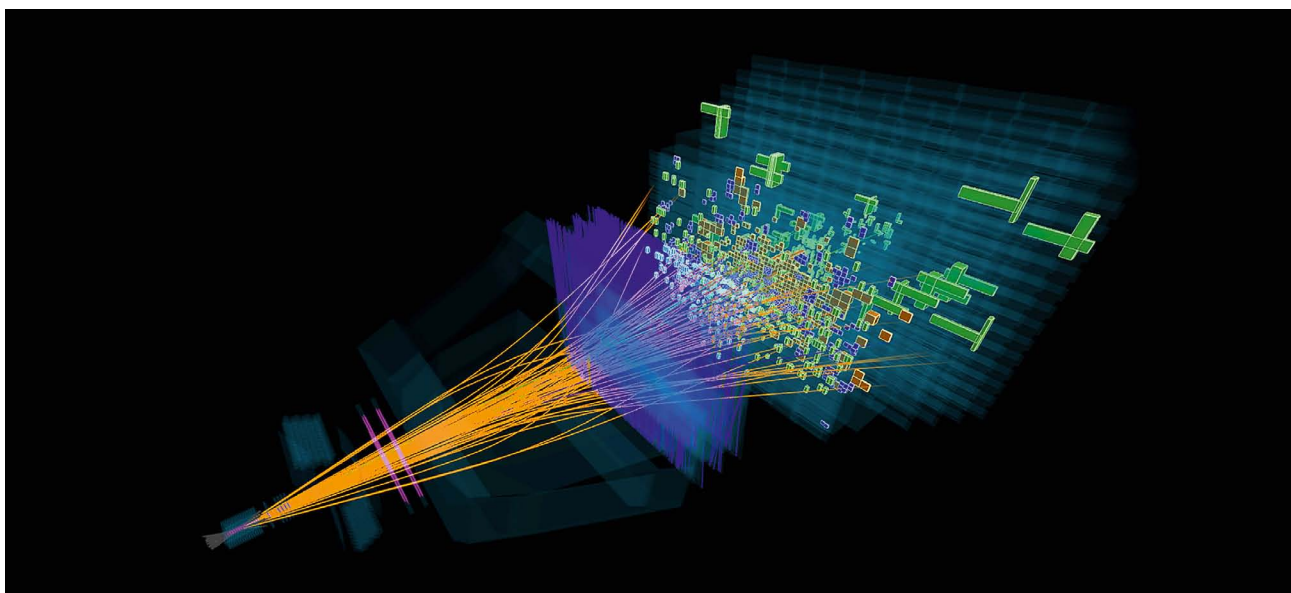


Los resultados anómalos se acumulan en el LHC

Las partículas conocidas como mesones B vuelven a mostrar un comportamiento que se desvía de las predicciones del modelo estándar. Aunque la significación estadística es aún insuficiente, el resultado aviva las esperanzas de encontrar nueva física

CHARLIE WOOD



RECONSTRUCCIÓN de uno de los eventos registrados en el detector LHCb, uno de los experimentos del Gran Colisionador de Hadrones del CERN, en Ginebra.

En medio de los caóticos procesos que se desencadenan en los choques de protones que tienen lugar en el Gran Colisionador de Hadrones (LHC), ha aparecido una partícula que parece desintegrarse de manera peculiar.

Todas las miradas están puestas en los mesones B , un tipo de partícula compuesta por dos quarks. Ante los repetidos indicios de su comportamiento anómalo, los físicos del experimento LHCb llevan años analizando las raras colisiones en que se producen estos mesones con la esperanza de inferir a partir de ellas la existencia de alguna nueva partícula o fenómeno físico.

En un trabajo reciente, los investigadores han hallado que varios resultados relativos a las desintegraciones de mesones B entran en conflicto con las predicciones del modelo estándar, el conjunto de ecuaciones empleadas por los físicos para describir el mundo subatómico. Tomados

de uno en uno, cada uno de esos resultados no parece más que una fluctuación estadística que, como ya ha ocurrido en el pasado, bien podría desvanecerse a medida que se acumulen más datos. Sin embargo, su deriva colectiva sugiere que podrían ser los primeros indicios de una teoría más completa que el modelo estándar.

«Por primera vez en toda mi carrera estoy viendo una confluencia de desintegraciones que apuntan a una misma anomalía», afirma Mitesh Patel, físico del Colegio Imperial de Londres y miembro de la colaboración LHCb.

Desintegraciones exóticas

Los mesones B reciben ese nombre porque contienen un quark de tipo b , una de las seis variedades de quarks existentes en la naturaleza. Por alguna razón que los físicos no entienden bien, los seis tipos de quarks se clasifican en tres grupos, o «generaciones». Cada una de ellas es

más masiva que la anterior e incluye dos quarks, uno con carga eléctrica positiva y otro con carga negativa. Los quarks de mayor masa se desintegran en sus versiones más ligeras y, en el proceso, su carga eléctrica casi siempre cambia de signo. Así, cuando en un mesón B se produce la desintegración del quark b (muy masivo y de carga negativa), la mayoría de las veces se convierte en un quark de tipo c (de peso medio y carga positiva).

La colaboración LHCb rastrea los pocos casos en los que esta regla no se cumple. Por cada millón de desintegraciones de mesones B , hay una en la que el quark b se rebela y se convierte en un quark de tipo s , descendiendo una generación pero conservando su carga negativa. El modelo estándar predice la frecuencia, extremadamente baja, con que tendrían que producirse tales desintegraciones y cómo estas deberían desarrollarse. Pero, dado que se trata de procesos muy inusua-

les, la posible influencia de nuevas partículas o efectos físicos debería dejarse ver con facilidad en ellos.

Procesos inesperados

El nuevo trabajo de la colaboración LHCb analizó unas 4500 desintegraciones exóticas de mesones B , aproximadamente el doble que en un estudio previo publicado en 2015. Cada uno de estos eventos acaba generando cuatro partículas que inciden contra un detector con forma de anillo. Al medir los ángulos en que salían despididas dichas partículas y comparar los resultados con las predicciones del modelo estándar, los investigadores hallaron una discrepancia con respecto al patrón esperado. La significación estadística de la anomalía observada ahora es mayor que la obtenida en el último análisis, y los autores sostienen que el nuevo resultado proporciona una imagen más unificada. «De repente, la compatibilidad entre los distintos observables angulares ha mejorado mucho», señala Felix Kress, miembro de la colaboración LHCb que ayudó a realizar los cálculos.

Estadísticamente, la desviación en el patrón angular observado equivale a lanzar una moneda 100 veces y obtener 66 caras, en lugar de las aproximadamente 50 que cabría esperar. Para una moneda justa, la probabilidad de que eso ocurra es de 1 entre 1000.

Sin embargo, dado el gigantesco número de colisiones que se producen en el LHC, es esperable que aparezcan fluctuaciones estadísticas, por lo que una desviación de ese calibre no cuenta como prueba de que algo falle en el modelo estándar. Para ello, los investigadores tendrían que acumular un número de desintegraciones lo bastante elevado como para certificar una desviación equivalente a 1 entre 1,7 millones, similar a obtener 75 caras en 100 lanzamientos de moneda. «Si este resultado obedece a nueva física», apunta Jure Zupan, físico teórico de la Universidad de Cincinnati, «no es lo suficientemente significativo».

Aun así, el patrón observado indica que algo no acaba de cuadrar en los productos de desintegración de los mesones B pertenecientes a la familia de los leptones, el otro gran grupo de partículas de materia aparte de los quarks. Al igual que estos, los leptones también se clasifican en tres generaciones de masa creciente: el electrón, el muon y la partícula tau, respectivamente. El modelo estándar

establece que todos ellos son idénticos salvo por su masa. Cada desintegración de un mesón B acaba produciendo un par de leptones gemelos de cualquiera de los tres tipos. El nuevo trabajo se centró en el patrón angular generado en los casos en que se producían dos muones, los cuales resultan más fáciles de detectar.

Por otro lado, el experimento también ha registrado algunas de las desintegraciones de mesones B que acaban produciendo un par de electrones. El modelo estándar predice que ambos tipos de desintegraciones, en muones y en electrones, tendrían que desarrollarse de la misma manera. Sin embargo, en 2014 la colaboración LHCb halló indicios de una desproporción entre el número de eventos que generan muones y aquellos que acaban en electrones. En conjunto, tales anomalías podrían indicar que la posible nueva física no solo afecta a los muones, sino también a los electrones.

En estos momentos, el grupo de Patel trabaja en una nueva comparación de las desintegraciones en muones y en electrones. Según el investigador, tales mediciones son mucho más «limpias» e inequívocas que las relativas al patrón angular observado solo con muones. «Este es un asesino del modelo estándar», zanja.

¿Nueva física?

Si las anomalías en el comportamiento de los mesones B se confirman, los físicos tienen dos teorías principales para explicarlas.

Una posibilidad es que la responsable de las anomalías sea una nueva partícula apodada bosón Z' . Esta sería portadora de una nueva fuerza de la naturaleza, similar en algunos aspectos a la interacción débil, pero actuaría de manera distinta sobre electrones y muones. Además, el bosón Z' implicaría la existencia de una partícula masiva adicional que, en caso de existir, podría explicar la composición de la materia oscura. «Estamos avanzando hacia el siguiente paso, consistente no solo en explicar esta anomalía, sino en conectarla con otros problemas», apunta Joaquim Matias, físico teórico de la Universidad Autónoma de Barcelona.

Otra posibilidad es que los resultados se deban a la existencia de un nuevo tipo de partículas conocidas como leptokuarks, las cuales podrían transformar un quark en un leptón y viceversa. Aunque hace tiempo que los teóricos vienen contemplando su existencia, la idea fue

perdiendo popularidad a medida que los experimentos iban descartando los modelos más simples. Con todo, lo cierto es que las tres generaciones de quarks guardan un sospechoso parecido con las tres generaciones de leptones, algo que los físicos no entienden bien. En este sentido, las desintegraciones de mesones B podrían estar apuntando a la existencia de una relación entre ambas familias de partículas mediada por leptokuarks. «Ese es el sueño», admite Zupan.

Mientras los teóricos consideran estas posibilidades, los físicos del experimento LHCb seguirán lanzando monedas hasta que el número de caras les permita determinar si se hallan o no ante una moneda trucada; un esfuerzo que puede llevarles el resto de la década.

Entretanto, la comunidad de física de partículas esperará los resultados de otros experimentos, como Belle II, en Japón, o cualquiera de los dos detectores principales del LHC. Confirmar o refutar las anomalías observadas hasta ahora en los mesones B será un esfuerzo hercúleo, pero los físicos tienen a su disposición las herramientas necesarias. «Con cuatro experimentos que pueden contribuir, el futuro es brillante», concluye Zupan.

Charlie Wood es periodista científico especializado en física. Ha publicado en *Scientific American*, *The Christian Science Monitor* y *LiveScience* y es redactor colaborador de *Quanta Magazine*.

Este artículo apareció originalmente en *QuantaMagazine.org*, una publicación independiente promovida por la Fundación Simons para potenciar la comprensión pública de la ciencia



Quanta
magazine

PARA SABER MÁS

Test of lepton universality using $B^* \rightarrow K^{*l}l$ decays. Colaboración LHCb en *Physical Review Letters*, vol. 113, art. n.º 151601, octubre de 2014.

Measurement of CP-averaged observables in the $B^0 \rightarrow K^{*0} \mu^+ \mu^-$ decay. Colaboración LHCb en *arxiv.org/abs/2003.04831*, 10 de marzo de 2020.

EN NUESTRO ARCHIVO

¿Indicios de nueva física en el LHC? Joaquim Matias en *JyC*, agosto de 2017.

Medir la belleza. Guy Wilkinson en *JyC*, enero de 2018.