Das Spiegelbild der Geisterteilchen

16. Juli 2013

Physik/Materialwissenschaft

Experiment GERDA liefert keinen Hinweis, dass Neutrinos ihre eigenen Antiteilchen sind

Das Modell des GERDA-Experime zeigt den schalenartigen Aufbau, dem zur Unterdrückung störender Signale aus der Umgebung von außen nach innen immer reinere Materialien eingesetzt sind. Die Germaniumdioden im Innern des 64000 Liter flüssigem, minus 186 Grad Celsius kaltem Argon gefüllt Kryostaten sind vergrößert dargestellt. [weniger]

Neutrinos sind scheue Teilchen, die mit allen anderen Bausteinen der Materie nur extrem selten wechselwirken. Sie haben ungewöhnliche Eigenschaften - und sie sind vermutlich sogar mit ihren eigenen Antiteilchen identisch. Allerdings ist das bisher noch nicht experimentell bestätigt worden. Wissenschaftler der GERDA-Kollaboration haben nun neue Grenzen für den neutrinolosen Doppelbetazerfall gesetzt, der überprüft, ob Neutrinos ihre eigenen Antiteilchen sind. Das Resultat widerlegt eine frühere Entdeckungsmeldung.

Das Modell des GERDA-Experiments zeigt den schalenartigen Aufbau, bei dem Unterdrückung störender Signale aus der Umgebung von außen nach innen imm reinere Materialien eingesetzt sind. Die Germaniumdioden im Innern des mit 64 Liter flüssigem, minus 186 Grad Celsius kaltem Argon gefüllten Kryostaten sind vergrößert dargestellt.

Neben Photonen sind Neutrinos die häufigsten Teilchen im All. Sie werden oft Geisterteilchen genannt, weil sie so extrem selten mit Materie wechselwirken. D bilden sie einen unsichtbaren, aber bedeutenden Bestandteil des Universums u könnten etwa genauso viel zu dessen Masse beitragen wie alle anderen bekann Formen von Materie; dabei bewegen sie sich mit nahezu Lichtgeschwindigkeit ü phantastische Entfernungen.

Außerdem haben ihre winzigen Massen einen wichtigen Einfluss auf die Struktu im Universum, und sie sind die treibende Kraft bei der Explosion von Supernova Ihre bemerkenswerteste und wichtigste Eigenschaft aber wurde von Ettore Majo in den 1930er-Jahren postuliert: Im Gegensatz zu allen anderen Teilchen, aus d

die uns umgebende Materie besteht, könnten sie ihre eigenen Antiteilchen sein.

Teilchen und Antiteilchen unterscheiden sich vor allem durch das Vorzeichen ihr elektrischen Ladung. So etwa ist das Positron, das Antiteilchen des negativ geladenen Elektrons, elektrisch positiv geladen. Das Neutrino dagegen ist elekt neutral - die Voraussetzung dafür, dass es sein eigenes Antiteilchen sein kann. das tatsächlich zutrifft, soll das Experiment GERDA (*GERmanium Detector Arra* klären, das im Untergrundlabor Laboratori Nazionali del Gran Sasso des Istituto Nazionale di Fisica Nucleare in Italien betrieben wird. Zudem wollen die Forsche Masse der Neutrinos bestimmen. Dazu untersucht GERDA sogenannte Doppel Zerfallsprozesse des Germanium-Isotops Ge-76 mit und ohne Emission von Neutrinos - letzterer eine Konsequenz der Majorana-Eigenschaft.

Beim normalen Betazerfall wird aus einem Neutron im Kern ein Proton, ein Elek und ein Antineutrino. Für Kerne wie Ge-76 ist dieser Zerfall energetisch verbote aber die gleichzeitige Umwandlung von zwei Neutronen unter Emission zweier Neutrinos ist möglich und wurde kürzlich von GERDA mit bisher unerreichter Präzision gemessen. Es handelt sich um einen der seltensten jemals beobachte Zerfälle mit einer Halbwertszeit von etwa 2×10^{21} Jahren - entsprechend dem r 100-milliardenfachen Alter des Universums.

Falls Neutrinos Majorana-Teilchen sind - also ihre eigenen Antiteilchen -, sollte d Doppelbetazerfall ohne Emission von Neutrinos ebenfalls stattfinden, und zwar einer noch geringeren Rate. In diesem Fall wird das Antineutrino des einen Betazerfalls vom zweiten beta-zerfallenden Neutron als Neutrino absorbiert - wa nur möglich ist, wenn Neutrino und Antineutrino identisch sind.

Bei GERDA sind Germaniumkristalle zugleich Quelle und Detektor des Zerfalls. Natürliches Germanium enthält nur etwa acht Prozent Ge-76, das deshalb um r als das Zehnfache angereichert wurde, bevor daraus die speziellen Detektorkris gezogen wurden. Die Suche nach einer Nadel im Heuhaufen ist eine Kleinigkeit gegenüber dem Nachweis des Doppelbetazerfalls, weil die Radioaktivität der Umgebung milliardenfach stärker ist. Die Detektorkristalle für GERDA und die s umgebenden Teile wurden daher sehr sorgfältig ausgewählt und verarbeitet.

Zur Beobachtung des äußerst seltenen Prozesses bedarf es außerdem sehr ausgefeilter Techniken, um den Untergrund von kosmischen Teilchen, natürliche Radioaktivität der Umgebung und sogar dem Experiment selbst weiter zu unterdrücken. Den Wissenschaftlern gelingt das, indem sie die Detektoren in de Mitte einer riesigen ,,Thermoskanne" betreiben, die mit extrem reinem flüssigem Argon gefüllt, mit hochreinem Kupfer ausgekleidet und von einem mit Reinstwas gefüllten Tank von zehn Metern Durchmesser umgeben ist. Dieser Aufbau befin sich unter 1400 Meter Gestein. Erst die Kombination all dieser Techniken ermöglichte es, den störenden Untergrund auf ein extrem tiefes Niveau zu senk

Im Herbst 2011 starteten die Messungen mit zunächst acht Detektoren von der

Größe einer Getränkedose und jeweils etwa zwei Kilogramm Gewicht; später ka fünf weitere Detektoren neuer Bauart hinzu. Bis vor kurzem war der Signalberei den Daten ausgeblendet, und die Physiker konzentrierten sich auf die Optimieru des Verfahrens zur Datenanalyse. Das Experiment hat jetzt seine erste Phase abgeschlossen.

Die Analyse, für die sämtliche Kalibrierungen und Filter vor Verarbeitung der Da im Signalbereich definiert waren, ergab kein Signal des neutrinolosen Doppelbetazerfalls in Ge-76, was zu der weltbesten Untergrenze für dessen Halbwertszeit von $2{,}1 \times 10^{25}$ Jahren führt. Zusammen mit den Ergebnissen and Experimente schließt dieses Resultat eine frühere Behauptung, ein Signal gefur zu haben, aus.

Damit bleibt zwar die Frage derzeit noch offen, ob Neutrinos ihre eigenen Antiteilchen sind; die neuen Resultate von GERDA haben jedoch interessante Konsequenzen für das Wissen über Neutrinomassen, Erweiterungen des Standardmodells der Elementarteilchenphysik, astrophysikalische Prozesse und Kosmologie.

In einem nächsten Schritt wollen die Forscher zusätzliche neue Detektoren einsetzen und damit die Menge von Ge-76 in GERDA verdoppeln. Sobald einig weitere Verbesserungen zur noch stärkeren Untergrundunterdrückung umgeset sind, soll eine zweite Messphase folgen.

****

GERDA ist eine europäische Kollaboration, die Wissenschaftler aus 16 Forschungsinstituten oder Universitäten in Deutschland, Italien, Russland, der Schweiz, Polen und Belgien umfasst. In Deutschland sind die Max-Planck-Instit für Kernphysik in Heidelberg und für Physik in München, die Technische Univers München, die Universität Tübingen und die Technische Universität Dresden bet Die Max-Planck-Gesellschaft ist wesentlicher Geldgeber des Projekts; die Universitäten werden vom BMBF und der DFG unterstützt.

BF / GH / HOR

Copyright © Oct 2013, Scimetrica. All Rights Reserved.