

## Curriculum vitae of Manuela Cavallaro

### PERSONAL INFORMATION

Name: Cavallaro Manuela  
e-mail: manuela.cavallaro@lns.infn.it  
Nationality: Italian

### EDUCATION

- 2009 PhD in Physics (Final dissertation cum laude) “*First Application of the MAGNEX spectrometer: investigation of the  $^{19}\text{F}(^7\text{Li},^7\text{Be})^{19}\text{O}$  reaction at 52.2 MeV*”. Supervisor: Prof. Angelo Cunsolo. University of Catania, Italy
- 2004 Master Degree in Physics (Final grade: 110/110 cum laude) “*Stati dell’ $^{19}\text{O}$  popolati nella reazione  $^{19}\text{F}(^7\text{Li},^7\text{Be})^{19}\text{O}$  a 56 MeV*”. Supervisor: Prof. Angelo Cunsolo. University of Catania, Italy

### CURRENT AND PREVIOUS POSITION

- 2016-today Researcher (ex art. 20), INFN - Laboratori Nazionali del Sud, Italy
- 2014-2016 Two-years Researcher (ex art. 2222), INFN - Laboratori Nazionali del Sud, Italy
- 2014 Invited researcher at UFF (Universidade Federal Fluminense) RJ, Brasil
- 2012-2014 Post Doctoral Researcher, INFN - Laboratori Nazionali del Sud, Italy
- 2012 Post Doctoral Researcher, Centro Siciliano di Fisica Nucleare e Struttura della Materia, Italy
- 2010-2011 Post Doctoral Researcher, INFN - Laboratori Nazionali del Sud, Italy
- 2009 Post Doctoral Researcher, Department of Physics, University of Catania, Italy

### FELLOWSHIPS

- 2012-2014 Post Doctoral grant (assegno di ricerca). Agency: INFN
- 2012 Post Doctoral grant. Agency: Centro Siciliano di Fisica Nucleare e Struttura della Materia
- 2010-2011 Post Doctoral grant (assegno di ricerca). Agency: INFN
- 2009 Post Doctoral grant (assegno di ricerca). Agency: University of Catania
- 2005-2008 Ph.D. studentship grant. Agency: University of Catania
- 2005 Graduate student fellowship. Agency: INFN
- 2004 Undergraduate student fellowship. Agency: INFN

## FUNDED PROJECT WITHIN COMPETITIVE CALL

- **PRINCIPAL INVESTIGATOR** of the project NURE (NUclear REactions for neutrinoless double beta decay) funded within the the call **Starting Grant 2016** of the European Research Council (**ERC-2016-STG**).  
Duration of the project: 5 years  
Budget: 1.272 M€  
Host institution: INFN
- **Proponent** of the project SiCILIA (Silicon Carbide detectors for Intense Luminosity Investigations and Applications) funded by INFN Comm. Naz. V within “Call2015”.  
Duration: 3 years  
Budget: 0.9 M€

## AWARDS

- 2014 **Best Young Speaker Award** at “II Topical Workshop on Modern Aspects in Nuclear Structure”, Bormio 19-22 February 2014, presenting the talk: “Extracting spectroscopic information from ( $^{18}\text{O}$ ,  $^{16}\text{O}$ ) two-neutron transfer reactions”.
- 2010 **First prize** as best communication in Nuclear Physics at “Congresso Nazionale Società Italiana di Fisica” presenting the results of the PhD thesis about the study of ( $^7\text{Li}$ ,  $^7\text{Be}$ ) charge-exchange reaction with MAGNEX.

## SUPERVISION OF GRADUATE STUDENTS AND POSTDOCTORAL FELLOWS

- Co-supervisor of **2 PhD students** (Diana Carbone, thesis on the Giant Pairing Vibration awarded by INFN as best thesis in experimental nuclear physics (Premio Villi) in 2014, presently Post-Doc, and Mariangela Bondi, thesis on the study of double charge-exchange reactions induced by heavy-ion beam, presently Post-Doc). University of Catania.
- Co-supervisor of **3 master degree students** (Gianluca Santagati and Gabriele Taranto, presently Post-Doc, Salvatore Calabrese, presently PhD student) and **1 undergraduate** student (Iolanda Indelicato, presently Post-Doc). University of Catania.

## TEACHING ACTIVITIES

- 2017 Lecturer for “XXVI Giornate di studio sui rivelatori – Scuola F. Bonaudi”, Cogne (AO), February 13-17, 2017.
- 2014–2015 Lecturer (docente a contratto) for “didactic laboratory of mechanics and thermodynamics”, University of Catania.
- 2014 Lecturer for “IV Seminario Nazionale Rivelatori Innovativi INFN”, Catania, November 10–14, 2014.
- Since 2003 Tutorial activity and lectures (cultore della materia) for the classes “Didactic laboratory of mechanics and thermodynamics”, “General Physics and Applications”, “Nuclear

Spectroscopy”, “Heavy Ions Physics”, “Nuclear Physics”, “Radioactivity”, University of Catania.

## ORGANISATION OF SCIENTIFIC MEETINGS

- Local Organizing committee of “HIB@LNS International Workshop on High Intensity cyclotron beam at LNS”, Catania, December 14-15, 2015.
- Local Organizing committee of “NUMEN International workshop - Challenges in the investigation of double charge-exchange nuclear reactions: towards neutrinoless double beta decay”, Catania, December 1-2, 2015.
- Local Organizing committee of “IV Seminario Nazionale Rivelatori Innovativi INFN”, Catania, November 10–14, 2014.
- Scientific secretary for “MAGNET 2010-International Workshop on Nuclear Physics with Modern Magnetic Spectrometers”. Catania, December 14–16, 2010.

## INSTITUTIONAL RESPONSIBILITIES

- **Spokesperson** of 4 experiments approved by the INFN - LNS International Scientific Committee. The experiments involve people from different international institutions (France, Canada, Germany, Japan, Romania, Belgium and Denmark).
- **Responsible** of the installation and operation of the EDEN neutron detector array from IN2P3 coupled with the MAGNEX spectrometer as declared in the Memorandum of Understanding (MoU) signed in 2010 between the Italian INFN and the French IN2P3.
- **Responsible** of the operation of the MAGNEX magnetic spectrometer at INFN – LNS since 2008.
- **Facility coordinator** for the NUMEN project (WP\_1).
- **Responsible** of the gas tracker for the future MAGNEX focal plane detector in the NUMEN project (WP\_3).

## COMMISSIONS OF TRUST

- **Reviewer** for “Nuclear Instruments and Methods in Physics Research: Section A”, Elsevier.
- **Evaluator** of the poster session at the 36<sup>th</sup> Workshop on Nuclear Physics, Maresias, Sao Sebastiao, Brazil, Sept. 1-5, 2013.

## MEMBERSHIP OF SCIENTIFIC SOCIETIES

- Member of the Italian Physics Society (SIF)
- Associate to the European Center of Theoretical Studies in Nuclear Physics and Related Areas (ECT\*) since 2011
- Associate to INFN since 2003

## COLLABORATION AND PARTICIPATION TO NATIONAL AND INTERNATIONAL RESEARCH GROUPS

- Research groups of “**INFN Commissione Nazionale III**”: MAGNEX\_EXP (spokesperson A. Cunsolo) 2003-2007, SPEME (spokesperson F. Cappuzzello) 2008-2011, DREAMS (spokespersons C. Agodi, F. Cappuzzello) 2012-2015, NUMEN\_gr3 (spokespersons C. Agodi, F. Cappuzzello) 2016-today.
- Research group of “**INFN Commissione Nazionale V**”: SiCILIA (spokesperson S. Tudisco) 2016-today.
- Active participation to over 30 **experiments** with accelerated beams approved by International Scientific Committees and involving international collaborations at INFN - LNS and LNL (Italy), TRIUMF (Canada); GANIL (France); RCNP (Japan); MLL (Germany); IPN (France), IFUSP (Brazil); Spokesperson of 4 of them.
- Invitation to work in 2010 at **Michigan State University** (MSU) to perform ion optics calculation for the design of a new large acceptance isochronous spectrometer in the ReA12 facility at NSCL/FRIB.
- Responsible of the installation and operations of the MAGNEX-EDEN facility at LNS, as declared in the **MoU INFN - IN2P3**.
- Official collaboration with **IFUFF and IFUSP Universities** (Brazil) as results from the **MoU** signed between the INFN and the Brazilian institutions (2011- 2018).
- **Invited researcher** at IFUFF (Brazil) in 2014.
- Official collaboration with **Akdeniz University (Turkey)** as results from the MoU signed between the INFN and the Turkish institution (2016- 2018).
- Official collaboration with **Casablanca University (Morocco)** as results from the MoU signed between the INFN and the Moroccan institution (2016- 2018).
- MoU in preparation between INFN and **University of Ioannina (Greece)** and INFN and University of Mexico City.

## INVITED TALKS AT INTERNATIONAL CONFERENCES AND WORKSHOPS

- T1) “*Nuclear Reactions for Neutrinoless Double Beta Decay*”. 55th International Winter Meeting on Nuclear Physics, Bormio, Italy, 23-27 January 2017.
- T2) “*Nuclear Reactions for Neutrinoless Double Beta Decay*”. Unraveling the complexity of nuclear systems: single-particle and collective aspects through the looking glass, ECT\* Trento, February 6-10, 2017.
- T3) “*Exploring the  $^{10}\text{Li}$  structure by the  $d(^9\text{Li},p)^{10}\text{Li}$  transfer reaction*”. Physics beyond the limits of stability: exploring the continuum, ECT\* Trento, Oct. 17-21, 2016.
- T4) “*Giant pairing resonances and two nucleon transfer reactions*”. Nuclear Structure 2016, Knoxville, Tennessee, USA, July 24-29, 2016
- T5) “*Transfer reactions and neutron decay studies by the MAGNEX-EDEN facility*”. Joint LIA COLL-AGAIN, COPIGAL and POLITA workshop on Nuclear Structure and Reactions – Catania, Italy, April 26-29, 2016
- T6) “*The Giant Pairing Vibration in  $^{14}\text{C}$  and  $^{15}\text{C}$  nuclei*”. 39<sup>th</sup> Symposium on Nuclear

Physics – Cocoyoc, Mexico, January 5-8, 2016

- T7) “*Double charge-exchange reactions: a tool towards neutrino-less double beta-decay nuclear matrix elements*”. XXXIV Mazurian Lakes Conference on Physics – Piaski, Poland, September 6-13, 2015.
- T8) “*Signatures of the Giant Pairing Vibration in  $^{14}\text{C}$  and  $^{15}\text{C}$  nuclei*”. XXI International School on Nuclear Physics and Applications & International Symposium on Exotic Nuclei – Varna, Bulgaria, September 6-12, 2015.
- T9) “*Extracting spectroscopic information from ( $^{18}\text{O}$ ,  $^{16}\text{O}$ ) two-neutron transfer reactions*”. 2<sup>nd</sup> International workshop on neutron-proton correlations, University of Hong Kong, July 6-9, 2015.
- T10) “*Extracting spectroscopic information from ( $^{18}\text{O}$ ,  $^{16}\text{O}$ ) two-neutron transfer reactions*”. Sicily-East Asia Workshop on Low-energy Nuclear Physics, Siracusa, Italy, July 28-31, 2014.
- T11) “*Pairing in light neutron-rich nuclei*”. 37<sup>th</sup> Workshop on Nuclear Physics, Maresias, Sao Sebastiao, Brazil, September 8-12, 2014.
- T12) “*Transfer reaction studies with MAGNEX*”. 36<sup>th</sup> Workshop on Nuclear Physics, Maresias, Sao Sebastiao, Brazil, September 1-5, 2013.
- T13) “*Nuclear response to two-neutron transfer via the ( $^{18}\text{O}$ ,  $^{16}\text{O}$ ) at 84 MeV*”. 11<sup>th</sup> International Conference on Nucleus-Nucleus collisions, San Antonio, USA, May 27 - June 1, 2012.
- T14) “*Nuclear response to two-neutron transfer reactions*”. 56<sup>th</sup> DAE Symposium on Nuclear Physics, Department of Nuclear Physics, Andhra University, Visakhapatnam, India, December 26-30, 2011.
- T15) “*Nuclear response to two-neutron transfer reactions*”. 5<sup>th</sup> LEA-Colliga workshop, IPN-Orsay, France, November 14-16, 2011.

## INVITED SEMINARS AT INTERNATIONAL INSTITUTIONS

- S1) Institute of Modern Physics, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou, June 2014  
“*The MAGNEX spectrometer: an innovative tool for nuclear reaction studies*”.
- S2) LRSA, Department of Physics, Faculty of Science Ben M'Sik, University Hassan II Mohammedia, Casablanca, Morocco, March 2013, “*Two-neutron transfer reactions and pairing correlation in nuclei*”.
- S3) Institute of Physics, University of Sao Paulo, Brazil, September 2012: “*Two-neutron transfer reactions and pairing correlations in nuclei*”.
- S4) IPN-Orsay, France, May 2010: “*Recent results on the MAGNEX spectrometer at INFN – LNS*”.

## SCIENTIFIC OUTPUTS

- 103 **publications** in refereed international journals (of which 1 Nature Communications, 1 invited review paper, 1 book chapter, 30 as first author and/or corresponding author). More than 400 citations.
- 25 **activity reports**.

- 36 **talks**, of which 15 **invited talks**, selected by advisory committees at well-established national and international conferences.
- 4 **invited seminars** at international institutions.
- **H-index** 13 (ISI, SCOPUS database).

## EARLY ACHIEVEMENTS TRACK-RECORD

I have performed my research activity mainly at INFN - LNS, which represents an advanced centre of development of science and technology of international interest in the field of nuclear physics. There, I had the opportunity to work in an **international collaboration**, in close contact with excellent scientists from prestigious institutions worldwide. In particular, my activity regards the study of the **structure of atomic nuclei** and of the **reaction mechanisms** at energy around the Coulomb barrier. This research has been largely carried out within the following projects of the *Commissione Nazionale III* of INFN since 2003: MAGNEX\_EXP (Spokesperson Prof. Angelo Cunsolo), SPEME (spokesperson F. Cappuzzello), DREAMS (Spokespersons Drs. C. Agodi and Prof. F. Cappuzzello) and NUMEN\_GR3 (Spokespersons Drs. C. Agodi and Prof. F. Cappuzzello).

### Charge-exchange reactions

Since my master and PhD thesis, I have worked on **charge-exchange reactions** as a tool for spectroscopy studies and to extract reaction mechanism information. I have performed experiments on these topics at IPN-Orsay (France), RCNP-Osaka (Japan) and INFN-LNS (Italy). I had the opportunity to work at the theoretical approach based on QRPA together with Prof. H. Lenske (University of Giessen) where I went for a research visit during my PhD course and with whom I am continuing the collaboration. The results have been published in international peer-reviewed journals and I have presented the results at different well-established international conferences. In 2010 I won the **first prize** as best communication in Nuclear Physics at “Congresso Nazionale Società Italiana di Fisica” and I have been invited to publish a paper in *Nuovo Cimento C* regarding our study of heavy-ion charge exchange reactions.

### The MAGNEX spectrometer

After my graduation, a large part of my research has been devoted to the **commissioning and upgrading of a large acceptance magnetic spectrometer, MAGNEX**. To handle a complex system such as a magnetic spectrometer has allowed me to acquire competences and skills on different topics: **ion optics, particle detectors** (silicon detectors, gas detectors, scintillators for neutron detection), **electronic instrumentations, data-analysis and data-acquisition systems**. This has been possible thanks to the relatively small size of the involved research groups (typically 10 persons).

I had the opportunity to work in team, in a multicultural framework and with roles of responsibility. Since 2008 **I am in charge to coordinate the work of foreign collaborators and of**

**undergraduate and PhD students** in the organization, preparation and setup of the several nuclear physics experiments performed with MAGNEX. Today, I am the **facility coordinator** for the NUMEN project (Working Package 1) with the responsibility of the experimental activity planned at LNS.

I am the **spokesperson of four experiments** approved by the INFN - LNS Scientific Committee:

- 2009: *study of ( ${}^7\text{Li}, {}^7\text{Be}$ ) charge-exchange reactions to extract the GT strength;*
- 2011: *a possible nuclear physics solution to the cosmological lithium problem;*
- 2012: *One-neutron removal from  ${}^{16}\text{O}$ : study of the reaction mechanism;*
- 2014: *DOCET- Double Charge-Exchange reactions with MAGNEX.*

In 2010 I was the **scientific secretary** of the **international conference** “MAGNET 2010-International Workshop on Nuclear Physics with Modern Magnetic Spectrometers”. In 2014 I was one the **organizers and lecturers** of the “IV Seminario Nazionale Rivelatori Innovativi” funded by INFN. I was also invited to give **seminars** at foreign institutes on topics related to MAGNEX and the magnetic spectrometry (see S1, S4 of CV).

Thanks to the experience gained in the field of large acceptance spectrometers **I was invited to work for a period at the Michigan State University (MSU)** to perform ion optics calculation for the design of a new large acceptance isochronous spectrometer in collaboration with Prof. W. Mittig.

Nowadays I am the responsible of the Working Package 3 regarding the **development of a new gas tracker** for the MAGNEX focal plane detector within the **NUMEN collaboration**. The new tracker will work at low pressure and with heavy ions and will be based on Micro Pattern Gas Detector (MPGD) in order to tolerate the high rate (rate of incident particles of the order of MHz) expected in the NUMEN experiments. These requests make it a completely innovative device for which an R&D phase is mandatory.

I had 2 **invited talks** (T12, T13 of CV) on MAGNEX and I am one of the main authors of **papers** regarding its performances in international peer-reviewed journals (NIM A, EPJA, PRC, IEEE etc.), a book chapter and a recent invited review paper [1]. Among the technical publications on the MAGNEX results, one regards the work, in which I gave a strong contribution, on the upgrade of the performances and results of the MAGNEX focal plane detector [2].

[1] F. Cappuzzello, C. Agodi, D. Carbone, M. Cavallaro, EUR. PHYS. JOURN. A (2016) 52: 167

[2] M. Cavallaro, et al., EUR. PHYS. JOURN. A, (2012) 48:59.

### **The EDEN neutron detector array**

**I have coordinated the installation of the EDEN neutron detector** array from the IPN-Orsay laboratory (France) coupled with MAGNEX. I am the **responsible of the detectors setup, electronics and data-acquisition** of the whole MAGNEX-EDEN facility, as declared in the Memorandum of Understanding signed between INFN and IN2P3 (2010-2017). A work on the implementation of a new pulse-shape discrimination technique for the neutron detectors was published in NIM A [3] and another on the measurement of neutron time-of-flight and neutron decay has been recently published in PRC [4]. I have personally presented the results on the MAGNEX-EDEN facility at different international conferences.

[3] M. Cavallaro, et al., NUCL. INSTR. AND METH. A, 700 (2013) 65-69.

[4] M. Cavallaro, et al., PHYS. REV. C 93, 064323 (2016)

### **Two-neutron transfer reactions**

Recently, I have worked on heavy-ion **two-neutron transfer reactions** getting interesting results about the structure of the populated nuclei and the reaction dynamics and their connection to the **pairing force**. I have written articles in peer-reviewed journals on this subject, also as a first author. I cite here just few of them [4, 5, 6, 7]. In particular, the results on the first observation of the Giant Pairing Resonance (GPV) have been recently published in Nature Comm. [6]. In this publication I am one of the three main authors. I have also **presented such achievements in several international conferences** and among them, I had 8 **invited talks on this topic** (see T2, T3, T4, T6, T7, T8, T10, T11 of CV). I have also been invited to report about the results in **seminars at foreigner institutions** (see S2, S3 of CV). I have gained an **award as best talk in a prestigious international conference** [*Best Young Speaker Award at "II Topical Workshop on Modern Aspects in Nuclear Structure", Bormio 19-22 February 2014*]. The achievement of the important result on the GPV has stimulated much interest also in the society with publications of articles in local newspaper (La Sicilia), blog (La RepubblicaD) and national radio station (Radio Popolare).

[5] M. Cavallaro, et al., PHYS. REV. C, 88 (2013) 054601.

[6] F. Cappuzzello, D. Carbone, M. Cavallaro, M. Bondi, C. Agodi, F. Azaiez, A. Bonaccorso, A. Cunsolo, L. Fortunato, A. Foti, S. Franchoo, E. Khan, R. Linares, J. Lubian, J.A. Scarpaci, A. Vitturi, NATURE COMM. 6 (2015) 6743

[7] F. Cappuzzello, C. Rea, A. Bonaccorso, M. Bondi, D. Carbone, M. Cavallaro, A. Cunsolo, A. Foti, S.E.A. Orrigo, M.R.D. Rodrigues, G. Taranto, PHYS. LETT. B, 711 (2012) 347.

### **Elastic scattering**

The potentiality of the MAGNEX spectrometer to measure processes characterized by small cross-sections has allowed to start collaborations with researchers of the University of Sao Paulo and Niteroi (Brazil) and of Ioannina (Greece) on the **scattering phenomena induced by heavy-ion collisions**. I have given a strong contribution to this research, especially with the responsibility of the experimental setup and giving support for the data reduction. Within this physics item I have also been invited as visiting researcher at IFUFF (Brazil). Papers on these topics have been published in international peer-reviewed journals such as PLB, Journ. Phys. G, PRC, EPJA, NIMA.

### **Spectroscopy of unbound nuclei**



I have also performed researches in foreign laboratories using different nuclear physics facilities. I mention for example the experiment (S1284) performed at TRIUMF laboratory (Canada) using a radioactive beam ( $^9\text{Li}$ ) to study **the structure of the unbound nucleus  $^{10}\text{Li}$** . I was in charge of the experimental setup at the ISACII-TUDA hall and I have performed and completed the data analysis. The results show new and interesting spectroscopic features on the  $^{10}\text{Li}$  continuum structure. They have been presented as invited talk at 2 conferences (T1, T9) and discussed in a paper published in Phys. Rev. Lett. (M. Cavallaro, et al., PLR 118, 012701 (2017)).

### **Double charge exchange reactions, the NUMEN project and the ERC grant**

Thanks to the experience gained on charge exchange reactions and thanks to the acquired skills in working with MAGNEX, in 2013 I have presented (spokesperson Drs. M. Cavallaro and Prof. F. Cappuzzello) a **proposal to the INFN-LNS international scientific committee**, asking for beam-time to perform the  $^{40}\text{Ca}(^{18}\text{O}, ^{18}\text{Ne})^{40}\text{Ar}$  **heavy-ion double charge-exchange reaction**. The aim was to check the feasibility of such kind of challenging measurement and to study its correlation to neutrinoless double beta decay. The experiment has been approved and performed with success. The data analysis shows that, despite the very low yields, absolute cross-sections can be measured and nuclear matrix elements can be extracted at least in the  $^{40}\text{Ca}$  case. I was also invited to give an **invited talk** on this topic at an international conference (T5). The results have been **recently published** [8] and I am the **corresponding author**. The encouraging results of this experiment has triggered the idea at the basis of the **NUMEN project** (spokespersons Prof. F. Cappuzzello and Drs. C. Agodi) which plans an upgrade of the INFN-LNS facilities (CS accelerator and MAGNEX spectrometer) with the physics case to use such reactions for nuclei candidates for neutrinoless double beta decay. NUMEN is included in the **What Next** initiative of INFN. The project includes about 70 researchers from Italy and abroad and I am the responsible of two Working Packages (WP\_1 experimental facility and WP\_3 gas tracker).

A very recent and prestigious achievement of my carrier is the funding of the NURE project by **European Research Committee (ERC)** for a Starting Grant where I am the **Principal Investigator**. The project, funded for a budget of 1.3MEuro, plans to perform a five-years research to study double charge exchange reactions and the competing reaction channels on two systems of interest for neutrinoless double beta decay ( $0\nu\beta\beta$ ) with the present facilities at LNS.  $0\nu\beta\beta$  decay is considered the best potential resource to determine the absolute neutrino mass scale. Moreover, if observed, it will signal that the total lepton number is not conserved and neutrinos are Majorana particles. Presently, this physics case is one of the most important research “beyond the Standard Model” and might guide the way towards a Grand Unified Theory of fundamental interactions.

Since the  $\beta\beta$  decay process involves nuclei, its analysis necessarily implies nuclear structure issues. The  $0\nu\beta\beta$  decay rate can be expressed as a product of independent factors: the phase-space factors, the nuclear matrix elements (NME) and a function of the masses of the neutrino species. Thus the knowledge of the NME can give information on the neutrino mass, if the  $0\nu\beta\beta$  decay rate is measured.

The idea of NURE is to use nuclear reactions of double charge-exchange (DCE) as a tool to have access to the  $\beta\beta$  NME. In DCE reactions and  $\beta\beta$  decay, the initial and final nuclear states are similar and the transition operators have the same spin-isospin structure. Thus, even if the two

processes are mediated by different interactions, the NME are connected and the determination of the DCE cross-sections can give crucial information on  $\beta\beta$  matrix elements.

NURE plans to carry out a campaign of experiments using accelerated beams on different targets candidates for  $0\nu\beta\beta$  decay. The DCE channel will be populated using  $(^{18}\text{O},^{18}\text{Ne})$  and  $(^{20}\text{Ne},^{20}\text{O})$  reactions by the MAGNEX large acceptance spectrometer, which is unique in the world to measure very suppressed reaction channels at high resolution. The complete net involving the single charge-exchange and multi-step transfers characterized by the same initial and final nuclei will be also measured to study the reaction mechanism. The absolute cross-sections will be extracted. The comparison with microscopic state-of-the-art calculations will give access to the NMEs.

The budget of the NURE project is mainly dedicated to manpower. The project plans to hire young post-docs for the whole duration of the project to perform experiments and analyse the data. This will allow to conduct a new and challenging research that otherwise will be not feasible since not enough human resources are available.

[8] F. Cappuzzello, M. Cavallaro, C. Agodi, M. Bondi, D. Carbone, A. Cunsolo, and A. Foti, EUR. PHYS. J. A (2015) 51:145

Catania, 03/03/2017

Manuela Cavallaro

# Curriculum Vitae et Studiorum

## Clementina Agodi

- Sono nata a Catania il 9-3-1960
- Ho conseguito la maturità classica nell'anno scolastico 1977-1978, riportando la votazione di 60/60
- Mi sono laureata in Fisica (indirizzo nucleare) presso l'Università di Catania nell'A.A. 1981-1982 con la votazione 110/110 e lode, discutendo la tesi: " Studio di nuclei ad alto spin mediante misure di spettri e molteplicità  $\otimes$  nel continuo: Progetto di esperimento ", relatore il prof.E.Migneco.
- Nell'ottobre 1984 ho ricoperto una posizione a tempo determinato con il profilo di Collaboratore del ruolo tecnico-professionale presso l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare ai Laboratori Nazionali del Sud (LNS) a Catania, nell'ambito dell'attività relativa alla progettazione e realizzazione di apparati di misura per le sale sperimentali a servizio degli acceleratori Tandem e Ciclotrone Superconduttore.
- Ho continuato la mia formazione seguendo i due corsi dell' 'International school of Heavy Ion Physics', diretti dal prof. Ricardo Broglia, tenutisi ad Erice nel luglio 1984 e nell'ottobre del 1986.
- Il primo febbraio 1988 sono diventata ricercatore di ruolo dell'INFN, presso i Laboratori Nazionali del Sud.
- Dal primo gennaio 2007 sono in servizio presso l'INFN con il profilo di Primo Ricercatore di II livello ai LNS (nell' elenco dei documenti allegati n.9).
- Coniugata dal 1988 e madre di due figli.



# Clementina Agodi

[agodi@lns.infn.it](mailto:agodi@lns.infn.it)

## Posizione attuale

Primo Ricercatore presso l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN) –Laboratori Nazionali del Sud (LNS) di Catania.

## Principali attività di ricerca

- *Reazioni Indotte da Ioni pesanti ad energie intermedie:* Ho iniziato l'attività di ricerca nell'INFN, con lo studio della fisica nucleare attraverso le reazioni indotte da ioni pesanti alle energie intermedie ( $20\text{AMeV} \leq E \leq 200\text{AMeV}$ ), partecipando attivamente sin dalle prime fasi alla progettazione e realizzazione del sistema di rivelazione a  $4\pi$ , MEDEA (Multi Element Detector Array). Questo apparato, costituito da una sfera di cristalli di  $\text{BaF}_2$ , è dedicato alla rivelazione di fotoni e particelle cariche leggere, utilizzate come sonde per studiare i primi istanti delle collisioni. La prima fase di sperimentazione con MEDEA si è svolta ai laboratori di GANIL in Francia. Le fasi successive si sono svolte a Catania ai LNS, utilizzando i fasci accelerati dal Ciclotrone Superconduttore (CS). Qui gli studi con MEDEA sono stati estesi ai frammenti di massa intermedia grazie all'accoppiamento con il multirivelatore per particelle MULTICS, in collaborazione con colleghi di altre sezioni dell'INFN.

Per comprendere la dinamica delle collisioni nucleari alle energie intermedie è necessario conoscerne le condizioni iniziali. Tra queste, il parametro d'urto, non essendo misurabile direttamente, deve essere dedotto da altre quantità misurabili in modo diretto, cioè dalle variabili globali dell'evento quali, ad esempio, la molteplicità totale. A questo riguardo, lo studio sui problemi connessi alla determinazione del parametro d'urto  $b$ , si è concentrato prima sul metodo di determinazione di  $b$  dalla molteplicità di particelle [A1]. Poi il problema è stato approfondito studiando l'influenza delle fluttuazioni della molteplicità totale sulla ricostruzione di  $b$  [A2].

Le principali linee di ricerca esplorate, comprendenti la campagna sperimentale Ouverture/1 che ho presentato come Spokesperson al PAC dei LNS [n.6 dei documenti allegati], indagando sulle reazioni indotte da ioni pesanti alle energie intermedie con MEDEA prima e MEDEA+MULTICS dopo, hanno portato a disegnare per la prima volta, uno scenario complessivo consistente delle emissioni di pre-equilibrio. In particolare, sulla base dei dati relativi alla produzione di fotoni e protoni di alta energia, è stato dimostrato che lo stadio iniziale delle collisioni nucleo-nucleo è dominato dagli effetti dovuti agli urti tra i nucleoni, consentendo di stimare l'energia nel pre-equilibrio e nella fase successiva di termalizzazione. Inoltre, questi studi hanno dato un importante contributo all'attuale e ancora dibattuto tema della transizione di fase della materia nucleare, con i dati relativi alla soppressione della Risonanza Gigante di Dipolo che indica la scomparsa di un comportamento collettivo [A3] ed all'osservazione di una predominante emissione istantanea di frammenti, interpretabile in un quadro di compressione-espansione dinamica della materia nucleare. Questi risultati, considerati nel loro insieme, disegnano un quadro convincente del comportamento della materia nucleare alle energie intermedie. Sono stata invitata a presentare diversi di questi risultati a conferenze internazionali, tra cui la GORDON CONFERENCE del 2002 [n.36 nell'elenco dei documenti allegati].

*Studio degli effetti di isospin nella materia nucleare:* Nell'ambito delle reazioni nucleari alle energie del CS, ho studiato anche gli effetti dell'influenza dell'isospin sulla multiframmentazione, con il rivelatore per particelle CHIMERA installato ai LNS.

In questo quadro, ho partecipato agli esperimenti ISOSPIN e EXOCHIM, che hanno avuto tra gli altri lo scopo di studiare gli effetti dell'influenza dell'isospin sulla multiframmentazione. In particolare, mi sono occupata della dipendenza del meccanismo di



reazione dalla massa e dall'isospin, con uno studio specifico sulle misure di "time-scale" nella multiframmentazione [A4].

Il mio personale contributo alle attività di ricerca sopra menzionate ed agli sviluppi originali ad esse correlate è documentato oltre che da molteplici pubblicazioni (vedi nell'elenco delle pubblicazioni tra le altre n.192,189,188,186,179,117,63,59,6), da diverse presentazioni, molte delle quali su invito, a Conferenze Internazionali [n.32-33-34-35-36-37-38 dei documenti allegati] .

- Studio della materia nucleare ad alta densità e temperatura formata in collisioni tra ioni pesanti ad alta energia (1-2 AGeV): Faccio parte della collaborazione internazionale che ha realizzato lo spettrometro HADES, installato al laboratorio GSI in Germania. Tale spettrometro è nato per studiare la materia nucleare ad alta densità e temperatura, che si forma in collisioni tra ioni pesanti ad energie dell'ordine di 1-2 AGeV, mediante la produzione di di-elettroni. Faccio parte della collaborazione italiana, che partecipa al progetto con la realizzazione del TOF. L'obiettivo del TOF è fornire la misura del tempo di volo necessaria a separare gli elettroni dal fondo di adroni, e, tramite la misura di posizione, dare un'informazione supplementare per il tracking. Nell'ambito di questa collaborazione ho contribuito sia alla realizzazione del sistema di rivelatori per la misura del tempo di volo che a diverse campagne sperimentali, vedi nell'elenco delle pubblicazioni tra le altre n.135,154,110,104.

- Studio di sezioni d'urto di frammentazione del proiettile: Nel 2008 ho promosso una nuova linea di ricerca proponendo, in CSN3, uno studio approfondito della frammentazione del proiettile in reazioni nucleari volto ad interessi applicativi, quali l'adroterapia e la radioprotezione nello spazio. Ho coordinato tale attività per tre anni, come Responsabile Nazionale della sigla FRAG, cui afferiscono le sedi LNS, CT e CA, promuovendo una campagna di misure sistematiche per studiare la sezione d'urto di frammentazione del  $^{12}\text{C}$  su bersagli di Au, C e H ad energie tra i 35 e 80 MeV/A con i fasci del CS dei LNS. Ho presentato come Spokesperson questa campagna di esperimenti al PAC LNS del 2008 (n.12 dei documenti allegati). Tali misure sono fondamentali per convalidare i codici Monte Carlo utilizzati nei Sistemi di Piani di Trattamento per la cura dei tumori. I risultati delle misure effettuate sono stati confrontati con le predizioni di due modelli implementati nel codice Monte Carlo GEANT4. L'originalità di questo lavoro ha portato alla pubblicazione dei risultati ottenuti, nelle reazioni  $^{12}\text{C}+^{12}\text{C}$  e  $62\text{ MeV/A }^{12}\text{C}+^{197}\text{Au}$  a 62 MeV/A, in due prestigiosi database: Nuclear Energy Agency Data Bank (NEADB) e Experimental Nuclear Reaction Data (EXFOR) [A5].

Su temi analoghi, è stato effettuato un esperimento "complementare", su bersaglio spesso di poly-methyl methacrylate, PMMA, colpito da un fascio di  $^{12}\text{C}$  a 80 MeV/A ai LNS.

I risultati di questo esperimento riguardano il monitoraggio della dose rilasciata durante il trattamento nonché la conoscenza della posizione on-line del picco di Bragg. Sono stati misurati i flussi di particelle emesse dall'irradiazione di un bersaglio spesso di PMMA con un fascio di ioni carbonio a 80 MeV/A prodotto dal CS dei LNS. Le misure di flussi di particelle secondarie prodotte da fasci di adroni sono di fondamentale importanza per la progettazione dei dispositivi per il monitoraggio della dose durante i trattamenti, nonché per mettere a punto le simulazioni Monte Carlo. L'originalità dei nostri risultati è mostrata anche dal grande interesse che questi hanno suscitato nel campo [A6].

In questo contesto, sono tra i proponenti dell'iniziativa INFN per lo sviluppo di un innovativo Sistema di Piano di Trattamento (TPS), mirato alla terapia con fasci di  $^{12}\text{C}$ . Nell'ambito di questo progetto multi-disciplinare, che coinvolge CSN3 e CSN5 dell'INFN, ho la responsabilità della "task" multi- frammentazione che comprende lo studio sistematico di misure di frammentazione del  $^{12}\text{C}$  e, più in generale, di fasci stabili e radioattivi di interesse per lo sviluppo di Piani di Sistemi di Trattamento. A questo riguardo, ho presentato come Spokesperson la proposta di una campagna sperimentale al PAC LNS del 2010 (n.18 dei documenti allegati).



Nell'ambito di questi interessi scientifici faccio parte di una collaborazione internazionale, denominata FIRST (Fragmentation of Ions Relevant for Space and Therapy), composta da diversi ricercatori di varie sezioni INFN di CSN3 e CSN5 e ricercatori del GSI (Germania), dell'ESA, e dell'IN2P3 (Francia).

In tale collaborazione internazionale sono tra i proponenti di un esperimento per misure di frammentazione del proiettile ad energie comprese tra 100 e 1000 MeV/nucleone. Tale esperimento, realizzato al GSI con il setup ALADiN, ha l'obiettivo di misurare sezioni d'urto differenziali di frammentazione per diversi ioni di interesse per l'adroterapia e la radioprotezione nello spazio. In tale collaborazione sono stata membro del "policy board" e dell' "editorial board".

Il mio personale contributo a questa attività di ricerca ed ai suoi originali sviluppi è deducibile oltre che dai ruoli di responsabilità da me ricoperti [tra cui n.12,18,16 dei documenti allegati] anche dalle pubblicazioni (tra le altre, nell'elenco delle pubblicazioni n.45,50,53,58,61,64,66,87,88,89,105) e da vari seminari (tra cui n.51 degli allegati) e presentazioni, diverse su invito, dei risultati conseguiti a Conferenze Internazionali tra cui al 12th International Conference on Nuclear Reaction Mechanisms nel 2009 a Varenna ed alla Nucleus-Nucleus Collisions, nel 2012 in Texas [n. 40, 50, 39, dei documenti allegati] .

#### Struttura Nucleare e meccanismi di reazione

Nel 2012, ho dato nuovo impulso e prospettiva alla mia attività sperimentale ideando l'esperimento DREAMS di CSN3, di cui sono Responsabile Nazionale con il collega F.Cappuzzello dell'Università di Catania, in cui confluisce l'attività dell'esperimento FRAG, arricchito di nuove tematiche. Tali tematiche guardano al potenziamento del programma sperimentale dello spettrometro MAGNEX ai LNS con fasci stabili, TANDEM e CS, e radioattivi, prodotti dalla frammentazione in volo del proiettile, FRIBs@LNS. L'esperimento, cui afferiscono quattro sedi INFN: LNS, CT, CA e TO, si avvale di diverse collaborazioni internazionali tra cui TRIUMF, San Paolo, IPN-Orsay, GSI, OSAKA, che danno accesso ad altre facility sperimentali e coinvolgono fisici di altre nazioni interessati a partecipare agli esperimenti dei LNS. Lo spirito con cui è nato l'esperimento DREAMS è stato quello di voler valorizzare le peculiarità dello spettrometro magnetico MAGNEX e sfruttare le sue potenzialità, avvalendosi di tutte le esperienze e competenze scientifiche acquisite in precedenti attività di ricerca e con diversi apparati sperimentali.

Lo spettrometro magnetico MAGNEX è stato concepito per studiare diversi processi, caratterizzati anche da rese molto piccole, in differenti campi della fisica nucleare, che vanno dalla struttura nucleare alla caratterizzazione di meccanismi di reazione in un ampio intervallo di energie e masse. Unire i vantaggi di uno spettrometro magnetico tradizionale con quelli di un rivelatore a grande accettazione, in momento ed angolo, è essenziale quando le condizioni delle misure sono caratterizzate da basse rese di rivelazione o quando si ha a che fare con fasci di ioni radioattivi di bassa intensità oppure con la ricerca di canali di reazione molto soppressi.

Proprio da questo sono caratterizzate le linee di ricerca nell'ambito dell'esperimento DREAMS. Tali linee di ricerca vanno dagli studi sul Rainbow nucleare all' "alfa clustering", dagli studi sul break-up nucleare alle correlazioni di pairing, dall' "ab-initio" alle reazioni di singolo e doppio scambio di carica, dagli studi sui nuclei esotici leggeri alla risonanza di monopolo gigante. Inoltre, in esperimenti più recenti, lo spettrometro è stato usato con successo ad angoli molto in avanti, zero gradi compreso, espandendo ulteriormente il suo potenziale di scoperta [A7]. Un valore aggiunto è stato nel 2013 l'accoppiamento con il rivelatore per neutroni EDEN dell'IN2P3 - IPN di Orsay nell'ambito di un MoU tra INFN e IN2P3, in cui sono membro dello Scientific Coordination Group per i LNS.

Il più importante risultato scientifico raggiunto nell'ambito di DREAMS è la recente scoperta, nei nuclei  $^{14}\text{C}$  e  $^{15}\text{C}$ , della Giant Pairing Vibration (GPV) pubblicata su NATURE Communications [A8], prevista da Broglia e Bes nel 1977, che convalida implicitamente la simmetria "particle-hole".



I modi giganti, in letteratura, sono stati ampiamente studiati nel caso di “particle-hole”, ma nonostante vari tentativi, prima del nostro esperimento non erano stati verificati per i casi “particle-particle” o “hole-hole”, mettendo in dubbio l’assunzione della simmetria “particle-hole”. L’esperimento è stato realizzato ai LNS dell’INFN a Catania. Un fascio di  $^{18}\text{O}$  estratto dall’acceleratore Tandem a 84 MeV di energia incidente è stato portato prima su un bersaglio di  $^{12}\text{C}$  e poi su un bersaglio di  $^{13}\text{C}$ . Gli eiettili  $^{16}\text{O}$  prodotti nella reazione sono stati analizzati in momento con lo spettrometro magnetico MAGNEX.

I dati ottenuti dallo studio della reazione di trasferimento di due neutroni  $^{12,13}\text{C}(^{18}\text{O},^{16}\text{O})^{14,15}\text{C}$  a 84 MeV di energia incidente, hanno fornito la prima evidenza sperimentale della GPV. Questa evidenza sperimentale è stata poi confermata nelle stesse reazioni, misurate anche all’energia più alta di 270 MeV, con i fasci del CS. L’originalità ed innovazione di questi risultati è evidenziata anche nelle citazioni in News and Views Nature Physics 2 Aprile 2015 e nel recente articolo P.Bortignon e R.A.Brogliola Eur. Phys. J. A (2016) 52: 64.

Tra le attività sperimentali più innovative realizzate nell’ambito di DREAMS c’è anche il primo esperimento effettuato a zero gradi con MAGNEX e con i fasci del CS. Tale esperimento ha aperto la strada a nuove ed ambiziose sfide sperimentali, con uno specifico interesse rivolto alle reazioni di Doppio Scambio di Carica (Double Charge Exchange, DCE), in quanto connesse alla possibilità di eccitare i modi di doppio Gamow-Teller o di doppio Fermi. Nonostante l’interesse scientifico per queste reazioni, le sezioni d’urto estremamente piccole (da 10 nb/sr a 1  $\mu\text{b/sr}$ ) ne hanno scoraggiato un loro uso sistematico. Basandoci sulle peculiarità di rivelazione di MAGNEX, abbiamo proposto di studiare la reazione  $^{40}\text{Ca}(^{18}\text{O},^{18}\text{Ne})^{40}\text{Ar}$  a 270 MeV di energia totale e a zero gradi. I risultati di questo esperimento hanno messo in luce per la prima volta la possibilità di isolare il meccanismo di scambio di due mesoni ad angoli di scattering intorno a zero gradi [A9], con le prospettive di cui si parla in seguito. Come Spokesperson ho proposto diverse campagne sperimentali relative a DREAMS, come al PAC LNS del 2012 (n.20 degli allegati). Ho presentato i risultati delle diverse attività sia in contesti istituzionali, che prettamente scientifici [tra gli altri n.41,42,49 negli allegati], dando il mio originale contributo sui molteplici aspetti dell’attività di ricerca (nell’elenco delle pubblicazioni, tra le altre n. 5,8,17,44,72,).

- *Il Progetto NUMEN: Determining the Nuclear Matrix Elements of Neutrinoless Double Beta Decays by Heavy-Ion Double Charge Exchange Reactions:* Dalla metà del 2014 la mia attività di ricerca si è concentrata su una nuova iniziativa di cui sono ideatrice e di cui ho la responsabilità insieme al collega F.Cappuzzello. Partendo dallo studio del doppio scambio di carica (DCE), ho intuito le potenzialità di queste reazioni come strumento per aprire nuovi scenari di ricerca negli studi degli elementi di matrice nucleare, che entrano nell’espressione della vita media del doppio decadimento beta senza neutrini. Questo caso di fisica è il cuore del progetto NUMEN, “Determining the Nuclear Matrix Elements of Neutrinoless Double Beta Decays by Heavy-Ion Double Charge Exchange Reactions”, di cui sono proponente e Spokesperson con F.Cappuzzello. Il doppio decadimento beta senza neutrini ( $0\nu\beta\beta$ ) è considerato potenzialmente il miglior strumento per determinare la scala assoluta della massa del neutrino. Infatti, se osservato, tale decadimento indicherebbe che il numero totale leptonico non è sempre conservato in natura e che i neutrini sono particelle di Majorana, cioè neutrini e antineutrini sono le stesse particelle. Il  $T_{1/2}$  del  $0\nu\beta\beta$ , può essere espresso come il prodotto di fattori indipendenti, tra cui una funzione che contiene le masse ed i coefficienti di mixing delle specie del neutrino, dove gli elementi di matrice nucleare  $M_{0\nu\beta\beta}$  sono connessi all’ampiezza di transizione dallo stato iniziale allo stato finale, tramite l’operatore del decadimento  $0\nu\beta\beta$ . Così, solo se gli elementi di matrice nucleare  $M_{0\nu\beta\beta}$  sono conosciuti con sufficiente precisione, la massa del neutrino può essere stabilita da misure del rate di decadimento del  $0\nu\beta\beta$ . Ad oggi, la valutazione degli elementi di matrice è limitata soltanto allo stato dell’arte dei modelli, basati su diversi metodi. *L’idea nuova* alla base del progetto NUMEN è quella di usare per la *prima volta misure di sezioni d’urto di reazioni di doppio scambio di carica (DCE) tra ioni pesanti, come strumento per accedere agli elementi di matrice nucleare del decadimento  $0\nu\beta\beta$*  [A10]. Il punto



fondamentale è la coincidenza della funzione d'onda degli stati nucleari iniziali e finali nei due processi (DCE e  $0\nu\beta\beta$ ), benchè essi siano mediati da interazioni diverse, e la similarità degli operatori di transizione.

Come detto sopra, la fattibilità di tali misure di DCE è stata recentemente dimostrata ai LNS con l'esperimento  $^{40}\text{Ca}(^{18}\text{O}, ^{18}\text{Ne})^{40}\text{Ar}$ , realizzato con successo. I primi risultati [A9], nonostante la sezione d'urto molto bassa, forniscono un'incoraggiante indicazione sulla possibilità di accedere a rilevanti informazioni quantitative con la tecnica proposta. Il progetto NUMEN (n.3 nell'elenco delle pubblicazioni) propone obiettivi a medio e lungo termine ed è articolato in più fasi, per poter studiare in modo sistematico le reazioni di DCE relative agli isotopi d'interesse per il  $0\nu\beta\beta$ . Per portare a termine il progetto occorrono fasci di alta intensità, circa un fattore due rispetto a quella attuale. Per questo è necessario un "up-grade" del CS, per aumentare l'intensità del fascio, ed un "up-grade" del rivelatore di piano focale (FPD) di MAGNEX. Quest'ultimo è composto da un tracciatore e da un muro di Silici per l'identificazione delle particelle (PID): entrambi devono essere modificati per sostenere l'alta intensità di fascio. NUMEN, cogliendo lo spirito dell'iniziativa dell'INFN, "WHAT NEXT?", propone una stimolante sinergia con colleghi afferenti ai gruppi delle CSN2, CSN3, CSN4 e CSN5 dell'INFN. Al progetto è stato assegnato un prestigioso collegio di Referees, presieduto dal Prof. F. Iachello della Yale University e comprendente il Prof. M. Harakeh del KVI, già Chair del NuPECC, ed il Prof. D. Frekers dell'Università di Munster. Nell'esito preliminare della valutazione, i Referees supportano fortemente il "caso scientifico" e le prime fasi del Progetto.

Per realizzare NUMEN, è stata aperta una nuova sigla in CSN3, NUMEN\_GR3, di cui sono Responsabile Nazionale con il collega F. Cappuzzello, che verte sull'ottimizzazione delle misure di sezione d'urto di DCE in alcune reazioni fattibili con MAGNEX con l'attuale intensità di fascio. Riguardo l'up-grade del FPD di MAGNEX, la parte relativa al nuovo tracciatore sarà sviluppata sempre nell'ambito della sigla NUMEN\_GR3. La parte relativa all'up-grade del muro di identificazione sarà sviluppata nella Call "SiCILIA", finanziata dalla CSN5 per lo sviluppo innovativo del Carburo di Silicio, di interesse in vari ambiti applicativi, che abbiamo proposto come R&D per sostituire l'attuale PID. Le attività connesse per lo sviluppo di modelli teorici, fondamentali per il successo del progetto, sono condotte in sinergia con colleghi di CSN4. L'up-grade del CS è seguito dal Machine Advisory Committee (MAC) dell'INFN.

Questo progetto ha suscitato un notevole interesse nella comunità scientifica internazionale (vedi ad es.: n.47 nella lista degli allegati) e sarà la mia principale attività nei prossimi anni.

Complementare a NUMEN è lo studio delle reazioni di singolo scambio di carica, inquadrato in una ampia ed ambiziosa ricerca in collaborazione, proposta dal Prof. H. Ejiri di Osaka (RCNP EXP 425), basata su misure ( $^3\text{He}, t$ ), volte ad identificare il ruolo degli stati  $2^-$ , nel canale intermedio del doppio decadimento beta senza neutrini, a cui sono stata invitata a partecipare.

Come ideatore e Spokesperson ho proposto e presentato il progetto NUMEN in CSN3 già alla riunione di bilancio di settembre 2014 (vedi sito <https://agenda.infn.it/conferenceDisplay.py?confId=7855>), poi ancora a marzo 2015 e per l'approvazione delle richieste economiche, a settembre 2015 (vedi sito <https://agenda.infn.it/conferenceDisplay.py?confId=9239#2015-09-15>). Sono stata invitata a presentare NUMEN in CSN2 dal suo Presidente, nella riunione di aprile 2015 al GSSI all'Aquila (vedi sito <https://agenda.infn.it/conferenceDisplay.py?confId=9447>), in un seminario presso la sezione di Torino ed in altri contesti INFN. Inoltre, ho presentato il progetto, spesso su invito, a conferenze internazionali [per esempio n.43,44,45,46,47,48 nell'elenco dei documenti allegati] tra cui all' "14th International Conference on Nuclear Reaction Mechanisms", 15-19 giugno-2015 Varenna.

Per il 2016, il PAC dei LNS ha approvato la richiesta del tempo macchina relativa a NUMEN con massima priorità, (vedi allegati n.52,53).

- Della mia attività scientifica più recente fa parte anche la proposta del *Progetto Premiale*, dal titolo: *"Potenziamento delle risorse sperimentali dei LNS per ricerche d'eccellenza nel*



*campo dell'Astrofisica Nucleare, con Fasci Stabili e Radioattivi", di cui sono stata promotrice e firmataria, durante il mio primo mandato di Coordinatore di GR3 dei LNS. Tale progetto propone il potenziamento delle risorse sperimentali dei LNS, per ricerche d'eccellenza nel campo dell'Astrofisica Nucleare, di cui ho una breve esperienza diretta [tra le pubblicazioni n.116,130]. Per poter effettuare tali misure, con l'accuratezza necessaria, si è proposto il potenziamento dell'acceleratore TANDEM dei LNS e della sorgente SERSE, per la produzione di fasci radioattivi più intensi. Con gli obiettivi sopra indicati, si è proposto anche il potenziamento di diversi apparati di rivelazione. Il successo di questa iniziativa è stato suggellato dall'approvazione e dal finanziamento del suddetto Progetto Premiale da parte del MIUR, scelto insieme ai quattro Progetti Premiali finanziati all'INFN, tra i 17 presentati dall'Ente nel 2011.*

Avvalendomi dell'esperienza acquisita nel campo della Fisica Nucleare, ho proposto nel corso dei miei due mandati di Coordinatore di GR3 dei LNS, *specifiche attività di upgrading* che, sfruttando le tecnologie più avanzate, possano rendere acceleratori e sistemi di rivelazione ai LNS all'avanguardia nel campo della Fisica Nucleare.

Tali proposte sono in linea con le attività di ricerca dell'INFN e seguono le raccomandazioni del *Long Range Plan 2010 del NuPECC (pag.20 [http://www.nupecc.org/pub/lrp10/lrp2010\\_booklet\\_final.pdf](http://www.nupecc.org/pub/lrp10/lrp2010_booklet_final.pdf))*, dove viene auspicato anche il mantenimento e lo sviluppo di quelle facility già esistenti in quei laboratori europei in grado di fornire fasci con caratteristiche (intensità, energia, etc.) appropriate allo scopo.

*Con la proposta del Premiale LNS prima e poi, con una prospettiva ancora più ampia, con il progetto NUMEN, ho interpretato tale raccomandazione del NuPECC, sostanziandola di programmi di ricerca innovativi e di notevole impatto scientifico.*

La mia attività di ricerca nei prossimi anni si concentrerà sul progetto NUMEN, curando ogni stadio del suo sviluppo.

## **Principali Responsabilità**

- 2000 - 2004 eletta rappresentante dei Ricercatori presso il Consiglio dei LNS (n.5 nell'elenco degli allegati).
- 2006 - 2008 eletta membro del Comitato Utenti dei LNS (n.8 nell'elenco degli allegati).
- 2006 responsabile locale per i LNS dell'esperimento MOBIDIC della CSN5 dell'INFN.
- 2006 nominata dal Presidente dell' INFN componente titolare in rappresentanza dell'INFN del Comitato delle Pari Opportunità dell'Istituto (n.9 nell'elenco degli allegati).
- 2007 eletta Coordinatore locale della linea scientifica III in seno al Consiglio dei Laboratori Nazionali del Sud (n.11 nell'elenco degli allegati).
- Dal 2007 referee per la CSN3 degli esperimenti LUNA e FINUDA ([www.infn.it/csn3](http://www.infn.it/csn3)).
- 2008 - 2011 Spokesperson dell'esperimento FRAG di CSN3 (<http://www.infn.it/consuntivi/new/?YEAR=2009>).
- 2008 membro della Commissione INFN-MED, come osservatore della CSN3 (n.13 nell'elenco degli allegati).
- 2008 membro della Commissione esaminatrice per la selezione dei candidati relativa all'attribuzione del Premio Nazionale "Claudio Villi" (n.14 nell'elenco degli allegati).
- Dal 2010 fino a completamento del mandato di Coordinatore, Referee della linea2 di CSN3: Phase Transitions of Nuclear and Hadronic Matter (<http://www.infn.it/csn3/referees2016.html>).
- Dal 2010 ad oggi Referee per la CSN3 dell'esperimento ALICE, unico esperimento di ioni a LHC (CERN) (<http://www.infn.it/csn3/referees2016.html>).
- 2010 componente titolare, per il secondo mandato, in rappresentanza dell'INFN del Comitato delle Pari Opportunità dell'Istituto (n.17 nell'elenco degli allegati).
- 2011 eletta, per il secondo mandato, Coordinatore locale della linea scientifica III in seno al Consiglio dei Laboratori Nazionali del Sud (n.19 nell'elenco degli allegati).



- 2011 Promotrice e autrice del Progetto Premiale: “Potenziamento delle risorse sperimentali dei LNS per ricerche d’eccellenza nel campo dell’Astrofisica Nucleare, con Fasci Stabili e Radioattivi”, finanziato dal MIUR nel 2012.
- 2012 – 2015 Spokesperson dell’esperimento DREAMS nell’ambito della CSN3 dell’INFN (<http://www.ac.infn.it/preventivi/2012/>).
- 2013 nominata per la CSN3 dell’ INFN nel gruppo di lavoro a supporto del “Servizio Fondi Esterni” dell’INFN, per il coordinamento delle proposte scientifiche al Programma Europeo HORIZON2020 (n.24 nell’elenco degli allegati).
- 2013 incaricata come esperto del MIUR per la valutazione dei progetti “PRIN/Futuro in Ricerca” (n.21 nell’elenco degli allegati).
- 2014 membro della Commissione esaminatrice per l’effettuazione della selezione per un assegno di ricerca presso la Sezione di Catania (n.29 nell’elenco degli allegati).
- 2013 membro della Commissione esaminatrice per l’effettuazione di una selezione per l’assunzione presso la Sezione di Catania una unità di personale a tempo determinato da inquadrare nel profile di Collaboratore Tecnico E.R. di VI livello professionale (n.30 nell’elenco degli allegati).
- Dal 2014 membro dello Steering Committee del Progetto SPES dell’INFN (n.27 nell’elenco degli allegati).
- 2014 componente del Comitato Locale della “Scuola Nazionale Rivelatori Innovati”, tenutasi a Catania ai LNS nel novembre 2014 (<https://agenda.infn.it/conferenceDisplay.py?confId=7618>).
- 2014 nominata, con incarico biennale, Presidente della Commissione esaminatrice, che giudica sui bandi per assegni di ricerca da conferire presso i LNS (n.31 nell’elenco degli allegati).
- 2014 invitata dall’Institute of Modern Physics, Chinese Academy of Science, a Lanzhou, in Cina, per aprire una collaborazione sugli spettrometri MAGNEX e RIBLL.
- Membro dello Scientific Coordination Group per i LNS nel Memorandum of Understanding (MOU) tra l’INFN–LNS e l’IN2P3-IPN-Orsay (Francia).
- Spokesperson del progetto NUMEN proposto all’iniziativa “What Next?” dell’INFN.
- 2016 – 2018 Spokesperson dell’esperimento NUMEN\_GR3 nell’ambito della CSN3 dell’INFN ([http://www.infn.it/csn3/esperimenti%202016/esperimenti2016\\_3.html](http://www.infn.it/csn3/esperimenti%202016/esperimenti2016_3.html)).

### **Conferenze e Workshop Internazionali**

- Membro del Comitato Organizzatore del Workshop: “From Silicon to SiC detectors” 7-8 Aprile 2016 LNS (n.48 nell’elenco degli allegati).
- Chairperson del workshop “NUMEN 2015 – Challenges in the investigation of double charge- exchange nuclear reactions: towards neutrino-less double beta decay” 1-2 dicembre 2015 LNS (n.47 nell’elenco degli allegati).
- Membro del “Program Committee” della “12th International Conference on Nucleus Nucleus Collisions”, organizzata a Catania il 21 – 26 giugno 2015 (n.25 nell’elenco degli allegati).
- Chairperson della sessione Struttura / Reazioni al Joint LEA COLLIGA – COPIGAL Workshop 7-10 January 2014, Paris (n.28 nell’elenco degli allegati)
- Membro del Comitato Organizzatore e del Comitato Scientifico delle tre edizioni del Workshop: “Incontro Nazionale di Fisica Nucleare” (INFN 2012 tenutosi a Catania presso i LNS (<https://agenda.infn.it/internalPage.py?pageId=3&confId=4794>); INFN 2014 tenutosi a Padova; INFN 2016 previsto ai LNF <http://agenda.infn.it/event/INFN2016>), promosso dalle Commissioni Scientifiche, CSN3, CSN4, CSN5, dell’INFN come occasione di dialogo della comunità Italiana di Fisica Nucleare sia teorica che sperimentale.
- Membro del Comitato Locale della “Scuola Nazionale Rivelatori Innovati”, tenutasi a Catania ai LNS nel novembre 2014 (<https://agenda.infn.it/conferenceDisplay.py?confId=7618>).



- Chairperson della Sessione: "Dynamics and Structure in heavy-ion collisions with stable and radioactive beams" all' International Workshop on Multi facets of Eos and Clustering 2014 (n.26 nell'elenco degli allegati).
- Membro del Comitato Internazionale per il Premio alla Sessione Poster dell' "International Nuclear Physics Conference", Firenze 2 -7 June, 2013 (n.23 nell'elenco degli allegati).
- Membro del Comitato Scientifico Locale del "Workshop on Particle Correlations and Femtoscopy", Acireale (CT) novembre 5 – 8, 2013 (n.22 nell'elenco degli allegati).
- "Conveener" nel gruppo di lavoro "Multidisciplinary" al LEA-COLLEGA Workshop, Parigi 23 - 24 – novembre 2009 (n.16 nell'elenco degli allegati).
- Chairperson della sessione "Multifragmentation" al Workshop "Multifragmentation and Related Topics" 2009 (n.15 nell'elenco degli allegati).

### Presentazioni a Conferenze

- "Thermal photons as a probe of the dynamical character of IMF emission" all'XXXIX International Winter Meeting on Nuclear Physics, Bormio (Italy) 22-27 Gennaio 2001.
- "Hard photons: production mechanisms and nuclear dynamics in intermediate energy heavy ion collisions" all' "Physik-Event OPG 2000", Graz (Austria) 25-29 settembre 2000.
- "Gamma-IMF anticorrelation: studying nuclear dynamics around the Fermi energy" *su invito* ai Colloqui di Ganil, Belgodere (Corsica) 17-22 settembre 2001.
- "Thermal photons as a probe of the dynamical character of IMF emission" *su invito* all'"International Workshop on Multifragmentation", 28 Novembre al 1 Dicembre 2001 LNS Catania.
- "Gamma-IMF anticorrelation: studying nuclear dynamics around the Fermi energy" *su invito* alla Nuclear Chemistry GORDON CONFERENCE, tenutasi dal 16 al 21 giugno 2002 al Colby-Sawyer College, New London, NH.
- "Hard gamma: a clock for multifragmentation" *su invito* al XC Congresso Nazionale della SIF tenutasi a Brescia nel 2004.
- "Ternary emission in the  $^{124}\text{Sn}+^{64}\text{Ni}$  reaction at 35 MeV/A" all'International Nuclear Physics Conference, Tokyo 3 - 8 giugno 2007.
- "A preliminary study on ternary fission in the  $^{124}\text{Sn} + ^{64}\text{Ni}$  reaction at 35 MeV/A" all'XLV International Winter meeting on Nuclear Physics a Bormio nel 2007.
- "Heavy Ions Fragmentations Measurements at intermediate energies in hadrontherapy and spatial vehicles shielding" October 27 - November 3, 2007 Honolulu, Hawaii, USA.
- "From Proton Therapy to Projectile Fragmentations Measurements at Intermediate Energies in Hadrontherapy and Spatial Vehicles Shielding" *su invito* all'International Conference on Nuclear Fragmentation From Basic Research to Applications, 2007 (Kemer, Antalya).
- " $^{12}\text{C}$  fragmentations measurements at intermediate energies in hadrontherapy and space radiations research" al XII Workshop on Nuclear Physics and VI NURT, nel 2009 a Cuba (Havana).
- "Preliminary results of an extensive study of fragmentation measurements for medical and space applications" al 12th International Conference on Nuclear Reaction Mechanisms, 15 - 19 giugno 2009 a Varenna
- "FIRST experiment: Fragmentation of Ions relevant for Space and Therapy" *su invito* alla 11th International Conference on Nucleus-Nucleus Collisions, 27 maggio – 1 giugno 2012 San Antonio in Texas.
- "MAGNEX: studying exotic nuclei and isospin with RIBs and stable beams" *su invito* SPES One day workshop, SPES One Day Workshop 'Isospin on reaction mechanism with RIBs' Catania, 8 - 9 Ottobre 2013.
- "Measurements of the Gamow-Teller strength by charge-exchange reactions" *su invito* al RIKEN-INFN joint Workshop tenutosi a Tokyo il 17 maggio 2013.

*Agoli*

- “NUMEN@LNS: a new tool for studying nuclear matrix elements for neutrinoless double beta decay by heavy ion reactions” *su invito* al Neutrino Oscillation Workshop a Conca Specchiulla (Otranto, Lecce, Italy) dal 7 al 14 settembre 2014.
- “NUMEN Project@LNS: Heavy Ions Double Charge Exchange reactions towards the neutrinoless double beta decay Nuclear Matrix Element determination” *su invito* al Workshop on Calculation of Double-Beta-Decay Matrix Elements (MEDEX'15) 09-12 giugno 2015, Praga.
- “NUMEN Project: challenges in the investigation of double charge nuclear reactions, towards neutrino-less double beta decay” al “14th International Conference on Nuclear Reaction Mechanisms”, 15-19 giugno-2015 Varenna.
- “NUMEN Project @ LNS : Heavy Ions Double Charge Exchange as a tool towards the  $0\nu\beta\beta$  Nuclear Matrix Element” *su invito* all' XXI International School on Nuclear Physics and Applications 6-12 Settembre 2015 Varna 2015, Bulgaria.
- “MAGNEX: studying exotic nuclei and isospin with RIB's and stable beams” *su invito* all' HIB@LNS , 14-15 dicembre 2015 LNS Catania.
- "NUMEN: outlook towards high beam intensities experiments" *su invito* al workshop “From Silicon to SiC detectors” 7-8 aprile 2016.

## Principali Pubblicazioni

- Autrice di più di 190 articoli ISI o SCOPUS, h-index = 19.
- Autrice di più di 80 Report interni e di circa un centinaio di Atti di Congressi Nazionali ed Internazionali.
- Autrice dell'articolo “Frammenti Nucleari” nel n.9 (2009) della rivista dell'INFN “Asimmetrie” e di altri articoli di divulgazione.
- Referee delle Riviste Internazionali: Nuclear Instruments and Methods in Physics Research e Physics in Medicine and Biology.

## Attività Didattica (Università di Catania)

- Dall'A.A. 2000-2001 sono cultore della materia (Fisica) presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università degli studi di Catania, collaboro al corso integrativo e partecipo alle commissioni di esami di profitto di Fisica I, per i corsi di laurea in Ingegneria Civile ed Ingegneria Elettrica della stessa Università Fisica 1 per la laurea Magistrale in Ingegneria Civile ed Elettrica
- Nell'A.A. 2001-2002 sono ‘tutor’ all'interno del progetto per la didattica integrativa, promosso dal Dipartimento di Metodologie Fisiche e Chimiche per l'Ingegneria della facoltà d'Ingegneria dell'Università di Catania Tutor del progetto d'insegnamento supplementare in Ingegneria.
- Co-relatore di alcune tesi di laurea in Fisica presso l'Università di Catania.
- Tutor di diversi studenti vincitori di Dottorato di Ricerca in Fisica presso l'Università di Catania.
- Tutor di diversi ricercatori vincitori di assegni di ricerca dell'INFN.

## Attività di divulgazione scientifica

- Autrice dell'articolo:” Il contributo del Progetto NUMEN ideato a Catania ai Laboratori Nazionali del Sud” pubblicato il 7 ottobre 2015 sul quotidiano "La Sicilia".
- Intervista ad una TV locale in occasione del Workshop: “Incontro Nazionale di Fisica Nucleare” (INFN 2012 tenutosi a Catania) di cui è stata tra Promotori ed Organizzatori.
- Autrice di un capitolo (pag.321 sezione 3) del libro: “L'Isola che non c'è: pratiche di genere nella pubblica amministrazione tra carriere, conciliazione e nuove precarietà”, 2007 Edizioni



31.

- Autrice dell'articolo "Frammenti Nucleari" nel n.9 (2009) della rivista dell'INFN "Asimmetrie".
- Responsabile per i LNS dell'INFN, dell'evento "Laboratori Aperti", nel quadro della "XII Settimana della Cultura Scientifica" promossa dal MIUR nel 2002.
- Invitata a presentare un contributo alla Tavola Rotonda "Università e Ricerca: presenze e ruoli non solo al maschile" dell'Inner Wheel Italia, Catania 31 maggio 2002.



1970  
1971  
1972  
1973  
1974  
1975  
1976  
1977  
1978  
1979  
1980  
1981  
1982  
1983  
1984  
1985  
1986  
1987  
1988  
1989  
1990  
1991  
1992  
1993  
1994  
1995  
1996  
1997  
1998  
1999  
2000  
2001  
2002  
2003  
2004  
2005  
2006  
2007  
2008  
2009  
2010  
2011  
2012  
2013  
2014  
2015  
2016  
2017  
2018  
2019  
2020  
2021  
2022  
2023  
2024  
2025

1970

## Curriculum Vitae of Prof. Francesco Cappuzzello

---

e-mail: [cappuzzello@lns.infn.it](mailto:cappuzzello@lns.infn.it)

Address: Via Villini a Mare n.9, Catania, Italy

tel.: +39 095 542384

---

### Present position

From 2006 onwards: Professor of experimental nuclear physics at the Department of Physics and Astronomy, University of Catania

### Main academic and scientific degrees

2013 Invited researcher at the Universidade Federal Fluminense, Niteroi, Brasil

2005 Annual post-doc fellowship from the University of Catania

2001 Four years post-doc fellowship from INFN

1999 Ph.D. at University of Catania defending the Thesis cum Laude

1996 Master Degree in Physics at University of Catania with vote 110/110 cum Laude

### Main research activities

- **Magnetic spectrometry**: I have contributed to the field of magnetic spectrometry. The main achievement is the design and construction of the MAGNEX large acceptance magnetic spectrometer, which has strongly characterized the first part of my career. The spectrometer is installed at the INFN-LNS laboratory and it is nowadays a unique device worldwide, conjugating large solid angle and large momentum acceptance with high energy, mass and angular resolution. As a consequence, it is attracting many research groups from abroad (almost half of the beam time delivered in recent years at the INFN laboratory and more than 50 researchers per year from abroad have proposed and performed experiments with MAGNEX). Part of this activity is presented in two review papers

*The MAGNEX spectrometer: Results and perspectives* F. Cappuzzello et al., *European Physical Journal A* (2016) 52: 167. DOI 10.1140/epja/i2016-16167-1

*MAGNEX: an innovative large acceptance spectrometer for nuclear reaction studies* F. Cappuzzello, D. Carbone, M. Cavallaro and A. Cunsolo, in: *Magnets: Types, Uses and Safety*, Nova Publisher Inc., New York, 2011, pp 1-63.

- **Transfer reactions:** I participated and organized, often acting as spokesperson, several experiments in various international laboratories studying nucleon and cluster transfer reactions. The major achievement has been the discovery of signatures of the long searched Giant Pairing Vibrations in atomic nuclei. Such finding has permitted to overcome a fundamental problem of symmetries in quantum-mechanics arising from the not observation for several decades of this collective mode

*Signatures of the Giant Pairing Vibration in the  $^{14}\text{C}$  and  $^{15}\text{C}$  atomic nuclei, F. Cappuzzello et al., Nature Communications, Article number: 6743 (2015). DOI:10.1038/ncomms7743.*

*New structures in the continuum of  $^{15}\text{C}$  populated by two-neutron transfer, F. Cappuzzello et al. Physics Letters B 711 (2012) 347-352. DOI:10.1016/j.physletb.2012.04.012*

**Elastic and inelastic scattering:** I am spokesperson of an extensive collaboration with IFUSP of San Paolo and IFUFF of Niteroi (Brazil), which is focused on these issues. We have already shown that the phenomenon of nuclear rainbow is also present in collisions between heavy nuclei

*Nuclear rainbow in the  $^{16}\text{O}+^{27}\text{Al}$  system: The role of couplings at energies far above the barrier, D. Pereira et al., Physics Letters B 710 (2012) 426-429. DOI: 10.1016/j.physletb.2012.03.032).*

- **Charge exchange reactions:** subject of the degree and Ph.D. theses. These studies have shown that the heavy-ion induced charge exchange cross sections are connected to the strength of the corresponding beta-decay, with major consequences in both nuclear physics and astrophysics. A large collaboration on these items has been established between our group and the RCNP laboratory of the Osaka University.

*Analysis of the  $^{11}\text{B} (^7\text{Li}, ^7\text{Be})^{11}\text{Be}$  reaction at 57 MeV in a microscopic approach F. Cappuzzello et al. Nuclear Physics A 739 (2004) 30-56. DOI: 10.1016/j.nuclphysa.2004.03.221).*

- **Double Charge Exchange reactions:** I proposed the first pioneering experiments showing that the matrix elements of double beta decay can be extracted, under specific conditions, from cross sections of double charge exchange at zero degrees. This has triggered the NUMEN project of INFN, aiming at determining data-driven matrix elements for neutrino-less double beta decay. First results are found in

*Heavy-ion double charge exchange reactions: A tool toward  $0\nu\beta\beta$  nuclear matrix elements F. Cappuzzello et al., European Physical Journal A (2015) 51: 145. DOI 10.1140/epja/i2015-15145-5.*

- **Structure of light nuclei:** I have proposed and participated to several experiments in Italy, France, Brazil, Japan and Canada to study the structure of various light nuclei



*Excited states of  $^{11}\text{Be}$*  F. Cappuzzello et al., *Physics Letters B* 516 (2001) 21-26 DOI: 10.1016/S0370-2693(01)00940-6

*Investigation of the  $^{10}\text{Li}$  shell inversion by neutron continuum transfer reaction*, M. Cavallaro, M. De Napoli, F. Cappuzzello et al., *Phys. Rev. Lett.*, accepted 17 November 2016. <http://journals.aps.org/prl/accepted/6b07dY06A2315e5710d2055486e43cac795f64f40>

## Main responsibilities

- Spokesperson of SPEME experiment of INFN (2010-2011) (about 100k€/year, about 10 researchers)
- Spokesperson of DREAMS experiment of INFN (2012-2015) (about 100k€/year, about 15 researchers)
- Spokesperson of a MOU between INFN–LNS and IN2P3-IPN-Orsay (France) (2011-2017) (26 researchers)
- Spokesperson of a MOU between INFN–LNS, IFUSP (San Paolo, Brazil), IFUFF (Niteroi, Brazil) (2011-2018) (27 researchers)
- Co-Spokesperson of a MOU between INFN–LNS and Akdeniz University (Turkey) (2016-2018) (100 k€, 20 researchers)
- Spokesperson of the NUMEN project of INFN (2016-2018) (2M€, more than 70 researchers)
- Local Responsible of the WP15 - JRA7 TechIBA “Technologies for High Intensity Beams and Applications”. Grant Agreement number: 654002 — ENSAR2 — H2020-INFRAIA-2014-2015/H2020-INFRAIA-2014-2015 (100 k€, 3 researchers) (2016-2020)
- Principal Investigator of the project “Studio dell'elemento di matrice del doppio decadimento beta mediante reazioni nucleari”, University of Catania, Fondi FIR 2014 (project code: D41BCC, budget 15 k€, 8 researchers) (2015-2017)

## Main publications and editorial activity

- Total papers: 2 review papers, about 110 articles ISI or SCOPUS, H = 15
- Reviewer of *Nature Physics*, *Nuclear Physics A*, *Nuclear Instrument and Methods*, *Journal of Physics G*, *Few-Body Systems*, *Advances in High Energy Physics*.

## International conferences, workshops and schools

- **Chairman** of the next *International Conference on Neutrino and Nuclear Physics*, to be held in Catania in October 2017
- **Chairman** of the International Workshop *NUMEN 2015 – Challenges in the investigation of double charge-exchange nuclear reactions: towards neutrino-less double beta decay*, 1-2 December 2015, Catania, Italy
- **Chairman** of the International Workshop *MAGNET 2010 – Nuclear Physics with Modern Magnetic Spectrometers*, 14-16 December 2010, Catania, Italy
- **Member of the International Advisory Committee** of the Conference *Nuclear Reaction Mechanisms*, from the 14<sup>th</sup> edition 15-19 June 2015, Varenna, Italy
- **Member of the International Advisory Committee** of the *Mexican Symposium on Nuclear Physics*, from the 40<sup>th</sup> edition to be held in Cocoyoc, Morelos, 5-9 January 2017, Mexico

- **Member of the International Advisory Committee** of the 12<sup>th</sup> International Spring Seminar on Nuclear Physics “Current Problems and Prospects for Nuclear Structure” to be held in Sant’Angelo d’Ischia, 15-19 May 2017, Italy.
- **Panel member** for Workshop on Nuclear Physics in South Africa, at i-Themba LABS (Cape Town) October 26-28 2016, Cape Town, South Africa
- **Speaker** of 83 talks, 58 of which invited.
- **Invited Session Chair**: 5

## Proposed experiments in international research laboratories

- Approved experiments proposed as Spokesperson: 26

## Reviewer for international institutions

- Referee of research projects for the *Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada* (NSERC)
- Referee of research projects for the *Croatian Science Foundation* (CSF)
- Member of the *Panel of International Experts* for the *Long Range Plan* of the i-Themba LABS, South Africa.

## Prices and awards

- Awarded for *Outstanding Contribution in Reviewing* from Nuclear Physics A in 2015

## Didactic activity

2007-2009 *General Physics I* for the Master Degree in Computing Sciences and Earth Sciences

2009-2011 *Nuclear Spectroscopy* for the Master Degree in Physics

2009-2011 *Heavy-Ion Physics* for the Master Degree and Ph.D. in Physics

2012-2015 *Nuclear Structure* for the Master Degree and Ph.D. in Physics

2015-2016 *Search of New Physics Beyond the Standard Model in  $\beta\beta$  Decay* for Ph.D. in Physics

2016 Lecturer of the 3<sup>rd</sup> International Nuclear Physics Summer School (NUBA-2016) held on May 29–June 5, 2016 in Antalya, Turkey

2013- Member of the Ph.D. course *Dottorato di Ricerca in Fisica* of the University of Catania

## Participation to international didactic committees

- Invited “Jury de These”, Service des Etudes Doctorales, Université Paris-Sud 11, Orsay, 3 Dec. 2010

## Tutoring responsibilities

I had and have the pleasure and responsibility to train and introduce to research activity several young students from different countries (11 Master Degree, 8 Doctor of Philosophy and 4 Post-Doctoral). Some of them have already completed their training and are now approaching their activity in public research or in private companies. I should mention here Drs. Manuela Cavallaro, who has recently got the prestigious “ERC Starting Grant” from the European Research Council with a project with important synergies with NUMEN. Drs. Simona Boninelli has now a permanent position as researcher at CNR in solid state physics. Drs. Sonja Orrigo is now researcher at the Valencia University. Drs. Maria Schillaci got a permanent position at Swiss

Telecom, in the field of telecommunication. Dr. Dario Nicolosi got a permanent position at the Saes Getter company, in the field of vacuum technologies. Drs. Stefania Tropea got a permanent position at the TRESAN company, in the field of solar power technologies. All the other are still completing their training in research.

- Tutor of Master Degree Students

1. **Drs. Simona Boninelli:** *Studio della reazione  $^{15}\text{N}(^7\text{Li},^7\text{Be})^{15}\text{C}$  indotta a 52 e 57 MeV;* tutors: Prof. A. Cunsolo, Dr. F. Cappuzzello. Master Degree, University of Catania, AA 2000-2001
2. **Drs. Sonja Orrigo:** *Spettroscopia del  $^{14}\text{B}$  via  $(^7\text{Li},^7\text{Be})$ : test e progetto di misura con MAGNEX;* tutors: Prof. A. Cunsolo, Dr. F. Cappuzzello. Master Degree, University of Catania, AA 2000-2001
3. **Drs. Manuela Cavallaro:** *Stati dell' $^{19}\text{O}$  popolati nella reazione  $^{19}\text{F}(^7\text{Li},^7\text{Be})^{19}\text{O}$  a 56 MeV;* tutors: Prof. A. Cunsolo, Dr. F. Cappuzzello. Master Degree, University of Catania, AA 2003-2004
4. **Drs. Diana Carbone:** *Studio della reazione  $^{13}\text{C}(^{18}\text{O},^{16}\text{O})^{14}\text{C}$  a 84 MeV con MAGNEX;* tutors: Prof. A. Cunsolo, Dr. F. Cappuzzello. Master Degree, University of Catania, AA 2007-2008.
5. **Drs. Maria Schillaci:** *Ricerca della strength di Gamow-Teller nella  $^{28}\text{Si}(^7\text{Li},^7\text{Be})^{28}\text{Al}$  con MAGNEX e la tecnica di ricostruzione delle traiettorie;* tutors: Prof. A. Cunsolo, Dr. F. Cappuzzello. Master Degree, University of Catania, AA 2008-2009
6. **Dr. Gianluca Santagati:** *Studio della reazione  $^{64}\text{Ni}(^{18}\text{O},^{16}\text{O})^{66}\text{Ni}$  a 84 MeV con lo spettrometro MAGNEX;* tutors: Prof. F. Cappuzzello, Drs. M. Cavallaro. Master Degree, University of Catania, AA 2009-2010
7. **Drs. Mariangela Bondì:** *Studio della reazione  $^{12}\text{C}(^{18}\text{O},^{16}\text{O})^{14}\text{C}$  a 84 MeV con MAGNEX;* tutors: Prof. F. Cappuzzello, Drs. D. Carbone. Master Degree, University of Catania, AA 2010-2011
8. **Dr. Gabriele Taranto:** *Stati del  $^{11}\text{Be}$  popolati nella reazione  $^9\text{Be}(^{18}\text{O},^{16}\text{O})^{11}\text{Be}$  a 84 MeV con lo spettrometro MAGNEX;* tutors: Prof. F. Cappuzzello, Drs. M. Cavallaro. Master Degree, University of Catania, AA 2010-2011
9. **Dr. Salvatore Calabrese:** *Experimental Investigation of the  $^{116}\text{Sn}(^{18}\text{O},^{18}\text{F})^{116}\text{In}$  Charge Exchange Reaction in the context of NUMEN project;* tutors: Prof. F. Cappuzzello, Drs. M. Cavallaro, Drs. D. Carbone. Master Degree, University of Catania, AA 2015-2016
10. **Dr. Onofrios Sgouros:** Lifelong Learning Program/ERASMUS University of Ioannina, Greece
11. **Dr. Vasileios Soukeras:** Lifelong Learning Program/ERASMUS University of Ioannina, Greece

- Tutor of Ph.D. students

1. **Drs. Diana Carbone,** *First experimental evidence of the Giant Pairing Vibration in atomic nuclei,* University of Catania, XXV ciclo Dottorato di Ricerca. This work was awarded as Best Thesis from the III National Committee of INFN in 2013
2. **Dr. Dario Nicolosi,** *Evidence of Nuclear Rainbow in the  $^{16}\text{O} + ^{27}\text{Al}$  elastic scattering @ 280 MeV,* University of Catania, XXVI ciclo Dottorato di Ricerca
3. **Drs. Stefania Tropea,** *Experimental Study on Carbon Fragmentation for Hadrotherapy,* University of Catania, XXVI ciclo Dottorato di Ricerca
4. **Dra. Mariangela Bondì,** *Heavy-ion double charge exchange reactions as tools for  $0\nu\beta\beta$  decays. The  $^{40}\text{Ca}(^{18}\text{O},^{18}\text{Ne})^{40}\text{Ar}$  reaction at 270 MeV by using MAGNEX,* University of Catania, XXVI ciclo Dottorato di Ricerca
5. **Dr. Vantelfo Nunes Garcia,** *Análise sobre o emparelhamento entre dois nêutrons na reação  $^{12}\text{C}(^{18}\text{O},^{16}\text{O})^{14}\text{C}$ ,* Universidade Federal Fluminense, 2013, Niteroi, Brasil
6. **Dr. Jonas Leonardo Ferreira,** Universidade Federal Fluminense, Sandwich doctor studies at the INFN-LNS laboratory (Catania) within the INFN NUMEN project

7. **Drs. Grazia D'Agostino**, University of Catania, XXXI ciclo Dottorato di Ricerca
8. **Dr. Salvatore Calabrese**, University of Catania, XXXII ciclo Dottorato di Ricerca

- Tutor of Post-Doctoral Fellowships

1. **Dr. Nikit N. Deshmukh**, INFN Post-Doctoral Fellowship, 1-year renewable starting from 1 March 2016
2. **Drs. Aylin Hacisalihoglu**, Scientific and Technological Research Council of Turkey (TUBITAK) 2214/A International Doctoral Research Fellowship Programme November 2016 – November 2017
3. **Dr. Vinicius Bocaline Zagatto**, Post-Doctoral Fellowship for Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Program: “Ciencia Sem Fronteira”. Modality: Pos-doutorado no Exterior Process number: 205864/2014-7, April 2015 - April 2016

**Drs. Diana Carbone**, *Misure di sezioni d'urto di reazioni dirette fra ioni pesanti per studi di Fisica Nucleare e Astrofisica Nucleare*, Post-Doctoral Fellowship Assegno di Ricerca INFN, October 2015 – September 2017

## Outreach activities

- Co-Author of three articles published by the "La Sicilia" newspaper distributed in Italy
- Co-Author of three articles published by the “Il Sole 24 ore” (main newspaper for economics in Italy)
- Interviewed by the journalist Sylvie Coyaud in the program “Le Oche” of the “Radio Popolare” national radio broadcast (<http://www.radiopopolare.it/podcast/le-ocche-di-ven-0304/>)
- Author of one article in the “Bollettino di Ateneo” journal of the Catania University (<http://bollettino.unict.it/articoli/la-risonanza-gigante-di-pairing>)
- The scientific article *F. Cappuzzello et al. Nature Communications 6 (2015) 6743* was the object of a dedicated blog in the “La Repubblica D” national on-line news-paper, moderated by the journalist Sylvie Coyaud (<http://ocasapiens-dweb.blogautore.repubblica.it/2015/04/03/le-ocche-9-good-vibrations/>)
- Co-Author of F. Cappuzzello, D. Carbone, M. Cavallaro, A. M. Muoio “La Risonanza Gigante di Pairing nei nuclei atomici: un nuovo ballo di gruppo”, published by Scienze e Ricerche N.39 (2016). <http://www.scienze-ricerche.it/?p=11152>
- Speaker of tens of accompanied visit of the MAGNEX spectrometer at the INFN-LNS