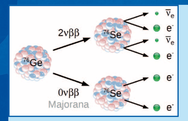
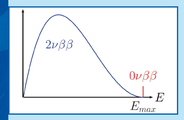
Die Welt im Allerkleinsten

Nicht ohne meine Neutrinos; oder doch?

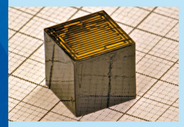
Doppelter Betazerfall



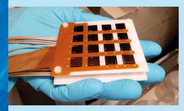
▲ Schematische Darstellung am Beispiel von Ge-76.



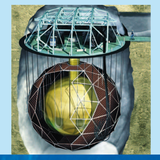
▲ Erwartete Form des Energiespektrums.



▲ Einer der COBRA-Detektoren aus CdZnTe mit goldener Coplanar Grid-Anode.



▲ Jeweils 16 Detektoren befinden sich auf einem Layer im 64er Testaufbau am LNGS.



◀ Ganze 12 m misst die innere Acrylkugel von SNO+ im Durchmesser, wobei diese in einer weiteren mit Wasser gefüllten Sphäre schwimmt. Um das entstehende Szintillationslicht auszulesen, befinden sich auf der Innenseite des Wassertanks ca. 10.000 PMTs. (Bild: Art by National Geographic Society).

Neutrinos: Teilchen, Antiteilchen oder Beides?

Um diese Fragestellung zu beantworten, sind präzise Experimente zum doppelten Betazerfall nötig. Derartige Zerfälle sind äußerst selten: Man erwartet Halbwertszeiten im Bereich von 10^{24} Jahren und höher, was im Vergleich zum Alter des Universums von 14 Mrd. Jahren eine unvorstellbar große Zeitspanne darstellt. Für den Nachweis solch seltener Ereignisse muss das Detektormaterial selbst mit Doppelbeta-Isotopen (kurz ββ-Isotope) angereichert sein. Das darauf beruhende Prinzip bezeichnet man daher auch als „Quelle = Detektor". Der Nachweis des neutrinolosen Doppelbetazerfalls und dem damit verbundenen Majorana-Charakters der Neutrinos würde auf Physik jenseits des etablierten Standardmodells hinweisen.

Die nächste Generation:

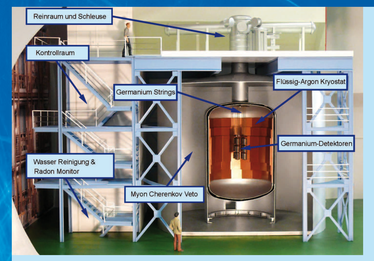
Gelingt GERDA der Nachweis des 0νββ anhand von Ge-76, müssen unabhängige Experimente dieses Ergebnis bestätigen und für andere Isotope überprüfen. Das COBRA Experiment besteht aus einem granularen Aufbau von Halbleiterdetektoren aus CdZnTe. Dieses Material enthält 5 ββ-Isotope und ermöglicht den Betrieb bei Raumtemperatur. Es befindet sich aktuell in der Entwicklungsphase und nimmt bereits seit mehreren Jahren Daten im Untergrundlabor LNGS (Italien). Der in Sudbury (Kanada) im Aufbau befindliche SNO+ Detektor verwendet 800 t Flüssigszintillator, welcher mit ββ-Isotopen angereichert werden kann. Dies ermöglicht eine große Detektormasse, was die geringere Energieauflösung gegenüber Halbleitern kompensieren soll.

▲ Die Germaniumdetektoren, die den 0νββ nachweisen sollen, sind im Isotop Germanium-76 angereichert und wiegen zwischen ein und zwei Kilo.

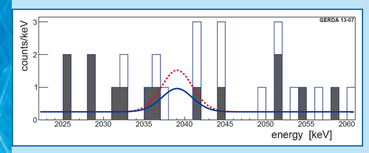
▶ Ein beeindruckender Anblick. Der Wassertank von Gerda mit dem auf ihm ruhenden Reinraum ist etwa 14 m hoch.

GERDA versucht den neutrinolosen doppelten Betazerfall (0νββ) am Isotop Germanium-76 zu vermessen. Detektoren aus Germanium werden dabei sowohl als Quelle als auch zum Nachweis des Zerfalls eingesetzt. Um die erforderliche Sensitivität für die extrem niedrige Ereignisrate zu gewährleisten, verwendet GERDA ein innovatives Konzept zur Abschirmung: eine Kombination aus Wasser, flüssigem Argon und dem Standort unter einem Bergmassiv ermöglicht es den Forschern die bisher beste untere Grenze für den 0νββ von $2{,}1 \cdot 10^{25}$ Jahren anzugeben und eine frühere Erfolgsmeldung zu widerlegen.

▲ Tief unter der Erde, geschützt vor störender kosmischer Strahlung, befindet sich das Untergrundlabor LNGS in dem GERDA und COBRA aufgebaut sind.



◀ Im Modell lässt sich der Aufbau von GERDA, der einer zwiebelschalenförmigen Thermoskanne gleicht, gut erkennen. Die Detektoren befinden sich in einem Bad aus flüssigem Argon, welches wiederum von einem Wassertank umgeben ist.



◀ Zu sehen sind die Messdaten von GERDA vor und nach Pulsformanalyse. Die maximal zulässige Halbwertszeit (blau) und die jetzt ausgeschlossene vermeintliche Beobachtung (rot) sind ebenfalls eingezeichnet.

2013 highlights der physik

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN

iktp

SNO

GERDA

Technische Universität Dresden
Institut für Kern- und Teilchenphysik

EBERHARD KARLS UNIVERSITÄT TÜBINGEN

GERDA

Die Gerda-Kollaboration besteht aus 15 Instituten aus fünf europäischen Ländern

Eberhard Karls Universität Tübingen
Physikalisches Institut

Vom Urknall zum Weltall