

Muones y colisionadores de partículas

JFGH

1. Colisionadores de muones

Por primera vez, unos investigadores han acelerado muones -los primos más pesados e inestables de los electrones- en un haz estrechamente controlado, acercando un poco más a la realidad la idea de un colisionador de muones.

Un equipo del Complejo de Investigación del Acelerador de Protones de Japón (J-PARC), en Tokai, disparó un láser a un chorro de muones para que las partículas, que se mueven a gran velocidad, se detuvieran casi por completo. A continuación, los investigadores aplicaron un campo eléctrico para acelerar estos muones “enfriados” hasta aproximadamente un 4 % de la velocidad de la luz. Los resultados, que aún no han sido revisados, se publicaron el 15 de octubre en el servidor de preimpresiones [1].

Según Tova Holmes[2], física de partículas de la Universidad de Tennessee (Knoxville), esta hazaña supone un “gran paso adelante” en el planteamiento necesario para construir un colisionador de muones, que podría utilizarse para realizar las mediciones exquisitamente sensibles necesarias para descubrir nueva física, pero que sería más pequeño y potencialmente más barato de construir que otros colisionadores de partículas.

Los muones son partículas fundamentales de vida corta casi idénticas a los electrones, pero con una masa más de 200 veces superior. En la última década se ha impulsado la construcción de un colisionador de muones compacto que podría igualar o superar las energías alcanzadas por colisionadores de protones y electrones de gran tamaño, como el Gran Colisionador de Hadrones de 27 kilómetros del CERN, el laboratorio europeo de física de partículas situado cerca de Ginebra (Suiza). Un colisionador de muones de 10 kilómetros

podría producir partículas con tanta energía como las de una máquina de protones de 90 kilómetros, porque los muones son partículas fundamentales, hasta donde sabemos hoy día, lo que significa que toda su energía va a parar a cada colisión. En cambio, las colisiones de protones se producen entre sus quarks constituyentes.

2. Muones: unas partículas difíciles

Pero los muones son endiablidamente difíciles de acelerar porque sólo existen durante unos 2 microsegundos antes de desintegrarse en un electrón y dos tipos de neutrinos. Además, se mueven en diferentes direcciones y a distintas velocidades, lo que dificulta su concentración en un haz estrecho de alta intensidad. Aunque los investigadores han acelerado muones con anterioridad, los haces “son muy divergentes”, afirma Shusei Kamioka, coautor del estudio y físico de partículas de la Organización de Investigación de Aceleradores de Alta Energía de Tsukuba (Japón). Como resultado, los haces son demasiado rebeldes para ser utilizados en mediciones sensibles.

Para superar este obstáculo, Kamioka y sus colegas dispararon un haz de muones cargados positivamente -la contrapartida antimateria de los muones, llamados antimuones- sobre aerogel de sílice, un material esponjoso que suele utilizarse como aislante térmico. Cuando los antimuones chocaron con los electrones del aerogel, se formaron átomos neutros de muonio. Los investigadores dispararon un láser a estos átomos para eliminar sus electrones y convertirlos de nuevo en antimuones casi congelados. Este proceso de enfriamiento uniformizó la velocidad y la dirección de las partículas.

A continuación, los investigadores utilizaron un campo eléctrico para acelerar estos muones ralentizados hasta una energía de 100 kiloelectronvoltios, alcanzando una velocidad de alrededor del 4% de la de la luz.

Aunque los resultados son prometedores, aún queda mucho camino por recorrer antes de que los colisionadores de muones se hagan realidad, afirma Holmes. El método tendría que ampliarse para producir haces aún más estrechos y de mayor intensidad, afirma.



Figura 1: Un trabajador en la Instalación Experimental de Neutrinos del Complejo de Investigación del Acelerador de Protones de Japón (J-PARC) en Tokai. Créditos: Dai Kurokawa/EPA/Shutterstock.

Kamioka afirma que él y sus colegas están desarrollando la tecnología necesaria para acelerar los muones al 94 % de la velocidad de la luz, y esperan conseguirlo para 2028. “Ese es nuestro próximo hito”, afirma.

Además de construir un futuro colisionador, los físicos podrían utilizar haces de muones de alta energía en experimentos que podrían ir más allá del modelo estándar de la física de partículas, como medir con precisión el misterioso magnetismo del muón, que ha demostrado ser más fuerte de lo previsto por la teoría, según Kamioka.

Referencias

- [1] Aritome, S. et al. ArXiv: *Acceleration of positive muons by a radio-frequency cavity*, <https://arxiv.org/abs/2410.11367>. DOI:<https://doi.org/10.48550/arXiv.2410.11367>

- [2] *Physicists tame fundamental muon particles into highly controlled beam for first time*. Gemma Conroy, Nature NEWS, 24 October 2024. URL: <https://www.nature.com/articles/d41586-024-03460-9>. DOI: <https://doi.org/10.1038/d41586-024-03460-9>.