

Physiker bändigen grundlegende Myon-Teilchen zu einem präzise gesteuerten Strahl

Forscher in Japan haben erstmals instabile Myonen in einen exakt gesteuerten Strahl beschleunigt, was einen Meilenstein für zukünftige Myonenkollider darstellt.



Erstmals haben Forscher Myonen – die schwereren, instabilen Verwandten der Elektronen – in einem streng kontrollierten Strahl beschleunigt, was die Vision eines Myonenkolliders einen Schritt näher an die Realität bringt.

Ein Team am Japan Proton Accelerator Research Complex (J-PARC) in Tokai richtete einen Laser auf einen Strom von Myonen, um die schnell bewegenden Teilchen nahezu zum Stillstand zu bringen. Anschließend wandten die Forscher ein elektrisches Feld an, um diese „geköhlten“ Myonen auf etwa 4 % der Lichtgeschwindigkeit zu beschleunigen. Die Ergebnisse, die noch nicht von Fachleuten begutachtet wurden, wurden am 15. Oktober auf dem Preprint-Server arXiv veröffentlicht¹.

Diese Leistung ist ein „großer Schritt nach vorn“ in der Herangehensweise, die notwendig ist, um einen **Myonenkollider** zu bauen. Ein solcher Collider könnte verwendet werden, um die äußerst empfindlichen Messungen durchzuführen, die erforderlich sind, um neue physikalische Phänomene aufzudecken. Er wäre kleiner und potenziell günstiger zu bauen als andere Teilchenkollidern, so Tova Holmes, Teilchenphysikerin an der University of Tennessee in Knoxville.

Myonen sind kurzlebige Elementarteilchen, die fast identisch mit Elektronen sind, jedoch mehr als 200-mal deren Masse haben. In den letzten zehn Jahren hat sich die Bewegung in Richtung eines kompakten Myonenkolliders verstärkt, der mit den Energien mithalten oder diese sogar übertreffen könnte, die von riesigen Protonen- und Elektronenkollidern, wie dem 27-Kilometer langen Large Hadron Collider am CERN, dem europäischen Labor für Teilchenphysik bei Genf, erzielt werden. Ein 10 Kilometer langer Myonenkollider könnte Teilchen erzeugen, die so viel Energie haben wie die aus einer 90 Kilometer langen Protonenmaschine, da Myonen Elementarteilchen sind, deren gesamte Energie in jede Kollision eingeht. Im Gegensatz dazu passieren Protonenkollisionen zwischen den Bestandteilen Quarks.

Allerdings ist die Beschleunigung von Myonen äußerst schwierig, da sie nur etwa 2 Mikrosekunden existieren, bevor sie in ein Elektron und zwei Arten von **Neutrinos** zerfallen. Außerdem bewegen sie sich in verschiedene Richtungen mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten, was es erschwert, sie zu einem schmalen, hochintensiven Strahl zu bändigen. Obwohl Forscher Myonen bereits zuvor beschleunigt haben, sind die Strahlen „sehr divergierend“, sagt der Mitautor der Studie, Shusei Kamioka, Teilchenphysiker an der High Energy Accelerator Research Organization in Tsukuba, Japan. Dadurch sind die Strahlen zu unberechenbar, um für empfindliche Messungen verwendet zu werden.

Um diese Hürde zu überwinden, schossen Kamioka und seine

Kollegen einen Strahl positiv geladener Myonen, das Antimaterie-Gegenstück der Myonen, genannt Antimyonen, in Silika-Aerogel – ein schwammartiges Material, das häufig als Wärmedämmung verwendet wird. Wenn die positiven Myonen mit Elektronen im Aerogel kollidierten, bildeten sich neutrale Atome von „Muonium“. Die Forscher feuerten einen Laser auf diese Atome, um ihre Elektronen abzutrennen, wodurch sie wieder zu positiven Myonen wurden, die nahezu eingefroren waren. Dieser Kühlprozess sorgte dafür, dass die Geschwindigkeiten und Richtungen der Teilchen gleichmäßiger wurden.

Anschließend verwendeten die Forscher ein elektrisches Feld, um diese verlangsamten Myonen auf eine Energie von 100 Kiloelektronenvolt zu beschleunigen, was eine Geschwindigkeit von etwa 4 % der Lichtgeschwindigkeit erreichte.

Obwohl die Ergebnisse vielversprechend sind, gibt es noch einen langen Weg, bis Myonenkollide Realität wird, sagt Holmes. Der Ansatz müsste skaliert werden, um noch engere, höher intensivere Strahlen zu erzeugen, fügt sie hinzu.

Kamioka erklärte, er und seine Kollegen entwickelt die Technologie, die erforderlich ist, um Myonen auf 94 % der Lichtgeschwindigkeit zu beschleunigen, und hoffen, dies bis 2028 zu erreichen. „Das ist unser nächster Meilenstein“, sagt er.

Zusätzlich zum Bau eines zukünftigen Kolliders könnten Physiker hochenergetische Myonenstrahlen in Experimenten verwenden, die über das Standardmodell der Teilchenphysik hinausgehen, wie etwa präzise Messungen des mysteriösen Magnetismus der Myonen – der stärker ist als theoretisch vorhergesagt, so Kamioka.

1. Aritome, S. et al. Preprint unter <https://doi.org/10.48550/arXiv.2410.11367> (2024).

Referenzen herunterladen

Besuchen Sie uns auf: natur.wiki