

## **ALLEGATO B**

**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO**

selezione pubblica per n.1 posto di Ricercatore a tempo determinato ai sensi dell'art.24, comma 3, lettera a) della Legge 240/2010 per il settore concorsuale 02/A1 - FISICA SPERIMENTALE DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI , settore scientifico-disciplinare FIS/04 - FISICA NUCLEARE E SUBNUCLEARE presso il Dipartimento di Fisica Aldo Pontremoli, (avviso bando pubblicato sulla G.U. n. 30 del 14/04/2020) Codice concorso 4336

## **[Elena Sala] CURRICULUM VITAE**

### **INFORMAZIONI PERSONALI**

|                        |                          |
|------------------------|--------------------------|
| <b>COGNOME</b>         | <b>SALA</b>              |
| <b>NOME</b>            | <b>ELENA</b>             |
| <b>DATA DI NASCITA</b> | <b>[ 2 Gennaio 1983]</b> |

# Educazione

**Dottorato di ricerca in Fisica e Astronomia**

**Aprile 2014**

*Università degli studi di Milano-Bicocca, Milano, Italia*

Titolo tesi: Development of low level counting systems for high sensitivity measurements.

Advisor: Prof. Ezio Previtali

Gli esperimenti di fisica degli eventi rari si occupano di rivelare fenomeni caratterizzati da bassi rate di conteggio. Per poter distinguere il segnale cercato è necessario ridurre il fondo radioattivo intrinseco principalmente dovuto alle contaminazioni da radionuclidi primordiali ( $^{232}\text{Th}$ ,  $^{238}\text{U}$  e  $^{40}\text{K}$ ) dei materiali costituenti. La spettroscopia gamma con rivelatori HPGe (High Purity Germanium) sfrutta l'ottima risoluzione energetica di questi strumenti e costituisce una delle tecniche più utilizzate per selezionare materiali il cui contributo rispetti il bassissimo livello di contaminazione imposto da tali esperimenti.

Durante il dottorato di ricerca, come parte della collaborazione dell'esperimento CUORE (Cryogenic Underground Observatory for Rare Events), mi sono occupata dello sviluppo e ottimizzazione di un sistema di misura composto da due rivelatori n-type 100% HPGe operanti in coincidenza per misure di bassissime radioattività. Partendo dall'unica configurazione disponibile sul mercato per questo tipo di rivelatori, i materiali costituenti sono stati selezionati considerando il loro contributo al fondo intrinseco dello strumento per raggiungere la sensibilità desiderata. Gli strumenti nella loro configurazione finale, raffreddati senza l'ausilio di liquidi criogenici, sono stati installati nel Laboratorio di Radioattività dell'Università di Milano-Bicocca posti in una schermatura appositamente progettata. Mi sono poi dedicata all'installazione e ottimizzazione della catena elettronica e allo sviluppo del software di analisi per le misure in coincidenza grazie alle quali è possibile ottenere una ulteriore riduzione del fondo. L'apparato di misura ottimizzato, con una sensibilità attesa  $< 400\mu\text{Bq/Kg}$  per misure di  $^{232}\text{Th}$  su un campione di rame, è stato utilizzato anche per la selezione dei materiali componenti l'esperimento CUORE.

Durante l'attività di dottorato mi sono inoltre occupata di sviluppare una tecnica di rivelazione della concentrazione di alcuni isotopi di plutonio in campioni ambientali. Il metodo si basa sulla misura dei raggi X emessi nel processo di decadimento utilizzando un rivelatore BEGe (Broad Energy Germanium), la cui configurazione permette la rivelazione di basse energie con ottima efficienza e risoluzione. Lo strumento è stato ottimizzato, per tale scopo, tramite misure di standard di  $^{238}\text{Pu}$  e  $^{239}\text{Pu}$  per verificarne la sensibilità. La misura di un campione ambientale, IAEA384 di attività certificata per tali isotopi, ha permesso di rivelare contaminazioni di plutonio sotto i livelli di clearance, 150 Bq/Kg, imposti dall'ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale). Questi risultati hanno permesso di sviluppare un metodo, successivamente brevettato, per lo screening ambientale di plutonio in tempi brevi e con ottima sensibilità. L'innovazione consiste nella possibilità di rivelare contaminazioni di isotopi, in aree potenzialmente contaminate, sotto al livello di clearance in poche ore, senza la necessità di trattamenti e preparazioni di campioni necessari per altre tecniche di rivelazione.

**Laurea magistrale in Fisica****Giugno 2010***Università degli studi di Milano-Bicocca, Milano, Italia*

Titolo tesi: Sviluppo e realizzazione di rivelatori al germanio per la misura di bassissime radioattività.

Relatore: Prof. E. Previtali, co-relatore: Dott. C. Maiano.

**Laurea triennale in Fisica****Luglio 2005***Università degli studi di Milano-Bicocca, Milano, Italia*

Titolo tesi: Calibrazione di un cristallo scintillante di  $\text{CaMoO}_4$ .

Relatore: Prof. E. Previtali, co-relatore: Prof. T. Tabarelli de Fatis.

## Carriera Scientifica

Il mio interesse scientifico riguarda la fisica degli eventi rari; la mia esperienza si basa sulla partecipazione a esperimenti di fisica del neutrino, in particolare alla ricerca del doppio decadimento beta senza emissione di neutrini, e di fisica degli assioni. In tali contesti mi sono dedicata allo sviluppo di rivelatori e tecniche di rivelazioni ad alta sensibilità.

**Research Fellow****Ottobre 2018 - presente***Center for Axion and Precision Physics Research (CAPP), Institute for Basic Science (IBS), Daejeon, South Korea*

Il CAPP contribuisce alla ricerca degli assioni in diversi range di frequenza/massa grazie all'installazione di vari esperimenti basati sulla tecnica haloscope, che consiste nell'utilizzo di cavità risonanti ad alto fattore di qualità in un campo magnetico. Il segnale proveniente dalla conversione degli assioni in microonde è estremamente debole; uno dei fattori che limitano la sensibilità degli esperimenti è il rumore proveniente dalla catena elettronica espresso come temperatura equivalente di rumore. Risulta necessario dunque sviluppare dispositivi a basso rumore e alto guadagno; in questo contesto mi sono occupata delle misure di temperatura di rumore degli amplificatori utilizzati negli esperimenti e sono attualmente parte del gruppo di lavoro dedicato allo sviluppo e caratterizzazione di Josephson Parametric Amplifiers (JPA) e Microstrip SQUID Amplifiers (MSA), le cui prestazioni potrebbero permettere di raggiungere i livelli di sensibilità aspettati.

Mi sono inoltre occupata di caratterizzare cavità di diverse dimensioni tramite misure di localizzazione e mixing dei modi con il metodo "bead-pull" e simulazioni COMSOL per studiare l'effetto di tali fenomeni sul range di frequenze di interesse per la ricerca degli assioni.

**Senior Post-doc****Giugno 2017 - Settembre 2018***Max Planck Institute for Physics, Munich, Germany*

Ho ricoperto il ruolo di coordinatrice del PEN project, una collaborazione internazionale dedicata allo studio e alla caratterizzazione del materiale plastico scintillante Polyethylene Naphthalate (PEN). Gli esperimenti GERDA (GERmanium Detector Array) e LEGEND (Large Enriched Germanium Experiment for Neutrinoless  $\beta\beta$  Decay) si occupano della ricerca del doppio decadimento beta senza emissione di neutrini con l'utilizzo di rivelatori al germanio immersi in argon liquido, che agisce come veto e mantiene i rivelatori alla temperatura di lavoro. Sfruttando la luce di scintillazione, la proprietà di wavelength shifting e la sua intrinseca radiopurezza, questo materiale può essere utilizzato come veto attivo nelle fasi future di tali esperimenti. In questo contesto mi sono occupata dell'installazione di vari setup di misura per valutare l'emissione di luce di campioni di PEN con l'utilizzo di fotomoltiplicatori (PMTs), di Silicon Photomultipliers (SiPMs) e di uno spettrometro. Ho inoltre partecipato alla campagna di stampaggio a iniezione di campioni di PEN per ottimizzarne le proprietà ottiche e valutare la radiopurezza del prodotto finale partendo da granulati diversi. Le proprietà meccaniche dei campioni prodotti sono poi stati testati in azoto liquido e misure preliminari sono state svolte anche in argon per poter valutare il miglior design da utilizzare nei setup sperimentali.

**Research Fellow****Novembre 2014 - Giugno 2017***Centre for Underground Physics (CUP), Institute for Basic Science (IBS), Daejeon, South Korea*

Durante l'esperienza lavorativa al CUP mi sono occupata dello sviluppo di un array di rivelatori al Germanio (HPGe), in collaborazione con Mirion Technologies, per misure a basso fondo radioattivo. Lo strumento ideato rappresenta una innovazione per questo tipo di rivelatori; esso è costituito da due parti, affiancate una all'altra, ognuna delle quali composta da 7 rivelatori HPGe. La configurazione dell'array è stata pensata per raggiungere alte sensibilità di misura sfruttando l'efficienza geometrica e la possibilità di effettuare misure in coincidenza su 7 coppie di rivelatori. Nella fase di progettazione dello strumento mi sono occupata della selezione, in radiopurezza, dei materiali componenti l'array e del design considerando la possibilità di variare la distanza tra i due strumenti per misurare campioni di varie dimensioni. Ho successivamente coordinato la progettazione del laboratorio e l'installazione di entrambe le parti che costituiscono l'array nel laboratorio sotterraneo di YangYang (Y2L) in Corea del Sud. Sono stata responsabile della caratterizzazione degli strumenti e della catena elettronica e mi sono occupata del design e della progettazione della schermatura del sistema di misura. L'array, composto da 14 rivelatori HPGe, è stato utilizzato sia per la misura delle contaminazioni dei cristalli utilizzati per l'esperimento di fisica degli eventi rari AMoRE (Advanced Mo based Rare process Experiment) che per misure di decadimenti rari.

## Collaborazioni

### 2017 - 2019

Membro della collaborazione degli esperimenti GERDA (GERmanium Detector Array) e LEGEND (Large Enriched Germanium Experiment for Neutrinoless  $\beta\beta$  Decay): coordinatore del progetto internazionale di caratterizzazione del materiale plastico scintillante PEN per il suo utilizzo come veto attivo nelle fasi finali degli esperimenti.

### 2014 - 2017

Membro della collaborazione dell'esperimento AMoRE (Advanced Mo based Rare process Experiment): selezione dei materiali, in particolare della polvere utilizzata per crescere i cristalli utilizzati e del rame utilizzato nel setup dell'esperimento.

### 2010 - 2014

Membro della collaborazione dell'esperimento CUORE (Cryogenic Underground Observatory for Rare Events): selezione dei materiali tramite misure di contaminazione con rivelatori HPGe e simulazioni Monte Carlo.

## Insegnamento

### 2017 - 2018

*Max Planck Institute for Physics, Munich, Germania*

Advisor di uno studente di dottorato

Co-relatore di 2 studenti di laurea magistrale

Tutor di uno studente di laurea triennale

Tutor di 3 studenti di corso di laurea triennale durante l'internship al Max Planck Institute for Physics

L'attività svolta ha previsto l'assegnazione e l'organizzazione dei lavori di tesi, tutoring durante le attività in laboratorio e correzione durante la stesura degli elaborati finali.

### 2014 - 2017

*Centre for Underground Physics (CUP)*

Tutor di un dottorando

Tutor di uno studente di laurea magistrale

Coordinazione delle attività di tesi, controllo dei risultati e tutoring in laboratorio.

**2013 - 2014**

*Università degli studi di Milano-Bicocca, Milano, Italia*

Esercitatore per il corso di "Fisica 2" nel CdL in matematica.

Tutor per il progetto LabEx nell'ambito del Progetto "Lauree Scientifiche" promosso del Ministero dell'Università e della Ricerca con lo scopo di divulgazione scientifica, avvicinando gli studenti delle scuole superiori al mondo della scienza.

**2011 - 2013**

*Università degli studi di Milano-Bicocca, Milano, Italia*

Co-relatore di uno studente di laurea magistrale

Co-relatore di 6 studenti di laurea triennale

Come co-relatore mi sono occupata dell'assegnazione del lavoro di tesi, tutoraggio dell'attività di laboratorio e simulazioni Monte Carlo, correzione degli elaborati finali.

## Posizioni di Responsabilità

**Giugno 2017 - Settembre 2018**

*Max Planck Institute for Physics, Munich, Germany*

Group Leader del progetto internazionale, "PEN project", parte delle collaborazioni degli esperimenti GERDA e LEGEND.

**2019**

*Center for Axion and Precision Physics Research (CAPP)*

Membro del comitato organizzativo della scuola "Korea Undergraduate/graduate/high-school Science Program", <https://kusp.ibs.re.kr/>, con incarico della selezione dei candidati, della gestione del budget e tutoraggio di due studenti.

**2019 - presente**

*Center for Axion and Precision Physics Research (CAPP)*

Responsabile interno del CAPP del Memorandum of Understanding (MoU) stipulato tra IBS e INFN volto alla collaborazione in ambito degli esperimenti di fisica degli assioni e dello sviluppo di dispositivi a basso rumore per aumentare la sensibilità sperimentale.

## Brevetti

- E. Sala, M. Clemenza and E. Previtali  
"Metodo e dispositivo per la rivelazione di elementi radioattivi"  
Brevetto italiano numero 102015000041072
- E. Sala, M. Clemenza and E. Previtali  
"Method and Apparatus for detecting intrinsic radioactivity of radioactive samples"  
applicazione internazionale PCB, EP3329302, US20180224567, WO/2017/021841

## Seminari

- "Experimental overview on neutrinoless double beta decay"  
SFB1258 colloquia,  
Gennaio 2018, Technical University of Munich, Munich, Germany

## Pubblicazioni

Firmataria di più di 30 pubblicazioni citate un numero superiore alle 700 volte, con  $h$ -index pari a 10.

- M. Clemenza, E. Fiorini, E. Previtali and E. Sala,  
"Measurement of airborne  $^{131}\text{I}$ ,  $^{134}\text{Cs}$  and  $^{137}\text{Cs}$  due to the Fukushima reactor incident in Milan (Italy)"  
(2012) Journal of Environmental Radioactivity, 114, pp. 113-118.
- E. Sala, M. Clemenza and E. Previtali,  
"High Purity Material Selection Techniques for Rare Events Physics Experiments",  
(2013) Il nuovo Cimento della Società Italiana di Fisica C, 36(1), pp. 54-56.
- F. Alessandria et al.  
"Sensitivity and Discovery Potential of CUORE to Neutrinoless Double-Beta Decay",  
(2013) [arXiv:1109.0494v3 [nucl-ex]].
- L. Canonica et al.  
"First CUORE-0 Performance Results and Status of CUORE Experiment",  
(2014) Journal of Low Temperature Physics Volume 176 (5- 6), pp. 986-994.

- D.R. Artusa et al.  
 “Initial performance of the CUORE-0 experiment”,  
 (2014) European Physical Journal C, 74 (8), art. no. 2956, pp. 1-7.
- D.R. Artusa et al.  
 “Exploring the neutrinoless double beta decay in the inverted neutrino hierarchy with bolometric detectors”,  
 (2014) European Physical Journal C, 74 (10), art. no. 3096, pp. 1-19.
- N. Moggi et al.  
 “Neutrinoless double-beta decay search with CUORE and CUORE-0 experiments”,  
 (2015) EPJ Web of Conferences, 90, art. no. 03004.
- C. Alduino et al.  
 “CUORE”,  
 (2015) Proceedings of Science, art. no. 051.
- K. Alfonso et al.  
 “Search for Neutrinoless Double-Beta Decay of  $^{130}\text{Te}$  with CUORE-0’,  
 (2015) Physical Review Letters, 115 (10), art. no. 102502.
- L. Canonica et al.  
 “Results of CUORE-0 and prospects for the CUORE experiment”,  
 (2015) Nuclear and Particle Physics Proceedings, 265-266, pp. 73-76.
- D.R. Artusa et al.  
 “Searching for Neutrinoless double-beta decay of  $^{130}\text{Te}$  with CUORE”,  
 (2015) Advances in High Energy Physics, art. no. 879871.
- F. Terranova et al.  
 “Neutrinoless double beta decay results from CUORE-0 and status of the CUORE experiment”,  
 (2015) Proceedings of Science, art. no. 042.
- A.M. Vignati et al.  
 “First data from CUORE-0”,  
 (2015) Physics Procedia, 61, pp. 289-294.
- D.R. Artusa et al.  
 “CUORE and Beyond: Bolometric Techniques to Explore Inverted Neutrino Mass Hierarchy”,  
 (2015) Physics Procedia, 61, pp. 241-250.
- C.P. Aguirre et al.  
 “Dark Matter Search with CUORE-0 and CUORE”,  
 (2015) Physics Procedia, 61, pp. 13-20.
- O. Cremonesi et al.  
 “CUORE-0 results and prospects for the CUORE experiment’,  
 (2015) AIP Conference Proceedings, 1666, art. no. 170001.
- A. Giachero et al.  
 “The CUORE and CUORE-0 experiments at Gran Sasso”,  
 (2015) EPJ Web of Conferences, 95, art. no. 04024.



- L. Gironi et al.  
“First neutrinoless double beta decay results from CUORE-0”,  
(2015) AIP Conference Proceedings, 1686, art. no. 020011.
- E. Sala, I.S. Hahn, W.G. Kang, G.W. Kim, Y.D. Kim, M.H. Lee, D.S. Leonard, S.Y. Park.  
“Development of an underground HPGe array facility for ultra low radioactivity measurements”,  
(2015) AIP Conference Proceedings, 1672, art. no. 120001.
- C. Alduino et al.  
“CUORE-0 detector: Design, construction and operation”,  
(2016) Journal of Instrumentation, 11 (7), art. no. P07009.
- E. Sala et al.  
“The AMoRE project status”,  
(2016) Proceedings of Science, art. no. 073.
- M. Sisti et al.  
“Status of the CUORE and results from the CUORE-0 neutrinoless double beta decay experiments”,  
(2016) Nuclear and Particle Physics Proceedings, 273-275, pp. 1719-1725.
- C. Alduino et al.  
“Analysis Techniques for the evaluation of the neutrinoless double beta decay lifetime in Te 130 with the CUORE-0 detector”,  
(2016) Physical Review C, 93 (4), art. no. 045503.
- L. Canonica et al.  
“Results from the CUORE-0 experiment”,  
(2016) Journal of Physics: Conference Series, 718 (6), art. no. 062007.
- G.B. Kim, J.H. Choi, H.S. Jo, C.S. Kang, H.J. Kim, H.L. Kim, I.W. Kim, S.R. Kim, Y.D. Kim, Y.H. Kim, H.J. Lee, J.H. Lee, M.K. Lee, E. Sala and J.H. So.  
“Heath and Light Measurement of a  $^{40}\text{Ca}^{100}\text{MoO}_4$  Crystal for the AMoRE double beta decay experiment”,  
(2016) IEEE Transactions on Nuclear Science, 63 (2), art. no. 7410114, pp. 539-542.
- S.R. Kim, J.H. Choi, H.S. Jo, C.S. Kang, G.B. Kim, H.L. Kim, I.W. Kim, H.J. Lee, J.H. Lee, M.K. Lee, S.Y. Oh, E. Sala, J.H. So, W.S. Yoon, Y.H. Kim.  
“Development of Metallic Magnetic Calorimeters with a Critical Temperature Switch”,  
(2016) Journal of Low Temperature Physics, 184 (1-2), pp. 356-362.
- E. Sala, I.S. Hahn, W.G. Kang, G.W. Kim, Y.D. Kim, M.H. Lee, D.S. Leonard, S.Y. Park.  
“Development of an underground low background instrument for high sensitivity measurements”,  
(2016) Journal of Physics: Conference Series, 718 (6), art. no. 062050.
- N. Abgrall et al.  
“The Large Enriched Germanium Experiment for Neutrinoless Double Beta Decay (LEGEND)”,  
(2017) AIP Conference Proceedings, 1894, art. no. 020027.
- C. Alduino et al.  
“First results from CUORE: A search for lepton number violation via  $0\nu\beta\beta$  decay of  $^{130}\text{Te}$ ”,  
(2018) Physical Review Letters, 120 (13), art. no. 132501.

- G.W. Kim, S.Y. Park, I.S. Hahn, Y.D. Kim, M.H. Lee, D.S. Leonard, E.K. Lee, W.G. Kang, E. Sala, V. Kazalov.  
“Simulation Study for the Half-Life Measurement of  $^{180m}\text{Ta}$  Using HPGe Detectors”,  
(2019) Journal of the Korean Physical Society, 75 (1), pp. 32-39.
- Y. Efremenko, L. Fajt, M. Febbraro, F. Fischer, C. Hayward, R. Hodák, T. Kraetzschmar, B. Majorovits, D. Muenstermann, E. Öz, R. Pjatkan, M. Pohl, D. Radford, R. Rouhana, E. Sala, O. Schulz, I. Štekl, M. Stommel.  
“Use of poly(ethylene naphthalate) as a self-vetoing structural material”,  
(2019) Journal of Instrumentation, 14 (7), art. no. P07006.
- M. Agostini et al.  
“Probing Majorana neutrinos with double- $\beta$  decay”,  
(2019) Science, 365 (6460), pp. 1445-1448.
- S.W. Youn, E. Sala, J. Jeong, J. Kim and Y. K. Semertzidis.  
“Noise temperature measurements for axion haloscope experiments at IBS/CAPP”,  
(2020 in stampa) Journal of Low Temperature Physics.

## Conferenze e Scuole

- Presentazione orale: “High Purity Material Selection Techniques for Rare Events Physics Experiments”  
IFAE 2012,  
11 - 13 Aprile 2012, Ferrara, Italy
- “Neutrino Oscillation Workshop”,  
9 - 16 Settembre 2012, Otranto, Italy.
- “XXIV Seminario nazionale di Fisica Nucleare e Subnucleare (*XXIV National Seminar on Nuclear and Sub-Nuclear Physics*)”,  
21 - 27 Settembre 2012, Otranto, Italy.
- “International School of Nuclear Physics - 35th course – Neutrino Physics: Present and Future”,  
16 - 24 Settembre 2013, Ettore Majorana Foundation and Centre for Scientific Culture (EMFCSC)  
Erice, Italy.
- Poster: “High Sensitive Plutonium Detection for Radioactive Fallout Monitoring”  
IEEE Nuclear Science Symposium 2013,  
27 Ottobre - 2 Novembre 2013, Seoul, Korea
- Poster: “Development of an underground HPGe array facility for Ultra Low Background measurements”  
Low Radioactivity Techniques 2015,  
18-20 Marzo 2015, Seattle, US

- Presentazione orale: “Development of an underground low background instrument for high sensitivity measurements”  
TAUP 2015,  
7 - 11 Settembre 2015, Torino, Italy
- Presentazione orale: “The AMoRE experiment”  
NOW 2016,  
4 - 11 Settembre 2016, Otranto, Italy
- Presentazione orale: “Status of an Array of ultra low background HPGe at Y2L”  
Korean Physics Society Fall Meeting 2016,  
19 - 21 Ottobre 2016, Gwangju, South Korea
- Presentazione orale: “A development of an ultra-low radioactivity measurement facility at the Center for Underground Physics in Korea”  
LRT 2017,  
23 - 27 Maggio 2017, Seoul, South Korea
- Poster: “Noise Temperature measurements for Axion Haloscope Experiments at IBS/CAPP”  
LTD18, 22 - 26 Luglio 2019, Milano, Italy

Data

07/05/2020

Luogo

Daejeon, Repubblica di Corea