partículas complementarias sólo pueden aparecer y desaparecer juntas, ya que para que un hueco aparezca el relleno debe haber salido y para que un hueco desaparezca algún saliente debe haber desaparecido también, rellenándolo.

Estaba implícito en esta audaz y genial concepción, como se ve, que también el protón tuviera su partícula complementaria, el antiprotón, que no es más que el hueco o falta de aquél. La comprobación de su existencia—si existencia puede llamarse a este modo de ser, que es faltar—es más importante que la comprobación del positrón o hueco del electrón (1932), pues mientras éste alcanza a las partículas periféricas del átomo o satélites, de pequeña masa, la constatación del antiprotón demuestra que la parte substancial del núcleo mismo del átomo, y, por tanto, de toda materia tiene también su hueco, su antimateria o, más bien, que la materia se convierte definitivamente en un símbolo matemático, capaz de signo más y signo menos, en una entidad puramente formal, desposeída de todas las notas que se le atribuyen desde antiguo y plenamente subordinada a las exigencias de un campo.

Esta despersonalización, o mejor dessubstanciación de las partículas elementales que ha ido haciéndose, hasta hoy, cada vez más plena y perfecta, y que hizo decir a Eddington que "la única característica que posee una partícula elemental es su relación con la estructura total", permite comprender que De Broglie pueda tratar matemáticamente a un fotón de luz de cierta energía como si fuese un sistema formado por un

par de partículas complementarias de Dirac, pues se comporta de modo idéntico, cediendo la totalidad de su energía al encontrarse con la materia, como si el par se aniquilase. Terminaremos con otras palabras de Eddington, que harán percibir la gran revolución cosmológica operada por la física moderna, de la cual la manifestación del antiprotón sólo es la más ruidosa sanción experimental: "Se llama un estado a la relación entre la partícula y el todo, y se dice que un estado se halla ocupado o desocupado. En lugar de hablar de símbolo de existencia independiente hablaremos de símbolo de ocupación".

La ciencia atómica, pues, acabado de modo definitivo con el atomismo entendido en la forma tradicional, que había durado milenios, desde Demócrito. Los átomos materiales han desaparecido del horizonte del conocimiento humano. La realidad sólo nos permite concebir a las partículas como átomo formal, de Leibniz, como mónadas, y nos demuestra que también tienen su principio de los indiscernibles en el principio de exclusión de Pauli, que prohíbe que dos electrones de un átomo ocupen el mismo estado: serían indiscernibles.

Liquidado el materialismo tradicional en los fundamentos mismos de la Física, probada la imposibilidad de las imágenes mecanicistas para la representación del universo de las partículas elementales, necesariamente la relación esencial entre el microcosmos fisicoquímico y el microcosmos biológico ha de entenderse según una nueva perspectiva. Así los trabajos acerca de síntesis de sustancias del mundo de lo viviente han de verse bajo una nueva luz. ¿Cómo podría hablarse aún—decimonómicamente—del logro de materia viva, a partir de materia inanimada, cuando todas las características de lo material se han perdido ya en el mundo de lo inanimado?

---

Supongamos que tenemos a nuestra disposición dos clases de polvo: uno blanco (harina) y otro negro (hollín). Si los mezclamos obtendremos un polvo gris tanto más claro cuanto más harina tenga y tanto más oscuro cuanto contenga más hollín. Si la mezcla es perfecta, a nuestra escala de observación (es decir, sin la ayuda de un microscopio), el fenómeno estudiado será siempre un polvo gris. Pero imaginemos un insecto tan pequeño como los granos de harina y de hollín, que circula en medio de este polvo. Para él no habrá polvo gris, sino solamente rocas blancas y rocas negras: a su escala de observación, el fenómeno "polvo gris" no existe.

Lo mismo ocurre con cualquier Impreso o grabado. Examinada con lupa la nariz de Jorge Washington se ofrece a nosotros como una sucesión de puntos negros y blancos. Bajo el microscopio sólo veremos el grano del papel gris, negro o blanco, según esté o no recubierto de tinta. El fenómeno principal, al dibujar el retrato de Washington, ha desaparecido. No existe a nuestra escala de observación.

En otros términos, puede decirse que, desde el punto de vista del hombre, es la escala de observación la que crea el fenómeno. Cada vez que cambiemos esa escala encontraremos fenómenos nuevos. Este hecho fundamental ha sido descubierto por vez primera por un brillante físico suizo que murió en 1942, el profesor Charles-Eugène Guye. El nos permite comprender muchas cosas y evitar errores filosóficos graves.

(Leconte de Noüy: *L'homme et sa destinée*. La Colombe. París, 1948, págs. 24-25.)