

## Anastassios VLADIKAS

### CURRICULUM VITAE

#### I. PARTICULARS

Surname: VLADIKAS

Name: Anastassios

Position: Director of Research at the “Istituto Nazionale di Fisica Nucleare” (INFN),  
University of Rome “Tor Vergata”, Rome, Italy

Date of birth: 29th of May 1956

Place of birth: Athens, Greece

Citizenships: Greek, Italian, Swiss

#### II. EDUCATION

- School: Athens College, Athens, Greece (1969 - 1975)
- Undergraduate studies at the National Technical University of Athens, Department of Electrical Engineering, leading to a B.Sc. (1975 - 1980).
- Postgraduate studies at Imperial College, Physics Department, leading to the Diploma of Imperial College (M.Sc.) in Mathematical Physics (1980 - 1982).
- Postgraduate studies at Imperial College, Physics Department, leading to a Ph.D. (1982 - 1985).  
Supervisor: R.J. Rivers.  
Research area: Theoretical and Computational Physics.  
Thesis title: “An Analogue Statistical Mechanical Approach in Quantum Field Theory.”

#### III. LANGUAGES

English (fluent), German (fair), Greek (mother tongue), Italian (fluent).

#### IV. AFFILIATIONS

- Member of the “Swiss Physical Society”.
- Member of the “Hellenic Society for the Study of High Energy Physics”.

## V. POSITIONS

### Postdoctoral Fellowships

- 1/11/1985 - 31/10/1987: Research Fellow at the Department of Physics and Astronomy, Glasgow University, United Kingdom.
- 1/11/1987 - 31/10/1988: Research Fellow at the “Istituto Nazionale di Fisica Nucleare” (INFN), National Laboratories of Frascati, Italy.
- 1/11/1988 - 30/11/1991: TMR (Marie Curie) Research Fellow at the “Istituto Nazionale di Fisica Nucleare” (INFN), University of Rome “Tor Vergata”, Italy.
- 1/12/1991 - 30/11/1992: Research Fellow at the “Istituto Nazionale di Fisica Nucleare” (INFN), University of Rome “La Sapienza”, Italy.

### Permanent Positions

- 03/05/1993: Appointed Research Scientist at the “Istituto Nazionale di Fisica Nucleare” (INFN), University of Rome “Tor Vergata”, Italy.
- 01/11/1999: Promoted to Senior Research Scientist at the “Istituto Nazionale di Fisica Nucleare” (INFN), University of Rome “Tor Vergata”, Italy.
- 01/01/2007: Promoted to Director of Research at the “Istituto Nazionale di Fisica Nucleare” (INFN), University of Rome “Tor Vergata”, Italy.

### Sabbatical Leaves

- 1/1/1993 - 31/3/1993: Invited visitor at the Theory Group of the Department of Physics, University of Southampton, United Kingdom.
- 1/9/1996 - 28/2/1997: Scientific Associate (full time sabbatical leave) at the Theory Division, CERN, Geneva, Switzerland.
- 1/3/1997 - 28/2/1998: Scientific Associate (30% part-time leave) at the Theory Division, CERN, Geneva, Switzerland.
- 1/3/1999 - 31/8/1999: Guest Scientist (full time sabbatical leave) at the DESY Theory Group, Hamburg, Germany.

## VI. I.N.F.N. ACTIVITIES

- 05.07.1998 - 05.07.2003: Representative of the I.N.F.N. - “Tor Vergata” research staff.
- 01.06.2005 - 31.12.2010: I.N.F.N. - “Tor Vergata” coordinator of the “Research Initiative RM22” on “Standard Model phenomenology and beyond by lattice QCD”
- 28.07.2005 - 28.07.2007: member of the Selection Committee for the assignment of I.N.F.N.- “Tor Vergata” post-laurea fellowships.
- 01.08.2007 - 31.07.2011: Coordinator of the Theory Group of I.N.F.N. - “Tor Vergata”

## VII. OTHER ACTIVITIES

- Referee for European Physical Journal C, Journal of High Energy Physics (JHEP), Modern Physics Letters A, Nuclear Physics B, Physical Review D, Physical Review Letters, Physics Letters B, and Physics Reports.
- 2003-2006: Member of the following Evaluation Panels of the Sixth Framework Programme “FP6-Human Capital and Mobility” of the Research Directorate of the European Commission: (i) Research Training Networks, (ii) Incoming International Fellowships; (iii) Outgoing International Fellowships; (iv) Intra-European International Fellowships.
- 2007-2009: Member of the following Evaluation Panels of the Sixth Framework Programme “FP6-Human Capital and Mobility” of the Research Directorate of the European Commission: (i) International Training Networks, (ii) Incoming International Fellowships; (iii) Outgoing International Fellowships; (iv) Intra-European International Fellowships.
- Member of the “Flavianet Lattice Averaging Group” (FLAG), which aims at providing “lattice world averages” for a number of physical quantities which are of interest to Standard Model phenomenology and Flavour Physics. Member of the Editorial Board for the second and third edition of the FLAG report; member of the Advisory Board for the fourth edition of the FLAG report.
- Spokesman of the APE group for the European Research Network on “Large Scale Computer Studies of Hadron Structure and Hadronic Matter”. The Network consisted of a collaboration of 19 European Universities, supported by the European Commission programme “Human Capital and Mobility. (I) Zaragoza, Spagna, 11-12 December 1993; (II) Dublin, Irlanda, 17-18 June 1995.

- Member of the I.N.F.N. Theory Group panel that proposed, in 1995, the APE1000 project.
- 01.10.2000 - 30.09.2003: Member of the “Steering Committee” of the “TMR Research Training Network - Hadron Phenomenology from Lattice QCD”, co-financed by the European Commission and the Swiss Federal Office for Education and Science (OFES).
- 01.01.1999 - 01.09.2001: Member of the Governing Council of the Swiss School of Rome.

### VIII. TEACHING EXPERIENCE

- “Lattice Gauge Theories (postgraduate course) at Glasgow University (academic years 1985-86 and 1986-87).
- Tutorials of the undergraduate course “Advanced Field Theory” at the University of Rome “Tor Vergata (academic year 1993-94).
- “Classical and Quantum Field Theory” (undergraduate course) at the University of Rome “Tor Vergata (academic years 1994-95 and 1995-96).
- “Theoretical Physics 2” (postgraduate course) at the University of Rome “Tor Vergata (from academic year 2003-2004 to academic year 2010-2011).
- “Renormalization Group Theory” (postgraduate course) at the Autónoma University of Madrid (from academic year 2009-2010 to academic year 2011-2012).
- Lecturer on “Flavour Physics on the Lattice”, for the XII Frascati Spring Summer School “Bruno Touschek” (14-18/5/2007).
- Lecturer on “Twisted Mass QCD on the lattice” for the Block course on “Lattice Simulations of Quantum Fields”, Laboratoire de Physique Théorique, Université Paris Sud, Orsay (26/3-1/4/2008).
- Lecturer on “Non-perturbative Renormalization” for the GDR-Workshop, Saclay (3-4/3/2009).
- Lecturer on “Three Topics in Renormalization and Improvement for the Les Houches Summer School on “Modern Perspectives on Lattice QCD” (3-28/8/2009).
- Lecturer on “Introduction of Lattice Twisted Mass QCD” for the STRONGnet Summer School held in ZIF-Bielefeld, Germany (13-26/06/2011).
- Lecturer on “Renormalization and Lattice QCD” for the DESY-Zeuthen “School organized by students for students”, held in Zeuthen, Germany (04-09/10/2012).

- Lecturer on “Renormalization in Field Theory” (postgraduate course) at the Autónoma University of Madrid (academic year 20015-2016).

### IX. LARGE SCALE COLLABORATIONS

- 1991-1999: Member of the APE collaboration, which consisted of lattice groups of the Universities and I.N.F.N. sections of Rome “La Sapienza”, Rome “Tor Vergata”, RomaTre and the Universities of Southampton, Valencia and Orsay CNRS.
- Since 1999: Member of the Alpha collaboration, which consists of the lattice groups of the University and I.N.F.N. section of Rome “Tor Vergata”, DESY, DESY-Zeuthen, CERN and the Universities of Humboldt (Berlin), Mainz, Madrid.
- 2006-2011: Member of the European Twisted Mass Collaboration (ETMC) which consists of lattice groups of the Universities and I.N.F.N. sections of Rome “La Sapienza”, Rome “Tor Vergata”, RomaTre, DESY, DESY-Zeuthen, CNRS-Orsay and the Universities of Cyprus, Liverpool and Valencia.
- Since 2011: member of the lattice CLS group.
- 2009-2019: member of the FLAG collaboration, a world collaboration, roughly analogous to the Particle Data Group, which provides world-averages and estimates for lattice-computed physical quantities of interest to Flavour Physics theory and experiment.

### X. CONFERENCE AND WORKSHOP ORGANIZATION

- Member of the Executive Committee of the “32nd Scottish Universities Summer School”, held in St. Andrews, Scotland (August 1987).
- Member of the Advisory Committee of the workshop on “Algorithms, Phenomenology and Experiment”, held in Glasgow, Scotland (31/10 - 3/11 2000).
- Member of the Advisory Committee of the workshop on “Algorithms, Actions and Computers”, held in Wuppertal, Germany (21-24/3 2001).
- Member of the Advisory Committee of the workshop on “Renormalisation and Matching”, held in Southampton, United Kingdom (23-26/1 2002).
- Member of the Advisory Committee of the workshop on “Light Quark Phenomenology and Kaon Physics”, held in DESY-Zeuthen, Germany (21-24/4 2002).
- Member of the Advisory Committee of the workshop on “Fermion Actions and Chiral Symmetry”, held in Bern, Switzerland (16-19/10 2002).

- Head of the Local Organizing Committee of the workshop on “Heavy Quark Phenomenology and Experiment”, held in Rome, Italy (31/3-2/4 2003).
- Member of the Advisory Committee of the workshop on “Sea Quark Effects and Flavour Singlet Quantities”, held in Orsay, France (18-20/9 2003).
- Member of the Advisory Committee of the workshop on “Twisted Mass Lattice Fermions”, held in Frascati (Villa Mondragone), Italy (14-15/3 2005).
- Member of the Advisory Committee of the workshop on “QCD in extreme conditions”, held in Frascati, Italy (6-8/8 2005).
- Head of the Local Organizing Committee of the Les Houches Summer School on “Modern Perspectives on Lattice QCD”, in Les Houches, France (3-29 August 2009).
- Member of the LOC of the XVIII International Symposium in lattice Filed Theory - Lattice 2010, held in Sardinia, Italy (11-14 June 2010).
- Head of the Local Organizing Committee of the Les Houches Workshop of the FLAG collaboration (Flavour Lattice Averaging Group), held in Les Houches, France (7-11 May 2012).

XI. INVITED CONTRIBUTIONS AT WORKSHOPS  
(PLENARY AND REVIEW SEMINARS)

- Invited Speaker at the “First Workshop on Fermions and Disorder on the Lattice.  
Jaca, Spain, 14-15 December 1993.  
Title of review talk: “The Gribov Ambiguity in Lattice QCD.
- Invited Speaker at the Workshop “Lattice QCD and the Structure of Matter: Present and Future.  
Cortona, Italy, 7-11 February 1995.  
Title of review talk: “Light Four-Fermion Operators and their Renormalization.
- Invited Speaker at the Workshop “Lattice ’95.  
Melbourne, Australia, 11-15 July 1995.  
Title of review talk: “Non-Perturbative Renormalization.
- Invited Speaker at the DESY Theory Workshop “Strong and Weak Interactions Beyond Perturbation Theory.  
Hamburg, Germany, 27-29 September 1995.  
Title of review talk: “Non-Perturbative Renormalization of Lattice Operators.

- Invited Speaker at the Colloquium “Dynamical Fermions of the DFG-SSP (Deutsche Forschungsgemeinschaft Schwerpunktprogramm).  
Aachen, Germany, 29 February - 1 March 1996.  
Title of review talk: “Lattice Gauge Theory and Standard Model Phenomenology.”
- Invited Speaker at the XIX Triangular Meeting on “Recent Developments in Quantum Theories.  
Rome, Italy, 20-23 March 1996.  
Title of review talk: “Recent Developments in Standard Model Phenomenology.”
- Invited Speaker at the Annual Meeting of the “Hellenic Society for the Study of High Energy Physics.  
Ioannina, Greece, 3-6 April 1996.  
Title of review talk: “Recent Developments in Heavy Flavour Phenomenology.”
- Invited Speaker at the 205th WE-Heraeus Seminar on “Chiral Effective Theories”.  
Bad-Honnef, Germany, 30th November - 4th December 1998.  
Title of review talk: “Quark Masses and Chiral Condensate from the Lattice.”
- Invited Speaker at the Workshop on “Current Theoretical Problems in Lattice Field Theory”.  
Ringberg Castle, Germany, 2nd April - 8th April 2000.  
Title: “RI/MOM Renormalization Window and Goldstone Pole Contamination.”
- Invited Speaker at the Workshop on “Light Quark Phenomenology and Kaon Physics”.  
DESY-Zeuthen, Germany, 21st April - 24th April 2002.  
Title of review talk: “Lattice results for  $\Delta F = 2$  oscillations”.
- Invited speaker at the Workshop “The Flavour Puzzle: CP-violation”.  
Aspen, U.S.A., 21st July - 10th August 2003.  
Title of review talk: “Wilson fermions with a chirally twisted mass term”
- Invited speaker at the Inaugural Workshop “EuroFlavour06” of the European Flavour Physics Network FLAVIANet  
Barcelona, Spain, 2nd - 4th November 2006  
Title of review talks: (i) Lattice phenomenology from twisted mass QCD. and (ii) Some thoughts on current dynamical simulations in flavour physics
- Invited Speaker at the “IV Workshop on Fermions and Extended Objects on the Lattice”.  
Benasque, Spain, 16th-22nd of June 2013.

Title of review talk: “The FLAG collaboration: Flavour Physics on the Lattice and World Averages”.

- Invited Speaker at the “ECT\* Workshop on Lattice QCD and Hadron Physics”.  
Trento, Italy, 14th-16th of January 2014.  
Title of review talk: “Results from the FLAG collaboration”.
- Invited Speaker at the workshop “Flavor Physics and CP Violation”.  
Nagoya, Japan, 25th-29th of May 2015.  
Title of review talk: “FLAG: Lattice QCD Tests of the Standard Model and Foretaste for Beyond”.
- Invited Speaker at the Mainz Institute of Theoretical Physics on “Fundamental Parameters from Lattice QCD”.  
Mainz, Germany, 31st of August - 11th of September 2015.  
Title of review talk: “FLAG: Lattice QCD Tests of the Standard Model and Foretaste for Beyond”.
- Participation at numerous international conferences and workshops

# CURRICULUM VITAE di PAOLO CAMARRI

## Dati Personali

Nato a Piombino (LI) il 28/02/1967

Indirizzo e-mail: paolo.camarri@roma2.infn.it

## Studi

- 1985 Diploma di Maturità Scientifica, votazione 60/60, Liceo Scientifico "G. Marconi" di Piombino (LI).
- 1985-1992 Corso di Laurea in Fisica, Università degli Studi di Pisa.
- 1992 Laurea in Fisica, votazione 110/110, Università degli Studi di Pisa. Titolo della Tesi di Laurea: "Misura di possibili nuovi bosoni vettori e studio di un rivelatore di tracce a fibre scintillanti a LHC". Relatore: Prof. V. Cavasinni.
- A.A. 1992-1993 Vincitore del concorso relativo al VIII Ciclo del Dottorato di Ricerca in Fisica all'Università degli Studi di Roma "La Sapienza".
- 1993-1996 Studente di Dottorato in Fisica presso l'Università degli Studi di Roma "La Sapienza".
- 1996 Conseguimento del titolo di Dottore di Ricerca in Fisica a seguito del superamento dell'esame finale nazionale. Titolo della tesi di Dottorato: "L'esperimento ATLAS a LHC per la misura della violazione di CP: studio di camere ad elettrodi piani resistivi per il sistema di trigger muonico di livello 1". Tutore: Prof. G. Ciapetti.
- 2001-2004 Corso di Laurea in Ingegneria delle Telecomunicazioni, Università degli Studi di Roma "Tor Vergata".
- 2004 Laurea in Ingegneria delle Telecomunicazioni, votazione 110/110, Università degli Studi di Roma "Tor Vergata". Titolo della Tesi di Laurea: "Radiometria a microonde di suoli vegetati".

## Carriera scientifica

- 1996 Vincitore del concorso nazionale per borse di studio post doc dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare. Sede di assegnazione: Roma 2
- 1999 Vincitore del concorso per n. 1 assegni di ricerca di durata biennale presso il Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata".
- 2001 Vincitore del concorso nazionale a cattedre per la docenza di Matematica e Fisica negli istituti superiori della Toscana
- 2001 Rinnovo biennale dell'assegno di ricerca presso il Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata".
- 2003 Vincitore del concorso per n. 1 posti da ricercatore universitario (settore concorsuale FIS/01) presso il Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata". Presa di servizio differita in seguito al blocco delle assunzioni nella Pubblica Amministrazione.

- Dicembre 2004 Presa di servizio come ricercatore universitario presso il Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata".
- 2008 Conferma nel ruolo di ricercatore universitario presso il Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata".
- 23/01/2014 Conseguimento dell'Abilitazione Scientifica Nazionale al ruolo di Professore Universitario di II Fascia (Settore Concorsuale 02/A1: Fisica Sperimentale delle Interazioni Fondamentali)
- 27/09/2017 Vincitore del concorso per n. 1 posti da Professore Associato presso il Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata" (Settore Concorsuale 02/A1 – Settore Scientifico Disciplinare FIS/01).
- 27/10/2017 Presa di servizio come Professore Associato confermato presso il Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata" (Settore Concorsuale 02/A1 – Settore Scientifico Disciplinare FIS/01).
- 30/05/2019 Conseguimento dell'Abilitazione Scientifica Nazionale al ruolo di Professore Universitario di I Fascia (Settore Concorsuale 02/A1: Fisica Sperimentale delle Interazioni Fondamentali)
- Al 09/10/2019 ha pubblicato oltre 840 articoli su riviste scientifiche internazionali.

## **Attività didattica**

- Settembre-dicembre 2004 Docenza di Matematica e Fisica presso il Liceo delle Scienze Sociali di Cecina (LI)
- Anno Accademico 2004-2005. Esercitazioni del corso di Fisica per Biologia (corso di Laurea Triennale in Biologia Cellulare e Molecolare). Esercitazioni di laboratorio dl corso di Laboratorio di Fisica Nucleare e Subnucleare. Tutoraggio di studenti.
- Anno Accademico 2005-2006. Esercitazioni di laboratorio del corso di Laboratorio 1 (corso di Laurea Triennale in Fisica). Esercitazioni di laboratorio dl corso di Laboratorio di Fisica Nucleare e Subnucleare. Tutoraggio di studenti.
- Anno Accademico 2006-2007. Esercitazioni di laboratorio del corso di Laboratorio 2 (corso di Laurea Triennale in Fisica). Esercitazioni di laboratorio dl corso di Laboratorio di Fisica Nucleare e Subnucleare. Insegnamento del corso di Introduzione alla Misura Sperimentale (corso di Laurea Triennale in Biologia Cellulare e Molecolare). Complementi di analisi dei segnali a tempo continuo e analisi armonica di segnali campionati per il corso di Elettronica 2 (corso di Laurea Specialistica in Fisica, indirizzo Elettronica e Cibernetica). Tutoraggio di studenti.
- Anno Accademico 2007-2008. Esercitazioni di laboratorio del corso di Laboratorio 1 (corso di Laurea Triennale in Fisica). Esercitazioni di laboratorio dl corso di Laboratorio di Fisica Nucleare e Subnucleare. Insegnamento del corso di Introduzione alla Misura Sperimentale (corso di Laurea Triennale in Biologia Cellulare e Molecolare). Complementi di analisi dei segnali a tempo continuo e analisi armonica di segnali campionati per il corso di Elettronica 2 (corso di Laurea Specialistica in Fisica, indirizzo Elettronica e Cibernetica). Tutoraggio di studenti.
- Anno Accademico 2008-2009. Esercitazioni di laboratorio del corso di Laboratorio 2 (corso di Laurea Triennale in Fisica). Esercitazioni di laboratorio dl corso di Laboratorio di Fisica Nucleare e Subnucleare.

Complementi di analisi dei segnali a tempo continuo e analisi armonica di segnali campionati per il corso di Elettronica 2 (corso di Laurea Specialistica in Fisica, indirizzo Elettronica e Cibernetica). Tutoraggio di studenti.

- Anno Accademico 2009-2010. Esercitazioni di laboratorio del corso di Laboratorio 1 (corso di Laurea Triennale in Fisica). Esercitazioni di laboratorio dl corso di Laboratorio di Fisica Nucleare e Subnucleare. Esercitazioni e complementi di Sistemi Dinamici e Controlli Automatici per il corso di Cibernetica Generale 1 del corso di Laurea Specialistica in Fisica, indirizzo Elettronica e Cibernetica). Complementi di analisi dei segnali a tempo continuo e analisi armonica di segnali campionati per il corso di Elettronica 2 (corso di Laurea Specialistica in Fisica, indirizzo Elettronica e Cibernetica). Tutoraggio di studenti.

- Anno Accademico 2010-2011. Esercitazioni di laboratorio del corso di Laboratorio 2 (corso di Laurea Triennale in Fisica). Esercitazioni di laboratorio dl corso di Laboratorio di Fisica Nucleare e Subnucleare. Complementi di analisi dei segnali a tempo continuo e analisi armonica di segnali campionati per il corso di Elettronica 2 (corso di Laurea Magistrale in Fisica, indirizzo Elettronica e Cibernetica). Ciclo di lezioni per il corso di Istituzioni di Fisica Nucleare e Subnucleare. Tutoraggio di studenti.

- Anno Accademico 2011-2012. Esercitazioni di laboratorio del corso di Laboratorio 1 (corso di Laurea Triennale in Fisica). Esercitazioni di laboratorio dl corso di Laboratorio di Fisica Nucleare e Subnucleare. Insegnamento del corso di Laboratorio di Elettronica (corso di Laurea Magistrale in Fisica, indirizzo Elettronica e Cibernetica). Complementi di analisi dei segnali a tempo continuo e analisi armonica di segnali campionati per il corso di Elettronica 2 (corso di Laurea Magistrale in Fisica, indirizzo Elettronica e Cibernetica). Ciclo di lezioni per il corso di Istituzioni di Fisica Nucleare e Subnucleare. Insegnamento del corso di Fisica (corso di Laurea Triennale in Informatica). Tutoraggio di studenti.

-Anno Accademico 2012-2013. Esercitazioni di laboratorio del corso di Laboratorio 2 (corso di Laurea Triennale in Fisica). Esercitazioni di laboratorio dl corso di Laboratorio di Fisica Nucleare e Subnucleare. Insegnamento del corso di Laboratorio di Elettronica (corso di Laurea Magistrale in Fisica, indirizzo Elettronica e Cibernetica). Complementi di analisi dei segnali a tempo continuo e analisi armonica di segnali campionati per il corso di Elettronica 2 (corso di Laurea Magistrale in Fisica, indirizzo Elettronica e Cibernetica). Insegnamento del corso di Fisica (corso di Laurea Triennale in Informatica). Tutoraggio di studenti.

- Anno Accademico 2013-2014. Esercitazioni di laboratorio del corso di Laboratorio 1 (corso di Laurea Triennale in Fisica). Esercitazioni di laboratorio dl corso di Laboratorio di Fisica Nucleare e Subnucleare. Insegnamento del corso di Laboratorio di Elettronica (corso di Laurea Magistrale in Fisica, indirizzo Elettronica e Cibernetica). Complementi di analisi dei segnali a tempo continuo e analisi armonica di segnali campionati per il corso di Elettronica 2 (corso di Laurea Magistrale in Fisica, indirizzo Elettronica e Cibernetica). Insegnamento del corso di Fisica (corso di Laurea Triennale in Informatica). Tutoraggio di studenti.

- Anno Accademico 2014-2015. Co-docenza ed esercitazioni di laboratorio del corso di Laboratorio 2 (corso di Laurea Triennale in Fisica). Esercitazioni di laboratorio dl corso di Laboratorio di Fisica Nucleare e Subnucleare. Insegnamento del corso di Laboratorio di Elettronica (corso di Laurea Magistrale in Fisica, indirizzo Elettronica e Cibernetica). Complementi di analisi dei segnali a tempo continuo e analisi armonica di segnali campionati per il corso di Elettronica 2 (corso di Laurea Magistrale in Fisica, indirizzo Elettronica e Cibernetica). Insegnamento del corso di Fisica (corso di Laurea Triennale in Informatica). Tutoraggio di studenti.

- Anno Accademico 2015-2016. Insegnamento (in qualità di supplente nominato per chiamata dal Consiglio di Corso di Laurea in Fisica) del corso di Laboratorio 1 (corso di Laurea Triennale in Fisica). Esercitazioni di

laboratorio di corso di Laboratorio di Fisica Nucleare e Subnucleare. Insegnamento del corso di Laboratorio di Elettronica (corso di Laurea Magistrale in Fisica, indirizzo Elettronica e Cibernetica). Complementi di analisi dei segnali a tempo continuo e analisi armonica di segnali campionati per il corso di Elettronica 2 (corso di Laurea Magistrale in Fisica, indirizzo Elettronica e Cibernetica). Insegnamento del corso di Fisica (corso di Laurea Triennale in Informatica). Tutoraggio di studenti.

- Anno Accademico 2016-2017. Co-docenza ed esercitazioni di laboratorio del corso di Laboratorio 2 (corso di Laurea Triennale in Fisica). Esercitazioni di laboratorio di corso di Laboratorio di Fisica Nucleare e Subnucleare. Insegnamento del corso di Laboratorio di Elettronica (corso di Laurea Magistrale in Fisica, indirizzo Elettronica e Cibernetica). Complementi di analisi dei segnali a tempo continuo e analisi armonica di segnali campionati per il corso di Elettronica 2 (corso di Laurea Magistrale in Fisica, indirizzo Elettronica e Cibernetica). Insegnamento del corso di Fisica (corso di Laurea Triennale in Informatica). Tutoraggio di studenti.

- Anno Accademico 2017-2018. Co-docenza ed esercitazioni di laboratorio del corso di Laboratorio 1 (corso di Laurea Triennale in Fisica). Esercitazioni di laboratorio di corso di Laboratorio di Fisica Nucleare e Subnucleare. Insegnamento del corso di Laboratorio di Elettronica (corso di Laurea Magistrale in Fisica, indirizzo Elettronica e Cibernetica). Complementi di analisi dei segnali a tempo continuo e analisi armonica di segnali campionati per il corso di Elettronica 2 (corso di Laurea Magistrale in Fisica, indirizzo Elettronica e Cibernetica). Insegnamento del corso di Fisica (corso di Laurea Triennale in Informatica). Tutoraggio di studenti.

- Anno Accademico 2018-2019. Co-docenza ed esercitazioni di laboratorio del corso di Laboratorio 2 (corso di Laurea Triennale in Fisica). Esercitazioni di laboratorio di corso di Laboratorio di Fisica Nucleare e Subnucleare. Insegnamento del corso di Laboratorio di Elettronica (corso di Laurea Magistrale in Fisica, indirizzo Elettronica e Cibernetica). Complementi di analisi dei segnali a tempo continuo e analisi armonica di segnali campionati per il corso di Elettronica 2 (corso di Laurea Magistrale in Fisica, indirizzo Elettronica e Cibernetica). Tutoraggio di studenti.

- È stato inoltre componente delle commissioni di esame dei corsi seguenti: Meccanica 1, Meccanica 2, Termodinamica, Elettromagnetismo 1, Elettromagnetismo 2, Ottica (Laurea Triennale in Fisica), Fisica delle Astroparticelle, Istituzioni di Fisica Nucleare e Subnucleare (Laurea Magistrale in Fisica, indirizzo Fisica Nucleare e Subnucleare), Laboratorio di Fisica Nucleare e Subnucleare.

- Dal 2010 è stato membro effettivo, e in diverse occasioni segretario, delle commissioni di esame di Laurea in Fisica e Laurea Magistrale in Fisica presso l'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata"

- Dal 2012: membro del collegio dei docenti del Dottorato di Ricerca in Fisica presso l'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata".

- Dal 2012 è stato relatore di tesi di laurea in Fisica presso l'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata" riguardanti prevalentemente lo sviluppo di camere a elettrodi piani resistivi (RPC).

- 2015-2016: Componente delle commissioni per l'esame finale del Dottorato di Ricerca in Fisica dei candidati Giulio Cornelio Grossi, Ivana Tukacovic, Matteo Martucci, Valeria Sequino, Matteo Mergè.

- Da novembre 2016: membro della Commissione Didattica Ristretta del Corso di Laurea in Fisica e del Corso di Laurea Magistrale in Fisica presso l'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata".

## Principali attività di ricerca in Fisica Subnucleare e incarichi di responsabilità negli esperimenti

1. Studio di collisioni protone-protone alla macchina per collisioni LHC del CERN di Ginevra, e progettazione e costruzione di un sistema di trigger per muoni basato su camere a elettrodi piani resistivi (*esperimento ATLAS*). È stato responsabile esecutivo dei test di qualità dei volumi di gas dei rivelatori RPC di ATLAS, svolti presso la ditta costruttrice General Tecnica di Colli (FR) dal 2002 al 2006. È “expert shifter” dei rivelatori RPC durante la presa dati dell’esperimento ATLAS dal 2013. È responsabile dei test di controllo di qualità dei volumi di gas dei rivelatori RPC di tipologia BIS 7/8 per l’ “upgrade” del sistema di trigger muonico dell’esperimento ATLAS.
2. Studio di raggi cosmici e di radiazione gamma di origine astronomica con un apparato di sciame installato ad alta quota (*esperimento ARGO-YBJ*). È stato Responsabile Locale del gruppo ARGO-YBJ presso la Sezione INFN di Roma Tor Vergata nel 2011 e nel 2012. È stato responsabile del Detector Control System dell’esperimento ARGO-YBJ per tutta la durata dell’esperimento (2004-2013).
3. Attività di R&D su camere a elettrodi piani resistivi (RPC) (*misure presso il laboratorio INFN di Roma Tor Vergata e i laboratori del CERN di Ginevra*). Ha svolto i primi test e la successiva qualificazione della nuova miscela di gas che poi sarebbe stata scelta per gli RPC di ATLAS e degli altri esperimenti alla macchina LHC.
4. Progetto internazionale Super-Flavour Factory “Super-B” riguardante la costruzione nell’area di Tor Vergata, in collaborazione con i Laboratori Nazionali INFN di Frascati, di un collisore asimmetrico e+ e- ad altissima luminosità per lo studio di processi rari legati al decadimento di mesoni B (*progetto SuperB*). Ha partecipato agli studi di fattibilità della macchina e ha presentato il progetto alla conferenza internazionale ICFPC2012 (Weihai, Rep. Pop. Cinese) per conto della collaborazione SuperB.
5. Studi e R&D per l’ “upgrade” dell’esperimento ATLAS in vista della fase di funzionamento a luminosità più elevata del collisore LHC a partire dal 2022 (*progetto RD\_FASE2*). Svolge attività di R&D sui rivelatori RPC in vista del previsto aumento di luminosità nella Fase 2 del funzionamento del Large Hadron Collider. È stato responsabile locale della sigla RD\_FASE2 dell’Istituto Nazionale di Fisica Nucleare
6. Ricerca di nuove particelle a vita media lunga mediante un apparato di superficie installato al di sopra della caverna dell’esperimento ATLAS al CERN di Ginevra (*progetto MATHUSLA*). Ha iniziato a collaborare con il progetto, iniziando e coordinando i test di funzionalità (presso il laboratorio della Sezione INFN di Roma Tor Vergata) dei rivelatori RPC da utilizzare per i primi test dell’esperimento. Ha partecipato all’installazione dell’apparato di test, costituito da una torre realizzata con strati di rivelatori RPC e di scintillatori plastici, e alla presa dati presso i laboratori del CERN di Ginevra.

## Incarichi di responsabilità scientifica e gestionale

- È stato Responsabile Locale, presso la sezione INFN di Roma Tor Vergata, dell’esperimento ARGO-YBJ negli anni 2011 e 2012.
- È stato Responsabile Locale, presso la sezione INFN di Roma Tor Vergata, della sigla scientifica RD\_Fase2 negli anni 2015, 2016 e 2017.

- A marzo 2013 è stato eletto **Coordinatore Locale, presso la sezione INFN di Roma Tor Vergata, della Linea Scientifica 1 (fisica agli acceleratori) dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare**. L'incarico è stato rinnovato per 4 anni a partire da marzo 2017.
- Da giugno 2013 è **membro del collegio dei referee INFN dell'esperimento Belle II**
- Da giugno 2014 è **membro del collegio dei referee INFN dell'esperimento NA62**
- È stato **membro del Comitato Organizzatore della conferenza "Incontri di Fisica delle Alte Energie 2015" (IFAE 2015, 8-10 aprile 2015)**, svoltasi presso la Macroarea di Scienze dell'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata", coordinando lo svolgimento dei lavori.
- Nel mese di gennaio 2016 ha coadiuvato il Direttore del Dipartimento di Fisica nella raccolta e nell'inserimento telematico delle informazioni utili per la procedura di valutazione VQR del Dipartimento da parte dell'ANVUR
- È stato **"peer reviewer"** per le riviste scientifiche internazionali "Nuclear Instruments and methods in Physics Research A", "IEEE Transactions on Nuclear Science", "International Journal of Physical Sciences", "Europhysics Letters", "Indian Journal of Physics"
- A partire dal 2008 è stato componente di **commissioni di concorso per l'assegnazione di assegni di ricerca universitari e dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare**, sia nel campo della fisica agli acceleratori sia nel campo della fisica dei raggi cosmici, e nel 2016 membro della **commissione di concorso per l'assegnazione di una posizione di ricercatore a tempo determinato per l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare** per l'analisi di precisione delle proprietà del quark top nell'esperimento ATLAS al Large Hadron Collider del CERN di Ginevra.
- Dal 01/11/2011 è **membro del collegio dei docenti del Dottorato di Ricerca in Fisica** presso l'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata".
- Ha fatto parte delle **commissioni di concorso per l'ammissione al Dottorato di Ricerca in Fisica** dell'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata" negli anni 2013, 2015, 2016, e 2017.
- Da novembre 2016 è **membro della Commissione Didattica Ristretta del Corso di Laurea in Fisica e del Corso di Laurea Magistrale in Fisica** presso l'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata".
- Da novembre 2019 sarà componente della Commissione Paritetica del Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata".

## Attività di ricerca

### Attività di R&D ed esperimento ATLAS

Dal 1990 al 1992 ha svolto lavoro di ricerca, nell'ambito del progetto di R&D RIFOS dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN), per la tesi di laurea in Fisica presso l'Università degli Studi di Pisa. Questo progetto era finalizzato allo sviluppo di un rivelatore di trigger di Livello 1 per elettroni da installare attorno alla regione centrale di un esperimento alla macchina acceleratrice LHC del CERN di Ginevra, allora in fase iniziale di progettazione. Per lo svolgimento dell'attività sopra descritta sono stati necessari periodi di lavoro presso i laboratori del CERN di Ginevra e del Fermilab di Batavia (U.S.A.), oltre ad attività di laboratorio presso la sezione INFN di Pisa e presso i Laboratori Nazionali INFN di Legnaro. Aspetti essenziali del lavoro svolto sono stati presentati nella relazione orale al LXXVIII Congresso Nazionale della Società Italiana di Fisica, Pavia, 5-10/10/1992, e sono stati pubblicati negli articoli seguenti:

Nucl. Instrum. Meth. A 325, 446 (1993)

Nucl. Instrum. Meth. A 336, 510 (1993)

Nucl. Instrum. Meth. A 336, 521 (1993)

Dal 1993 al 1996 ha svolto attività di ricerca presso la Sezione INFN di Roma "La Sapienza" come dottorando in Fisica. Si è occupato di studiare le potenzialità dell'esperimento ATLAS (allora in fase iniziale di progetto) per lo studio dei parametri di violazione della simmetria CP in alcuni decadimenti esclusivi dei mesoni B neutri. Inoltre, ha iniziato ad occuparsi dell'ottimizzazione dei rivelatori RPC (con il supporto del gruppo di ricerca della Sezione INFN di Roma 2), necessari per realizzare il trigger di muoni dell'esperimento. Per lo svolgimento della tesi di Dottorato sono stati necessari soggiorni periodici presso i laboratori del CERN di Ginevra, sia per lavorare con il gruppo di studio della fisica del quark b della collaborazione ATLAS sia per partecipare ai "test beam" richiesti per l'ottimizzazione degli RPC. È stata svolta attività di laboratorio su RPC anche presso i laboratori INFN di Roma 2. Gli studi effettuati hanno consentito, in particolare, di progettare una struttura ottimizzata dei piani di strisce di lettura dei segnali dei rivelatori RPC. I risultati del lavoro svolto sono stati presentati in riunioni di lavoro del gruppo della B-physics di ATLAS al CERN, e sono stati pubblicati nei seguenti lavori a stampa:

ATLAS-PHYS-NO-056

Nucl. Instrum. Meth. A 367, 428 (1995)

Nucl. Phys. Proc. Suppl. 44, 218 (1995)

ATL-PHYS-95-063

Dal 1996 al 1998, come borsista post-doc dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, ha continuato a svolgere lavoro di ricerca nell'ambito della collaborazione ATLAS, presso la sezione INFN di Roma 2, nel gruppo coordinato dal Prof. Rinaldo Santonico. Il lavoro di ricerca è stato mirato all'ottimizzazione di RPC per realizzare il rivelatore di trigger di livello 1 per muoni nell'esperimento ATLAS. L'attività si è svolta presso i laboratori della sezione INFN di Roma 2 e presso i laboratori del CERN di Ginevra. Il lavoro svolto dal candidato presso i laboratori della sezione INFN di Roma 2 ha avuto come risultato la definizione di una miscela gassosa a tre componenti in grado di far funzionare un RPC in regime di valanga saturata, ottimale per l'utilizzo di RPC con piena efficienza in presenza di flusso incidente fino a oltre 1 kHz/cm<sup>2</sup>: l'aggiunta di una piccola percentuale di esafluoruro di zolfo (circa 0.3%) nella miscela gassosa del rivelatore (contenente anche tetrafluoroetano e isobutano) è stata fondamentale per il conseguimento di questo risultato, grazie al quale la tecnologia RPC è stata infine scelta per la realizzazione del rivelatore di trigger di livello 1 per muoni nell'esperimento ATLAS. Ha inoltre partecipato a "test beam" presso i laboratori del CERN di Ginevra per la verifica su fascio delle prestazioni degli RPC. Ha contribuito alla stesura del capitolo sui rivelatori RPC del Technical Design Report dell'esperimento ATLAS. I risultati del lavoro svolto sono stati presentati durante le riunioni "ATLAS Week" al CERN di Ginevra; alla conferenza "Frontier Detectors for Frontier Physics: 7th Pisa Meeting on Advanced Detectors", La Biodola (Italia), 25-31/05/1997; alla conferenza "4th Workshop on Resistive Plate Chambers and Related Detectors", Napoli, 15-16/10/1997, e al LXXXIII Congresso Nazionale della Società Italiana di Fisica, Como, 27-31/10/1997, e sono stati pubblicati nei seguenti lavori a stampa:

ATL-MUON-98-234

Nucl. Instrum. Meth. A 409, 291 (1998)

Nucl. Instrum. Meth. A 409, 646 (1998)

Nucl. Instrum. Meth. A 414, 317 (1998)

CERN-LHCC-99-14

CERN-LHCC-99-15

Dal 1999 al 2003, come assegnista di ricerca presso il Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata", ha lavorato all'attività di R&D del rivelatore RPC per l'esperimento ATLAS, al fine di ottimizzarne le prestazioni per il funzionamento in presenza di alto flusso di radiazione fino a valori dell'ordine di alcuni kHz/cm<sup>2</sup>. Il lavoro è stato svolto presso i laboratori della sezione INFN di Roma 2 e presso i laboratori del CERN di Ginevra, al fascio di test X5-GIF presso il quale ha sviluppato il programma di acquisizione dati e monitoraggio "on line". A partire dal 2002, ha poi coordinato e svolto i test di controllo di qualità e la certificazione dei volumi di gas degli RPC dell'esperimento ATLAS subito dopo la produzione presso la ditta General tecnica di Colli (FR, Italia). I risultati del lavoro svolto sono stati presentati al "7th Workshop on Resistive Plate Chambers and Related Detectors", Clermont Ferrand (Francia), 20-22/10/2003, e sono stati pubblicati nei seguenti lavori a stampa:

Nucl. Instrum. Meth. A 456, 40 (2000)

Nucl. Instrum. Meth. A 456, 77 (2000)

Nucl. Instrum. Meth. A 456, 82 (2000)

Nucl. Instrum. Meth. A 478, 271 (2002)

Nucl. Instrum. Meth. A 493, 137 (2002)

Nucl. Instrum. Meth. A 508, 6 (2003)

Nucl. Instrum. Meth. A 508, 44 (2003)

Nucl. Instrum. Meth. A 508, 189 (2003)

Nucl. Instrum. Meth. A 515, 335 (2003)

Nucl. Instrum. Meth. A 518, 529 (2004)

Nucl. Instrum. Meth. A 533, 86 (2004)

Nucl. Instrum. Meth. A 533, 98 (2004)

Nucl. Instrum. Meth. A 533, 193 (2004)

Nucl. Instrum. Meth. A 533, 199 (2004)

IEEE Trans. Nucl. Sci. 51, 1581 (2004)

Nucl. Instrum. Meth. A 535, 265 (2004)

Da dicembre 2004, a partire dalla presa di servizio come Ricercatore Universitario, ha proseguito e completato la procedura di controllo di qualità e certificazione dei volumi di gas degli RPC dell'esperimento ATLAS subito dopo la produzione presso la ditta produttrice, per un totale di oltre 3000 volumi di gas certificati (circa il 90% dei volumi di gas prodotti). Ha inoltre partecipato ai test di certificazione delle unità RPC di tipologia BOL, effettuati presso i laboratori INFN di Roma Tor Vergata, e all'installazione delle unità

RPC nell'apparato sperimentale ATLAS presso i laboratori del CERN di Ginevra. Il lavoro svolto di R&D, di certificazione di qualità e di installazione sull'apparato è stato cruciale per l'ottimo funzionamento del sistema di trigger di muoni di livello 1 di ATLAS, risultando essenziale in particolare per la selezione degli eventi che hanno consentito di scoprire il decadimento in 4 leptoni carichi del bosone di Higgs nel 2012. I risultati del lavoro svolto sono stati pubblicati nei seguenti lavori a stampa:

IEEE Trans. Nucl. Sci. 53, 567 (2006)  
Nucl. Phys. Proc. Suppl. 158, 11 (2006)  
Nucl. Phys. Proc. Suppl. 158, 25 (2006)  
Nucl. Phys. Proc. Suppl. 158, 143 (2006)  
Nucl. Instrum. Meth. A 572, 170 (2007)  
Nucl. Instrum. Meth. A 581, 213 (2007)  
Nucl. Instrum. Meth. A 581, 476 (2007)  
Nucl. Phys. Proc. Suppl. 177-178, 307 (2008)  
Nucl. Phys. Proc. Suppl. 177-178, 335 (2008)  
JINST 3, S08003 (2008)  
JINST 4, P04010 (2009)  
Nucl. Instrum. Meth. A 602, 796 (2009)  
JHEP 1009, 056 (2010)  
Phys. Lett. B 716, 1 (2012)

Dal 2013, si è occupato dell'inserimento dei parametri di monitoraggio del sistema di gas dei rivelatori RPC nel sistema di monitoraggio e controllo generale (DCS) dell'esperimento e ha svolto molteplici turni di monitoraggio e controllo del sottoapparato RPC di ATLAS come "expert shifter". I principali risultati del lavoro svolto sono stati pubblicati nei seguenti lavori a stampa:

JINST 8, P01003 (2013)  
Phys. Lett. B 716, 1 (2012) (osservazione del bosone di Higgs in ATLAS)  
Phys. Lett. B 726, 120 (2013)  
Phys. Rev. Lett. 114, 191803 (2015)  
Frascati Phys. Ser. 60, 1 (2015)  
Eur. Phys. J. C 75, no. 10, 476 (2015)  
Eur. Phys. J. C 76, no. 1, 6 (2016)  
JHEP 1510, 134 (2015)  
Phys. Lett. B 753, 552 (2016)

Dall'estate 2018 è responsabile del test di controllo di qualità alla produzione dei volumi di gas dei rivelatori RPC di tipologia BIS 7/8 che serviranno per l'estensione dell'accettazione del sistema di trigger muonico di livello 1 dell'esperimento ATLAS, e che verranno installati durante il "Long Shutdown 2" (2019-2020).

Attualmente fanno parte della collaborazione ATLAS circa 3000 fisici provenienti da 182 gruppi di ricerca appartenenti a 32 diverse nazioni.

### **Esperimento ARGO-YBJ**

A partire dal 2000 ha inoltre iniziato a lavorare nella collaborazione ARGO-YBJ, esperimento per la rivelazione di sciame atmosferici prodotti da raggi cosmici, installato presso il laboratorio di YangBaJin (Tibet, Repubblica Popolare Cinese) alla quota di 4300 m s.l.m. All'esperimento ARGO-YBJ hanno partecipato fisici italiani e cinesi provenienti da 21 gruppi di ricerca. L'apparato di rivelazione dell'esperimento ARGO-YBJ era costituito da RPC funzionanti in regime di "streamer", e copriva una superficie di circa 10000 m<sup>2</sup>. Per l'esperimento, nel periodo 2000-2003 (precedente all'inizio del montaggio dell'apparato sperimentale), ha sviluppato il progetto di un sistema di monitoraggio dei parametri di funzionamento delle unità RPC (tensioni di alimentazione, correnti assorbite) e dei parametri ambientali presso il sito sperimentale (temperatura, pressione atmosferica, umidità relativa). Il lavoro si è svolto presso i laboratori della sezione INFN di Roma 2 (progettazione e realizzazione delle schede multiplexer per la lettura delle correnti assorbite dalle unità RPC di ARGO-YBJ) e presso il laboratorio ad alta quota di YangBaJin per i test preliminari di installazione e funzionalità dell'apparato sperimentale.

Ha quindi contribuito al montaggio dell'apparato sperimentale dell'esperimento ARGO-YBJ nel sito di YangBaJin e ha installato tutte le componenti del sistema di monitoraggio ambientale e del rivelatore, sviluppando gli strumenti software per l'acquisizione dei dati di monitoraggio e la loro visualizzazione "on line". Per lo svolgimento dell'attività in questione sono stati necessari turni di lavoro presso il sito di YangBaJin dal 2004 al 2007 (fase di montaggio dell'apparato) e poi dal 2008 al 2012 (ottimizzazione e manutenzione del sistema di monitoraggio durante la fase di funzionamento con l'apparato interamente installato). Il monitoraggio ininterrotto ha permesso di verificare la stabilità di funzionamento dell'apparato sperimentale, e ciò ha consentito dunque di ottenere significativi risultati scientifici nel settore della astronomia a raggi gamma e della fisica dei raggi cosmici grazie alla stabilità di lungo periodo della presa dati e alla elevata statistica raccolta.

Negli anni 2011 e 2012 è stato responsabile locale della collaborazione ARGO-YBJ presso la sezione INFN di Roma Tor Vergata. In questo periodo il gruppo ARGO-YBJ di Roma Tor Vergata, oltre che occuparsi del sopra menzionato apparato di monitoraggio dell'esperimento, ha svolto le seguenti attività:

a) messa a punto di una procedura automatica di regolazione della tensione di lavoro degli RPC dell'esperimento al variare dei valori dei parametri ambientali registrati dal sistema di monitoraggio; i test effettuati su un telescopio di monitor realizzato con camere RPC come quelle dell'apparato sperimentale hanno avuto successo;

b) studio dell'effetto "ombra della luna" sul flusso di raggi cosmici osservato dall'esperimento; l'effetto è stato osservato con una significatività pari a 55 deviazioni standard, con una statistica raccolta in 3 anni (Novembre 2007 - Novembre 2010); questo studio ha inoltre permesso di porre un limite superiore al rapporto tra i flussi di antiprotoni e protoni ad una energia mediana di circa 1 TeV;

c) studio della anisotropia di media scala del flusso di raggi cosmici osservato dall'esperimento; l'effetto, già osservato dall'esperimento Milagro (e che non ha al momento ancora avuto una spiegazione), è stato confermato da ARGO-YBJ;

d) studio della composizione del flusso di raggi cosmici primari nell'intervallo di energia 1 - 100 TeV;

e) studio di raggi cosmici con direzione di provenienza formante un angolo maggiore di 70 gradi con la verticale (raggi cosmici "orizzontali"); lo scopo è la ricerca di possibili sciami prodotti da neutrini cosmici.

I principali risultati del lavoro svolto sono stati presentati alle seguenti conferenze:

"28th International Cosmic Ray Conference (ICRC 2003)", Tsukuba (Giappone), 31 luglio – 7 agosto 2003

"3rd International Workshop on Science with the New Generation of High Energy gamma-ray experiments", Cividale del Friuli (Italia), 30 maggio - 1 giugno 2005

"29th International Cosmic Ray Conference (ICRC 2005)", Pune (India), 3 - 10 agosto 2005

"Frontier Detectors for Frontier Physics: 10th Pisa Meeting on Advanced Detectors", La Biodola (Italia), 21-27 maggio 2006

"5th International Workshop on Science with the New Generation of High Energy gamma-ray experiments", Monteporzio Catone (Italia), 18 - 20 giugno 2007

"30th International Cosmic Ray Conference (ICRC 2007)", Merida (Messico), 3 - 11 luglio 2007

"IX Workshop on Resistive Plate Chambers and related detectors", Mumbai (India), 13-16 febbraio 2008

"3rd Workshop on Astroparticle Physics (WAPP 2008)", Ooty (India), 17-19 dicembre 2008

"31st International Cosmic Ray Conference (ICRC 2009)", Lodz (Polonia), 7 - 15 luglio 2009

"7th International Workshop on Science with the New Generation of High Energy gamma-ray experiments", Assisi (Italia), 7-9 ottobre 2009

"4th Workshop on Astroparticle Physics (WAPP 2009)", Darjeeling (India), 10-12 dicembre 2009

"X Workshop on Resistive Plate Chambers and related detectors", Darmstadt (Germania), 9-12 febbraio 2010

"11th International Conference on Advanced Technology and Particle Physics (ICATPP 2010)", Como (Italia), 7-8 ottobre 2010

"5th Workshop on Astroparticle Physics (WAPP 2010)", Ooty (India), 14-16 dicembre 2010

EPS-HEP 2011, Grenoble (Francia), 21-27 luglio 2011

"32nd International Cosmic Ray Conference (ICRC 2011)", Beijing (Rep. Pop. Cinese), 11 - 18 agosto 2011

"6th Winter Workshop and School on Astroparticle Physics (WAPP 2011)", Darjeeling (India), 17-29 dicembre 2011

"XI Workshop on Resistive Plate Chambers and related detectors", Frascati (Italia), 5-10 febbraio 2012

"Frontier Detectors for Frontier Physics: 12th Pisa Meeting on Advanced Detectors", La Biodola (Italia), 20-26 maggio 2012

ICHEP 2012, Melbourne (Australia), 4-11 luglio 2012

"33rd International Cosmic Ray Conference (ICRC 2013)", Rio de Janeiro (Brasile), 2 - 9 luglio 2013

EPS-HEP 2013, Stoccolma (Svezia), 18-24 luglio 2013

"9th Winter Workshop and School on Astroparticle Physics (WAPP 2014)", Ooty (India), 18-29 dicembre 2014

EPS-HEP 2017, Venezia (Italia), 5-12 luglio 2017

Principali lavori a stampa sul lavoro svolto per l'esperimento ARGO-YBJ:

Nuovo Cim. C 24, 739 (2001)

Nucl. Instrum. Meth. A 562, 92 (2006)

Nucl. Phys. Proc. Suppl. 166, 96 (2007)

Nucl. Instrum. Meth. A 572, 476 (2007)

Nucl. Instrum. Meth. A 602, 668 (2009)

Nucl. Instrum. Meth. A 608, 246 (2009)

AIP Conf. Proc. 1223, 109 (2010)

PoS EPS -HEP2011, 053 (2011)

Astrophys. J. 734, 110 (2011)

Phys. Rev. D 84, 022003 (2011)

JINST 8, T03002 (2013)

Phys. Rev. D 85, 022002 (2012)

Nucl. Instrum. Meth. A 661, S56 (2012)

Nucl. Instrum. Meth. A 661, S50 (2012)

PoS EPS -HEP2013, 393 (2013)

Nucl. Instrum. Meth. A 718, 483 (2013)

Phys. Rev. D 88, no. 8, 082001 (2013)

PoS ICHEP 2012, 433 (2013)

Astrophys. J. 798, no. 2, 119 (2015)

Phys. Rev. D 92, no. 9, 092005 (2015)

Astropart. Phys. 67, 47 (2015)

Nucl. Instrum. Meth. A 783, 68 (2015)

### **Progetto SuperB**

Nel 2012 ha partecipato alla collaborazione internazionale SuperB e, assieme agli altri membri del gruppo di Roma Tor Vergata, si è occupato del sistema di monitoraggio della radiazione prodotta dai fasci in collisione nella zona attorno al punto di collisione. In particolare, ha partecipato alla messa a punto di un rivelatore al diamante, materiale con elevatissima resistenza alle radiazioni. Ha presentato il lavoro svolto alla "International Conference on Flavor Physics and Cosmophysics 2012 (ICFPC2012)", Weihai (Rep. Pop. Cinese), 8-12 agosto 2012, e pubblicato sul lavoro a stampa "SuperB Technical Design Report" (INFN-13-01-PI, LAL-13-01, SLAC-R-1003).

### **Progetti RD\_Fase2 e Fase2\_ATLAS**

Nell'ambito delle attività necessarie per l' "upgrade" degli apparati sperimentali in vista della fase di funzionamento a luminosità più elevata del collisore LHC a partire dal 2022 (Fase 2), svolge studi di R&D sui rivelatori RPC e su nuovi circuiti di lettura dei segnali degli RPC presso i laboratori della Sezione INFN di Roma Tor Vergata. E' stato inoltre, dall'inizio del 2015 fino alla fine del 2017, Responsabile Locale presso la Sezione di Roma Tor Vergata, della sigla RD\_FASE2 dell'INFN, per la gestione dei fondi di ricerca da destinare a questa attività nella Sezione di Roma Tor Vergata.

JINST 11, no. 07, P07014 (2016)

JINST 11, no. 09, C09012 (2016)

JINST 11, no. 10, C10009 (2016)

JINST 12, no. 01, C01057 (2017)

### **Progetto MATHUSLA**

Alla fine del 2016 ha iniziato a collaborare con il progetto MATHUSLA ("MAssive Timing Hodoscope for Ultra Stable neutral pArticles"), collaborazione composta da gruppi di ricerca italiani e statunitensi, che si propone di realizzare un apparato di superficie, installato al di sopra della caverna dell'esperimento ATLAS al CERN di Ginevra, per la rivelazione di eventuali nuove particelle neutre a vita media lunga la cui esistenza è prevista da alcuni modelli di fisica "oltre il Modello Standard". Si tratta di un filone di ricerca complementare a quello già in corso di attuazione negli esperimenti al Large Hadron Collider, nello sforzo di individuare l'esistenza di eventuali fenomeni "oltre il Modello Standard". Su richiesta della collaborazione MATHUSLA, ha dato inizio

e coordinato (presso il laboratorio della Sezione INFN di Roma Tor Vergata) i test di funzionalità delle camere RPC che sono state inviate al CERN per le misure preliminari, svolte nel mese di novembre 2017. I test continueranno durante tutto il 2018.

## Presentazioni a conferenze e workshop

1. "Sviluppo e test di fibre ottiche scintillanti per un rivelatore di trigger di elettroni di livello 1 a LHC". Presentazione orale al LXXVIII Congresso Nazionale della Società Italiana di Fisica, Pavia, 5-10/10/1992
2. "Sviluppo e test di camere a elettrodi piani resistivi per il rivelatore di trigger muonico di livello 1 dell'esperimento ATLAS". Presentazione orale al LXXXII Congresso Nazionale della Società Italiana di Fisica, Verona, 23-28/09/1996
3. "Latest Results on RPCs for the ATLAS level-1 muon trigger". Presentazione alla conferenza "Frontier Detectors for Frontier Physics: 7th Pisa Meeting on Advanced Detectors", La Biodola (Italia), 25-31 maggio 1997.
4. "Performances of RPCs operated with various gas mixtures". Presentazione orale al "4th Workshop on Resistive Plate Chambers and Related Detectors", Napoli, 15-16/10/1997
5. "Sviluppo di RPC funzionanti in regime di valanga per il rivelatore di trigger muonico di livello 1 dell'esperimento ATLAS". Presentazione al LXXXIII Congresso Nazionale della Società Italiana di Fisica, Como, 27-31/10/1997
6. "The Detector Control System for the ARGO-YBJ Experiment". Presentazione orale per conto della collaborazione ARGO-YBJ alla "28th International Cosmic Ray Conference (ICRC 2003)", Tsukuba (Giappone), 31 luglio – 7 agosto 2003
7. "A high voltage test for the qualification of RPC gas volumes for the ATLAS experiment". Presentazione orale al "7th Workshop on Resistive Plate Chambers and Related Detectors", Clermont Ferrand (Francia), 20-22/10/2003
8. "Status of the ARGO-YBJ experiment". Presentazione orale su invito per conto della collaborazione ARGO-YBJ al "3rd International Workshop on Science with the New Generation of High Energy gamma-ray experiments", Cividale del Friuli (Italia), 30 maggio - 1 giugno 2005
9. "RPCs in the ARGO-YBJ experiment". Presentazione su invito per conto della collaborazione ARGO-YBJ al "Workshop on Physics with Atmospheric Neutrinos and Neutrinos from Muon Storage Rings", Mumbai (India), 1-2 agosto 2005
10. "Control and monitoring of the ARGO-YBJ detector". Presentazione orale per conto della collaborazione ARGO-YBJ alla "29th International Cosmic Ray Conference (ICRC 2005)", Pune (India), 3 - 10 agosto 2005
11. "Performance of the resistive plate chambers in the ARGO-YBJ experiment". Presentazione, per conto della collaborazione ARGO-YBJ, alla conferenza "Frontier Detectors for Frontier Physics: 10th Pisa Meeting on Advanced Detectors", La Biodola (Italia), 21-27 maggio 2006
12. "ARGO-YBJ: present status and first investigations in cosmic-ray astrophysics". Presentazione orale su invito per conto della collaborazione ARGO-YBJ al "5th International Workshop on Science with the New Generation of High Energy gamma-ray experiments", Monteporzio Catone (Italia), 18 - 20 giugno 2007
13. "Long-term environmental effects on the ARGO-YBJ RPC array studied with the Detector Control System". Relazione per conto della collaborazione ARGO-YBJ alla "30th International Cosmic Ray Conference (ICRC 2007)", Merida (Messico), 3 - 11 luglio 2007

14. "Operation and performance of RPCs in the ARGO-YBJ experiment". Presentazione orale per conto della collaborazione ARGO-YBJ al "IX Workshop on Resistive Plate Chambers and related detectors", Mumbai (India), 13-16 febbraio 2008
15. "First results from the ARGO-YBJ experiment". Presentazione orale su invito per conto della collaborazione ARGO-YBJ al "3rd Workshop on Astroparticle Physics (WAPP 2008)", Ooty (India), 17-19 dicembre 2008
16. "RPC operational stability in the ARGO-YBJ experiment". Relazione per conto della collaborazione ARGO-YBJ alla "31st International Cosmic Ray Conference (ICRC 2009)", Łódź (Polonia), 7 - 15 luglio 2009
17. "Results from the ARGO-YBJ experiment at high altitude". Presentazione orale su invito per conto della collaborazione ARGO-YBJ al "7th International Workshop on Science with the New Generation of High Energy gamma-ray experiments", Assisi (Italia), 7-9 ottobre 2009
18. "The ARGO-YBJ experiment: results and prospects". Presentazione orale su invito per conto della collaborazione ARGO-YBJ al "4th Workshop on Astroparticle Physics (WAPP 2009)", Darjeeling (India), 10-12 dicembre 2009
19. "Highlights from the ARGO-YBJ experiment". Presentazione orale per conto della collaborazione ARGO-YBJ al "X Workshop on Resistive Plate Chambers and related detectors", Darmstadt (Germania), 9-12 febbraio 2010
20. "Highlights from the ARGO-YBJ Experiment". Presentazione orale per conto della collaborazione ARGO-YBJ alla "11th International Conference on Advanced Technology and Particle Physics (ICATPP 2010)", Como (Italia), 7-8 ottobre 2010
21. "ARGO-YBJ: results in cosmic-ray physics and astrophysics". Presentazione orale su invito per conto della collaborazione ARGO-YBJ al "5th Workshop on Astroparticle Physics (WAPP 2010)", Ooty (India), 14-16 dicembre 2010
22. "Gamma-ray astronomy and cosmic-ray physics with ARGO-YBJ". Presentazione orale per conto della collaborazione ARGO-YBJ alla conferenza EPS-HEP 2011, Grenoble (Francia), 21-27 luglio 2011
23. "Stabilization of the operating point of the ARGO-YBJ Resistive Plate Chambers". Relazione per conto della collaborazione ARGO-YBJ alla "32nd International Cosmic Ray Conference (ICRC 2011)", Beijing (Rep. Pop. Cinese), 11 - 18 agosto 2011
24. "Latest results from ARGO-YBJ". Presentazione orale su invito e ciclo di lezioni per conto della collaborazione ARGO-YBJ al "6th Winter Workshop and School on Astroparticle Physics (WAPP 2011)", Darjeeling (India), 17-29 dicembre 2011
25. "Operational features, monitoring and control for the RPCs in the ARGO-YBJ experiment". Presentazione per conto della collaborazione ARGO-YBJ al "XI Workshop on Resistive Plate Chambers and related detectors", Frascati (Italia), 5-10 febbraio 2012
26. "ARGO-YBJ: physics results and detector stabilization". Presentazione, per conto della collaborazione ARGO-YBJ, alla conferenza "Frontier Detectors for Frontier Physics: 12th Pisa Meeting on Advanced Detectors", La Biodola (Italia), 20-26 maggio 2012
27. "Selected results from the ARGO-YBJ experiment". Presentazione orale per conto della collaborazione ARGO-YBJ alla conferenza ICHEP 2012, Melbourne (Australia), 4-11 luglio 2012
28. "The SuperB project and physics potential". Presentazione orale per conto della collaborazione SuperB alla conferenza "International Conference on Flavor Physics and Cosmophysics 2012 (ICFPC2012)", Weihai (Rep. Pop. Cinese), 8-12 agosto 2012
29. "Long-term monitoring of the ARGO-YBJ experiment". Presentazione per conto della collaborazione ARGO-YBJ alla "33rd International Cosmic Ray Conference (ICRC 2013)", Rio de Janeiro (Brasile), 2 - 9 luglio 2013

30. "Results in astroparticle physics from the ARGO-YBJ experiment". Presentazione orale per conto della collaborazione ARGO-YBJ alla conferenza EPS-HEP 2013, Stoccolma (Svezia), 18-24 luglio 2013
31. "Results in gamma-ray astrophysics and cosmic-ray physics with ARGO-YBJ". Presentazione orale su invito e ciclo di lezioni per conto della collaborazione ARGO-YBJ al "9th Winter Workshop and School on Astroparticle Physics (WAPP 2014)", Ooty (India), 18-29 dicembre 2014
32. "Astroparticle physics with ARGO-YBJ". Presentazione orale per conto della collaborazione ARGO-YBJ alla conferenza EPS-HEP 2017, Venezia (Italia), 5-12 luglio 2017
33. "Muon tomography with RPCs". Presentazione orale al workshop "Prospettive di applicazioni industriali sulla Tomografia Muonica", Padova (Italia)
34. "Test of Resistive Plate Chambers as a tracking device for the MATHUSLA experiment". Presentazione orale per conto della collaborazione MATHUSLA al "XIV Workshop on Resistive Plate Chambers and related detectors", Puerto Vallarta (Messico), 19-23 febbraio 2018
35. "Ultra long-lived particles searches with MATHUSLA". Presentazione orale per conto della collaborazione MATHUSLA alla conferenza ICHEP 2018, Seoul (Corea del Sud), 4-11 luglio 2018

## Tesi di laurea

È stato relatore delle seguenti tesi di laurea:

a) Laurea Triennale in Fisica

A.A. 2012-2013

Data della discussione: 27/09/2013

Candidato: Alessandro Rocchi

Titolo Tesi: Confronto delle risposte di un rivelatore al diamante con lettura in corrente e in carica e stima della velocità di deriva e della mobilità dei portatori di carica nel cristallo

A.A. 2012-2013

Data della discussione: 13/12/2013

Candidato: Eleonora Piersanti

Titolo Tesi: Studio di Nuove Miscele Gassose per Rivelatori di Ionizzazione

A.A. 2013-2014

Data della discussione: 30/01/2015

Candidato: Elio Alunno Camelia

Titolo Tesi: studio delle caratteristiche di un circuito rivelatore di massimo per rivelatori di particelle elementari

A.A. 2014-2015 Data della discussione: 24/07/2015

Candidato: Gianmaria Rebutini

Titolo Tesi: Studio di nuove miscele di gas per camere a elettrodi piani resistivi

A.A. 2015-2016

Data della discussione: 16/12/2016

Candidato: Flavia Cetorelli

Titolo Tesi: Misure su prototipi di RPC con elettrodi di diverso spessore e materiale per applicazioni negli esperimenti della fase 2 del Large Hadron Collider

b) Laurea Magistrale in Fisica

A.A. 2014-2015

Data della discussione: 24/05/2016

Candidato: Alessandro Caltabiano

Titolo Tesi: Sviluppo di una nuova WRM con applicazioni all'elaborazione di immagini

A.A. 2015-2016

Data della discussione: 28/10/2016

Candidato: Francesco Maria Follega

Titolo Tesi: Validazione di una nuova logica di decisione per l'identificazione del Bunch Crossing per il Trigger calorimetrico di livello 1 di ATLAS

A.A. 2015-2016

Data della discussione: 24/02/2017

Candidato: Luca Carfora

Titolo Tesi: Test di prototipi di nuove tipologie di camere a elettrodi piani resistivi per applicazioni in esperimenti alle future macchine acceleratrici

c) Laurea in Scienze e Tecnologie per i Media

A.A. 2012-2013

Data della discussione: 22/05/2014

Candidato: Marco Peperoni

Titolo Tesi: Diagnostica a ultrasuoni di strutture meccaniche

A.A. 2013-2014

Data della discussione: 17/12/2014

Candidato: Pietro Saulini

Titolo Tesi: Studio delle proprietà meccaniche di materiali solidi mediante analisi delle vibrazioni

d) Laurea in Informatica

A.A. 2016-2017

Data della discussione: 20/10/2017

Candidato: Luca Rosellini

Titolo Tesi: Sviluppo di una pipeline per la gestione dei dati dell'esperimento CSES-LIMADOU

## Finanziamenti alla ricerca con fondi esterni

- Cofinanziamento 1998 approvato dal Ministero dell'Università e della Ricerca Scientifica e Tecnologica (MURST): "La Camera a Elettrodi Piani Resistivi (RPC): un nuovo rivelatore a gas per la fisica dei muoni a LHC". Progetto della durata di 24 mesi sullo sviluppo dei rivelatori RPC, in collaborazione con gruppi di ricerca delle università di Bari, Lecce, Napoli, Pavia, Roma "La Sapienza" e Roma Tre. Responsabile nazionale: Prof. R. Santonico. **È stato responsabile delle attività di laboratorio.**
- Cofinanziamento PRIN 2003 approvato dal Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca (MIUR): "Ricerca e sviluppo su rivelatori di radiazione ionizzante a piatti resistivi". Progetto della durata di 24 mesi sullo sviluppo dei rivelatori RPC, in collaborazione con gruppi di ricerca delle università di Bari,

Lecce, Napoli, Pavia, Roma “La Sapienza” e Roma Tre. Responsabile nazionale: Prof. S. Ratti. **È stato responsabile delle attività di laboratorio.**

- Settembre 2010. Contratto di collaborazione della durata di 6 mesi tra il Dipartimento di Fisica dell'Università di Roma "Tor Vergata" e l'industria Areva T&D Italy S.p.A. (succursale italiana della società multinazionale Areva, leader mondiale nella produzione di energia con centrali nucleari) per lo sviluppo del programma di ricerca "Misura della resistività di PET e PTFE". Nell'ambito del suddetto programma di ricerca, Paolo Camarri ha ricoperto il ruolo di **responsabile locale per il Dipartimento di Fisica dell'Università di Roma "Tor Vergata"**. L'attività svolta è stata finanziata da Areva T&D Italy S.p.A.
- Novembre 2011. Contratto di collaborazione della durata di 12 mesi tra il Dipartimento di Fisica dell'Università di Roma "Tor Vergata" e la società ALSTOM GRID S.p.A. - RPV Unit (succursale italiana della società multinazionale ALSTOM, leader mondiale nel trasporto di energia elettrica in corrente alternata e in corrente continua) per lo sviluppo del programma di ricerca "Misura della resistività di materiali solidi". Il candidato, nell'ambito del suddetto programma di ricerca, ha ricoperto il ruolo di **responsabile locale per il Dipartimento di Fisica dell'Università di Roma "Tor Vergata"**. L'attività svolta è stata finanziata da ALSTOM GRID S.p.A.
- Settembre 2014. Contratto di collaborazione triennale con la ditta Bombardier Transportation Italy S.p.A. per lo sviluppo del programma di ricerca “Broken Rail Detector”, finalizzato alla messa a punto di tecniche non invasive di monitoraggio dell'integrità strutturale dei binari sulla rete ferroviaria nazionale. Nell'ambito del suddetto programma di ricerca, ricopre il ruolo di **responsabile locale per il Dipartimento di Fisica dell'Università di Roma "Tor Vergata"**. L'attività viene svolta presso i laboratori INFN di Roma Tor Vergata e presso la centrale operativa ATAC di Roma. L'attività svolta è finanziata da Bombardier Transportation Italy S.p.A.
- Da gennaio 2018 partecipa al progetto TECNOMUSE (svolto da un consorzio di istituzioni di ricerca e di imprese), finanziato dalla Regione Lazio sulla base di un bando competitivo, per la realizzazione di un prototipo di apparato per la tomografia muonica di container presso installazioni portuali. E' responsabile della messa a punto e del test del prototipo presso la ditta General Tecnica di Monte San Giovanni Campano (FR), produttrice dei volumi di gas dei rivelatori RPC per il progetto.

## **Altre attività di “Terza Missione”**

- Aprile 2009: svolgimento di seminari per studenti di scuola superiore presso istituti di Roma e provincia nell'ambito dell'iniziativa “Fisica in Barca 2009” dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare
- Aprile 2011: svolgimento di seminari per studenti di scuola superiore presso istituti di Roma e provincia nell'ambito dell'iniziativa “Fisica in Barca 2011” dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare
- Marzo 2015: organizzazione (in collaborazione con l'INFN e il CERN) dell'evento International MasterClasses 2015 presso la sezione INFN di Roma Tor Vergata, rivolto a studenti selezionati dell'ultimo anno di scuola superiore interessati alla fisica delle alte energie.
- Marzo 2016: organizzazione (in collaborazione con l'INFN e il CERN) dell'evento International MasterClasses 2016 presso la sezione INFN di Roma Tor Vergata, rivolto a studenti selezionati dell'ultimo anno di scuola superiore interessati alla fisica delle alte energie.
- Giugno 2016: svolgimento di lezioni ed esercitazioni di laboratorio per studenti del penultimo anno di scuola superiore nell'ambito dell'iniziativa “Stage Estivo a Tor Vergata 2016 – Rivelatori di particelle per lo studio dei raggi cosmici” organizzata dall'Università degli Studi di Roma “Tor Vergata”
- Febbraio 2017: svolgimento di lezioni ed esercitazioni di laboratorio per studenti del penultimo anno di scuola superiore nell'ambito dell'iniziativa “Stage Invernale a Tor Vergata 2017 – Rivelatori di particelle per lo studio dei raggi cosmici” organizzata dall'Università degli Studi di Roma “Tor Vergata”
- Aprile 2017: organizzazione (in collaborazione con l'INFN e il CERN) dell'evento International MasterClasses 2017 presso la sezione INFN di Roma Tor Vergata, rivolto a studenti selezionati dell'ultimo anno di scuola superiore interessati alla fisica delle alte energie.
- Giugno 2017: svolgimento di lezioni ed esercitazioni di laboratorio per studenti del penultimo anno di scuola superiore in qualità di responsabile e coordinatore dell'iniziativa “Stage Estivo a Tor Vergata 2017

- Rivelatori di particelle per lo studio dei raggi cosmici” organizzata dall’Università degli Studi di Roma “Tor Vergata”
- Febbraio 2018: svolgimento di lezioni ed esercitazioni di laboratorio per studenti del penultimo anno di scuola superiore in qualità di responsabile e coordinatore dell’iniziativa “Stage Invernale a Tor Vergata 2018 – Rivelatori di particelle per lo studio dei raggi cosmici” organizzata dall’Università degli Studi di Roma “Tor Vergata”
- Marzo 2018: organizzazione (in collaborazione con l’INFN e il CERN) dell’evento International MasterClasses 2018 presso la sezione INFN di Roma Tor Vergata, rivolto a studenti selezionati dell’ultimo anno di scuola superiore interessati alla fisica delle alte energie.
- Giugno 2018: svolgimento di lezioni ed esercitazioni di laboratorio per studenti del penultimo anno di scuola superiore in qualità di responsabile e coordinatore dell’iniziativa “Stage Estivo a Tor Vergata 2018 – Rivelatori di particelle per lo studio dei raggi cosmici” organizzata dall’Università degli Studi di Roma “Tor Vergata”
- Febbraio 2019: svolgimento di lezioni ed esercitazioni di laboratorio per studenti del penultimo anno di scuola superiore in qualità di responsabile e coordinatore dell’iniziativa “Stage Invernale a Tor Vergata 2019 – Rivelatori di particelle per lo studio dei raggi cosmici” organizzata dall’Università degli Studi di Roma “Tor Vergata”
- Marzo 2019: organizzazione (in collaborazione con l’INFN e il CERN) dell’evento International MasterClasses 2019 presso la sezione INFN di Roma Tor Vergata, rivolto a studenti selezionati dell’ultimo anno di scuola superiore interessati alla fisica delle alte energie.
- Giugno 2019: svolgimento di lezioni ed esercitazioni di laboratorio per studenti del penultimo anno di scuola superiore in qualità di responsabile e coordinatore dell’iniziativa “Stage Estivo a Tor Vergata 2018 – Rivelatori di particelle per lo studio dei raggi cosmici” organizzata dall’Università degli Studi di Roma “Tor Vergata”

## Altro

- 2014 Organizzatore e chairman del “Workshop in honour of Rinaldo Santonico”, convegno organizzato in occasione del pensionamento del Prof. Rinaldo Santonico (20 febbraio 2014).

# Valeria Di Felice

email: [valeria.difelice@roma2.infn.it](mailto:valeria.difelice@roma2.infn.it)

## Current position

Researcher, National Institute of Nuclear Physics (INFN), Rome

## Areas of specialization

**Physics** • astroparticle, cosmic rays, satellite-borne experiments, low Earth orbit and heliospheric environment, large sample data analysis, advanced data treatment software, simulation.

## Education

2010 Ph.D. in Physics, University of Rome Tor Vergata  
*Low energy electron and positron measurements in space with the PAMELA space experiment*  
Supervisor: Dr. Mirko Boezio , INFN - Trieste, Italy  
url: [http://pamela.roma2.infn.it/dmdocuments/thesis\\_phd\\_difelice.pdf](http://pamela.roma2.infn.it/dmdocuments/thesis_phd_difelice.pdf)

2006 Master in Physics, University of Rome Tor Vergata  
*La missione PAMELA: capacita' osservative dell'apparato e primi risultati*  
Supervisor: Prof. Piergiorgio Picozza, University of Rome Tor Vergata  
*Magna Cum Laude*

## Research Positions

2018 - present Researcher (TI)  
INFN Rome Tor Vergata  
also at ASI Space Science Data Center

2013-2018 Research Fellow  
*Cosmic ray scientist*  
ASI Space Science Data Center and INFN - Rome Tor Vergata

2011-2013 Postdoctoral Research Fellow  
*PAMELA experiment data analysis*  
INFN - Rome Tor Vergata

2011 Postdoctoral Research Fellow  
*Advanced systems for particle time of flight measurement for dark matter signal indirect search with balloon and satellite borne experiments*  
Department of Physics, University of Rome Tor Vergata

2010 Postdoctoral Research Fellow  
*PAMELA experiment data analysis*  
INFN - Rome Tor Vergata

## National Qualifications

- 2018 Winner of a permanent position as Researcher at ASI - Italian Space Agency  
2017 Italian National Scientific Qualification (Abilitazione Scientifica Nazionale) as Full Professor of Experimental Physics of Fundamental Interactions (02/A1 - II fascia)

## Awards & Grants

- 2010 INFN National Bruno Rossi 2010 Prize  
2010 ARAP 2010 Prize  
2006-2009 PhD Candidate, INFN Scholarship  
2007-2008 Tutor Fellowship  
2006 ESA Travel Grant - Beijing, China  
2003 ERASMUS internship at GRAAL experiment - Josph Fourier, Ecole de Physique de Grenoble magistère, Grenoble, France

## Teaching

- 2013-2018 Physics Department, University of Rome Tor Vergata, “*Classical Mechanics and Thermal Physics Laboratory*“  
2007-2008 Physics Department University of Rome Tor Vergata, “*Classical Mechanics and Thermal Physics*“  
2007-2008 Physics Department University of Rome Tor Vergata, “*Informatics*“

## Skills

### TECHNICAL

Programming: C/C++, Shell scripting, Fortran, client MySQL, L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X  
Data analysis tools: CERN ROOT, GEANT3, GEANT4, experience with large data-sets  
Revision control tools: git, CVS  
Operating Systems: Linux, Windows

### LANGUAGE

English (fluent), Italian (native), French (familiar), Russian (basic)

## Conferences & talks

### INVITED TALKS

- Oct 2019 *Particles and antiparticles in the Heliosphere: recent measurements and modeling*  
Light Anti-Nuclei as a Probe for New Physics Workshop - Leiden, The Netherlands  
Dec 2017 *Cosmic ray measurements in the inner heliosphere: PAMELA results*  
Space Science Data Center Seminars - ASI, Rome, Italy  
Sep 2016 *Cosmic ray PAMELA measurements deep inside the heliosphere* - Plenary Session  
XXV ECRS - European Cosmic Ray Symposium, Torino, Italy  
Jul 2016 *Ten years of PAMELA in orbit* - Plenary Session

- Aug 2014 Identification of Dark Matter - IDM2016, Sheffield, UK  
*Solar modulation of electrons and positrons*  
 40th COSPAR Scientific Assembly, Moscow, Russia
- Jul 2012 *Six years of PAMELA in orbit*  
 XIII Marcel Grossman Meeting - MG13, Stockholm, Sweden
- Nov 2010 *Low energy electron and positron measurements in space with the PAMELA experiment*  
 National Scientific Commission 2, Lecce, Italy
- Apr 2010 *PAMELA Results*  
 ISSI Workshop on cosmic rays in the heliosphere II, Bern, Swiss
- Mar 2010 *Latest PAMELA observations: low energy electrons and positrons*  
 Workshop in South Africa: new perspectives on cosmic rays in the heliosphere, Parys, South Africa

#### OTHER CONFERENCES

- Oct 2019 *Cosmic Ray data at the ASI Space Science Data Center*  
 ADASS2019 - Groningen, The Netherlands
- Apr 2018 *The ASI Cosmic Ray Database for charged particles data*  
 EWASS2018 - Liverpool, UK
- Sep 2016 *Solar energetic particle events measured by the PAMELA mission*  
 XXV ECRS - European Cosmic Ray Symposium, Torino, Italy
- Aug 2014 *PAMELA and Voyager 1 electron observations*  
 40th COSPAR Scientific Assembly, Moscow, Russia
- Jul 2012 *PAMELA observations of solar modulation differences in cosmic ray protons, electrons and positrons*  
 39<sup>th</sup> COSPAR Scientific Assembly, Mysore, India
- Oct 2010 *Solar and heliospheric observations with the PAMELA space-borne experiment*  
 ICATTP Conference on Cosmic Rays for Particle and Astroparticle Physics, Como, Italy
- Jul 2009 *Cosmic ray electrons and positrons measured by PAMELA during the A<sup>-</sup> magnetic solar minimum*  
 International Cosmic Ray Conferene, Lodz, Poland
- Jul 2009 *PAMELA and Ulysses observations of  $\sim 2.5$  GV electron and protons during the recent solar minimum*  
 International Cosmic Ray Conferene, Lodz, Poland
- Jul 2008 *The positron fraction at low energy with the PAMELA space experiment and solar modulation effects*  
 37<sup>th</sup> COSPAR Scientific Assembly, Montreal, Canada
- Jun 2008 *PAMELA results: low energy electrons and positrons*  
 2D IDAPP07 Meeting, Ferrara, Italy
- Jun 2007 ISAPP07 School on Astro-Particle Physics, Seillac, France
- Jul 2006 *Measurement of solar cosmic rays at 1 AU with the PAMELA experiment*  
 36<sup>th</sup> COSPAR Scientific Assembly, Beijing, China
- Jul 2006 *PAMELA observational capabilities of Jovian electrons*  
 36<sup>th</sup> COSPAR Scientific Assembly, Beijing, China

## Other activities

#### REFEREE

Advances in Space Research  
 PhD thesis in Physics (North-West University, Potchefstroom, SA)

## COURSES

Jun 2017	Cosmic Ray Physics in Space, International School of Space Science, L'Aquila, Italy
May 2017	INFN School of Statistics 2017, Ischia, Italy
Mar 2009	Searching for Dark Matter, Ecole de Physique des Houches, France
Giu 2007	ISAPP07 School on Astro-Particle Physics, Seillac, France

## MASTER THESIS SUPERVISOR

2013	<i>Studio dei flussi di protoni ed elio con l'esperimento PAMELA durante gli eventi solari del 7 Marzo e del 17 Maggio 2012</i> , A. Sotgiu, University of Rome 'Tor Vergata'
2011	<i>Gradienti spaziali dei raggi cosmici nell'Eliosfera: misure congiunte degli esperimenti PAMELA ed Ulysses</i> , M. Martucci, University of Rome 'Tor Vergata'

## Research Activity & Publications

I currently hold a permanent position as researcher at the National Institute of Nuclear Physics in Rome Tor Vergata, also working at the Italian Space Agency Space Science Data Center (SSDC). I am involved in data analysis for cosmic ray measurements performed by instruments in space. Focus of my research is on particle and antiparticle detection and cosmic ray measurements inside the heliosphere.

I gained most of my experience in the framework of the PAMELA International Collaboration led by Prof. Piergiorgio Picozza at the University of Rome Tor Vergata. In 2018, I joined the AMS Collaboration, to perform measurements of cosmic ray intensities with data collected by the AMS-02 magnetic spectrometer on board of the International Space Station.

PAMELA  
Mission

The PAMELA satellite-borne experiment exploits particle physics detection techniques applied to space, to perform precise measurements of cosmic rays. The instrument is optimized to detect the antiparticle component of cosmic rays over a wide energy range and with an unprecedented precision. The main aim of the mission is to search for primordial antimatter and indirect dark matter signals. Furthermore, the instrument characteristics allow the study of charged particle acceleration and propagation in the interstellar space, of their interaction with the solar and Earth magnetospheres and of solar particle events. PAMELA was launched on June 15th 2006 being for years the leading instrument for the cosmic ray charged particle detection in space. The main mission results about positrons and antiprotons have been published, respectively, on *Nature* and *Physical Review Letters*[1, 2, 3], prompting an abundant production of works regarding cosmic rays and the dark matter nature investigation. Results about protons are also of great relevance[4], showing unexpected spectral features. The whole set of PAMELA scientific results until 2014 has been published on *Physics Reports* and *La Rivista del Nuovo Cimento*[5, 6].

During the years, I have been actively and continuously taking part to the various phases of the mission, mainly studying the low energy range, where the solar activity effects are evident.

During my PhD activity I was involved in the PAMELA in-flight instrument calibration and data analysis. After the launch I spent several weeks shift-working at NTsOMZ, Moscow, the ground segment for the data downlink from the satellite, to monitor the performance of the apparatus during the early stages. At the same time, I developed the tools to be used for the Time of Flight system calibration and I started the investigation of the non primary component of cosmic rays, detecting particles below the so-called geomagnetic cutoff.

Cosmic rays  
and  
heliosphere

In particular, my PhD research activity was focused on the identification of low energy electrons and positrons (less than  $\sim$  tens on GeV) and on the accurate determination of the positron ratio and of the electron differential flux. My thesis, "*Low energy electron and positron measurements in space with the PAMELA space experiment*", awarded the National Bruno Rossi 2010 Prize and the ARAP 2010 Prize. I analyzed about 6 TB of flight data, mainly constituted by protons and other nuclei events, looking for  $\sim$  1% of electrons and  $\sim$  0.1% of positrons. In particular, I worked to de-

fine the selections for leptons, dealing with background rejection issues, and I applied a statistical approach to estimate the instrumental efficiencies, contamination and systematic uncertainties by combining in-flight and simulated data. I developed most part of the corresponding analysis software, optimizing it in the energy range of interest. This work has partially flown into the Nature and other publications[1, 7].

The PAMELA low energy electron and positron data, collected between June 2006 and December 2009, represent the most accurate measurements performed during a period of negative magnetic polarity and minimum solar activity. The electron spectrum clearly shows the solar modulation effect, due to charged particle interaction with the heliospheric magnetic field, that modifies the flux intensity below  $\sim 10$  GeV respect to the local interstellar one[8]; the positron data confirm the charge-dependent effect in the solar modulation of cosmic rays. The most recent development of such work lead to publish on ApJ and PRL[9, 10].

After my PhD I also participated in the proton absolute differential flux measurement[4] and in the determination of its variation in time, being one of the main responsible of the preparation of the related article[11]. Experimentally, the analysis presented different challenges due to the high collected statistics, to the necessity of a more accurate estimate of the systematics associated to the measure, and of a different treatment of the simulation data-base. I contributed to all the analysis issues, in particular being in charge of the definition of the algorithm to be used to handle correlations among various detector parts.

International  
Collaborations

The unprecedented precision International of the data I worked on engendered interest in the solar and cosmic ray community and several international collaborations are maintained. In particular, the solar modulation topic has been developed in collaboration with the theoretical group of Prof. M. Potgieter, at the North-West University in Potchefstroom (South Africa). Over the last years, I was invited to spend several weeks there, working on the common research subject. The PAMELA data are used for a fine tuning of the models which describe the propagation of charged particles in the heliosphere[12, 13].

I also worked on a combined measurement, realized together with the Ulysses group at the Christian-Albrechts-Universitat in Kiel (Germany), comparing the proton data collected by PAMELA and Ulysses, an ESA-NASA deep-space mission that explored the region of space above the solar poles. The comparison has led to the estimation of the latitudinal and radial gradients for protons in the inner heliosphere.

AMS-02  
Mission

The Alpha Magnetic Spectrometer (AMS-02) is a large acceptance magnetic spectrometer conceived to search, in low earth orbit, for primordial anti-matter, anti-matter produced in dark matter annihilations, also detecting anti-matter of secondary origin. Moreover, thanks to its large acceptance and long exposure time, it performs precise measurements of the composition and the energy spectrum of the cosmic radiation in space in the GeV-TeV energy range. The experiment has been successfully installed on board the International Space Station on May 19th, 2011, and is steadily taking data since then, gathering  $\sim 10^{10}$  events per year.

I initially contributed to the analysis of the differential electron flux [14] in a wide energy range. More recently, I focused on the study of the cosmic ray light nuclei component (He, B, C, O), establishing a group of four, researchers and post-docs, working in INFN Rome Tor Vergata and SSDC. This analysis is used in the framework of the AMS international collaboration for papers that are currently in preparation. I also regularly take part to shifts at CERN, performing activities related to the instrument data taking and monitoring in orbit.

CALET  
Mission

After joining the CALET[15, 16] space mission Collaboration in 2011, I was involved in all the activities that preceded its launch on the International Space Station. I actively participated to three beam tests at the CERN Super Proton Synchrotron facility, where I also learned the software for the beam tuning and was co-responsible of its monitoring during the shifts. Moreover, I contributed to the data analysis, being responsible of assessing and correcting for effects related to the electronic read-out, and was involved in the calibration of the tungsten-scintillating fibres calorimeter and in the preliminary studies for the electron-proton discrimination.

International  
Conferences

I regularly attend the main international **meetings and conferences** in the fields of cosmic ray, dark matter and heliospheric physics, presenting recent results as well as giving general talks.

ASI  
Space Science  
Data Center

I am responsible for the PAMELA and AMS data, as well as the cosmic ray physics team, at the ASI Space Science Space Science Data Center Data Center, a facility of the Italian Space Agency supporting scientific missions for the observation of the Universe. I actively took part in conceiving and developing the public archive for cosmic ray data at SSDC, in close collaboration with the Telespazio company. The database is accessible through a web interface <https://tools.asdc.asi.it/CosmicRays/>. I also support users from the scientific community with my expertise. Moreover, I am responsible of a new software tool, currently under development, aiming to provide the scientific community with low level information about the radiation environment near Earth, exploiting several existent space missions data sets. I am also involved in outreach activities, with talks to the general public and annual scientific exhibitions. The multi-mission and interdisciplinary environment provided by SSDC promotes discussions and combined studies, allowing me to keep developing new expertise on cosmic ray physics and space missions.

Publications

I am co-author of about 100 publications on peer-reviewed journals and conference proceedings.

Roma, 15/10/2019  
Date

Valeria Di Felice  
Signature

LIST OF SELECTED PEER-REVIEWED PUBLICATIONS

- [1] O. Adriani et al. An anomalous positron abundance in cosmic rays with energies 1.5–100 gev. *Nature*, 458:607–, April 2009.
- [2] O. Adriani et al. Cosmic-ray positron energy spectrum measured by pameLA. *Phys. Rev. Lett.*, 111:081102, Aug 2013.
- [3] O. Adriani et al. Pamela results on the cosmic-ray antiproton flux from 60 mev to 180 gev in kinetic energy. *Phys. Rev. Lett.*, 105:121101, Sep 2010.
- [4] O. Adriani et al. Pamela measurements of cosmic-ray proton and helium spectra. *Science*, 332(6025):69–72, 2011.
- [5] O. Adriani et al. The PAMELA Mission: Heralding a new era in precision cosmic ray physics. *Physics Reports*, 544(4):323–370, November 2014.
- [6] O. Adriani et al. Ten years of pameLA in space. *Nuovo Cimento*, pages 473–522, 2017.
- [7] O. Adriani et al. Cosmic-ray electron flux measured by the pameLA experiment between 1 and 625 gev. *Phys. Rev. Lett.*, 106:201101, May 2011.
- [8] O. Adriani et al. Time Dependence of the  $e^-$  Flux Measured by PAMELA during the July 2006–December 2009 Solar Minimum. *The Astrophysical Journal*, 810:142, 2015.
- [9] V. Di Felice, R. Munini, E. E. Vos, and M. S. Potgieter. New evidence for charge-sign-dependent modulation during the solar minimum of 2006 to 2009. *The Astrophysical Journal*, 834(1):89, Jan 2017.
- [10] O. Adriani et al. Time dependence of the electron and positron components of the cosmic radiation measured by the pameLA experiment between July 2006 and December 2015. *Phys. Rev. Lett.*, 116:241105, Jun 2016.
- [11] O. Adriani et al. Time dependence of the proton flux measured by pameLA during the July 2006 - December 2009 solar minimum. *The Astrophysical Journal*, 765(2):91, 2013.
- [12] M. S. Potgieter, E. E. Vos, R. Munini, M. Boezio, and V. Di Felice. Modulation of Galactic Electrons in the Heliosphere during the Unusual Solar Minimum of 2006–2009: A Modeling Approach. *The Astrophysical Journal*, 810(2):141, 2015.
- [13] M. S. Potgieter, E. E. Vos, M. Boezio, N. De Simone, V. Di Felice, and V. Formato. Modulation of galactic protons in the heliosphere during the unusual solar minimum of 2006 to 2009. *Solar Physics*, 289(1):391–406, 2014.
- [14] M. Aguilar et al. Towards Understanding the Origin of Cosmic-Ray Electrons. *Phys. Rev. Lett.*, 122(10):101101, 2019.
- [15] O. Adriani et al. Extended measurement of the cosmic-ray electron and positron spectrum from 11 gev to 4.8 tev with the calorimetric electron telescope on the international space station. *Phys. Rev. Lett.*, 120:261102, Jun 2018.
- [16] O. Adriani et al. Energy spectrum of cosmic-ray electron and positron from 10 gev to 3 tev observed with the calorimetric electron telescope on the international space station. *Phys. Rev. Lett.*, 119:181101, Nov 2017.

- [17] Di Felice V. et al. Solar modulation of galactic hydrogen and helium over the 23rd solar minimum with the pamela experiment. In *International Cosmic Ray Conference Proceedings*, 2013.
- [18] O. Adriani et al. The discovery of geomagnetically trapped cosmic-ray antiprotons. *The Astrophysical Journal*, 737(2):L29, jul 2011.

# Curriculum Vitae ac Studiorum

Nazario Tantalo

- **personal information**

<b>Name:</b>	Nazario Tantalo
<b>Date of Birth:</b>	14-01-1978
<b>Nationality:</b>	Italian
<b>Address:</b>	Via Arezzo 30, 00161 Roma
<b>Telephone:</b>	+39 06 44245651
<b>Mobile:</b>	+39 347 0083158
<b>e-mail:</b>	nazario.tantalo@roma2.infn.it

## SCIENTIFIC ACTIVITY

---

My research activity has been mostly focused on the study of the non-perturbative dynamics and phenomenology of strong interacting particles. I have also worked on Biological systems of medical relevance. In particular, I have given relevant contributions to:

- the study of the chiral regime of Quantum Chromo Dynamics (QCD) by performing, for the first time, numerical simulations of the two dynamical flavour formulation of the theory in physical volumes. These results have been obtained in collaboration with the CERN group.
- the understanding of the aggregation mechanism of amyloid fibrils, complex biological structures formed by some proteins. In collaboration with the ETH group, we have obtained important quantitative results for the protein  $A\beta$  responsible for the neuro-degenerative Alzheimer's disease.
- the solution of the problem of the discretization of spatial momenta on a finite volume. Our group at Tor Vergata has proposed a method to solve this problem that is now widely used within the lattice community in order to obtain theoretical predictions of high phenomenological relevance.
- the non-perturbative study of heavy-flavour physics. In collaboration with the DESY group, we have developed efficient strategies to approach the difficult problem of  $b$ -physics on the lattice and obtained important results such as the theoretical calculation of the  $B \mapsto D^{(*)} \ell \nu$  decay rates as a function of the momentum transfer.
- the study of electromagnetic (QED) corrections to hadronic processes. Recently, I have given fundamental contributions in this field.

In a collaboration among the three Universities of Rome, the RM123 collaboration, we have devised an efficient method to calculate QED radiative corrections to QCD processes. We have used this method to calculate the mass splitting of charged hadrons and, for the first time, the decay rates  $K \mapsto \ell \nu(\gamma)$  and  $\pi \mapsto \ell \nu(\gamma)$ . These decay rates are crucial inputs for the extraction of the CKM matrix elements of the first row and QED radiative corrections must be taken into account to match the experimental precision.

In a collaboration with the CERN group, we have solved the long-standing problem of the definition of a charged state on a finite volume within the framework of local quantum field theory. On the basis of these theoretical results, I have recently founded a new international collaboration, the RC\* collaboration. Within the RC\* collaboration we have developed a state-of-the-art software package to perform QCD+QED simulations and made it publicly available to the scientific community (see <https://gitlab.com/rcstar/openQxD>).

I have been awarded of a Scientific Associate fellowship from CERN and visited for short periods many institutions, e.g. DESY, ETH, ORSAY, and several Universities in Europe. I have been a member of organizing committees of workshops and international conferences, such as LATTICE2010, and referee for important journals, such as JHEP, Physics Letters B, Nuclear Physics B and Science. My scientific papers currently have more than 2200 citations with an  $h$ -index of 23 (Google Scholar).

I have been a member of the scientific board of the project “Problemi Interdisciplinari riconducibili a Simulazioni Numeriche su Larga Scala” of the “Museo Storico della Fisica e Centro Studi e Ricerche E. Fermi”. Within this project, led by Prof. R. Petronzio, I have directed a large computing center with several super-computers. Many research groups from international institutions have used these resources to perform state-of-the-art numerical simulations in research fields ranging from particle physics to biological and medical science. For example, the website Madgraph that allows to perform Monte Carlo calculations of hadronic cross-sections for LHC physics has been developed by the authors within this initiative and it has been running for five years on the E. Fermi PC clusters.

I’m a member of the LQCD123 INFN initiative and I have been a member of the APE collaboration and of the INFN committee for super-computing resources in theoretical physics. I have also been a member of the INFN committee for the Fubini prize.

The computational and theoretical physics group of Tor Vergata has recently obtained an Horizon2020 Grant for an European Joint Doctorate called STIMULATE. The institutions participating to the STIMULATE international training network are the Humboldt-Universitaet zu Berlin, the Bergische Universitaet of Wuppertal, the University of Cyprus, the Cyprus Institute, the University of Ferrara, the Rheinisch-Westfaelische Technische Hochschule of Aachen, the Hebrew University of Jerusalem and the University of Rome Tor Vergata. I’m a member of this project.

I’m the PI of the project PLNUGAMMA recently funded by the University fo Rome Tor Vergata to perform the first non-perturbative calculation of the QED radiative corrections real-photon-emission contributions to the leptonic decay rates of light and heavy-light pseudoscalar mesons.

## POSITIONS

---

- → **Associate Professor in Theoretical Physics**  
Abilitation for the position of Full Professor (2019-2025)  
University of Rome Tor Vergata  
Via O. Raimondi 18, 00173 Rome (Rome) Italy
- **October 2017**
- **October 2017** **Research Staff, Permanent**  
University of Rome Tor Vergata  
Via O. Raimondi 18, 00173 Rome (Rome) Italy
- **November 2010**

- March 2015
- March 2014

**Scientific Associate**  
 CERN Physics Department  
 1211 Geneva 23, Switzerland

- November 2010
- December 2007

**Research Staff, Non-Permanent**  
 Istituto Nazionale di Fisica Nucleare I.N.F.N.  
 Via E. Fermi 40, 00044 Frascati (Rome) Italy

- April 2007
- May 2005

**Research Fellow**  
 Istituto Nazionale di Fisica Nucleare I.N.F.N.  
 Via E. Fermi 40, 00044 Frascati (Rome) Italy

- November 2010
- March 2004

**Scientific Collaborator**  
 Museo Storico della Fisica e Centro Ricerche “E. Fermi”  
 Compendio Viminale, 00184 (Rome) Italy

- October 2001
- June 2001

**Scientific Collaborator**  
 Università degli Studi di Roma “La Sapienza”  
 Piazzale A. Moro 5, 00185 (Rome) Italy

## TEACHING

---

- →
- 2019

*Quantum Field Theory and Particle Physics*  
 University of Rome Tor Vergata  
 course for undergraduate and Ph.D students

- →
- 2011

*Complements: Relativistic Quantum Mechanics*  
 University of Rome Tor Vergata  
 main course: *Relativistic Quantum Mechanics*, Prof. A. Salvio  
 course for undergraduate students

- 2018
- 2016

*Phenomenology of the Elementary Particles*  
 University of Rome Tor Vergata  
 course for undergraduate and Ph.D students

- 2018
- 2017

*Classical Field Theory*  
 University of Rome Tor Vergata  
 course for undergraduate students

- 2018
- 2015

*Complements: Quantum Field Theory and Particle Physics*  
 University of Rome Tor Vergata  
 main course: *Quantum Field Theory and Particle Physics*, Prof. M. Bianchi  
 course for undergraduate and Ph.D. students

- 2014
- 2011

*Lattice Gauge Theories*  
 University of Rome Tor Vergata  
 course for undergraduate and Ph.D. students

- 2012
- 2004

*Complements: Quantum Field Theory and Particle Physics*  
 University of Rome Tor Vergata  
 main course: *Quantum Field Theory and Particle Physics*, Prof. R. Petronzio  
 course for undergraduate and Ph.D. students

- 2002

*Complements: Classical Mechanics*  
 University of Rome Tor Vergata  
 main course: *Classical Mechanics*, Prof. G.C. Rossi  
 course for undergraduate students

## EDUCATION

---

- 11-10-2005

Ph.D. in Physics  
 University of Rome Tor Vergata  
 Advisor: Prof. Roberto Petronzio

- 25-05-2001

Master Degree in Physics  
 Università degli Studi di Roma "La Sapienza"  
 Advisor: Prof. Nicola Cabibbo

## CONFERENCES

---

Over the years I had to opportunity to give talks at several conferences and workshops. Here I list some of the invited and plenary talks:

- 2018

Talk:  $|V_{us}/V_{ud}|$  from  $K_{\mu 2}/K_{\pi 2}$ .  
 10th International Workshop on the CKM Unitarity Triangle (CKM 2018), Heidelberg, Germany.

- 2017

Organization of the International Symposium in honour of R. Petronzio.  
 Monte Porzio Catone, Italy.



- [3] M. Guagnelli, R. Petronzio and N. Tantalo, “The Lattice scale at large beta in quenched QCD,” *Phys. Lett. B* **548** (2002) 58 [hep-lat/0209112].
- [4] G. M. de Divitiis, M. Guagnelli, R. Petronzio, N. Tantalo and F. Palombi, “Heavy quark masses in the continuum limit of quenched lattice QCD,” *Nucl. Phys. B* **675** (2003) 309 [hep-lat/0305018].
- [5] G. M. de Divitiis, M. Guagnelli, F. Palombi, R. Petronzio and N. Tantalo, “Heavy light decay constants in the continuum limit of quenched lattice QCD,” *Nucl. Phys. B* **672** (2003) 372 [hep-lat/0307005].
- [6] G. M. de Divitiis, R. Petronzio and N. Tantalo, “On the discretization of physical momenta in lattice QCD,” *Phys. Lett. B* **595** (2004) 408 [hep-lat/0405002].
- [7] L. Del Debbio, L. Giusti, M. Luscher, R. Petronzio and N. Tantalo, “Stability of lattice QCD simulations and the thermodynamic limit,” *JHEP* **0602** (2006) 011 [hep-lat/0512021].
- [8] U.F. Röhrig, A. Laio, N. Tantalo, M. Parrinello and R. Petronzio, “Stability and structure of oligomers of the Alzheimer peptide  $A\beta_{16-22}$ : from dimer to the 32-mer,” *BIOPHYSJ* **91**:3217 (2006)
- [9] L. Del Debbio, L. Giusti, M. Luscher, R. Petronzio and N. Tantalo, “QCD with light Wilson quarks on fine lattices (I): First experiences and physics results,” *JHEP* **0702** (2007) 056 [hep-lat/0610059].
- [10] L. Del Debbio, L. Giusti, M. Luscher, R. Petronzio and N. Tantalo, “QCD with light Wilson quarks on fine lattices. II. DD-HMC simulations and data analysis,” *JHEP* **0702** (2007) 082 [hep-lat/0701009].
- [11] G. M. de Divitiis, E. Molinaro, R. Petronzio and N. Tantalo, “Quenched lattice calculation of the  $B \mapsto D\ell\nu$  decay rate,” *Phys. Lett. B* **655** (2007) 45 [arXiv:0707.0582 [hep-lat]].
- [12] G. M. de Divitiis, R. Petronzio and N. Tantalo, “Quenched lattice calculation of semileptonic heavy-light meson form factors,” *JHEP* **0710** (2007) 062 [arXiv:0707.0587 [hep-lat]].
- [13] D. Guazzini, R. Sommer and N. Tantalo, “Precision for B-meson matrix elements,” *JHEP* **0801** (2008) 076 [arXiv:0710.2229 [hep-lat]].
- [14] G. M. de Divitiis, R. Petronzio and N. Tantalo, “Quenched lattice calculation of the vector channel  $B \mapsto D^*\ell\nu$  decay rate,” *Nucl. Phys. B* **807** (2009) 373 [arXiv:0807.2944 [hep-lat]].
- [15] M. Antonelli, D. M. Asner, D. A. Bauer, T. G. Becher, M. Beneke, A. J. Bevan, M. Blanke and C. Bloise *et al.*, “Flavor Physics in the Quark Sector,” *Phys. Rept.* **494** (2010) 197 [arXiv:0907.5386 [hep-ph]].
- [16] P. Fritzsch, J. Heitger and N. Tantalo, “Non-perturbative improvement of quark mass renormalization in two-flavour lattice QCD,” *JHEP* **1008** (2010) 074 [arXiv:1004.3978 [hep-lat]].
- [17] N. Tantalo, “Computer simulations of the theory of strong interactions,” *Nuovo Cim. C* **32N2** (2009) 267.
- [18] G. M. de Divitiis, R. Petronzio and N. Tantalo, “Distance preconditioning for lattice Dirac operators,” *Phys. Lett. B* **692** (2010) 157 [arXiv:1006.4028 [hep-lat]].
- [19] G. M. de Divitiis, P. Dimopoulos, R. Frezzotti, V. Lubicz, G. Martinelli, R. Petronzio, G. C. Rossi and F. Sanfilippo *et al.*, “Isospin breaking effects due to the up-down mass difference in Lattice QCD,” *JHEP* **1204** (2012) 124 [arXiv:1110.6294 [hep-lat]].
- [20] B. Blossier *et al.* [ALPHA Collaboration], “Parameters of Heavy Quark Effective Theory from  $N_f=2$  lattice QCD,” *JHEP* **1209** (2012) 132 [arXiv:1203.6516 [hep-lat]].
- [21] G. M. de Divitiis, R. Petronzio and N. Tantalo, “On the extraction of zero momentum form factors on the lattice,” *Phys. Lett. B* **718** (2012) 589 [arXiv:1208.5914 [hep-lat]].
- [22] G. M. de Divitiis, R. Frezzotti, V. Lubicz, G. Martinelli, R. Petronzio, G. C. Rossi, F. Sanfilippo and S. Simula *et al.*, “Leading isospin breaking effects on the lattice,” *Phys. Rev. D* **87** (2013) 114505 [arXiv:1303.4896 [hep-lat]].
- [23] A. Esposito, M. Papinutto, A. Pilloni, A. D. Polosa and N. Tantalo, “Doubly Charmed Tetraquarks in  $B_c$  and  $\Xi_{bc}$  Decays,” *Phys. Rev. D* **88** (2013) 054029 [arXiv:1307.2873 [hep-ph]].

- [24] N. Carrasco, V. Lubicz, G. Martinelli, C. T. Sachrajda, N. Tantalo, C. Tarantino and M. Testa, “QED Corrections to Hadronic Processes in Lattice QCD,” *Phys. Rev. D* **91** (2015) no.7, 074506 doi:10.1103/PhysRevD.91.074506 [arXiv:1502.00257 [hep-lat]].
- [25] A. Andreazza *et al.*, “What Next: White Paper of the INFN-CSN1,” *Frascati Phys. Ser.* **60** (2015) 1.
- [26] B. Lucini, A. Patella, A. Ramos and N. Tantalo, “Charged hadrons in local finite-volume QED+QCD with  $C^*$  boundary conditions,” *JHEP* **1602** (2016) 076 doi:10.1007/JHEP02(2016)076 [arXiv:1509.01636 [hep-th]].
- [27] V. Lubicz, G. Martinelli, C. T. Sachrajda, F. Sanfilippo, S. Simula and N. Tantalo, “Finite-Volume QED Corrections to Decay Amplitudes in Lattice QCD,” *Phys. Rev. D* **95** (2017) no.3, 034504 doi:10.1103/PhysRevD.95.034504 [arXiv:1611.08497 [hep-lat]].
- [28] D. Giusti, V. Lubicz, G. Martinelli, S. Sanfilippo, S. Simula, N. Tantalo and C. Tarantino, “Leading isospin-breaking corrections to pion, kaon and charmed-meson masses with Twisted-Mass fermions,” *Phys. Rev. D* **95** (2017) no.11, 114504 doi:10.1103/PhysRevD.95.114504 [arXiv:1704.06561 [hep-lat]].
- [29] D. Giusti, V. Lubicz, G. Martinelli, C. T. Sachrajda, F. Sanfilippo, S. Simula, N. Tantalo and C. Tarantino, *Phys. Rev. Lett.* **120** (2018) no.7, 072001 doi:10.1103/PhysRevLett.120.072001 [arXiv:1711.06537 [hep-lat]].
- [30] M. Hansen, B. Lucini, A. Patella and N. Tantalo, *JHEP* **1805** (2018) 146 doi:10.1007/JHEP05(2018)146 [arXiv:1802.05474 [hep-lat]].
- [31] M. Hansen, A. Lupo and N. Tantalo, *Phys. Rev. D* **99** (2019) no.9, 094508 doi:10.1103/PhysRevD.99.094508 [arXiv:1903.06476 [hep-lat]].
- [32] M. Di Carlo, D. Giusti, V. Lubicz, G. Martinelli, C. T. Sachrajda, F. Sanfilippo, S. Simula and N. Tantalo, *Phys. Rev. D* **100** (2019) no.3, 034514 doi:10.1103/PhysRevD.100.034514 [arXiv:1904.08731 [hep-lat]].
- [33] I. Campos *et al.* [RC\* Collaboration], “openQ\*D code: a versatile tool for QCD+QED simulations,” arXiv:1908.11673 [hep-lat]. Submitted to EPJC.

## CONFERENCE PROCEEDINGS

---

- [34] L. Giusti, M. L. Paciello, S. Petrarca, B. Taglienti and N. Tantalo, “Quark and gluon propagators in covariant gauges,” *Nucl. Phys. Proc. Suppl.* **106** (2002) 995 [hep-lat/0110040].
- [35] L. Giusti, S. Petrarca, B. Taglienti and N. Tantalo, “Numerical exploration of the RI / MOM scheme gauge dependence,” *Nucl. Phys. Proc. Suppl.* **119** (2003) 962 [hep-lat/0209102].
- [36] M. Guagnelli, F. Palombi, R. Petronzio and N. Tantalo, “ $f(B)$  from finite size effects in lattice QCD,” *Nucl. Phys. Proc. Suppl.* **119** (2003) 616 [hep-lat/0209113].
- [37] N. Tantalo, “Heavy quark masses from finite volume effects,” *Nucl. Phys. Proc. Suppl.* **129** (2004) 361 [hep-lat/0310008].
- [38] N. Tantalo, “Remarks on the discretization of physical momenta in lattice QCD,” *Nucl. Phys. Proc. Suppl.* **140** (2005) 332 [hep-lat/0409037].
- [39] R. Ammendola, R. Petronzio, D. Rossetti, A. Salamon, N. Tantalo and P. Vicini, “Status of the APENet project,” *PoS LAT 2005* (2006) 100 [hep-lat/0509130].
- [40] D. Guazzini, R. Sommer and N. Tantalo, “ $m(b)$  and  $f(B)(s)$  from a combination of HQET and QCD,” *PoS LAT 2006* (2006) 084 [hep-lat/0609065].
- [41] N. Tantalo, “Lattice calculations for B and K mixing,” hep-ph/0703241 [HEP-PH].

- [42] N. Tantalo, “Semileptonic decays of heavy-light pseudoscalar mesons,” PoS LAT **2007** (2007) 373 [arXiv:0710.0729 [hep-lat]].
- [43] R. Ammendola, A. Biagioni, S. De Luca, F. Lo Cicero, A. Lonardo, P. Paolucci, M. Perra and D. Rossetti *et al.*, “Computing for Lattice QCD: New developments from the APE experiment,” Nuovo Cim. B **123** (2008) 964.
- [44] N. Tantalo, “Heavy-light meson’s physics in Lattice QCD,” arXiv:0810.3624 [hep-ph].
- [45] G. von Hippel, R. Sommer, J. Heitger, S. Schaefer and N. Tantalo, “D(s) physics from fine lattices,” PoS LATTICE **2008** (2008) 227 [arXiv:0810.0214 [hep-lat]].
- [46] R. Ammendola, A. Biagioni, O. Frezza, F. Lo Cicero, A. Lonardo, P. Paolucci, R. Petronzio and D. Rossetti *et al.*, “APEnet+: a 3D toroidal network enabling Petaflops scale Lattice QCD simulations on commodity clusters,” PoS LATTICE **2010** (2010) 022 [arXiv:1012.0253 [hep-lat]].
- [47] F. Sanfilippo, G. M. de Divitiis, R. Frezzotti, R. Petronzio, G. C. Rossi, N. Tantalo, P. Dimopoulos and V. Lubicz *et al.*, “Lattice QCD calculation of isospin breaking effects due to the up-down mass difference,” PoS LATTICE **2011** (2011) 290.
- [48] N. Tantalo, “Lattice flavour physics,” PoS EPS **-HEP2011** (2011) 179.
- [49] G. M. de Divitiis, P. Dimopoulos, R. Frezzotti, V. Lubicz, G. Martinelli, R. Petronzio, G. C. Rossi and F. Sanfilippo *et al.*, “Lattice QCD calculation of strong isospin breaking effects,” arXiv:1202.5222 [hep-lat].
- [50] N. Tantalo, “Lattice calculation of isospin corrections to K12 and K13 decays,” arXiv:1301.2881 [hep-lat].
- [51] N. Tantalo, “Isospin Breaking Effects on the Lattice,” arXiv:1311.2797 [hep-lat].
- [52] M. Papinutto, F. Piccinini, A. Pilloni, A. D. Polosa and N. Tantalo, “A Tentative Description of  $Z_{c,b}$  States in Terms of Metastable Feshbach Resonances,” arXiv:1311.7374 [hep-ph].
- [53] A. L. Guerrieri, M. Papinutto, A. Pilloni, A. D. Polosa and N. Tantalo, “Flavored tetraquark spectroscopy,” PoS LATTICE **2014** (2015) 106 [arXiv:1411.2247 [hep-lat]].
- [54] V. Lubicz, N. Carrasco, G. Martinelli, C. Sachrajda, N. Tantalo, C. Tarantino and M. Testa, “QED corrections to hadronic processes: a strategy for lattice QCD,” PoS CD **15** (2016) 023.
- [55] V. Lubicz, G. Martinelli, C. T. Sachrajda, F. Sanfilippo, S. Simula, N. Tantalo and C. Tarantino, “Electromagnetic corrections to the leptonic decay rates of charged pseudoscalar mesons: lattice results,” PoS LATTICE **2016** (2016) 290 [arXiv:1610.09668 [hep-lat]].
- [56] N. Tantalo, V. Lubicz, G. Martinelli, C. T. Sachrajda, F. Sanfilippo and S. Simula, “Electromagnetic corrections to leptonic decay rates of charged pseudoscalar mesons: finite-volume effects,” arXiv:1612.00199 [hep-lat].
- [57] R. Frezzotti, G. Rossi and N. Tantalo, “Sea quark QED effects and twisted mass fermions,” PoS LATTICE **2016** (2016) 320 [arXiv:1612.02265 [hep-lat]].
- [58] V. Lubicz, G. Martinelli, C. T. Sachrajda, F. Sanfilippo, S. Simula and N. Tantalo, “Electromagnetic Corrections to Hadronic Decays from Lattice QCD,” J. Phys. Conf. Ser. **800** (2017) no.1, 012005. doi:10.1088/1742-6596/800/1/012005
- [59] D. Giusti, V. Lubicz, G. Martinelli, C. Sachrajda, F. Sanfilippo, S. Simula and N. Tantalo, PoS LATTICE **2018** (2019) 266 doi:10.22323/1.334.0266 [arXiv:1811.06364 [hep-lat]].
- [60] I. Campos, P. Fritzsche, M. Hansen, M. K. Marinkovi?, A. Patella, A. Ramos and N. Tantalo, EPJ Web Conf. **175** (2018) 09005 doi:10.1051/epjconf/201817509005 [arXiv:1710.08839 [hep-lat]].
- [61] M. Hansen, B. Lucini, A. Patella and N. Tantalo, EPJ Web Conf. **175** (2018) 09001 doi:10.1051/epjconf/201817509001 [arXiv:1710.08838 [hep-lat]].
- [62] D. Giusti, V. Lubicz, G. Martinelli, F. Sanfilippo, S. Simula, N. Tantalo and C. Tarantino, EPJ Web Conf. **175** (2018) 06002 doi:10.1051/epjconf/201817506002 [arXiv:1710.06633 [hep-lat]].
- [63] G. M. de Divitiis *et al.*, “Real photon emissions in leptonic decays,” arXiv:1908.10160 [hep-lat].

## CURRICULUM di ALESSIA SATTA

### Curriculum vitae et studiorum

Sono nata a Roma il 22 Aprile 1971.

Mi sono laureata con lode in Fisica presso l'Università degli Studi di Roma "La Sapienza" il 17 luglio 1997 discutendo la tesi dal titolo: *Produzione di mesoni  $D_s$  in interazioni di neutrini in emulsione e loro identificazione attraverso la catena di decadimento  $D_s \rightarrow \tau \nu_\tau$  e  $\tau \rightarrow \mu \nu_\mu \bar{\nu}_\tau$* . I relatori erano il Prof. Ubaldo Dore e la Dott.ssa Roberta Santacesaria.

Ho conseguito il titolo di di dottore di ricerca in Fisica presso l'Università "La Sapienza" nel gennaio 2001 con il giudizio "ottimo" discutendo la tesi dal titolo "Analysis of the  $\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau$  oscillation search in the CHORUS experiment". I relatori erano il Prof. Ubaldo Dore e la Dott.ssa Roberta Santacesaria.

Da aprile 2001 a marzo 2003 ho avuto un assegno di ricerca biennale presso il dipartimento di Fisica dell'Università La Sapienza, cofinanziato dall' Università La Sapienza e dall' INFN. Il titolo dell'assegno era "Studio della violazione di CP nell'esperimento LHCb del CERN e progettazione e test dei rivelatori di muoni dell'esperimento".

Da maggio 2003 ad aprile 2005 ho avuto un assegno di ricerca biennale cofinanziato dall'Università La Sapienza e dall' INFN dal titolo "Studio della violazione di CP nell'esperimento LHCb del CERN e progettazione e test dei rivelatori di muoni dell'esperimento".

Dal giugno 2005, per la durata di 6 mesi, ho avuto un contratto di collaborazione presso i laboratori INFN di Frascati con lo scopo di proseguire lo sviluppo del software del rivelatore di muoni di LHCb.

Dal dicembre 2005 ho un contratto della durata di 5 anni come ricercatore a tempo determinato presso la sezione INFN di Roma Tor Vergata.

Dal maggio 2009 ho un contratto come ricercatore a tempo indeterminato presso la sezione INFN di Roma Tor Vergata.

Dall'anno accademico 2016-2016 ho la co-docenza del corso di Fisica Generale II per fisici presso l'Università di Roma Tor Vergata

## Curriculum sintetico dell'attività scientifica

Ho svolto la mia attività di ricerca nel campo della fisica delle particelle elementari. Mi sono occupata prima di fisica del neutrino all'interno della collaborazione CHORUS e in un secondo tempo dello studio della violazione di CP nel sistema della "beauty" all'interno della collaborazione LHCb. Nel seguito darò una descrizione schematica del mio curriculum scientifico riportando le attività svolte.

### **Esperimento CHORUS (1996-2001)**

#### Attività svolta

- Tesi di laurea: "Produzione di mesoni  $D_s$  in interazioni di neutrini in emulsione e loro identificazione attraverso la catena di decadimento  $D_s \rightarrow \tau\nu_\tau$  e  $\tau \rightarrow \mu\nu_\mu\bar{\nu}_\tau$ ". Studio di fattibilità della misura del *branching ratio*  $D_s \rightarrow \tau\nu_\tau$  nell'esperimento CHORUS.
- Studio e sviluppo della ricostruzione delle tracce e dei vertici mediante il rivelatore a fibre scintillanti. Ottimizzazione dei criteri di selezione degli eventi interessanti e delle tracce da inviare allo scanning. Il lavoro è alla base della completa ri-analisi degli eventi in emulsione.
- Tesi di dottorato: "Analysis of the  $\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau$  oscillation search in the CHORUS experiment". Analisi completa che ha portato al risultato finale sulle oscillazioni in CHORUS.
- Studio e simulazione delle interazioni adroniche in emulsione, sviluppo di un generatore di eventi adottato dall'esperimento CHORUS per le stime di questo fondo dominante in molte misure.

## **Esperimento LHCb (2001-2019)**

### **Attività svolta nel periodo 2001-2005**

- Disegno di una stazione di test per le camere a fili del rivelatore di muoni con raggi cosmici.
- Simulazione completa del comportamento del rivelatore tenendo conto, al massimo dettaglio, degli effetti fisici noti.
- Studio dell'importanza della prima stazione del rivelatore di  $\mu$  sul trigger di livello zero con lo scopo di ridurre il materiale ad essa dovuto. La proposta di mantenere la stazione riducendo il numero dei piani di lettura è stata accettata.
- Studio del fondo dovuto a interazioni di particelle a bassa energia o neutroni termici che costituiscono, in tutte le stazioni tranne la prima, la componente principale di "rumore" nel rivelatore.
- Studio e proposta di modifica della geometria e del materiale degli assorbitori posti attorno alla beam-pipe per diminuire il fondo dovuto alle re-interazioni [n8].
- Studio e simulazione del formato dei dati dall'elettronica di lettura al DAQ.
- Studio e implementazione di una procedura di identificazione dei  $\mu$  usata nella selezione inclusiva del trigger software.

### **Attività svolta nel periodo 2006-2009**

- Ottimizzazione del preprocessamento dei dati del rivelatore di muoni nell'elettronica di interfaccia con il DAQ per velocizzare la procedura di identificazione dei  $\mu$  nel trigger software.
- Finalizzazione del software di simulazione e ricostruzione del rivelatore di muoni per la produzione di alcune centinaia di milioni di eventi che è stato usato sia per gli studi di fisica che per l'ottimizzazione dei programmi di ricostruzione e trigger da usare alla partenza della presa dati.
- Studio di procedure per misurare con i primi dati acquisiti le prestazioni, quali efficienze e risoluzioni temporali del rivelatore di muoni.
- Implementazione dell'algoritmo di trigger software che, fra gli eventi accettati in L0 per la presenza di un muone, riduce la rate di circa un fattore 10 e seleziona quelli su cui applicare le selezioni inclusive ed esclusive.
- Analisi dati del test con raggi cosmici su camere a fili.

### **Attività svolta nel periodo 2009-2019**

- Stima della precisione ottenibile con i primi  $100 \text{ pb}^{-1}$ , la statistica attesa per

il primo periodo di presa, nella fase di mixing  $\phi_s$  del mesone  $B_s$ . Implementazione del fit angolare nelle basi di trasversalità ed elicità.

- Riscrittura del software di decodifica e ricostruzione degli hit nelle camere a muoni per renderlo più flessibile e veloce come richiesto dal suo uso nel trigger.
- Messa in tempo del rivelatore usando i primi dati delle collisioni, migliorando in tal modo sensibilmente l'efficienza nella finestra di readout di 25 ns.
- Misura dell'efficienza delle camere a muoni con vari set di dati: raggi cosmici prima e collisioni protone protone dopo. Si sono evidenziate zone problematiche che hanno richiesto interventi hardware. La misura ha mostrato inoltre un sorgente di inefficienza non attesa causato dall'elettronica.
- Coordinamento del gruppo di analisi del decadimento raro  $B^0 \rightarrow K^{*0} \mu^+ \mu^-$ . Studio delle sistematiche dovute alla ricostruzione dei muoni. Studio e implementazione di una ricostruzione che permette di aumentare del 20% l'efficienza per muoni di basso impulso. L'analisi sui dati raccolti fino all'estate 2011 (300 pb<sup>-1</sup>) è stata analizzata fornendo la misura più precisa esistente delle grandezze in esame.
- Studio delle prestazioni del rivelatore di muoni nelle condizioni di presa dati del RunI (2011-2012) finalizzato sia alla comprensione dello stesso per una migliore modellizzazione nel MonteCarlo, che alla predizione delle performance del detector attuale nelle condizioni previste per l'upgrade di Fase I (dal 2021 al 2029). Ottimizzazione del suo disegno in base alle informazioni acquisite.
- Studio dell'accordo fra simulazione e dati per le rate nelle varie condizioni di presa dati. Si sono evidenziate varie differenze, molte delle cause sono state comprese e implementate nella simulazione.
- Analisi del decadimento  $B_s \rightarrow J/\psi \phi \phi$ , mai osservato prima e misura della massa del mesone  $B_s$  con la migliore precisione.
- Studio di un algoritmo e formato dei dati per il muon detector nell'upgrade, con lo scopo di diminuire il flusso dei dati e il numero di schede di acquisizione.
- Analisi del decadimento  $B^+ \rightarrow J/\psi \omega K^+$  per la ricerca di una possibile risonza  $X(3872) \rightarrow J/\psi \omega$  fra i prodotti di decadimento. L'analisi non è ancora conclusa, ma i risultati preliminari su tutta la statistica del RUNI depongono per un'osservazione positiva.
- Implementazione in FPGA dell'algoritmo di zero suppression per i dati del rivelatore di muoni per l'upgrade di LHCb.

# Curriculum Vitae di Alessio Rocchi

## **Dati personali**

- Nazionalità: Italiana
- Data di nascita: 11/06/1971
- Luogo di nascita: Roma
- Residenza: Roma
- Professione: Primo Ricercatore a tempo indeterminato dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN), II livello professionale, presso la Sezione di Roma Tor Vergata
- E-mail: [alessio.rocchi@roma2.infn.it](mailto:alessio.rocchi@roma2.infn.it)
- Web: [people.roma2.infn.it/~rocchi/](http://people.roma2.infn.it/~rocchi/)

Fisico sperimentale, è autore e co-autore di oltre 200 articoli scientifici, h-index 58 ([WOS](#)).

Ha svolto la sua attività scientifica, oltre che in Italia (Laboratori Nazionali di Frascati, European Gravitational Observatory), nei seguenti istituti di ricerca esteri:

- CERN (Ginevra, Svizzera);
- California Institute of Technology (Pasadena, USA);
- Leiden University (Leida, Olanda).
- Adelaide University (Adelaide, Australia)

## **Riconoscimenti**

- Nel 2018 consegue l'abilitazione scientifica nazionale a professore di I fascia ai sensi dell'art. 16 della legge n. 240 del 2010 per il settore concorsuale 02/A1 ricompreso nel macrosettore 02/A - Fisica delle interazioni fondamentali.
- Nel 2017 è tra i vincitori della *Albert Einstein Medal* - Albert Einstein Society, <https://www.einstein-bern.ch/en/einstein-society>;
- Nel 2016 è tra i vincitori del *Gruber Cosmology Prize* - The Gruber Foundation – USA, <http://gruber.yale.edu/prize/2016-gruber-cosmology-prize>;
- Nel 2016 è tra i vincitori del *2016 Special Breakthrough Prize in Fundamental Physics*, "For the observation of gravitational waves, opening new horizons in astronomy and physics." <https://breakthroughprize.org/News/32> .
- Nel 2013 consegue l'abilitazione scientifica nazionale a professore di II fascia ai sensi dell'art. 16 della legge n. 240 del 2010 per il settore concorsuale 02/A1 ricompreso nel macrosettore 02/A - Fisica delle interazioni fondamentali.

## **Posizioni Professionali e Formazione**

- Primo Ricercatore INFN con contratto a tempo indeterminato II livello professionale, in servizio presso la Sezione INFN di Roma Tor Vergata.
- Dal 2013 al 2019, Ricercatore INFN con contratto a tempo indeterminato III livello professionale, in servizio presso la Sezione INFN di Roma Tor Vergata.
- Da febbraio 2008 al 2013, Tecnologo INFN con contratto a tempo indeterminato III livello professionale, in servizio presso la Sezione INFN di Roma Tor Vergata.  
Vincitore nel 2006 del concorso pubblico, bando n. 10608/2004, per un contratto a tempo indeterminato, con presa di servizio il 5 febbraio 2008 (attività di progettazione, realizzazione e gestione di strumentazione elettronica per apparati di rivelazione in fisica nucleare, subnucleare e delle astroparticelle).

- Dal dicembre 2005 a febbraio 2008, dipendente dell'INFN presso la Sezione di Roma Tor Vergata con contratto a tempo determinato ai sensi dell'Art. 23, con inquadramento nel profilo di Ricercatore di III livello professionale.
- Da novembre 2003 a novembre 2005, è titolare di un Assegno di Ricerca presso il Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata" per attività di ricerca, settore disciplinare FIS/05 e programma di ricerca "Rivelazione di segnali monocromatici nei dati dell'antenna Nautilus".
- Nel marzo 2004 consegue il titolo di Dottore di Ricerca in Fisica, presso l'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata", discutendo la tesi sperimentale, svolta ai Laboratori Nazionali di Frascati (INFN) nell'ambito della Collaborazione ROG, dal titolo "*Ottimizzazione del rumore elettronico per antenne gravitazionali di nuova generazione*", supervisore Prof. E. Coccia.

## **Incarichi di coordinamento e responsabilità**

- Nell'ambito della Collaborazione Virgo:
  - Dal 2019, **Co-Chair** del **LIGO-Virgo-KAGRA Joint Run Planning Committee**, è il comitato, composto di sette membri (2 Virgo, 3 LIGO e 2 KAGRA), con l'incarico di (estratto dal Memorandum of Understanding LIGO-Virgo):
    - *Strategic planning of detector upgrades, engineering runs, maintenance intervals, and observations;*
    - *Prioritization and coordination of coincidence operation and of complementary coverage as appropriate;*
    - *Coordination of both coincident and individual-detector observing with current external (non-gravitational wave) observations to optimize scientific opportunity.*
  - Dal 2017 al 2019, **Commissioning Coordinator** di Advanced Virgo dal Febbraio 2017, responsabile delle attività di messa a punto del rivelatore in preparazione ai run scientifici, con l'incarico di:
    - Coordinare le attività degli 11 sottosistemi del team di commissioning e nominarne i coordinatori;
    - Definire il programma delle attività sul rivelatore e assegnare i turni;
    - Definire il piano di installazione di nuovi componenti o aggiornamenti;
    - Definire, durante i run scientifici, il programma delle attività nelle interruzioni di commissioning;
    - Suggestire, in base ai risultati delle attività di commissioning, nuovi sviluppi, modifiche o aggiornamenti del rivelatore;
    - Organizzare i meeting di commissioning su base settimanale;
    - Organizzare la sessione di commissioning ai meeting di collaborazione;
    - Assegnare ai membri della collaborazione l'incarico di "Weekly Coordinator";
    - Definire le date dei Virgo Commissioning Run;
  - Dal 2017 al 2019, **Science Run Coordinator** di Advanced Virgo dal Febbraio 2017, incarico di coordinamento delle attività sul sito di Virgo durante i run scientifici e di collegamento con i siti di LIGO;
  - Membro del **LIGO-Virgo Rapid Response Team**, il comitato ristretto che, in occasione dei trigger di segnali gravitazionali, si riunisce per la validazione dell'evento e invia l'allerta ai partner per il follow-up elettromagnetico;
  - Membro del **Virgo Steering Committee**, l'organo decisionale della Collaborazione Virgo;
  - Convener della sessione "Instrument Science" ai meeting di collaborazione LIGO-Virgo;
  - Membro del **Internal Project Review Board**, comitato di revisione dei sistemi del progetto Advanced Virgo (Injection, Detection e Vacuum);
  - Membro del gruppo di scrittura de "Einstein Telescope Conceptual Design Document" (<https://tds.ego-gw.it/ql/?c=7954>);

- Dal 2007 al 2012, nell'ambito del rivelatore interferometrico Virgo, è responsabile del **Sistema di Compensazione Termica (TCS)** per la correzione delle aberrazioni ottiche nell'interferometro.
- Nell'ambito della Collaborazione LSPE:
  - Membro dell'**LSPE Advisory Committee**;
  - **Responsabile** dei lavori di preparazione del sito presso l'Osservatorio del Teide (Tenerife, Spagna), per l'installazione dello strumento STRIP.
- Incarichi istituzionali INFN:
  - Per il periodo dal 8 novembre 2019 al 7 novembre 2021, è nominato, con disposizione del Presidente n. 21438 del 26 settembre 2019, **membro sostituto** della commissione esaminatrice che giudica sui bandi per assegni di ricerca da conferirsi presso la Sezione di Roma Tor Vergata;
  - Dal 2015 è **responsabile locale** per l'esperimento "Large Scale Polarization Explorer" (LSPE), finanziato dalla Commissione Scientifica Nazionale II;
  - Dal 2014 al 2016 è **responsabile locale** per l'esperimento AdCOAT, finanziato dalla Commissione Scientifica Nazionale V;
  - Dal 2009, è Responsabile Unico del Procedimento per le sigle: Virgo, Ego Virgo\_adv, AdCOAT e LSPE.
- Altri incarichi:
  - Dal 2016 è **responsabile** del Work-package 2.2 ("Thermal aberrations and parametric instabilities") nell'ambito del Progetto Premiale "FIGARO: Fostering Italian Leadership in the Field of Gravitational Wave Astrophysics", finanziato dal MIUR;
  - Membro dell'albo dei revisori per la valutazione dei prodotti di ricerca nell'ambito della VQR 2011-2014;
  - Membro dell'albo dei revisori per la valutazione dei programmi e dei prodotti di ricerca ministeriale (progetti FIRB, PRIN);
  - Dal 2008 al 2012, **responsabile** dell'attività di ricerca e sviluppo sul sistema di correzione delle aberrazioni ottiche nel rivelatore interferometrico per onde gravitazionali Advanced Virgo, finanziata dallo European Gravitational Observatory per un importo di 112 k€ (Grant n. EGO-DIR-95-2008);
  - Membro del Local Organizing Committee della Scuola di Fisica "Looking for a Needle in a Haystack (how to extract a gravitational wave signal from detector data)", Villa Mondragone (Monte Porzio Catone, Roma) Settembre 7-10, 2004, organizzata dalla SIGRAV;
  - Dal 2009 è **referee** per le seguenti riviste internazionali:
    - Optics Express, edita da Optical Society of America;
    - Classical and Quantum Gravity, edita da Institute Of Physics (IOP);
    - Journal of Instrumentation, edita da Institute Of Physics (IOP) e SISSA;
  - **Responsabile** dei fondi e del progetto dal titolo "Sistema di readout e acquisizione dati per antenne gravitazionali sferiche", finanziato nell'ambito del "Progetto Giovani Ricercatori", Bando 2001, Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata".

### **Partecipazione a progetti di ricerca nazionali e internazionali**

- Membro della collaborazione ROG (Ricerca di Onde Gravitazionali), tramite gli esperimenti NAUTILUS (presso i Laboratori Nazionali di Frascati dell'INFN) e EXPLORER (presso il CERN);
- Membro della collaborazione RAP (Rivelazione Acustica di Particelle), presso i Laboratori Nazionali di Frascati dell'INFN;
- Membro della collaborazione internazionale MINIGRAIL, esperimento di ricerca di onde gravitazionali tramite rivelatori risonanti sferici (Leida, Olanda);

- Membro della collaborazione internazionale Virgo, presso lo European Gravitational Observatory (Cascina, Pisa);
- Membro della collaborazione internazionale LSPE (Large Scale Polarization Explorer), esperimento volto alla misura dello stato di polarizzazione della CMB;
- Progetto “Einstein Telescope Design Study”, finanziato dalla Comunità Europea dell’ambito del Framework Programme 7 (FP7, grant agreement 211743);
- Progetto PRIN 2004 “Sviluppo di antenne gravitazionali criogeniche di elevata sensibilità”;
- Progetto PRIN 2007 “Studio di problematiche sperimentali degli interferometri per onde gravitazionali criogenici e sotterranei”;
- Progetto PRIN 2011 “Sviluppo di interferometri ottici ultra low-loss in regime ponderomotivo per la riduzione del rumore quantistico in rivelatori di onde gravitazionali e rivelazione ultrasensibile di piccole forze in sistemi micromeccanici.”;
- Progetto PRIN 2015 “Interferometro atomico avanzato per esperimenti su gravità e fisica quantistica e applicazioni alla geofisica”.

### **Attività di divulgazione scientifica**

- Dal 2011, partecipa in qualità di tutor al programma INSPYRE (INternational School on modern PhYsics and REsearch), rivolto agli studenti di scuola media superiore italiani e stranieri, organizzato presso i Laboratori Nazionali di Frascati;
- Dal 2003, partecipa in qualità di tutor al programma “Incontri di Fisica”, indirizzato ad insegnanti di scuola media superiore, organizzato presso i Laboratori Nazionali di Frascati;
- Seminario divulgativo presso l’Associazione Astrofili “Antares” di Legnano (MI);
- Seminario divulgativo presso l’I.I.S. Felice Bisazza di Messina, nell’ambito della manifestazione “Settimana della Scienza”;
- Ha tenuto conferenze divulgative in diverse scuole medie superiori.

### **Relazioni a Conferenze**

- **2018:** “Rivelatori gravitazionali: presente e futuro prossimo” **invited talk** al LXII Congresso della Società Astronomica Italiana, Teramo;
- **2017:** “Advanced Virgo commissioning status” **invited talk** al Gravitational-Wave Advanced Detectors Workshop, Hamilton Island Queensland (Australia);
- **2017:** “Lessons learned from AdV TCS and TCS in AdV+ and ET” **invited talk** al Gravitational-Wave Advanced Detectors Workshop, Hamilton Island Queensland (Australia);
- **2016:** “Results from the first science run of advanced GW detectors” **invited talk** ai 51<sup>st</sup> Rencontres di Moriond, La Thuile (Italia);
- **2015:** “Adaptive optical systems for next generation interferometric detectors”, **invited talk** al Topics in Astroparticle and Underground Physics, Torino (Italia);
- **2015:** “Techniques for thermal compensation of wavefront distortions in high power interferometers”, **invited talk** al Workshop on the Next Detectors for Gravitational Wave Astronomy, Pechino (Repubblica Popolare Cinese);
- **2012:** “Thermal effects and other wave-front aberrations in recycling cavities”, **invited lecture** alla VESF (Virgo-EGO Scientific Forum) School on “Advanced Detectors of Gravitational Waves”, Cascina (Pisa, Italia);
- **2012:** “Correction of wave-front aberrations in Advanced Virgo recycling cavities” al 13<sup>th</sup> Marcell Grossman Meeting on General Relativity, Stoccolma (Svezia);
- **2011:** “Control of thermal effects in future GW interferometers” alla 9<sup>th</sup> Edoardo Amaldi Conference on Gravitational Waves, Cardiff (Gran Bretagna);
- **2011:** “Thermal effects and their compensation in Advanced Virgo” ai 46<sup>th</sup> Rencontres di Moriond, La Thuile (Italia);

- **2010:** “Compensation of thermal effects in future detectors” al Gravitational-Wave Advanced Detectors Workshop, Kyoto (Giappone);
- **2009:** “Plans for IliasNext” al 2<sup>nd</sup> Einstein Telescope Annual Workshop, Erice (Italia);
- **2009:** “Virgo+ Thermal Compensation system” alla 8<sup>th</sup> Edoardo Amaldi Conference on Gravitational Waves, New York (USA);
- **2005:** “Approaching the quantum limit with a new read-out on EXPLORER and NAUTILUS” alla 6<sup>th</sup> Edoardo Amaldi Conference on Gravitational Waves, Okinawa (Giappone);
- **2004:** “Present status of EXPLORER and NAUTILUS” alla 17<sup>th</sup> International Conference on General Relativity and Gravitation, Dublino (Irlanda);
- **2003:** “EXPLORER and NAUTILUS: present status” **invited talk** al 10<sup>th</sup> Marcell Grossman Meeting on General Relativity, Rio de Janeiro (Brasile);
- **2002:** “The next science run of the gravitational wave detector NAUTILUS” al LXXXVIII Congresso Nazionale della Società Italiana di Fisica, Alghero.

### **Attività didattica presso l’Università degli Studi di Roma “Tor Vergata”**

- Dal 2015 è membro della Commissione Didattica del Dipartimento di Fisica dell’Università degli Studi di Roma “Tor Vergata”.
- Dal 2016, nell’ambito del Corso di Laurea Magistrale in Fisica, curriculum di Astrofisica, è docente titolare del corso di Fisica della Gravitazione.
- Dal 2015, nell’ambito del Corso di Laurea triennale in Fisica, è co-docente del corso di Laboratorio 3.
- Dal 2013, nell’ambito del Corso di Laurea triennale in Fisica, è co-docente del corso di Fisica Generale 1.
- Dal 2013, nell’ambito del Corso di Laurea Magistrale in Fisica, curriculum di Astrofisica, all’interno del corso di Laboratorio di Astrofisica, è titolare di una delle esperienze didattiche del corso.
- A partire dal 2010, nell’ambito del Corso di Laurea Magistrale in Fisica, curriculum di Astrofisica, all’interno del corso di Onde Gravitazionali, svolge una serie di lezioni su ottica avanzata, teoria delle aberrazioni, generazione e propagazione di fasci laser, interferometria e rivelatori interferometrici di onde gravitazionali.

### **Attività di correlatore e di tutor di dottorandi e post-doc**

Tesi di Laurea Magistrale:

- Matteo Cortese, “*Misura delle aberrazioni ottiche in rivelatori interferometrici di onde gravitazionali: caratterizzazione di un sensore Hartmann di fronte d’onda e progettazione del sistema ottico per Advanced Virgo*”, Anno Accademico **2012/2013**, Università degli Studi di Roma “Tor Vergata”, Dipartimento di Fisica.
- Lorenzo Aiello, “*Optimization of sensors and actuators for the correction of optical aberrations in the advanced gravitational waves detectors*”, Anno Accademico **2014/2015**, Università degli Studi di Roma “Tor Vergata”, Dipartimento di Fisica.
- Priyanka Giri, “*Modeling of High Finesse Optical Cavities for the Reduction of Scattering Losses in Advanced Virgo*”, Anno Accademico **2018/2019**, Astromundus Master Program, Università degli Studi di Roma “Tor Vergata”, Dipartimento di Fisica.

Tesi di Dottorato:

- Dott. Maurizio Di Paolo Emilio, “*Compensation of thermal effects in core optics of the gravitational wave detector Virgo*”, XXII Ciclo, Università degli Studi dell’Aquila, Dipartimento di Fisica.
- Dott.ssa Ilaria Nardecchia, “*Control of wavefront distortions in the interferometric gravitational wave detector Advanced Virgo*”, XXVIII Ciclo, Università di Roma Tor Vergata e La Sapienza,

corso di dottorato congiunto in “Astronomy, Astrophysics and Space Science”, Dipartimento di Fisica.

- Dott. Lorenzo Aiello, “*Development of new approaches for Advanced Virgo aberrations control*”, XXXI Ciclo, Gran Sasso Science Institute.

Post-doc:

- Dott. Maurizio Di Paolo Emilio.
- Dott.ssa Laura Sperandio.
- Dott.ssa Valeria Malvezzi.
- Dott.ssa Elisabetta Cesarini.
- Dott.ssa Valeria Sequino.
- Dott. Matteo Lorenzini.

## **Attività scientifica**

Il mio interesse scientifico primario è lo studio delle sorgenti cosmiche di onde gravitazionali e la realizzazione di strumenti atti ad osservarle.

Durante la mia attività mi sono occupato di migliorare le prestazioni dei rivelatori risonanti criogenici (sviluppo del sistema di readout elettronico) e di quelli interferometrici (sviluppo di sistemi ottici adattivi, generazione di stati di luce compressa, abbattimento del rumore termico) e di studiarne gli sviluppi futuri. Inoltre, mi occupo della prima misura diretta dello stato di polarizzazione del fondo cosmico di microonde (CMB), dovuto alle onde gravitazionali primordiali emesse nel processo inflazionario.

### Rivelatori risonanti criogenici (NAUTILUS, EXPLORER e MINIGRAIL)

Nell’ambito del gruppo romano di ricerca delle onde gravitazionali (ROG), ho svolto sia il lavoro di tesi di laurea che quello di dottorato, partecipando costantemente alle attività necessarie al mantenimento in funzione di entrambi i rivelatori.

Durante questi periodi mi sono occupato dell’elettronica superconduttrice (realizzando, durante la tesi di laurea, un trasformatore superconduttore a bassissime perdite, con fattore di merito superiore a  $10^6$ ) e dello sviluppo di amplificatori prossimi al limite quantistico basati su dc SQUID, curando le fasi di progettazione, assemblaggio e test in una facility a 4.2 K, da me progettata e realizzata. Parte di questa attività è stata svolta in collaborazione, **da me coordinata**, con l’Istituto di Fotonica e Nanotecnologie del CNR. Il frutto di questa ricerca è stato la realizzazione di un dispositivo a doppio SQUID con una risoluzione in energia pari a  $70\hbar$  alla temperatura di 2 K, il miglior risultato mai ottenuto con questo tipo di sistemi a questa temperatura.

Inoltre, mi sono occupato della calibrazione dei rivelatori, mettendo a punto un sistema automatizzato per l’iniezione hardware di segnali impulsivi con diversi SNR per la misura dell’efficienza degli algoritmi di filtraggio dati.

I dati registrati dai rivelatori nel corso degli anni sono stati utilizzati per condurre ricerche di segnali gravitazionali impulsivi, anche in correlazione con gamma-ray burst, e continui.

Come attività collaterale alla ricerca di onde gravitazionali, ho contribuito all’esperimento RAP (Rivelazione Acustica di Particelle). Infatti, i rivelatori risonanti di o.g., comportandosi come dei macroscopici oscillatori meccanici, vengono messi in vibrazione dal passaggio di particelle cariche. Varie analisi hanno evidenziato nei dati di NAUTILUS la presenza di eventi straordinariamente energetici dovuti al passaggio di raggi cosmici con una frequenza di vari ordini di grandezza superiore all’attesa. Dal momento che tale anomalia sembrava dipendere dallo stato normale o superconduttore della lega di alluminio di cui è costituita la sbarra, è stato realizzato un esperimento volto alla verifica della teoria termo-acustica tramite lo studio del comportamento di un piccolo cilindro dello stesso materiale di NAUTILUS, al variare della temperatura, quando viene colpito da elettroni di energia nota. A questo scopo è stata utilizzata la BTF (Beam Test Facility) dei LNF. In questo esperimento mi sono occupato in prima persona dell’allestimento del criostato e del refrigeratore a diluizione, delle fasi di raffreddamento e dell’elettronica di trasduzione del segnale.

Durante la tesi di dottorato, ho anche collaborato con il gruppo dell'Università di Leida (Olanda), diretto dal Prof. Giorgio Frossati, alla realizzazione di un rivelatore gravitazionale sferico di circa 1100 kg di peso, denominato MiniGrail. Questa geometria, infatti, presenta notevoli vantaggi rispetto alle antenne cilindriche: omnidirezionalità, possibilità di misurare lo stato di polarizzazione e di determinare la direzione di provenienza dell'o.g. con un solo rivelatore. Infine utilizzando un'antenna sferica è possibile discriminare tra diverse teorie metriche della gravitazione.

Ho partecipato ad una misura di rumore browniano di MiniGrail, la prima in assoluto con questo tipo di rivelatore, contribuendo alla misura stessa e implementando gli algoritmi per l'analisi dei dati on-line e off-line. Nel corso del 2004 ho trascorso lunghi periodi presso l'Università di Leida che hanno portato a maggio 2004 a raffreddare per la prima volta un rivelatore sferico con tre catene di trasduzione, raggiungendo una temperatura di rumore dell'ordine dei 100 mK.

### Rivelatori interferometrici (Virgo, Advanced Virgo e Einstein Telescope)

Virgo è il più grande rivelatore interferometrico europeo, nato da una collaborazione italo-francese, situato presso l'European Gravitational Observatory (EGO) vicino Pisa. Attualmente sono 20 i laboratori che partecipano all'esperimento, da più nazioni europee (oltre all'Italia e la Francia, si sono recentemente unite l'Olanda, la Polonia, la Bulgaria, la Spagna, la Germania e il Belgio).

Il rivelatore è costituito da un interferometro di Michelson i cui bracci, lunghi 3 chilometri, sono cavità risonanti Fabry-Perot (con un cammino ottico effettivo di circa 120 chilometri). L'intervallo di frequenze in cui il rivelatore è sensibile a segnali gravitazionali va da 10 Hz a 10 kHz. Questo ampio intervallo, insieme con l'elevata sensibilità, consente di rivelare radiazione gravitazionale prodotta da supernovae, binarie coalescenti e pulsar proveniente da distanze fino all'ammasso della Vergine.

Nell'ambito dell'esperimento Virgo, nel periodo dal 2008 al 2012, sono stato **responsabile** della definizione, dello sviluppo e dell'installazione del sistema di ottica adattiva (denominato "Thermal Compensation System", TCS) per la correzione delle aberrazioni termiche negli specchi dell'interferometro, gestendo un budget, allocato presso EGO, di circa 200 k€.

La necessità di un sistema di compensazione deriva dal fatto che una frazione (alcune parti per milione) della potenza del fascio laser viene assorbita dallo specchio, provocando un riscaldamento locale non uniforme, seppur estremamente piccolo (frazioni di grado). I risultati di questo gradiente di temperatura sono un incremento non uniforme del cammino ottico all'interno dello specchio e la deformazione termo-elastica della superficie riflettente. Queste aberrazioni impediscono il normale funzionamento dell'interferometro, limitandone la sensibilità a frequenze superiori ai 200 Hz.

Il sistema TCS, installato nel corso del 2008, ha consentito di aumentare per la prima volta la potenza di input dell'interferometro da circa 8W durante il primo run scientifico (VSR1) ai 17W utilizzati in VSR2, migliorando la sensibilità del rivelatore di un fattore  $\sqrt{2}$  nella banda di frequenza oltre i 200 Hz grazie alla diminuzione del rumore shot.

Durante questo periodo, ho instaurato e coordinato una fruttuosa collaborazione (tuttora in corso) con il gruppo LIGO, presso Caltech, responsabile dell'ottica adattiva, con importanti conseguenze nella progettazione e realizzazione di Advanced LIGO.

Il rivelatore Virgo è stato decommissionato nel corso del 2012 per dare inizio all'installazione di Advanced Virgo, che sonderà un volume di universo 1000 volte più grande di quello accessibile ai rivelatori di prima generazione, con una sensibilità un ordine di grandezza migliore su tutta la banda di rivelazione.

Ad Advanced Virgo ho personalmente dato contributi in diversi ambiti. Innanzitutto, ho progettato il nuovo sistema di ottica adattiva, reso ancor più complesso dalla maggiore potenza circolante nelle cavità Fabry-Perot e dalla migliore sensibilità del rivelatore. In qualità di **RUP** per la sigla "Ego Virgo\_adv" di CSNII, ho coordinato sia tutte le fasi di acquisto dei componenti, gestendo un budget di circa 1,2 M€, che della loro installazione sul sito. Inoltre, nel quadriennio 2008-2012, sono stato **Principal Investigator** di un finanziamento di oltre 100 k€ dallo European Gravitational Observatory, per la realizzazione di una facility, presso i laboratori della Sezione INFN di Roma Tor Vergata, per la definizione del sistema di compensazione termica di Advanced Virgo e delle future generazioni di rivelatori interferometrici terrestri. La facility, unica al mondo e denominata TeTis (Testing the effects of TCS Integrated Strategies), consente lo sviluppo e la caratterizzazione sia di

attuatori (basati su laser a CO<sub>2</sub> o elementi radianti) che di sensori (Hartmann e Shack-Hartmann) di nuova concezione.

In qualità di membro dell'**Internal Project Review Board**, ho personalmente seguito la revisione di alcuni sottosistemi del progetto Advanced Virgo, in particolare del sistema da vuoto (il più grande in Europa), del sistema di iniezione del laser nell'interferometro e del sistema di rivelazione del segnale gravitazionale.

Inoltre, sono stato coinvolto in una attività (finanziata dalla CSNII) legata al miglioramento della sensibilità dei rivelatori interferometrici avanzati, tramite la generazione di stati di luce compressa. Infatti, una limitazione alla sensibilità di questi strumenti è dovuta al rumore quantistico derivante dal principio di indeterminazione di Heisenberg e questo può essere superato iniettando stati di luce non classici, o compressi, attraverso la porta antisimmetrica dell'interferometro. Presso il laboratorio Virgo della Sezione INFN di Roma Tor Vergata, si è svolta un'attività sperimentale, da me coordinata, mirata alla realizzazione di una sorgente di stati di vuoto compressi utilizzando cristalli non lineari, i cosiddetti optical parametric oscillators (OPOs).

Nel triennio 2014-2016, sono stato **responsabile locale** per la Sezione di Roma Tor Vergata del progetto AdCOAT, finanziato dalla Commissione Scientifica Nazionale V dell'INFN, rivolto alla modellazione, caratterizzazione e progettazione dei coating riflettenti degli specchi di nuova concezione, con il fine di abbattere il rumore termico nei rivelatori interferometrici di onde gravitazionali avanzati, che limita la sensibilità nella banda di frequenze di più alto interesse scientifico (tipicamente tra 60 Hz e 200 Hz). Questa attività ha permesso di stabilire delle importanti collaborazioni internazionali con i Laboratoire des Matériaux Avancés (Lione, Francia), produttore degli specchi sia di Advanced Virgo che di Advanced LIGO, e con la National Tsing Hua University di Taiwan.

Oltre al coinvolgimento nella progettazione e installazione del rivelatore, posso sicuramente affermare che il mio contributo più importante al progetto Advanced Virgo inizia dalla mia nomina a coordinatore della messa a punto dello strumento (**Commissioning Coordinator**) e del run di presa dati (**Science Run Coordinator**), avvenuta nel Febbraio 2017. Con l'interferometro non ancora funzionante, in quel momento la Collaborazione Virgo vedeva poche possibilità di riuscire ad affiancare Advanced LIGO nell'ultima frazione del secondo run osservativo (O2), il cui termine era previsto a fine Agosto 2017. In queste condizioni e con la fortissima pressione degli enti finanziatori, la gestione del team internazionale di commissioning (composto da 11 sottosistemi con altrettanti responsabili) è risultata particolarmente delicata. I risultati del nuovo modello di attività sul sito, da me introdotto, non hanno però tardato ad arrivare. A Marzo è stata raggiunta una delle milestone fondamentali del progetto: mantenere l'interferometro operante in frangia scura per almeno un'ora. A Maggio la stabilità del rivelatore aveva raggiunto un livello tale da consentirci di effettuare un run di commissioning durante un fine settimana con un duty cycle dell'85%. Nei mesi di Giugno e Luglio, la sensibilità del rivelatore è migliorata fino a raggiungere un range (distanza alla quale è possibile osservare la coalescenza di un sistema binario di stelle di neutroni – BNS – con SNR pari a 8) di 20 Mpc. Quindi, il primo Agosto 2017, Advanced Virgo inizia il suo primo run osservativo, in coincidenza con Advanced LIGO, con una sensibilità di 28 Mpc. In pochi mesi, il commissioning ha raggiunto e superato i risultati che in Virgo hanno richiesto anni di lavoro: il range è più che raddoppiato (da 11 Mpc a 28 Mpc), con un conseguente aumento del volume di universo osservabile di un fattore 10.

O2 si è concluso il 25 Agosto con i seguenti fatti: Advanced Virgo è stato in misura con un duty cycle dell'85% (il migliore del network) e sono stati rivelati diversi eventi gravitazionali, tra i quali meritano una menzione speciale:

- **GW170814**: coalescenza di due buchi neri di masse stellari, distanti 500 Mpc. Primo evento registrato in coincidenza tripla e, combinando i dati dei tre rivelatori, è stato possibile ridurre l'incertezza nella determinazione della direzione di provenienza del segnale da 1200 gradi quadrati (con i dati dei soli LIGO) a 60 gradi quadrati (utilizzando anche le informazioni di Virgo) e misurare lo stato di polarizzazione, determinando dei limiti superiori alle componenti non tensoriali;

- **GW170817**: prima osservazione della coalescenza di due stelle di neutroni, distanti 40 Mpc. Localizzazione nel cielo con un'incertezza di soli 16 gradi quadrati, che ha permesso di identificare la galassia ospite (NGC4993) e di rivelare la controparte elettromagnetica, dallo short gamma-ray burst osservato da Fermi e INTEGRAL, fino all'emissione nel visibile, nel radio e nell'infrarosso. Questo evento segna la nascita dell'astronomia multimessaggera.

Per entrambi gli eventi, in qualità di **Science Run Coordinator** e membro del **LIGO-Virgo Rapid Response Team**, ho partecipato alla fase di validazione dei trigger e all'emissione dell'allerta per gli osservatori elettromagnetici e neutrini.

Da Settembre 2017 ad oggi, Advanced Virgo ha alternato fasi di commissioning e di installazione di nuove componenti hardware: un laser in grado di fornire fino a 70 W di potenza, una sorgente di stati di vuoto compressi e ora gli specchi sono sospesi con fibre di vetro. Il programma di queste attività, le date per i run ingegneristici, l'inizio del prossimo run osservativo (O3) e le policy per l'emissione degli allarmi dei trigger vengono coordinate con Advanced LIGO nell'ambito del **Joint Run Planning Committee**, di cui sono Co-Chair. L'obiettivo di Virgo per O3 è di entrare in misura con un range minimo di 60 Mpc per le BNS. Dopo pochi mesi dall'inizio della fase di commissioning, la sensibilità ha registrato dei grandi miglioramenti, soprattutto nella banda di frequenza da 10 Hz a 50 Hz (già conforme con i requisiti di O3), rendendo Advanced Virgo il rivelatore più sensibile al mondo al di sotto dei 20 Hz. Questo si riflette in un netto aumento del range per la rivelazione della coalescenza di buchi neri di massa stellare, che è passato dai 300 Mpc in O2 a circa 450 Mpc attuali.

La prima fase del terzo run osservativo, dal primo aprile 2019 al primo ottobre 2019, denominata O3a, si chiude con importantissimi risultati osservativi. Va, innanzitutto, menzionata la nuova procedura di annuncio dei trigger gravitazionali tramite circolari sul Gamma-ray Coordinates Network (GCN) della NASA, aperte a tutti gli osservatori elettromagnetici e neutrini, in modo da massimizzare la probabilità di osservazioni multimessaggera e, quindi, i risultati scientifici. Durante O3a sono stati osservati 33 eventi candidati (maggior parte della somma dei run osservativi del 2015 e 2017), di cui alcuni rivestono un particolare interesse scientifico:

- **S190425z**: probabile coalescenza di due stelle di neutroni;
- **S190814bv**: la prima probabile osservazione della coalescenza di un sistema misto, formato da un buco nero e da una stella di neutroni;
- **S190706ai**: la più lontana coalescenza di due buchi neri mai osservata, ad una distanza di circa 5.3 Gpc (corrispondente ad un redshift  $z \sim 1.2$ ).

Durante il mese di ottobre, tutti e tre gli interferometri interromperanno le osservazioni per una breve fase di messa a punto, con l'obiettivo di apportare piccole modifiche che possano ulteriormente migliorare la sensibilità degli strumenti.

La seconda frazione di O3, denominata O3b, inizierà il primo novembre 2019 per concludersi il 30 aprile 2020, in modo che l'intero periodo osservativo duri un anno di calendario. Durante questi mesi, è prevista l'entrata in misura anche del rivelatore giapponese KAGRA, il quale, sebbene avrà una sensibilità più bassa rispetto agli altri osservatori, migliorerà le capacità di localizzazione nel cielo del network, aumentando ulteriormente la possibilità di osservazioni multimessaggera.

Infine, una frazione del mio tempo viene dedicata allo studio dei futuri sviluppi dei rivelatori interferometrici terrestri. Questi includono AdV+, un progetto di miglioramento di Advanced Virgo, sfruttando l'infrastruttura esistente, che dovrebbe consentire un aumento del range di un fattore 3 (e quindi di universo osservabile di un fattore quasi 30) ed entrare in misura nel 2024. In questo ambito, sono **responsabile** del Work-package 2.2 ("Thermal aberrations and parametric instabilities") del Progetto Premiale FIGARO ("Fostering Italian Leadership in the Field of Gravitational Wave Astrophysics"), finanziato dal MIUR.

Contemporaneamente, vengono condotti studi per rivelatori gravitazionali di terza generazione, ospitati in nuove infrastrutture. Infatti, nel 2008, nell'ambito del settimo programma quadro della Comunità Europea, è stato finanziato, per tre milioni di Euro, uno studio di fattibilità dell'osservatorio Einstein Telescope (ET): un rivelatore interferometrico gravitazionale criogenico e sotterraneo, in modo da abbattere le sorgenti di rumore termico e sismico ed ottenere una sensibilità a segnali gravitazionali di ampiezza 100 volte inferiore a quella attuale, aumentando così di un milione di volte

il volume di universo osservabile, sulla più ampia banda accessibile per rivelatori terrestri, da 1 Hz a 10 kHz. Ho attivamente partecipato al progetto in qualità di membro del writing team de “Einstein Telescope Conceptual Design Document”.

È doveroso ricordare il supporto fornito recentemente dal MIUR ad entrambi i progetti (AdV+ e ET) tramite lo stanziamento di 17 M€ a favore dell’INFN.

### Fondo cosmico di microonde (Large Scale Polarization Explorer)

L’esperienza LSPE (Large Scale Polarization Explorer) studia la polarizzazione del fondo cosmico di microonde (CMB), con l’obiettivo di misurare il debole segnale prodotto dall’inflazione cosmica, nei primi istanti dell’evoluzione dell’universo, ad energie dell’ordine di  $10^{16}$  GeV.

Lo stato di polarizzazione dei fotoni del fondo di microonde è sensibile alle perturbazioni di tipo scalare (densità) e tensoriale (onde gravitazionali) presenti all’epoca della ricombinazione. Infatti, la maggior parte dei fotoni CMB viene diffusa da elettroni liberi per l’ultima volta alla ricombinazione. Si tratta di uno scattering Thomson, quindi qualunque anisotropia di tipo quadrupolare presente nei fotoni incidenti sull’elettrone produce un certo grado di polarizzazione lineare dei fotoni diffusi. Alla ricombinazione sono presenti le protostrutture (perturbazioni di densità) che formeranno poi le galassie e gli ammassi, e le onde gravitazionali (perturbazioni tensoriali) prodotte dall’evento inflazionario. Ambedue le perturbazioni hanno una componente di quadrupolo e quindi generano polarizzazione lineare dei fotoni CMB diffusi. Le proprietà di simmetria sono però diverse: nel caso di perturbazioni scalari si genera un campo di polarizzazione (distribuzione dei vettori di polarizzazione sulla sfera celeste, misurabile) che è irrotazionale; nel caso di perturbazioni tensoriali, si crea un campo di polarizzazione sia irrotazionale (modi E) che rotazionale (modi B).

L’esperienza LSPE si propone di studiare lo spettro del segnale della componente di polarizzazione rotazionale, verificandone la consistenza con le aspettative dai modelli inflazionari ed escludendo una possibile origine “locale” (radiazione di sincrotrone o polvere interstellare). Da tali misure sarà, quindi, possibile risalire al background di onde gravitazionali di origine cosmologica.

Questo si compone di due strumenti separati:

- **SWIPE**, che volerà su pallone stratosferico dalle Isole Svalbard durante la notte artica, misura le componenti della CMB ad alta frequenza (140, 220 e 240 GHz);
- **STRIP**, che verrà installato presso l’Osservatorio del Teide (alle Canarie), osserverà il segnale a bassa frequenza (43 e 90 GHz).

Il gruppo di Roma Tor Vergata, di cui sono **responsabile locale** per l’INFN, contribuisce ad entrambi gli strumenti:

- **SWIPE**: Assemblaggio e test del criostato di volo e test criogenici delle principali componenti (cryo-harness, filtri ottici, cavi criogenici...). Partecipazione al lancio alle Svalbard.
- **STRIP**: lavori infrastrutturali di preparazione del sito, analisi termiche e strutturali dello strumento. Partecipazione all’installazione e al commissioning a Tenerife.
- **Analisi dati (SWIPE+STRIP)**: sviluppo e costruzione di diversi stadi della pipeline per l’analisi dei dati; simulazioni dello strumento; metodi di calibrazione; map-making; stime di spettri angolari, stima parametri cosmologici.

Nell’ambito della collaborazione internazionale LSPE, sono inoltre membro del **LSPE Advisory Committee**, organo rappresentante i maggiori collaboratori al progetto.

Roma, 3/10/2019

In Fede,

