

## *Curriculum vitae di Sandra Zavatarelli*

Nazionalità: Italiana

Stato Civile: XXXXXXXXXX

Posizione: dipendente dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN) con rapporto di lavoro a tempo indeterminato e inquadramento nel III livello professionale con profilo di Ricercatore, in servizio presso la Sezione di Genova dal 1/7/2004.

### TITOLI DI STUDIO E ATTIVITA' LAVORATIVA SVOLTA

20/7/1994: Diploma di Laurea in Fisica presso l'Università degli Studi di Genova con il punteggio di 110/110 e Lode;

21/5/1998: conseguimento del titolo di Dottore di Ricerca in Fisica con discussione della tesi di Dottorato presso l'Università degli Studi di Milano;

22/4/2002: conseguimento del Diploma di Specialista in Fisica Sanitaria con il punteggio di 50/50.

Luglio 2004: dipendente dell'INFN con rapporto di lavoro a tempo indeterminato e inquadramento nel III livello professionale con profilo di Ricercatore

Gennaio 2020: dipendente dell'INFN con rapporto di lavoro a tempo indeterminato e inquadramento nel II livello professionale con profilo di Primo Ricercatore

2013-2015: revisore di progetti di ricerca per conto del MIUR (Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca), attività svolta con compenso economico e previa autorizzazione da parte del presidente dell'INFN;

Gennaio 2014: conseguimento dell'abilitazione scientifica nazionale alle funzioni di professore universitario di seconda fascia di cui al DR 222 del 20 luglio 2012 per il settore concorsuale 02A1

2013-2022: Docente del corso di Astrofisica Nucleare e Fisica dei Neutrini Solari presso la Scuola di Dottorato di Fisica dell'Università degli Studi di Genova.

2015-2022 rappresentante dei Ricercatori presso la sessione di Genova dell'INFN.

2022-oggi: coordinatore del gruppo 3 dell'INFN – Sezione di Genova :

2018: facilitatore presso il Circolo di ascolto della Sezione di Genova dell'INFN. 2018-19/2019-

2019/2020-21: docente di Fisica Generale I presso il corso di studi di Ingegneria Meccanica – Energia e Produzione (SV), in codocenza, 30 ore.

2019/20/21/22/23: docente del Laboratorio di Fisica delle Interazioni Fondamentali e Astrofisica, in codocenza, presso il Corso di Laurea Magistrale in Fisica.

2022-23: docente del Corso di Fisica delle Astroparticelle, presso il Corso di Laurea Magistrale in Fisica.

### PAROLE CHIAVE DELL'ATTIVITA' DI RICERCA

1. Fenomenologia delle interazioni dei neutrini e oscillazioni di sapore;
2. Tecniche sperimentali per lo studio di eventi rari con scintillatori liquidi e rivelatori a effetto Cherenkov;
3. Astrofisica nucleare;
4. Codici di evoluzione stellare;
5. Spettroscopia e caduta gravitazionale dell'anti-materia;
6. Fisica dei plasmi e loro tecniche di manipolazione;
7. Misure di basse attività'.

### ATTIVITA DI RICERCA DETTAGLIATA

La mia prima esperienza di ricerca è stata in un esperimento di astrofisica nucleare, LUNA, presso i Laboratori Nazionali del Gran Sasso (LNGS) nel cui contesto ho scritto le tesi di laurea (1994) e dottorato (1998). L'obiettivo di questo esperimento è la misura delle sezioni d'urto dei processi nucleari alle energie di interesse stellare nelle fasi stazionarie ed esplosive dell'evoluzione stellare. I risultati ottenuti nel corso della mia tesi, sulla reazione  $3\text{He}(3\text{He},2p)4\text{He}$ , sono stati definiti un "historical breakthrough" dal Prof. J. Bahcall della Princeton University, perché per la prima volta una reazione di fusione era stata misurata direttamente alle energie a cui ha luogo nel Sole.

Uno "spin off" di quest'attività è stata la mia collaborazione con il programma di ricerca EXPLODET (EXPLOsive DETection), finanziato dall'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare e finalizzato allo studio della possibile applicazione di tecniche nucleari nella localizzazione e identificazione di esplosivi nascosti ed in particolare mine anti-uomo. Ho sviluppato un codice di simulazione per individuare i tipi di sensori più idonei alla rivelazione della radiazione gamma emessa dai materiali esplosivi irraggiati con fasci di neutroni.

Negli anni 1994-1999 ho partecipato al progetto europeo NACRE Network, sostenuto dal Human Capital and Mobility Programme della Comunità Europea. Lo scopo del progetto era l'aggiornamento delle tavole di Fowler, una compilazione rilevante per tutti i calcoli di evoluzione stellare.

Negli anni 1996-1999 ho seguito presso il Dynamitron Tandem Laboratory dell'Università di Bochum (Germania) una serie di esperimenti sull'effetto dello schermo elettronico nelle reazioni nucleari di interesse astrofisico. Sono stata responsabile della preparazione e selezione dei bersagli. Negli anni successivi alla tesi di Dottorato, ho continuato la mia partecipazione all'esperimento LUNA e ho curato la stesura del proposal per la fase 2 dell'esperimento, basata sull'acquisizione di un nuovo più potente acceleratore di tensioni fino ad un massimo di 400 KV.

Il progetto è stato approvato e finanziato dall'INFN ed il nuovo acceleratore installato presso i LNGS nel 2000.

A partire dalla primavera del 2000 ho esteso il mio interesse allo studio dei neutrini di altissime energie con la partecipazione agli esperimenti ANTARES a Marsiglia e NEMO R&D a Capo Passero (Catania), finalizzati alla costruzione di telescopi sottomarini. I neutrini di alte energie sono un'utile sonda per studiare i meccanismi di accelerazione di particelle in oggetti astronomici quali gli AGN (active galactic nuclei) ed i gamma-ray bursts e che potrebbero spiegare l'origine dei raggi cosmici di energia altissima. Mi sono occupato del progetto di un rivelatore di luce (fotomoltiplicatore) sensibile alla posizione di incidenza dei fotoni.

Parallelamente a quest'attività nel 2001-2002 ho frequentato i corsi della Scuola di Specializzazione in Fisica Sanitaria e mi sono concentrata sul problema dell'inquinamento atmosferico dovuto a cromo esavalente in uno specifico contesto industriale. Il particolato raccolto è stato analizzato con tecniche nucleari di Ion Beam Analysis presso l'acceleratore Van der Graaf di Firenze. Questi argomenti sono diventati oggetto della mia Tesi di Specialità.

Nel 2004 sono diventata ricercatrice con un contratto a tempo indeterminato presso l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare e sono entrata a far parte dell'esperimento Borexino presso i Laboratori Nazionali del Gran Sasso, di cui sono membro effettivo a tutt'oggi. Obiettivo principale di Borexino è lo studio dei neutrini solari, argomento di ricerca strettamente legato a quello della mia Tesi di Dottorato, dato che le sezioni d'urto nucleari sono utilizzate nei codici stellari per stimare la produzione di energia nelle diverse regioni del Sole e sono alla base delle stime dei flussi di neutrini. Dall'inizio della presa dati (maggio 2007) sono responsabile dello studio dei fondi radioattivi dello scintillatore e della loro stabilità e sono chairman del relativo Working Group. Dal 2012 al 2015 sono stata referente per Borexino presso il CNAF, il centro nazionale dell'INFN per la ricerca e sviluppo nel campo delle tecnologie informatiche applicate agli esperimenti e mi sono occupata di management di risorse di calcolo e trasmissione dati.

Dal 2012 al 2017 sono stata membro dell'Executive Board di Borexino (Steering Committee), l'organismo interno nominato in maniera elettiva, che decide e pianifica le attività scientifiche dell'esperimento.

Sono chairman del gruppo di ricerca di Borexino sugli antineutrini. Ho recentemente coordinato un'analisi sui flussi di antineutrini di provenienza extragalattica, il cui risultato è stato pubblicato nel febbraio 2021: sono corresponding author del relativo articolo. Sono stata intervistata dalla giornalista americana Alexandra Witze di Nature in relazione ad un articolo sui risultati presentati alla conferenza Neutrino GeoScience in Giappone.

Collaboro con i Prof. Bill McDonough (Univ. Maryland-USA), Prof. Steve Dye (Univ. Hawaii-USA) e la Dr. Livia Ludhova (Università di Aachen-Germania) allo studio della sensibilità al segnale dei geo-neutrini negli esperimenti futuri.

Negli anni 2009-2015 ho fatto parte (come membro effettivo) del progetto sperimentale AEGIS (Antimatter Experiment: Gravity, Interferometry, Spectroscopy) al CERN (Ginevra) sullo studio delle proprietà spettroscopiche e gravitazionali degli atomi di antimateria per un'accurata verifica dei principi di CPT o equivalenza debole (WEP).

Nel 2015 ho ripreso la mia attività di ricerca nella collaborazione LUNA, come membro effettivo. Le misure compiute da LUNA fino ad oggi hanno avuto implicazioni fondamentali per la fisica dei neutrini solari, per la nucleosintesi degli elementi e per la cosmologia (es. nella definizione dell'età dei globular clusters) oltre a rappresentare importanti ingredienti dei modelli stellari.

Sebbene il successo di queste testimonianze l'enorme potenziale di un laboratorio sotterraneo, un acceleratore con tensione di terminale massima di 400kV non consente la misura di molte reazioni importanti per l'evoluzione delle stelle di grande massa, come quelle con cui viene bruciato l'elio, e per la sintesi di elementi pesanti.

Per compiere un passo avanti in questa direzione verrà acquisito dalla collaborazione un nuovo acceleratore da 3.5 MV equipaggiato con due linee di fascio, una per i bersagli solidi e l'altra per i bersagli gassosi (sia estesi che a jet). Il nuovo progetto sperimentale, chiamato LUNA-MV, è stato finanziato nell'ambito dei Progetti Premiali del MIUR con 5.5 milioni di euro e verrà installato presso la sala B dei Laboratori del Gran Sasso.

All'interno di LUNA sono membro della Collaboration Board e responsabile locale dell'esperimento presso la Sezione di Genova. Nel 2016 ho progettato la misura della reazione  $2\text{H}(p,\gamma)3\text{He}$  che si è conclusa nel 2019. Il risultato, per le importanti conseguenze cosmologiche, è stato pubblicato nel novembre 2020 sulla rivista Nature: sono corresponding author del relativo articolo.

Sono membro dell'Editorial Board di LUNA e Principal Investigator per la reazione  $20\text{Ne}(p,\gamma)21\text{Na}$  e  $21\text{Ne}(p,\gamma)22\text{Na}$ . Lo studio della prima reazione è terminato e il lavoro sottomesso a Physical Review Letter mentre è in corso la presa dati della seconda.

Dopo la conclusione dell'esperimento Borexino, ho recentemente ripreso la mia collaborazione alla linea di ricerca di KM3NET che è l'estensione di NEMO/Antares e mi sto occupando della ricerca di sorgenti astronomiche puntiformi di neutrini di alta energia.

#### DIVULGAZIONE- REFERAGGI

- Dal 2013 sono iscritta all'albo dei Revisori del MIUR e sono stata referee di progetti sperimentali;
- Nel gennaio 2014 ho conseguito l'abilitazione scientifica nazionale alle funzioni di professore universitario di seconda fascia di cui al DR 222 del 20 luglio 2012 per il settore concorsuale 02A1;
- Sono docente del corso di Astrofisica Nucleare e Fisica dei Neutrini Solari presso la Scuola di Dottorato di Fisica dell'Università degli Studi di Genova.
- Revisore della Tesi di dottorato Kai Loo (University of Jyväskylä) Finlandia, correlatore della Tesi di Laurea di P. Bisio (UniGe) e relatore della tesi di L. Barbieri (UniPD)
- Sono membro dell'Editorial Board per la sezione di Fisica Nucleare della rivista Frontiers of Physics (<https://www.frontiersin.org>)
- Sono revisore di articoli su riviste internazionali (Nature Physics, Physics Letter A (Elsevier), NIMA..);

- Partecipo da sempre ad attività di divulgazione scientifica e di orientamento presso le scuole. Collaboro da anni all'organizzazione di visite guidate di studenti delle scuole superiori.
- Sono stata relatrice al convegno “ Il Mestiere del Ricercatore- Testimonianza del lavoro più bello del mondo ”, Giornata di orientamento per le Scuole organizzata dall'Associazione Amici del Festival della Scienza (17 ottobre 2014).
- 30/9/2016 : relatrice presso la birreria HB (“I neutrini e L'universo remoto”) nella Notte Europea dei Ricercatori a Genova (<http://www.mentelocale.it/genova/articoli/70711-genova-notte-ricercatori-2016-genova-programma.htm>)
- Sono membro del comitato scientifico internazionale di ISAPP - Using particle physics to understand and image the Earth e sto attualmente collaborando alla nuova edizione della scuola che si terra' dal 2 al 11 luglio a Ferrara.
- Nel 2016 ho fatto parte del comitato organizzatore locale della conferenza IFAE 2016 (30 Marzo – 1 Aprile, Genova)
- Nel 2017 ho fatto parte del comitato organizzatore locale della International School on Astroparticle Physics, Arenzano (GE), 13-24 June 2017
- Membro del comitato scientifico e del comitato organizzatore locale della conferenza di astrofisica nucleare GIANTS-X 2019, Genova, 21-23 ottobre 2019.
- Membro del comitato organizzatore locale della conferenza “Probing the Universe with Multiessenger Astronomy (PUMA) ”, Sestri Levante (GE), Italy, 28 Settembre
- 2019-20/2020-21 Collaborazione al progetto progetto di outreach promosso dall'INFN "ART\_SCIENCE\_C3M", il cui scopo è di avvicinare gli studenti delle scuole superiori italiane al mondo della Scienza e della Ricerca Scientifica usando l'Arte come linguaggio di
- comunicazione
- 2020-oggi Responsabile per la Sezione di Genova dell'INFN dell'iniziativa di Outreach “ Aggiornamenti”, un laboratorio di didattica della scienza riconosciuto come attività di formazione o aggiornamento professionale, rivolto principalmente agli insegnanti di Scienze ed Educazione Tecnica della Scuola Secondaria di Primo Grado.

#### RELAZIONI RECENTI A CONFERENZE E SEMINARI

- Conferenza “XXIII Rencontres de Physique de La Vallée d'Aoste, 1-7/3/2009 La Thuile, Relazione presentata: ”Measurements of  $7\text{Be}$  and  $8\text{B}$  solar neutrinos with Borexino”; Seminario su invito presso il Dipartimento di Fisica dell'Università di Torino, 13/4/2010 Torino, Titolo del seminario: “I geoneutrini: uno strumento nuovo e unico per studiare l'interno della Terra”; “35th International Conference on High Energy Physics - IChEP 2010”, 22-28/7/2010 Parigi Francia Relazione presentata: “ Solar neutrino and terrestrial antineutrino fluxes measured with Borexino at LNGS”.
- Membro del comitato scientifico internazionale della conferenza "Neutrino Geoscience", 21-23 Ottobre 2019, Praga, Repubblica Ceca.
- “The XIth International Conference on Heavy Quarks and Lepton- HQL 2012” Praga – Repubblica Ceca 11-15/6/2012, Relazione su invito presentata: “ The study of geoneutrinos”. “The Vth International Conference on Neutrino GeoScience (NGS2013)”, Takayama –Japan 21-23 March 2013, Invited Talk: “Measurement of geo-neutrino from 1353 days of Borexino”.
- “16th Lomonosov Conference on Elementary Particle Physics”, Mosca, Russia, 22-28 Agosto 2013, Invited Talk: “Geo-neutrinos”
- “37th International Conference on High Energy Physics - IChEP 2014”, 2-7/7/2014 Valencia – Spagna, Talk su: “ Borexino: recent solar neutrino and terrestrial neutrino results”. Il mio talk è stato selezionato tra i contributi “highlighted” della conferenza e la mia intervista pubblicata sulla Newsletter della conferenza;
- “The VIth International Conference on Neutrino GeoScience (NGS2015)”, 15-17 Giugno 2015, Invited Talk (Summary session): “Geoneutrino detection techniques and background: the challenges”;

- “Lepton-Photon 2015: The 27th International Symposium on Lepton Photon Interactions at High Energies”, Lubiana, Slovenia 17-22 (Agosto) 2015 . Talk su invito: “Low energy neutrino physics”.
- “51st Rencontres de Moriond 2016 : ELECTROWEAK INTERACTIONS AND UNIFIED THEORIES” La Thuile Italia, 12-19 Marzo, 2016. Titolo Talk: “ Recent results from Borexino”.
- “HEP-EPS 2017, Venezia, luglio 2017, Titolo talk” Neutrino physics and nuclear astrophysics: the LUNA MV project at Gran Sasso”;
- “CNNP 2017” Catania, Italia, Talk su invito: “New results on solar neutrinos from Borexino”
- “SSP 2018” Aachen Germania, 11-15/6/2018. Talk su invito: “Review of recent results on solar and geo-neutrinos”
- “NIC 2018” Gran Sasso (Italy), 24-29/6/2018. Talk in plenary session: “A new measurements of the  $2\text{H}(p,\gamma)3\text{He}$  cross section in the BBN energy range at LUNA”
- "Lepton Interactions with Nucleons and Nuclei--XV", Marciana Marina, Elba (Italy) 23-28 June 2019 Talk su invito “Recent results and future plans for nuclear astrophysics at LUNA”
- Relazione alla conferenza: TAUP 2019 – 16th International Conference on Topics in Astroparticle and Underground Physics. 9-13 September 2019, Toyama, Japan, Titolo: “Nuclear astrophysics at Gran Sasso: status and perspectives of the LUNA facility” (Data relazione : 9/9/2019).
- Relazione alla conferenza: TAUP 2019 – 16th International Conference on Topics in Astroparticle and Underground Physics. 13/9/2019, Toyama, Japan, Titolo: “ A comprehensive study of the pp-chain neutrinos with Borexino” (Data relazione : 10/9/2019)
- Seminario presso il Dipartimento di Fisica dell’Universita’ degli Studi di Genova. Titolo: “L’ esperimento LUNA fa luce sulla densita’ di materia barionica” (Data relazione: 3/12/2020)
- Relazione su invito al Workshop on line: Latest Advances in the Physics of BBN and Neutrino Decoupling. 12/4/2021 Berlin, Germany. Titolo: “Recent results from LUNA”
- Relazione su invito alla conferenza “Marcel Grossman Meeting – MG16”, 5-10/7/2021 online Titolo: “Study of antineutrinos from the Sun and Cosmos”
- Relazione alla conferenza: TAUP 2021 – 17th International Conference on Topics in Astroparticle and Underground Physics. 30/8-3/9/2021, Valencia, Spain, Titolo: “The LUNA project at Gran Sasso : recent results about the early Universe and future perspectives”
- Relazione alla conferenza ICHEP2022, 6-13 luglio 2022 Bologna. Titolo: “Non solar neutrino physics results with Borexino”
- Relazione alla conferenza Nuclear Physics in Astrophysics NPAX 2022 4-9/9/2022 Cern (Switzerland). Titolo: “The study of the  $^{20}\text{Ne}(p,\gamma)21\text{Na}$  reaction at LUNA”

Genova, 10/5/2023