

Zerschlagene Atomkerne: Enthüllung ihrer geheimnisvollen Formen

Physiker nutzen Hochenergie-Kollisionen zur Untersuchung der Formen atomarer Kerne, was das Verständnis chemischer Prozesse revolutionieren könnte.



Physiker haben eine neue Methode zur Untersuchung der Form von Atomkernen entdeckt – indem sie diese in Hochenergie-Kollisionen zerstören. Diese Methode könnte Wissenschaftlern helfen, die Formen von Kernen besser zu verstehen, was beispielsweise die Bildungsrate von Elementen in Sternen beeinflusst und hilft, zu bestimmen, welche Materialien als nukleares Brennstoff am besten geeignet sind.

„Die Form der Kerne beeinflusst nahezu alle Aspekte des Atomkerns und nuklearer Prozesse“, sagt Jie Meng, ein Kernphysiker an der Peking-Universität in Peking. Die neue bildgebende Methode, die am 6. November in der Fachzeitschrift Nature veröffentlicht wurde, stellt „einen wichtigen und aufregenden Fortschritt“ dar, so Meng.

Ein Team am Relativistic Heavy Ion Collider (RHIC) im Brookhaven National Laboratory in Upton, New York, ließ zwei Strahlen von Uran-238 – und später zwei Strahlen von Gold – bei extremen Energien zusammenstoßen. Sie trafen aufeinander „so heftig, dass wir die Kerne praktisch in eine Suppe schmolzen“, sagt Mitautor Jiangyong Jia, ein Physiker an der Stony Brook University in New York.

Das durch die Kollisionen erzeugte heiße Plasma dehnte sich unter Druck sehr schnell aus, wobei dies mit der anfänglichen Form der Kerne in Verbindung stand. Mit einem Detektor namens Solenoidal Tracker at RHIC oder STAR, der den Impuls von mehreren tausend Teilchen, die durch beide Arten von Kollisionen erzeugt wurden, erfasste und die Ergebnisse mit Modellen abglich, konnte das Team „die Uhr zurückdrehen, um die Form der Kerne abzuleiten“, erklärt Jia.

Verborgene Figuren

Ein Atomkern besteht aus Protonen und Neutronen, die wie Elektronen Energieniveaus besetzen. Im Allgemeinen nehmen die Teilchen eine Form an, die die Energie des Systems minimiert. Ähnlich wie ein Wassertropfen kann der Kern verschiedene Formen annehmen, darunter die einer Birne, American Football oder Erdnussschale. Die Form eines Kerns ist „sehr schwer theoretisch vorherzusagen“, sagt Jia. Sie kann auch **im Laufe der Zeit aufgrund von Quantenfluktuationen** variieren.

Bisherige Experimente zur Erforschung der Form bestanden darin, niederenergetische Ionen von den Kernen abzulenken. Diese Methode – genannt Coulomb-Anregung – regt die Kerne an, und die Strahlung, die sie emittieren, während sie in ihren Grundzustand zurückfallen, offenbart Aspekte ihrer Form. Da das Zeitmaß relativ lang ist, kann diese Art der Bildgebung nur eine Langzeitaufnahme anzeigen, die den Durchschnitt aller Formfluktuationen zeigt.

Im Gegensatz dazu liefert die Hochenergie-Kollisionsmethode ein sofortiges Bild der Kerne während des Aufpralls. Es ist eine direktere Methode, die sie besser für die Untersuchung exotischer Formen geeignet macht, sagt Jia.

Die Technik bestätigte, dass Gold eine nahezu kugelförmige Form hatte, die von einem Bild zum nächsten konsistent war. Im Gegensatz dazu änderte sich die Uranform in den Schnappschüssen, als die Kerne in unterschiedlichen Orientierungen kollidierten. Dies ermöglichte es den Forschern, die relativen Längen des Uran-Kerns in drei Dimensionen zu berechnen, was darauf hindeutet, dass Uran nicht nur gestreckt, sondern auch in einer Dimension leicht zusammengedrückt ist, ähnlich wie ein deflated American Football.

„Es ist faszinierend, dass es funktioniert hat“ und dass andere nukleare Prozesse die Emission der Teilchen nicht beeinträchtigten und die Deformation verschleierten, sagt Magdalena Zielińska, eine Kernphysikerin der französischen Agentur für alternative Energien und Atomenergie nahe Paris.

Hart oder weich?

Diese Art der Bildgebung könnte helfen, die herausfordernde Aufgabe zu bewältigen, zwischen Kernen zu unterscheiden, die ‚rigid‘ sind, also gut definierte Formen haben, und ‚weichen‘, die fluktuiert, sagt Zielińska.

Jia sagt, sein Team wolle auch die Methode anwenden, um die Unterschiede zwischen leichten Ionen wie Sauerstoff und Neon zu untersuchen. Sauerstoffkerne sind nahezu kugelförmig, während Neonkerne – die zusätzlich zwei Protonen und zwei Neutronen tragen – als herausgebogen angesehen werden. Der Vergleich ihrer Formen würde es den Forschern ermöglichen zu verstehen, wie Protonen und Neutronen Cluster in den Kernen bilden, so Jia.

Informationen über die Form können auch aufzeigen, ob es

wahrscheinlich ist, dass Kerne miteinander interagieren oder eine nukleare Spaltungsreaktion durchlaufen, und können die Wahrscheinlichkeit erhöhen, einen Prozess namens **neutrino-losen Doppel β -Zerfall** zu entdecken, was helfen könnte, einige lang gehegte Rätsel in der Physik zu lösen. Etwa 99,9% der sichtbaren Materie befindet sich im Zentrum der Atome, sagt Jia. „Das Verständnis des nuklearen Bausteins ist praktisch das Herzstück des Verständnisses, wer wir sind.“

1. STAR Collaboration Nature

<https://doi.org/10.1038/s41586-024-08097-2> (2024).

Artikel

Google Scholar

Zitationen herunterladen

Besuchen Sie uns auf: natur.wiki