

# La actividad física de la materia

Manuel Béjar Gallego

Cátedra de Ciencia, Tecnología y Religión

Universidad Pontificia Comillas (Madrid)

E-mail: mbejar@recuerdo.net

ciencia y  
sociedad

Parece imborrable de la mente la célebre cantinela de la materia que aprendimos en la escuela. La materia ni se crea ni se destruye, se transforma. Esto supone que los procesos físicos no permiten la creación ni la destrucción de materia. Simplemente, en ciencia se constata una actividad física de la materia que causa sus transformaciones observables. Como sabemos esta incesante actividad se originó tiempo atrás en el *Big Bang*. De acuerdo con este modelo cosmológico actual se liberó la materia-energía que dinamiza nuestro universo.

Irresistiblemente el pensamiento nos evoca a la posibilidad de una realidad ulterior al comienzo del universo. ¿Qué había antes del primer instante? La ciencia no puede darnos una respuesta clara, porque la ciencia experimental es conocimiento de la actividad física de la materia. Y esta actividad física precisa de energía y tiempo.

Esto es, el universo de materia y su dinamismo físico no podrían existir sin la energía liberada al comienzo. Entonces la pregunta por el antes de esta actividad desborda los límites de la ciencia. Es más, ni siquiera el mismo estado singular del *Big Bang* está bien definido científicamente. Si en ciencia no hay creación de la materia, es imposible científicamente dar una razón suficiente del origen del universo y su actividad física.

Sin embargo, la pregunta por el más allá del tiempo de nuestro universo físico es legítima. ¿Por qué hay algo en lugar de nada? Nos preguntamos por una hipotética materia indestructible que aún no despliega su actividad física. La respuesta no la hallamos en la ciencia porque lo experimentable de la materia es precisamente su interactividad física. Queda planteada así una cuestión que desborda la metodología científica y se proyecta hacia lo metafísico.

¿Qué es la materia? ¿Por qué inicia una actividad física? ¿Cómo es su proceder sin tiempo? Estas son algunas preguntas metafísicas de la materia, complejas, que nos hacen ver que la ciencia no ofrece una explicación completa de la naturaleza de la materia. ¿Qué estudia entonces la ciencia de la materia?

La ciencia estudia la actividad física de la materia a partir de cuatro interacciones fundamentales: gravitatoria, electromagnética y dos tipos de interacciones nucleares. Cada interacción exige un intercambio de energía en la materia durante cierto tiempo. Esta actividad de la energía en el tiempo dinamiza la materia y la hace susceptible de ser observada y medida experimentalmente. Por tanto, todo el conocimiento científico de la materia se fundamenta en alguna de estas interacciones fundamentales. Así, el mundo físico macroscópico se explica mediante las dos interacciones de largo alcance. La gravitatoria es la interacción dominante en el universo a gran escala y la interacción electromagnética es fundamental para entender la consistencia de los objetos ordinarios. La actividad de la materia a escala atómica se explica mediante las dos interacciones nucleares de muy corto alcance.

Sin tiempo o sin cambios de energía no hay actividad física y la

materia no desvela su dimensión empírica. Por este motivo no es científicamente posible hablar de qué hubo antes del tiempo. La ciencia no habla de creación –lo impiden sus principios–, no explica por qué surgen el tiempo y las interacciones físicas en el *Big Bang*, ni puede decidir si el universo es autosuficiente o precisa de un fundamento metafísico.

Ahora bien, los modelos físicos de la materia, bien construidos a partir de las experimentaciones científicas sí deben influir en los debates metafísicos. Recordamos que el interés de un estudio metafísico es iluminar la razón de ser de nuestro universo físico tal como se muestra empíricamente. Por este motivo, no es de recibo una metafísica ajena a los descubrimientos que la ciencia va consolidando con la ayuda de la tecnología. De este modo defendemos que las construcciones metafísicas deben ser perfiladas por el conocimiento científico e, incluso, refutadas definitivamente si sus premisas son incompatibles con los resultados científicos.

A un humanista de hoy, interesado por las cuestiones clásicas de fondo sobre el ser y el modo de existencia humana en un soporte material, no puede pasarle inadvertido los importantísimos logros que la física de partículas ha conquistado

en los últimos cincuenta años. En la actualidad se sabe cómo fue la materia al comienzo del universo porque ha sido posible recrear en el laboratorio las condiciones físicas de un pasado remoto próximo al *Big Bang*. Tal proeza es el gran logro de la física de muy altas energías. Nos referimos a la física de partículas elementales. El constructo teórico más complejo de la humanidad –la denominada teoría cuántica de campos–, junto a la ingeniería más sofisticada jamás construida –el acelerador de partículas LHC– nos ofrecen hoy unos de los modelos científicos más precisos –el modelo estándar de partículas elementales–. Sin duda la imagen actualizada acerca de la naturaleza física de la materia es bien distinta del marco clásico de corte newtoniano y al mismo tiempo goza de mayor ímpetu para proyectarse sobre el fondo metafísico de la realidad.

Durante muchos años se creyó que llegar al fondo de las cosas permitiría alcanzar un conjunto de realidades corpusculares que sirvieran de fundamento sólido de la materia. El ideal del reduccionismo fue pretender un análisis extremo del mundo material hasta topar con sus elementos básicos individuales. En el presente sabemos que no hay un fundamento material absoluto del que puede

surgir toda la gran diversidad de estructuras materiales. El carácter elemental atribuido a ciertas partículas es relativo al nivel energético que caracteriza el análisis. No hay una partícula cuya existencia se considere en sentido absoluto. Dependiendo de la energía dispuesta se pueden considerar como elemental unas estructuras u otras. Entonces, manteniendo aún cierto ánimo reduccionista, elevemos la potencia de nuestra mejor tecnología para experimentar con la materia a la máxima energía disponible. Esto se consigue en los aceleradores de partículas y el resultado es sorprendente: no hay un reducto último de la materia física que pueda ser considerado como absoluto. Lo que se encuentra es un complejo de partículas que se sintetizan y aniquilan sin cesar. La física no alcanza el absoluto pero nos ofrece una imagen de la síntesis de partículas y campos físicos que no debemos ignorar a la hora de abordar las cuestiones metafísicas.

### 1. Aceleradores de partículas

Hemos explicado que lo elemental está subordinado al nivel de análisis. A lo largo de la historia se discutió en filosofía si la materia es un continuo o un conjunto de estructuras discretas. Hasta finales

del siglo XIX los físicos entendían que la materia estaba constituida por unidades indivisibles denominadas átomos. La física del siglo XX ha iluminado el fondo de la realidad material y ha descubierto que los átomos, además de tener estructura, están prácticamente vacíos. Ir al fondo de las cosas requiere de sistemas capaces de excitar la materia a energías mayores. Así, tanta más energía se necesita cuanto mayor es el interés por profundizar a escalas menores de la materia. Con otras palabras, si se quiere ir a lo mínimo hay que generar estados de energía cada vez más alta.

Los aceleradores de partículas permiten recrear ámbitos de materia a muy alta energía. Cuando las partículas se aceleran en el tiempo adquieren energías cada vez más elevadas. Una vez que alcanzan velocidades próximas a la máxima permitida en el universo se las somete a violentas colisiones entre ellas para disgregarlas lo suficiente hasta que desvelan su estructura interna. Parece sencillo pero la sofisticación tecnológica necesaria para que los aceleradores modernos funcionen con precisión es extraordinaria. Su éxito es tal que se consigue acelerar partículas elementales hasta casi la velocidad de la luz, durante distancias equivalentes a rodear nuestro sistema

planetario y hacer que colisionen en un centro previsto del tamaño de un núcleo atómico. Verdaderamente es algo fuera de lo común.

Significativamente conviene destacar entre los distintos aceleradores de partículas al LHC de Ginebra. Se trata de un gran laboratorio subterráneo con forma de anillo de dimensiones equivalentes a una autovía de circunvalación de Madrid. En su interior se aceleran protones en dos haces y se hacen colisionar cuando alcanzan energías del orden de los 10TeV. Este es el nivel energético máximo actual de la tecnología y es suficiente para que la materia desvele la existencia de corpúsculos de antimateria, exóticas partículas como el *Bosón de Higgs* y las demás partículas del modelo estándar.

## 2. El modelo estándar de la física de partículas

En 2013 Peter Higgs fue galardonado con el Nobel de física por sus contribuciones teóricas a la predicción de una partícula detectada por primera vez en el LHC décadas después de su trabajo. Sin duda una bonita recompensa al final de su carrera. Se trata de una partícula propuesta teóricamente para contribuir a la explicación de la masa de las demás partícu-

las, pero que no pudo ser detectada experimentalmente hasta 2012 cuando el acelerador de Ginebra operó a la suficiente energía para que pudiera sintetizarse.

Cuando una teoría no solo es capaz de dar cuenta de los fenómenos sino que además hace predicciones que posteriormente se confirman experimentalmente, permite crear modelos teóricos de la realidad con mucha mayor fiabilidad. Un ejemplo paradigmático es la física de partículas. En el modelo estándar se explica el inmenso zoo de partículas a partir de tres familias de electrones, neutrinos y quarks. Los electrones son imprescindibles para entender la estructura atómica, las telecomunicaciones y los intercambios energético en su ser vivo. Los neutrinos son partículas ligerísimas con una levísima capacidad de interacción. Se piensa que a pesar de ínfima masa pudieran contribuir a la masa total del universo por su gran población. Lo que es seguro es su papel esencial en las transformaciones de la materia. Por último los quarks son las partículas que hacen posible la concentración de casi toda la masa del átomo en su núcleo. Curiosamente no es posible detectar directamente un solo quark, pues siempre gustan de ir en parejas o tríos. Recientemente, el LHC ha detectado un *pentaquark*.

El modelo estándar también incluye a las partículas que producen las interacciones físicas. Nos referimos al fotón –partícula de luz sin masa– para la interacción electromagnética, y los gluones y bosones débiles para las interacciones nucleares. Aunque con ciertas dudas todavía se espera que exista un portador de la interacción gravitatoria, el hipotético gravitón.

### 3. La síntesis de las partículas

Todas las partículas tienen en común que pueden ser transformadas en energía y volver a ser sintetizadas a partir de pura energía. Masa y energía son dos caras de la materia. La equivalencia entre masa y energía sugiere la existencia de un dinámico fondo campal de energía donde a muy altas energías se sintetizan y aniquilan partículas tumultuosamente. Desde esta perspectiva holística entendemos que la síntesis de partículas se entiende como una concentración de este fondo energético. Y su aniquilación sería su dilución en el fondo.

La imagen moderna de la materia no se refiere ya a un conjunto de partículas corpusculares separadas unas de otras por el vacío. Más bien, se ve a las partículas como estructuras que emergen de un fondo material. De este modo toda

la materia formaría parte intrínseca de una misma y única realidad material. Y no habría lugar para el vacío en el sentido de la nada de los filósofos. Sino que este fondo daría lugar a una realidad materia llamada *vacío cuántico*, que es materia en incesante actividad física donde se forman continuamente partículas y campos físicos.

Una prueba experimental de esta realidad material de fondo es la presencia de partículas de antimateria en los aceleradores de partículas. Es necesario duplicar el número de partículas expuestas en el modelo estándar, pues existe una compañera de antimateria para cada tipo de electrón, neutri-

no, quark o bosón mediador. Si el lector más escéptico considera este final inverosímil debería acercarse a un hospital y comprobar *in situ* que diariamente se emplean técnicas médicas de imagen por tomografía de emisión de positrones. El positrón es la partícula de antimateria del electrón.

El premio Nobel de física Gerard't Hooft nos ofrece una exposición más detallada de la física de partículas. Al final de su obra<sup>1</sup> reconoce que "quizás nadie pueda nunca tener una visión completa de todo el camino hasta las estructuras más pequeñas del universo". Por tanto, aún es necesaria una metafísica de la materia. ■

---

<sup>1</sup> Cf. G. 'T HOOFT, *Partículas elementales. En busca de las estructuras más pequeñas del universo*, Crítica, Barcelona 2001.