

» **FOCUS**



**GERDA APRE
LA STRADA A LEGEND**

I neutrini sono particelle fondamentali per la comprensione della natura. Purtroppo, però, interagendo pochissimo con la materia, sono estremamente sfuggenti ed è quindi necessario ingaggiare sfide tecnologiche sempre nuove per poterli studiare a fondo. Imprese scientifiche decisive, perché comprendere in dettaglio i neutrini porterebbe a una svolta per le nostre conoscenze. In particolare, lo studio di un ipotetico processo estremamente raro, ancora mai osservato, chiamato doppio decadimento beta senza emissione di neutrini, consentirebbe di capire se il neutrino è una particella di Majorana, ossia se coincide con la sua antiparticella.

L'esperimento GERDA (*GERmanium Detector Array*), ai Laboratori Nazionali del Gran Sasso (LNGS) dell'INFN ha indagato questo processo utilizzando una tecnologia basata su cristalli di germanio arricchiti dell'isotopo ^{76}Ge . L'esperimento ha pubblicato recentemente su *Physical Review Letters* i suoi risultati finali determinando il [limite](#) più stringente sul tempo di dimezzamento di questo decadimento raro e fissandolo a $1,8 \cdot 10^{26}$ anni, più di un milione di miliardi di volte la vita dell'universo. Questo eccezionale risultato è stato ottenuto grazie al limitatissimo numero di eventi di fondo nella regione del segnale, $5,2 \cdot 10^{-4}$ conteggi/(keV·kg·anno): il più basso livello mai ottenuto al mondo in esperimenti simili. GERDA conferma così di aver raggiunto tutti gli obiettivi che si era proposto, dimostrando l'opportunità per una nuova generazione di esperimenti con sensibilità ancora più elevata.

La storia della ricerca del doppio decadimento beta senza neutrini inizia proprio con un rivelatore a germanio di soli 0,1 kg scelto dal gruppo di ricerca della Sezione INFN e dell'Università di Milano, guidato da Ettore Fiorini, per la sua eccellente risoluzione energetica. Da allora la sensibilità sperimentale è aumentata di un fattore un milione. Essenziali in questo progresso sono stati il continuo aumento della massa dei rivelatori (che costituiscono anche la sorgente dei decadimenti), la forte riduzione degli eventi di fondo nella regione dove ci si aspetta il segnale, l'ottimizzazione delle installazioni sotterranee per

» FOCUS

ridurre il fondo dovuto ai raggi cosmici, e l'arricchimento dei rivelatori nell'isotopo 76 del germanio dalla frazione naturale del 7,8% a circa il 90%.

L'esperimento GERDA ha iniziato a funzionare nel 2011 nelle sale sperimentali sotterranee dei LNGS. Nella configurazione finale dell'esperimento, sono stati impiegati 41 rivelatori al germanio per una massa totale di 44,2 kg con un arricchimento di circa l'87% nell'isotopo 76. La chiave del successo è stato l'impiego di tecniche pionieristiche: differentemente dai precedenti esperimenti al germanio, i rivelatori di GERDA vengono fatti funzionare "nudi", cioè senza il loro incapsulamento, entro un criostato contenete argon liquido ultrapuro alla temperatura di 87 gradi Kelvin (-186 gradi Celsius), che agisce sia come mezzo di raffreddamento, sia come schermatura dagli eventi di fondo. Questa configurazione, riducendo la quantità di materia attorno ai rivelatori, aiuta a minimizzare la radioattività naturale. La soppressione attiva del fondo si avvale di due tecniche complementari. Da una parte nell'argon liquido sono stati posti dei rivelatori di luce che possono indicare se un segnale nei rivelatori a germanio proviene dal fondo radioattivo naturale, dall'altra lo studio del profilo temporale dei segnali raccolti dai rivelatori permette di discriminare ulteriormente tra eventi di fondo e di segnale. Infine, rivelatori e criostato sono immersi in un contenitore di acqua ultrapura come ulteriore schermo contro fotoni, neutroni e muoni. Durante gli anni di funzionamento dell'apparato, la collaborazione GERDA ha sviluppato rivelatori di disegno nuovo e tecniche di analisi innovative per poter sfruttare al meglio le potenzialità dell'apparato.

L'esperienza di GERDA porta a ritenere che si possa ridurre ulteriormente il livello di fondo, in modo da poter progettare un esperimento con una massa di germanio ben più elevata e capace di ridurre gli eventi di fondo a tal punto che per l'intera presa dati, lunga parecchi anni, non si dovrebbe registrare alcun evento indesiderato nell'intervallo di ricerca fissato dalla risoluzione energetica dei rivelatori. Il futuro esperimento LEGEND ha appunto lo scopo di aumentare la sensibilità sul tempo di dimezzamento del doppio decadimento beta senza neutrini fino a 10^{28} anni (cento volte di più del risultato di GERDA). In una prima fase, chiamata LEGEND-200, nella stessa infrastruttura di GERDA, verranno impiegati 200 kg di rivelatori a germanio. ■