



Simposio Internazionale “La fisica dei neutrini solari ai Laboratori Nazionali del Gran Sasso”



Roma, 12 settembre 2023 - Se non ci fossero stati loro, non conosceremmo il Sole come lo conosciamo oggi: è grazie a Gallex e Borexino, gli esperimenti per rivelare i neutrini solari che hanno operato nelle sale sperimentali sotterranee dei Laboratori Nazionali del Gran Sasso dell’INFN Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, se sappiamo spiegare come funziona la nostra stella. Si deve alle loro misure uniche la prima osservazione e prova sperimentale dei processi che alimentano il Sole, che gli consentono di brillare, di illuminare e di scaldare la Terra, rendendola l’ambiente ideale per la vita.

Per celebrare le scoperte di Gallex e Borexino e il fondamentale contributo portato alla fisica dagli scienziati che li hanno ideati e guidati, si è tenuto, oggi, martedì 12 settembre, nella sede dell’Accademia Nazionale dei Lincei a Roma, il Simposio Internazionale “Solar Neutrino Physics at LNGS”.

All’evento sono intervenuti Giorgio Parisi, Premio Nobel per la Fisica e vicepresidente dell’Accademia

Nazionale dei Lincei, Gianpaolo Bellini, professore emerito all'Università di Milano e ricercatore emerito all'INFN, ideatore e per molti anni coordinatore del progetto Borexino, Till Kirsten, scienziato del Max Planck Institute e iniziatore del progetto Gallex, Luciano Maiani, accademico dei Lincei, professore emerito alla Sapienza Università di Roma e ricercatore emerito all'INFN di cui è stato presidente negli anni della fondazione del progetto Borexino, Alexei Smimov, fisico del Max Planck Institute e dell'International Center for Theoretical Physics di Trieste, Wick Haxton, professore alla California University, Lucia Votano, ricercatrice emerita dell'INFN e già direttrice dei Laboratori Nazionali del Gran Sasso. Hanno coordinato i lavori Marco Pallavicini, vicepresidente dell'INFN e co-coordinatore di Borexino, ed Ezio Previtoli, direttore dei Laboratori Nazionali del Gran Sasso.

“Lo studio dei neutrini solari è stato, per la fisica delle particelle e l'astrofisica, un'avventura scientifica durata oltre 60 anni. Questa ricerca ha avuto nella costruzione e ottimizzazione dei laboratori sotterranei un aspetto fondamentale e necessario”, sottolinea Ezio Previtoli.

“In particolare, la realizzazione dei Laboratori Nazionali del Gran Sasso da parte dell'INFN ha garantito il corretto spazio di ricerca nel quale affrontare in maniera adeguata questo tipo di studi. In questo contesto, Gallex e Borexino, la cui realizzazione all'interno dei LNGS ha preso avvio subito dopo la realizzazione dei laboratori sotterranei stessi, sono stati due esperimenti cruciali che hanno permesso di analizzare in ogni dettaglio i meccanismi che generano energia all'interno del Sole e hanno consentito di identificare importanti aspetti connessi alla fisica del neutrino. Possiamo oggi dire che la saga dei neutrini solari può ritenersi completata grazie a questi esperimenti, che sono da considerarsi una pietra miliare per tutta l'attuale fisica delle particelle”, conclude Previtoli.

L'esperimento Borexino

Ideato alla fine degli anni '80 da Gianpaolo Bellini e Raju Raghavan, e realizzato con l'importante contributo statunitense guidato da Frank Calaprice, Borexino è stato frutto di una grande collaborazione internazionale, cui hanno partecipato, oltre a Italia e Stati Uniti, Francia, Germania, Polonia, Regno Unito, Russia e Ucraina.

Il progetto è durato 31 anni: 14 anni di presa dati, preceduti da un lungo lavoro per la sua costruzione, che ha richiesto 17 anni di sviluppo, soprattutto al fine di purificare i materiali utilizzati a un livello mai raggiunto prima. Questo ha fatto di Borexino un esperimento di ineguagliata sensibilità nel suo campo di ricerca, permettendogli di misurare tutte le più importanti reazioni nucleari nel Sole dall'interno della sala C dei Laboratori Nazionali del Gran Sasso, dal 2008 al 2021.

L'esperimento Borexino è noto in tutto il mondo, grazie ai suoi risultati scientifici. Dai dati raccolti sappiamo, per esempio, che la nostra stella gode di ottima salute: l'esperimento è, infatti, riuscito a misurare l'energia prodotta dalla nostra stella, nel momento stesso in cui questa viene generata. Borexino ha raggiunto risultati scientifici unici e di grandissimo valore, che sono andati anche oltre quanto previsto in fase di progettazione dell'esperimento: la rivelazione dei neutrini prodotti nella catena nucleare protone-protone che produce il 99% dell'energia del Sole (2014); nel 2020 la prima osservazione dei neutrini provenienti dal ciclo CNO (carbonio-azoto-ossigeno) del Sole che riveste grande importanza per le stelle di grande massa.

Entrambe queste scoperte sono valse all'esperimento le copertine di riviste scientifiche internazionali tra le più autorevoli e l'inserimento nella Top Ten dei maggiori risultati di fisica dalla rivista *Physics World*. Rilevante, inoltre, il contributo che Borexino ha dato anche alla geofisica: sin dal 2010 l'esperimento è stato in grado di rivelare i cosiddetti geoneutrini, ossia i neutrini prodotti dai decadimenti radioattivi nelle rocce del mantello terrestre, dimostrando che una parte considerevole del calore prodotto all'interno della Terra deriva dal decadimento radioattivo dell'uranio-238 e del torio-232 presenti nel suo mantello.

Infine, sono da ricordare l'osservazione del fenomeno delle oscillazioni dei neutrini, che Borexino è riuscito a ottenere data la sua possibilità di misurare neutrini di bassissima energia, e la misura dell'orbita terrestre attraverso la variazione stagionale del flusso di neutrini solari dovuta alla eccentricità dell'orbita stessa. Borexino è riuscito a ottenere questi risultati grazie alle tecnologie di frontiera che sono state specificatamente sviluppate allo scopo, raggiungendo limiti di purezza che lo rendono il rivelatore più radiopuro mai realizzato.

“Quella di Borexino è stata una lunga e gloriosa storia: il progetto ha richiesto complessivamente 31 anni di lavoro, 17 per costruire il rivelatore e 14 per raccogliere i dati e analizzarli - spiega Gianpaolo Bellini - Nel lungo periodo necessario alla costruzione sono stati sviluppati i metodi che hanno permesso di ottenere la radiopurezza record dello scintillatore, e di approntare un rivelatore capace di mantenere tale radiopurezza: nulla è standard in Borexino, praticamente tutto è stato sviluppato ad hoc. Questo ha permesso a Borexino di essere un esperimento unico, ancora mai eguagliato da nessun altro esperimento, ed è stata la chiave che ha permesso di ottenere risultati che hanno fatto la storia della fisica del Sole e delle stelle, e dei neutrini”, conclude Bellini.

L'esperimento Gallex

In funzione tra il 1991 e il 1997 all'interno della sala A dei Laboratori Nazionali del Gran Sasso

dell'INFN, Gallex fu concepito per fornire una più accurata osservazione del flusso dei neutrini solari prodotti dalla principale sequenza di reazioni che dà energia al Sole, la catena protone-protone. Ciò ha permesso una prima misura di precisione del flusso dei neutrini provenienti dal Sole.

Negli anni GALLEX è riuscito a “contare” i neutrini sfruttando la capacità di queste particelle di trasformare il gallio (sotto forma di cloruro liquido) in germanio. Un contenitore racchiudeva 30 tonnellate di cloruro di gallio, una massa sufficiente per produrre un atomo di germanio al giorno a seguito dell'interazione di un neutrino su gallio. Il conteggio degli atomi di germanio prodotti, frutto di sofisticate tecniche radiochimiche, consentiva di quantificare il flusso di neutrini registrato.

Questo risultato confermava il deficit nel flusso di neutrini già osservato da esperimenti negli USA e in Giappone. Il deficit, conosciuto come problema dei neutrini solari, sappiamo ora essere dovuto all'esistenza del fenomeno delle oscillazioni, per cui i neutrini prodotti nel Sole di tipo elettronico, durante il loro viaggio verso la Terra cambiano tipologia trasformandosi in neutrini di altre specie.