

Majorana lässt warten

- 16. July 2013

GERDA findet keine Anzeichen für neutrinolosen Doppelbetazerfall und setzt neue Grenze.

Neutrinos sind nicht nur äußerst scheue Teilchen und neben Photonen die häufigsten im Universum. Es besteht auch die Vermutung, sie seien mit ihren eigenen Antiteilchen identisch. Ettore Majorana hatte dies bereits in den 1930er Jahren vorgeschlagen. Allerdings ist diese Eigenschaft bisher noch nicht experimentell bestätigt. Wissenschaftler der GERDA-Kollaboration konnten nun neue Grenzen setzen für den neutrinolosen Doppelbetazerfall, der überprüft, ob Neutrinos solche Majorana-Fermionen sind. Das Resultat widerlegt nicht nur eine frühere Entdeckungsmeldung, sondern liefert auch neue Informationen über die Neutrinomassen.

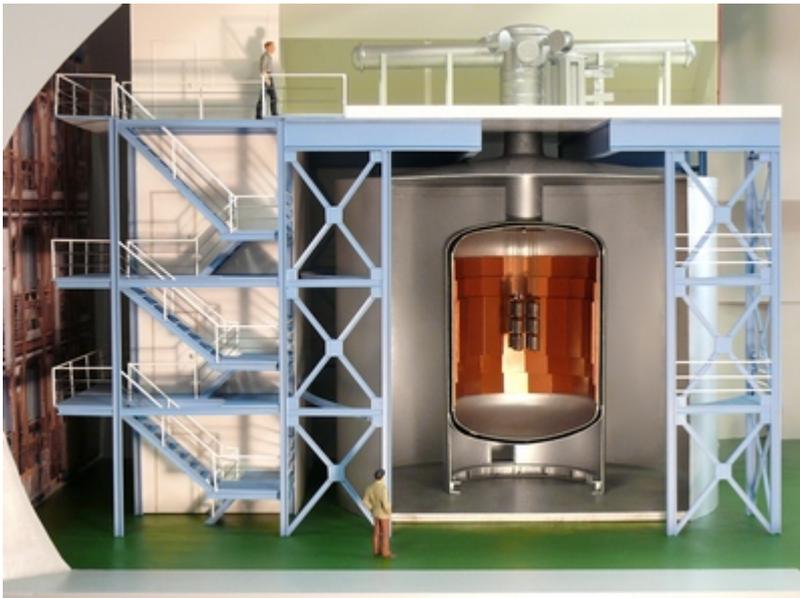


Abb.: Das Modell des GERDA-Experiments zeigt den schalenartigen Aufbau, bei dem zur Unterdrückung störender Signale von außen nach innen immer reinere Materialien eingesetzt sind. Die Germaniumdioden im Inneren des mit 64.000 Liter flüssigem Argon gefüllten Kryostaten sind vergrößert dargestellt. (Bild: MPIK)

Das GERDA-Experiment (Germanium Detector Array), das sich im Untergrundlabor Laboratori Nazionali del Gran Sasso des Istituto Nazionale di Fisica Nucleare in Italien befindet, soll die Frage klären, ob Neutrinos tatsächlich ihre eigenen Antiteilchen sind, und ihre Masse bestimmen. GERDA untersucht Doppelbeta-Zerfallsprozesse des Germanium-Isotops Ge-76 mit und ohne Emission von Neutrinos – letzterer ist eine Konsequenz der Majorana-Eigenschaft. Bei einem normalen Betazerfall zerfällt ein Neutron in einem Kern in ein Proton, ein Elektron und ein Antineutrino. Für Kerne wie Ge-76 ist dieser Zerfall energetisch verboten, 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 beobachteten Zerfälle mit einer Halbwertszeit von etwa 2×10^{21} Jahren – das entspricht rund dem hundertmilliardenfachen Alter des Universums. Falls Neutrinos Majorana-Teilchen sind, sollte der Doppelbetazerfall ohne Emission von Neutrinos ebenfalls stattfinden, und zwar mit einer noch geringeren Rate. In diesem Fall wird das Antineutrino des einen Betazerfalls vom zweiten betazerfallenden Neutron als Neutrino absorbiert, was nur möglich ist, wenn Neutrino und Antineutrino identisch sind.

Bei GERDA sind Germaniumkristalle zugleich Quelle und Detektor des Zerfalls. Natürliches Germanium enthält nur zirka acht Prozent Ge-76, das deshalb um mehr als das zehnfache angereichert werden musste, bevor die Forscher daraus die speziellen Detektorkristalle ziehen konnten. Der Nachweis des Doppelbetazerfalls ist sich allerdings aufwändig, weil die Radioaktivität der Umgebung milliardenfach stärker ist. Die Forscher mussten die Detektorkristalle für GERDA und die umgebenden Teile daher sehr sorgfältig auswählen und verarbeiten.

Zur Messung sind zudem Techniken erforderlich, die den Untergrund von kosmischen Teilchen, natürlicher Umgebungsradioaktivität und dem Experiment selbst weiter unterdrücken. Den Wissenschaftlern gelang dies, indem sie die Detektoren in der Mitte einer riesigen „Thermoskanne“ betrieben, die mit extrem reinem flüssigem Argon gefüllt, mit hochreinem Kupfer ausgekleidet und von einem mit Reinstwasser gefüllten Tank von zehn Meter Durchmesser umgeben war. Der ganze Aufbau befindet sich unter 1400 Meter Gestein. Durch diese Kombination konnten die Forscher den Untergrund auf ein rekordtiefes Niveau senken.



Abb.: Zur Abschirmung sind die Germaniumdetektoren mit einer Folie aus hochreinem Kupfer umhüllt. (Bild: MPIK)

Im Herbst 2011 starteten die Messungen mit zunächst acht Detektoren von der Größe einer Getränkedose und jeweils etwa zwei Kilogramm Gewicht; später kamen fünf weitere Detektoren neuer Bauart hinzu. Bis vor kurzem blieb der Signaltbereich in den Daten ausgeblendet und die Physiker konzentrierten sich auf die Optimierung des Verfahrens zur Datenanalyse. Das Experiment hat nun seine erste Phase abgeschlossen. Die Analyse, für die sämtliche Kalibrierungen und Filter vor Verarbeitung der Daten im Signaltbereich definiert waren, ergab kein Signal des neutrinolosen Doppelbetazerfalls in Ge-76, was zu der weltbesten Untergrenze für dessen Lebensdauer von 2×10^{25} Jahren führt. Zusammen mit den Ergebnissen anderer Experimente schließt dieses Resultat eine frühere Behauptung, ein Signal gefunden zu haben, aus.

In einem nächsten Schritt werden zusätzliche neu hergestellte Detektoren eingesetzt und damit die Menge von Ge-76 in GERDA verdoppelt. Sobald einige weitere Verbesserungen zur noch stärkeren Untergrundunterdrückung umgesetzt sind, soll eine zweite Messphase folgen.

MPIK / DE

Weitere Infos

- Originalveröffentlichung
GERDA Coll.: Results on neutrinoless double beta decay of ^{76}Ge from GERDA Phase I, Preprint: [arXiv:1306.5084](https://arxiv.org/abs/1306.5084) [physics.ins-det]
- [GERDA am Max-Planck-Institut für Kernphysik \(MPIK\)](#)
- [Laboratori Nazionali del Gran Sasso \(LNGS\)](#)
- [M. Lindner & C. Weinheimer: Den Geisterteilchen auf der Spur, Physik Journal, Juli 2011, S. 31 \(PDF, frei für registrierte pro-physik.de-Nutzer\)](#)
- [S. Jorda: Physik im Untergrund, Physik Journal, März 2011, S. 23 \(PDF\)](#)

Verwandte Beiträge

- [Exotische Quantenzustände: Dissipation macht's möglich](#)
- [Majorana-Fermionen als dunkle Materie?](#)
- [Majoranas Spuren](#)