

# Alle scoperte sul neutrino al Gran Sasso il Premio “Enrico Fermi” 2017

✍ A. Bettini 📅 31-07-2017 ↗ <http://www.primapagina.sif.it/article/637>



Gianpaolo Bellini, Veniamin Berezinsky, Till Arnulf Kirsten

Il prestigioso Premio "Enrico Fermi" della Società Italiana di Fisica per il 2017 è stato assegnato a Gianpaolo Bellini, Veniamin Berezinsky e Till Arnulf Kirsten *"per i loro cruciali contributi alla fisica e astrofisica del neutrino"*, in particolare:

- a Gianpaolo BELLINI (Università di Milano e INFN-Sezione di Milano), *"per la misura dello spettro dei neutrini solari, che ha fornito l'evidenza della fusione nucleare di idrogeno nel Sole e della conversione adiabatica di flavour dei neutrini nella materia"*;
- a Veniamin BEREZHINSKY (Gran Sasso Science Institute-GSSI e INFN-LNGS, L'Aquila), *"per i suoi contributi teorici alla cosmogenesi dei neutrini di energia ultra elevata, all'astronomia dei neutrini di alta energia e al problema dei neutrini solari"*;
- a Till Arnulf KIRSTEN (Max-Planck Institut für Kernphysik, Heidelberg), *"per la prima osservazione di neutrini elettronici solari di bassa energia che ha fornito la prima prova diretta della fusione di idrogeno all'interno di una stella"*.

Il Premio è stato istituito dalla Società nel 2001, in occasione del centenario della nascita dell'insigne scienziato, ed è attribuito con cadenza annuale a uno o più soci che abbiano particolarmente onorato la fisica con le loro scoperte. Una commissione di esperti nominati dalla SIF, dal CNR, dall'INAF, dall'INFN, dall'INGV, dall'INRIM e dal Centro Fermi (Museo Storico della Fisica e Centro Studi e Ricerche "Enrico Fermi"), sceglie i vincitori tra una rosa di candidati, trasmettendo il suo giudizio al Consiglio di Presidenza della Società per l'approvazione. La cerimonia di assegnazione del Premio avverrà nel corso della seduta di inaugurazione del 103° Congresso Nazionale della Società, a Trento, l'11 settembre 2017.

Le scoperte dei vincitori del Premio Fermi 2017 si sono sviluppate nel Laboratorio Nazionale del Gran Sasso (LNGS) dell'INFN. Il laboratorio fu ideato da A. Zichichi (Premio Fermi 2001), allora Presidente dell'INFN, quando nel 1979 lanciò il "Progetto Gran Sasso". Il LNGS divenne formalmente uno dei laboratori Nazionali dell'INFN nel 1986 ed è ora il più grande laboratorio sotterraneo al mondo, con gli standard dei laboratori di alte energie.

Sappiamo ormai da molti anni che i neutrini non si comportano come assunto nel Modello Standard delle particelle elementari: le loro masse non sono nulle e gli stati di flavour definito prodotti nelle interazioni deboli non hanno massa definita, ma sono mescolamenti di autostati di massa. Il Premio Nobel 2015 per la fisica è stato assegnato a T. Kajita e A. McDonald *"per la scoperta delle oscillazioni del neutrino, che mostrano che i neutrini hanno massa"*. Il riconoscimento è venuto a coronare il lavoro di decenni in diversi laboratori sotterranei nel mondo, a partire da anomalie osservate in due tipi di fenomeni, i neutrini atmosferici e i neutrini solari. Per essere precisi, i processi osservati sono due: le oscillazioni, presenti sia negli atmosferici sia nei solari, e le transizioni adiabatiche di sapore nei neutrini solari (dette però anch'esse, impropriamente, oscillazioni). Il LNGS e i premiati hanno avuto un ruolo cruciale in questo processo.

Il problema dei neutrini solari è rimasto sul tappeto per più di 30 anni, sino a che nel 2001-2002 l'esperimento SNO dimostrò definitivamente che si trattava di oscillazioni di neutrino. Però già nel 1990 l'esperimento GALLEX, guidato da T. Kirsten, aveva misurato per la prima volta il flusso dei neutrini elettronici solari sino alle energie più basse, trovandolo molto minore di quanto previsto teoricamente. La componente di bassa energia è la più abbondante, ma anche la più difficile da osservare, ed è quella che può essere predetta con precisione dalla luminosità del sole.

Durante il seguente decennio, quando l'incertezza statistica e sistematica si era ridotta abbastanza, la conclusione che fosse altamente improbabile che il problema del neutrino solare fosse di natura astrofisica fu raggiunta da V. Berezinsky, sulla base di un'analisi dei dati di GALLEX, e dell'analogo esperimento SAGE in Russia. Le oscillazioni del neutrino apparivano già come la soluzione più probabile. Più in generale, Berezinsky è un leader teorico dell'astrofisica e della fisica dei neutrini. Il suo lavoro del 1969 con Zatsepin sui neutrini di altissima energia (neutrini BZ, come sono chiamati) rappresenta il primo calcolo del flusso di neutrini cosmogenici. Egli è anche autore dell'importante "cascade bound" sui flussi di neutrini, ottenuto sulla base di una connessione tra gamma e neutrini. Questo si può considerare come l'inizio dell'approccio "multi-messenger" all'astrofisica.

G. Bellini ha guidato l'esperimento BOREXINO sin dalle fasi iniziali della proposta e del lungo e difficile lavoro di ricerca e sviluppo necessario a raggiungere le condizioni di estrema radiopurezza necessarie al successo. Nessun altro esperimento è stato in grado di ottenerle sino a oggi. Da dieci anni, sotto la guida di Bellini, l'esperimento misura con precisione e sensibilità crescenti lo spettro energetico dei neutrini solari. La misura separata delle componenti principali del ciclo dominante protone protone, cioè  ${}^7\text{Be}$ ,  ${}^8\text{B}$ , pep e pp, ha provato la consistenza sia del modello solare sia della nostra comprensione delle oscillazioni dei neutrini. Va aggiunto che BOREXINO ha anche rivelato

per la prima volta i neutrini dalla radioattività nella crosta terrestre.

Scopri di più

## To the discoveries about neutrinos at Gran Sasso the “Enrico Fermi” Prize 2017

The prestigious "Enrico Fermi" Prize has been awarded for 2017 to Gianpaolo Bellini, Veniamin Berezinsky and Till Arnulf Kirsten *"for their outstanding contributions to neutrino physics and astrophysics"*, in particular:

- to Gianpaolo BELLINI (Università di Milano and INFN-Sezione di Milano), *"for the measurement of the solar neutrino spectrum, providing the evidence for nuclear hydrogen fusion in the Sun and for adiabatic neutrino flavour conversion in matter"*;
- to Veniamin BEREZINSKY (Gran Sasso Science Institute-GSSI and INFN-LNGS, L'Aquila), *"for his theoretical contributions to the cosmogenic production of ultra-high energy neutrinos, to high energy neutrino astronomy and to the solar neutrino problem"*;
- to Till Arnulf KIRSTEN (Max-Planck Institut für Kernphysik, Heidelberg), *"for the first observation of low energy solar electron neutrinos providing the first direct evidence of hydrogen fusion inside a star"*.

The Prize was created by the Society in 2001, to commemorate the great scientist on the occasion of the centenary of his birth. The Prize is yearly awarded to one or more members of the Society, who particularly honoured physics with their discoveries. A commission of experts appointed by the SIF, the CNR, the INAF, the INFN, the INGV, the INRIM and the Centro Fermi (Museo Storico della Fisica e Centro Studi e Ricerche "Enrico Fermi") selects the winners from a list of candidates and sends its conclusions to the Council of the Society for approval. The award ceremony will be part of the opening session of the 103rd National Congress of the Society in Trento on the 11th September 2017.

The discoveries of the 2017 Fermi Prize winners were developed in the INFN Gran Sasso National Laboratory (LNGS). The laboratory was created by A. Zichichi (Fermi Prize 2001), at that time President of the INFN, launching the "Gran Sasso Project" in 1979. The LNGS became formally one of the INFN National Laboratories in 1986 and is now the world's largest underground facility and with high energy laboratory standard infrastructures.

It has been known since many years by now that neutrinos do not behave as foreseen by the Standard Model of elementary particles: they are not massless and the flavour eigenstates produced by weak interactions are not the mass eigenstates, but mixtures of them. The 2015 Nobel Prize in physics has been awarded to T. Kajita and A. McDonald *"for the discovery of neutrino oscillations, which shows that neutrinos have mass"*. The Prize crowned the research performed over decennia in underground laboratories around the world, starting from the anomalies observed in two classes of natural phenomena, on the atmospheric and on the solar neutrinos. To be precise, two are the

observed processes: neutrino oscillations, observed in atmospheric and solar neutrinos, and adiabatic neutrino conversion in matter (also, even if improperly, called oscillations) observed in solar neutrinos. The LNGS and the awardees have played a crucial role in this process.

The solar neutrino problem has been with us for more than 30 years, and up to 2001-2002, when the SNO experiment (Nobel Prize) finally demonstrated that it is due to neutrino oscillations. However, already in 1990, the GALLEX experiment, led by T. Kirsten had measured the solar electron neutrino flux down to the lowest energies, finding it much smaller than the theoretical expectations. The dominant low energy component can be predicted with small uncertainties, from the solar luminosity, but is the most difficult to measure.

During the following decade, when the statistical and systematic uncertainties had been gradually reduced, V. Berezinsky, on the basis of the data of GALLEX, and of the similar experiment SAGE in Russia, reached the conclusion that the astrophysical solution of the solar neutrino problem was very unlikely. Neutrino oscillations started to appear as the most probable solution. More generally, Berezinsky is a leader theorist in astrophysics and neutrino physics. His 1969 work with Zatsepin on extreme energy neutrinos (now called BZ neutrinos) was the first computation of cosmogenic neutrino flux. He is also the author, using a neutrino gamma connection, of the important "cascade bound" on the high-energy neutrino fluxes. This can be considered the beginning of the multi-messenger approach to astrophysics.

G. Bellini led the BOREXINO experiment since the initial phases of the proposal and of the long and difficult research and development process to reach the extreme radio-purity conditions necessary for the experiment to be successful. No other experiment has been able to reach such conditions till now. Since ten years, under Bellini's leadership, the experiment measures with increasing sensitivity and precision the solar neutrino spectrum in real time. The separate measurement of the different main components of the dominant proton proton cycle, namely  ${}^7\text{Be}$ ,  ${}^8\text{B}$ , pep and pp, has proved the consistency both of the solar model and of our understanding of neutrino oscillations. It should be also mentioned that BOREXINO observed for the first time the neutrinos radioactively produced in the Earth crust.