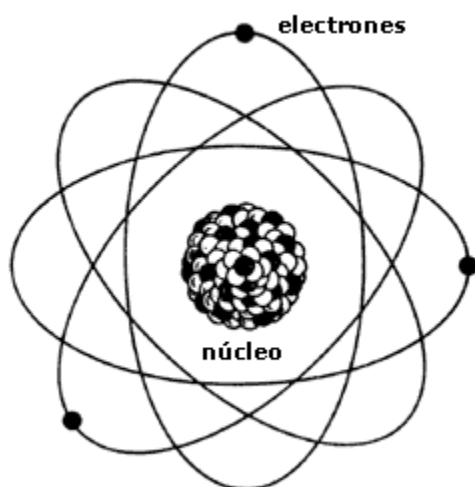


¿CÓMO ESTÁ CONSTITUIDA LA MATERIA?

Los físicos la llaman “la partícula de Dios” porque es la pieza que les falta para comprender la estructura de la materia a nivel subatómico. Pero confían en pescarla cuando dentro de poco tiempo se ponga en marcha la máquina más poderosa jamás construida: el LHC.¹

Después de hacer dieta, sube usted a la báscula con la esperanza de ver una cifra menor que hace unos meses; quiere perder peso. El peso es el resultado de multiplicar su masa por la aceleración de la gravedad. ¿Y qué determina la masa? Puede parecer una pregunta bizantina, como aquella discusión medieval sobre el sexo de los ángeles, pero a los físicos teóricos esta cuestión les carcome desde hace medio siglo. Por fin han encontrado una respuesta: existe una partícula, llamada **bosón de Higgs**, responsable del valor de la masa del universo. Los científicos están tan decididos a cazarlo que se están gastando miles de millones de euros en construir un aparato para dar con él. Jamás se ha invertido tanto dinero para encontrar una única partícula.

Los entresijos del átomo siguen guardando secretos

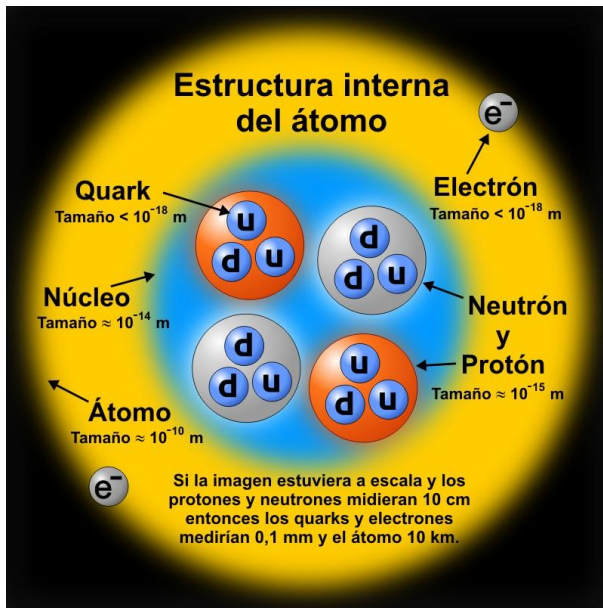


Pero comencemos por el principio. Todos sabemos que la materia está hecha de moléculas, y las moléculas, de átomos. Estos, a su vez, se organizan como una nube de electrones de una cien millonésima de centímetro que rodea a un núcleo 100.000 veces aún más pequeño. El corazón central es un conglomerado de neutrones y protones cuya masa es miles de veces mayor que la de los electrones. Hasta este punto los físicos saben por qué el átomo es como es, pero

se les resiste **entender por qué las partículas elementales tienen las masas que tienen**. Hay muchas y con enormes diferencias entre ellas; la más pesada, el quark top, es 350.000 veces más masiva que el electrón. El problema es de órdago. Los físicos han desarrollado un modelo teórico que describe las partículas elementales y las interacciones entre ellas... pero exige que la masa de todas sea nula. Estos son los puzles que los teóricos adoran.

¹ **Miguel Ángel Sabadell**

Las ideas esenciales están en los campos



En 1964 el británico Peter Higgs propuso una elegante solución a esta discrepancia. Supuso que todo el universo está ocupado por un campo parecido al electromagnético. El concepto de “campo”, introducido por el físico inglés Michael Faraday en el siglo XIX, es uno de los más importantes de la física. En el espacio que nos rodea no sólo hay materia. Si pudiéramos sacar de una sala hasta la última mota de polvo y la última molécula de aire, no podríamos decir que allí no queda nada. La prueba palpable es

que, si lanzamos una pera, caerá al suelo; hay algo que la hace caer que llamamos “gravedad”. Dicho más correctamente, hay un campo gravitatorio cuya causa es el planeta que tenemos a nuestros pies. Pero no sólo eso. Si lanzamos en línea recta un electrón y analizamos su trayectoria, notaremos que algo modifica su camino. Ese algo sólo influye en las partículas con carga eléctrica; las neutras ni se enteran. Es el **campo electromagnético**. Su origen es la **suma del magnetismo terrestre, los efectos de las antenas, los televisores, el cableado de la casa, los electrodomésticos, etc.** En definitiva, una fuerza no es otra cosa que el efecto de un campo; y la materia posee propiedades –como la masa y la carga– que la hacen sensible a los diferentes campos. La propuesta de Higgs fue revolucionaria: existe un campo que llena el espacio, y cuando las partículas interactúan con él, adquieren masa.

La idea choca con la intuición. ¿No es la masa una propiedad intrínseca de la materia? Para entenderlo, se suele recurrir a un ejemplo: imagine que se encuentra en una fiesta y entra Jessica Alba. Quienes están junto a la puerta se agrupan en torno a ella. A medida que se mueve por la sala los asistentes más cercanos se ven atraídos por la actriz, que se mueve con más dificultad que si estuviera sola, pues todos intentan acaparar su atención. Este efecto de acúmulo es el mecanismo de Higgs.

Mucho más que un número en la báscula

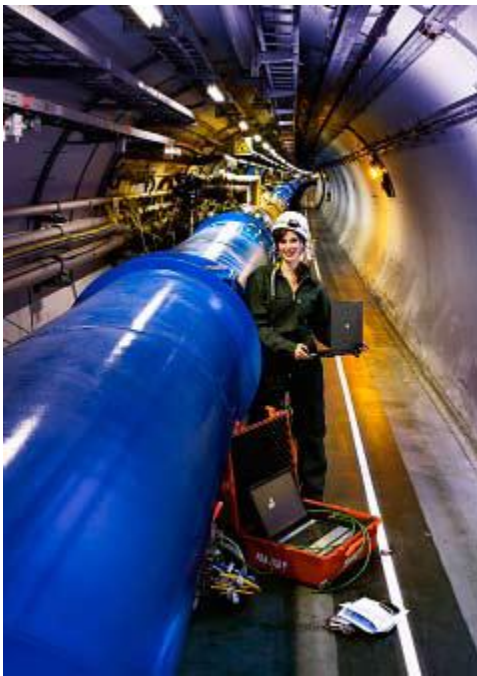
Así funciona la masa, que determina la resistencia de un cuerpo a cambiar su estado de movimiento, la inercia. Su efecto lo notamos todos los días en el autobús: cuando arranca nos vamos hacia atrás y si da un frenazo nos vemos impelidos hacia adelante. Cuanta más masa tengamos, mayor será esa resistencia y por eso la distancia de frenada de nuestro coche con el maletero lleno es más larga que si vamos de vacío. Como dice el teórico Brian Greene, “las fuerzas que todos ejercemos miles de veces al día para cambiar la velocidad de un objeto luchan contra la fricción del océano de Higgs”.

Hay sólo cuatro maneras de relacionarse

La teoría dice que este peculiar campo llena el universo y aporta masa a todas las partículas que se mueven en él. Determinar si realmente existe nos lleva a otra analogía. Si queremos comunicarnos con un amigo podemos hacerlo de cuatro formas: de viva voz, por teléfono móvil, por correo electrónico o por carta. Para cada una de ellas hay un objeto que transporta la información: el aire, las microondas, el cable ADSL y el papel. Con las **partículas subatómicas** sucede algo parecido. Las relaciones que puede haber entre ellas las llamamos fuerzas. En la naturaleza hay cuatro: la gravedad, la electromagnética y dos fuerzas nucleares; una es la fuerte, que mantiene el núcleo unido, y otra la débil, responsable de la desintegración radiactiva beta.

Pues bien, cada una de esas formas de comunicación lleva asociada una partícula responsable de transportar la información. En el caso de la **electromagnética**, la partícula es el **fotón**; para la **gravedad** es el **gravitón**; y en la **fuerza fuerte**, el **gluón** –del inglés *glue*, pegamento–. La débil tiene tres partículas portadoras, los **bosones W+, W- y Z⁰**. Así, en nuestra sala vacía, el campo gravitatorio hace que la pera y la Tierra intercambien gravitones como dos niños que se lanzan bolas de nieve. La fruta no nota el

campo electromagnético porque sin carga neta es como si no tuviera la herramienta para recoger los fotones que le llegan.



Responsable de toda la masa del cosmos

Ya estamos en condiciones de responder a la pregunta sobre cómo demostrar la existencia del campo de Higgs: encontrando su partícula portadora, el bosón de Higgs. Desde el CERN de Ginebra y el Fermilab de Chicago, los físicos de

partículas llevan dos décadas intentándolo. La búsqueda comenzó en los años 80, cuando se asentó el llamado modelo estándar de la física de partículas. Los teóricos habían conseguido poner orden en el complicado mundo subatómico que estaba surgiendo de los **aceleradores de partículas**. Se había superado la crisis de los 60, cuando estos inmensos instrumentos ponían en aprietos a los investigadores al producir más y más partículas cada vez que se enchufaban. Pero en 1962 entró en juego el físico Murray Gell-Mann y anunció una forma de agruparlas que llamó “el camino óctuple”, en alusión a la filosofía budista. Su teoría predecía una nueva partícula, la W^- , que fue descubierta al año siguiente. Dos años después Gell-Mann lanzaba los quarks al ruedo de las partículas elementales. Los físicos ya eran capaces de responder a la pregunta planteada por los filósofos griegos hacía más de 2.000 años: **¿de qué está hecha la materia?**

El marco teórico es el **modelo estándar**, que podemos resumir así. Existen dos estirpes principales de **partículas de materia, quarks y leptones**. Hay quarks de seis sabores y se agrupan en tres familias de dos: *up* –arriba– y *down* –abajo–; *strange* –extraño– y *charm* –encantado–; *bottom* –valle– y *top* –cima–. Los leptones también pueden ser de seis sabores: el electrón y su neutrino; el muón y el neutrino muónico, el tau y el neutrino tauónico. Los leptones se pueden encontrar solos en la naturaleza, mientras que los quarks siempre aparecen en parejas o en tríos, y se mantienen unidos mediante los gluones. Son los ladrillos con los que se construyen el resto de las partículas.

Una época dorada para resolver misterios

Tenemos explicadas las partículas; es el turno de las fuerzas. A finales de los 70, Glashow, Salam y Weinberg acariciaron el sueño de los físicos teóricos: reunir bajo una única descripción matemática las cuatro fuerzas de la naturaleza. El primer y esperanzador paso de los tres científicos fue encontrar una forma de describir bajo una misma formulación la fuerza electromagnética y la débil. Entre sus predicciones se encontraban los transmisores de la fuerza débil, los bosones W^+ , W^- y Z^0 . Pero si estas partículas existían debían tener unas masas muy elevadas, y eso colocaba en un punto peligroso al modelo estándar. Nadie podía explicar por qué el fotón no tenía masa y los nuevos bosones eran tremendamente pesados. Para resolverlo venía de perlas el **campo de Higgs**.

El reto de los 80 fue encontrar el quark más pesado, el *top*, y demostrar que los bosones W^+ , W^- y Z^0 existían. Las máquinas para detectarlos debían producir bastante energía, que dependía de cuánto fuera su masa. A finales de los 70 las mejores estimaciones teóricas apuntaban a “cientos de veces la masa del protón”. Una valoración no muy exacta, pero suficiente para que el CERN decidiera gastar 100 millones de dólares en encontrarlo.

Eran momentos de euforia: parecía que el Santo Grial de la física estaba al alcance de la mano, una teoría final que gobernaría las fuerzas y las partículas del universo. Desde los años 40 muchos lo habían intentado, hasta Einstein. Nadie se había acercado a conseguirlo. En enero de 1983 el italiano Carlo Rubbia, responsable de la búsqueda, anunciaba haber encontrado los dos W . Seis meses después aparecía el Z . Sólo faltaba el quark *top*, que cayó en 1995 gracias al otro gran acelerador, el Tevatron del Fermilab, en Chicago. El modelo estándar estaba completo... salvo por el bosón de Higgs.

En los últimos años, en Chicago y Ginebra se han realizado experimentos para poder atisbar alguna traza de su existencia. Los físicos saben que es difícil pues la energía necesaria para verlo está por encima de sus posibilidades. Se han dedicado a hacer chocar partículas en los aceleradores para ver si sonaba la flauta, pero para encontrar a la madre de todas las masas hace falta una máquina más grande. A finales de los 80 los americanos diseñaron el SSC, el supercolisionador que se quería construir en Texas. En 1987 los científicos dijeron al Congreso norteamericano que costaría 4.400 millones de dólares y en 1992 ya iban por 12.000 millones. Era demasiado, teniendo en cuenta que la Estación Espacial Internacional (ISS) tenía un coste parecido. Para los congresistas norteamericanos el estado no podía invertir en ambos proyectos y el SSC fue cancelado. En Europa, el CERN decidió dismantelar su acelerador, el LEP, y construir otro capaz de alcanzar una energía suficiente para ver el Higgs, el **Large Hadron Collider (LHC)**. Después de diversos retrasos se pondrá en funcionamiento a mediados de este año y su coste habrá sido de entre 3.000 y 6.500 millones de euros.

Del bosón depende el camino de la física teórica

¿Y si no se diera con ella? El edificio de las partículas elementales, que con tanto cuidado han ido construyendo los científicos durante el último medio siglo, se desplomaría. “El campo de Higgs, el modelo estándar y nuestra imagen de cómo Dios hizo el universo depende de encontrar el bosón de Higgs”, comentó hace más de una década Leon Lederman. Las dos pasiones de los físicos están enfrentadas. Dar con él implicaría que

han hecho un buen trabajo y que sus ideas sobre la materia son correctas: sería la demostración del poder de la teoría, del pensamiento puro, para entender el mundo. No encontrarlo les diría que han pasado algo por alto, que sus ideas iban bien pero se torcieron, que hay nuevos misterios que desentrañar. Y para un científico los buenos misterios son la salsa de su vida.

Hallan partícula que podría ser el bosón de Higgs

Los físicos creen que la materia – creada por el Big Bang hace unos 14.000 millones de años – se compone de 12 partículas subatómicas y seis portadoras de fuerza. Una de ellas, el bosón de Higgs, da a la materia su masa y mantiene unido al universo

