

## CURRICULUM VITAE RAFFAELLO D'ALESSANDRO

### PERSONAL INFORMATION

Name D'ALESSANDRO RAFFAELLO  
Address  
Phone  
E-mail raffaello.dalessandro@unifi.it  
Nationality Italian, British  
Date and place of Birth

### EDUCATION AND QUALIFICATIONS

1980, Maturità Liceo Classico

1983, Summer Student at CERN, working in the UA1 experiment, on the application of wire chambers in streamer regime for the muon system.

1987 graduated in Physics (MSc) with a thesis titled: Proportional tubes for the L3 experiment: control of the operation and determination of the coordinate along the wire.

1992, Ph.D. in Physics, defending the thesis titled: "Determination of the number of families of light neutrinos by measuring the single photon cross section with the L3 detector."

2012, ASN (Abilitazione Scientifica Nazionale) for Professore Ordinario in Experimental Physics (02/A1).

Mothertongue: Italian and English

Other languages: French (Fluent: oral and reading, Basic: writing),

### ACADEMIC AND PROFESSIONAL POSITIONS

1988 to 1989, Officer of the Army Technical Corps, stationed at the Military Geographic Institute.

1992 – 2001, Researcher at the University of Florence.

2001 – 2019, Associate Professor at the University of Florence.

2017 – present, Coordinator of the PhD School in Physics and Astronomy of the University of Florence.

2019 – present, Full Professor at the University of Florence.

### TEACHING ACTIVITY

University, Physics Degree:

1992 – 2002, assistant to various courses: Physics Laboratory II, Experimental Methods in Particle Physics, Physics Laboratory III, Laboratory of Electronics.

2001 – 2002, Experimental methods in particle physics

2002 – 2008, Experimental Physics IIC 6CFU

2005 – present, General Electronics I 6CFU

2015 – 2018, Laboratory for High Energy Physics 3CFU

2016 – present, Elementary Particles and their applications 3CFU

2019 – present, Laboratory of Electronics 6CFU

University, Chemistry Degree:

2009 – 2018, Laboratory of Physics 6CFU

2018 – present, Physics IIA 3CFU

Supervisor to more than twenty undergraduate theses in physics.

Supervisor to more than eight PhD theses in physics.

2001 – 2005, served as a permanent reviewer for all MSc theses at the Physics Department.

#### RESEARCH TOPICS.

My research interests span from accelerator particle physics (L3 and CMS experiments) to astroparticle research (LHCf, Calocube, HERD experiments).

My research has been mainly conducted at CERN (Large Electron Positron Collider, Large Hadron Collider), and in various laboratories at the INFN section of Florence.

I have also continuously applied myself to detector R&D since my undergraduate years (calorimetry, tracking, silicon microstrips, diamond, Photodiodes, SiPM).

From 2010, have been actively pursuing applied physics research. Specifically muon radiography (Muography), at first on volcanoes (Vesuvio, Puy de Dome) but lately expanding also on Archaeology and Geology surveys.

#### RESPONSIBILITIES IN RESEARCH COLLABORATIONS

2006 – 2010, INFN Responsible for the CMS experiment in Florence.

2010 – 2012, INFN Responsible for the Muray experiment in Florence.

2009 – 2018, P.I. of a Research Initiative within the Department of Physics and Astronomy in Florence, to study pixel detectors for use at future High Luminosity Colliders.

1998 – 2002, INFN Florence Coordinator and representative for Computing (Comm. Calcolo).

2002 – 2005, INFN Florence Coordinator of the Particle Physics Group (CSN1).

2011 – present, Expert for the Research Executive Agency (REA) for the European Commission, (Id: EX2002B04618). Member of panel for the EU commission in FP7 (evaluation and selection) for “Research and Training Networks , Marie Curie fellows” (2011). Also called in 2012, 2013, and 2014 but either not selected in the final stage or I refused because of other engagements.

2016 – present, elected member of the Board (Giunta) of the Department of Physics and Astronomy of Florence.

2016 – present, INFN referee of the RD\_FA (R&D for future accelerators) experiments in CSN1.

2017 – present, Proponent and Signatory for the Department of Physics and Astronomy of Memorandum of Understandings with the society La Parchi Val di Cornia SPA and the Centro Siciliano di Fisica Nucleare e Struttura della Materia (CSFNSM).

2017 – present, Coordinator of the PhD School in Physics and Astronomy of the University of Florence

2018 – present, Member of the restricted "Comitato d'Indirizzo" of the Bachelor and Master Degree in Physics, which advises on policy concerning the Degree courses for the physics students.

2018 – present, External evaluator for the UEFISCD (Executive Agency for Higher Education, Research, Development and Innovation Funding). Evaluation of project proposals for the 2018 funding call – EEA Grants – Collaborative Research Projects between EFTA States and Romania.

#### RESEARCH FUNDING AND PERSONNEL MANAGEMENT RESPONSIBILITIES

2009 – 2012, Responsible for the participation of the Physics Department of Florence in the Tuscany Region POR "Developing advanced optical sensors" SSOA. I was head of the unit for the development of Silicon Photo Multiplier Modules, for which I received funding for 150000 Euros.

2012, Responsible for the Florence INFN Unit of the MURAVES project (“PREMIALE”) for the study of the Vesuvius volcano, for which I received funding for 179000 Euros.

I have also have had projects financed either as P.I. or participant from Regione Toscana, FCRF (Fondazione Cassa di Risparmio di Firenze), European Union Calls and University of Florence Calls.

#### CONFERENCE COMMITTEES AND ORGANISATION

2017—2018, Organizing committee and Scientific Counsel of the Theo Murphy international meeting on Cosmic-ray Muography, hosted by the Royal Society (May 2018 - Kavli Royal Society Centre, UK).

2018, Editor of the Proceedings of Cosmic-ray Muography, being published on Philosophical Transactions of the Royal Society A.

2018, Advisory Board for the GSRM2018 Conference (Giornata di Studio sulla Radiografia Muonica in ambito multidisciplinare), 29-30 October 2018, Auditorium dell'Ente Cassa di Risparmio di Firenze, Florence (Italy)

## PUBLICATIONS AND PRESENTATIONS AT INTERNATIONAL CONFERENCES

I am referee for IEEE Transactions on Nuclear Science, for JINST Journal of Instrumentation, for Geoscientific Instrumentation, Methods and Data Systems (Copernicus.org), and also for the Royal Society.

I am the author or co-author of more than 1000 papers in high-energy physics, detector R&D, and applied physics.

From WoS: ORCID: 0000-0001-7997-0306

Total Articles: 955; Times Cited: 31767; Average Citations: 33.26

h-index:72, Updated: 02/March/2018 17:00 CET

I have presented my scientific results with talks given at more than twenty International Conferences.

I have also given various (Outreach) talks at schools and public events.

DOTT. RICCARDO MUNINI  
CURRICULUM VITAE

*consapevole della responsabilità penale in cui può incorrere in caso di falsità in atti e dichiarazioni mendaci (art. 76 D.P.R. 28.12.2000 n. 445)*

DICHIARA

(a) **Biografia**

- Laurea in Fisica all'Università degli Studi di Trieste conseguita il 16 marzo 2012; titolo della tesi: "Dipendenza temporale degli elettroni e positroni nella radiazione cosmica misurata da PAMELA durante l'ultimo minimo solare", relatore Prof.ssa. A. Gregorio, supervisor Dott. M. Boezio, Dott. V. Formato; voto di laurea: 110/110 cum laude.
- Iscritto dal primo gennaio 2013 al trentun dicembre 2015 al corso di dottorato di ricerca in Fisica presso l'Università degli studi di Trieste (XXVIII Ciclo). Possessore di borsa di studio ministeriale. Supervisore attività di ricerca Dott. M. Boezio.
- Il 18 marzo 2016 consegue il titolo di dottore di ricerca in Fisica presso l'Università degli studi di Trieste (XXVIII Ciclo).
- Dal 5 maggio 2016 ha svolto attività di ricerca come assegnista INFN presso la sezione di Trieste.
- Da febbraio 2017 svolge attività di ricerca come ricercatore INFN presso la sezione di Trieste.

(b) **Attività di ricerca**

L'attività di ricerca di Riccardo Munini dal 2013 si è sviluppata principalmente nel campo della fisica sperimentale dei raggi cosmici, una delle linee di ricerca d'interesse della Commissione Scientifica Nazionale 2 dell'INFN. In particolare ha condotto diversi studi con i dati dell'esperimento PAMELA che hanno portato ad inediti risultati sulla variazione temporale degli spettri di elettroni, positroni, protoni ed elio. L'unicità di tali risultati, sia per il range energetico ancora parzialmente inesplorato e affetto da considerevoli incertezze statistiche e sistematiche, sia per il prolungato periodo temporale delle misure (quasi un intero ciclo solare 11 anni), ha permesso a Riccardo Munini di diventare uno dei massimi esperti e leader nel settore della fisica della modulazione solare dei raggi cosmici e della loro propagazione all'interno dell'eliosfera. Le analisi

condotte sono state essenziali per migliorare le conoscenze sulla propagazione dei raggi cosmici nell'eliosfera e hanno portato a diverse pubblicazioni su prestigiose riviste internazionali. I risultati ottenuti nell'ambito dell'esperimento PAMELA hanno portato Riccardo Munini ad un ruolo di primo piano nella collaborazione, fatto testimoniato anche dagli inviti a workshop e conferenze internazionali come il *Roma International Conference on Astroparticle Physics (21-24 giugno 2016)* o il *Mondello Workshop 2018 (28 maggio - 2 giugno)* dove ha tenuto dei talk di review su PAMELA.

La misura diretta dei flussi di raggi cosmici all'interno dell'eliosfera è di fondamentale importanza nella comprensione e la modellizzazione dei meccanismi fisici che determinano la propagazione delle particelle cariche in un ambiente che approssima molto bene il mezzo interstellare. Grazie ad una stretta e proficua collaborazione con esperti del settore Riccardo Munini ha acquisito importanti conoscenze e capacità di utilizzo di modelli numerici che riproducono la propagazione dei raggi cosmici nell'eliosfera. In particolare Riccardo Munini studia un procedimento per stimare e ridurre le incertezze relative alla modellizzazione della propagazione nell'eliosfera alle basse energie ( $<10$  GeV) sullo spettro interstellare di antiparticelle. Gli spettri interstellari di antiparticelle (positroni, antiprotoni) sono particolarmente rilevanti per la ricerca indiretta di annichilazione o decadimento di materia oscura. Riducendo le incertezze sulla propagazione nell'eliosfera dei raggi cosmici si riducono anche le incertezze sui possibili contributi dovuti alla materia oscura presenti nello spettro delle antiparticelle della radiazione cosmica.

Recenti pubblicazioni mostrano un possibile eccesso negli antiprotoni misurati dell'esperimento per raggi cosmici AMS02 in una zona energetica (5-10 GeV) fortemente influenzata dalla modulazione solare [e.g. Phys. Rev. D 99, 103014 (2019)]. Per una precisa stima di un eventuale eccesso si devono quindi minimizzare e avere sotto controllo le sistematiche relative alla modulazione solare, incertezze che fino al momento sono state stimate in modo approssimativo con semplici modelli analitici che non riproducono i reali processi fisici di propagazione. I risultati e le conoscenze ottenute in questo ambito sono state riconosciute con vari inviti a workshop e conferenze internazionali come il *14th International Workshop Dark Side Of the Universe (25-29 giugno 2018)* ad Annecy o il *2nd Antideuteron workshop (27-29 marzo 2019)* a UCLA per la presentazione dei risultati e delle ricerche descritte. Questa ricerca è anche condotta grazie al Grant INFN per attività di formazione - Progetto ASMDM.

Dal 2017 Riccardo Munini ha preso parte alla collaborazione dell'esperimento GAPS, rivelatore di raggi cosmici pensato per la ricerca di materia oscura attraverso la rivelazione di antinuclei. Nell'ambito della collaborazione è uno degli sviluppatori degli algoritmi di ricostruzione ed ha sviluppato personalmente l'algoritmo di ricostruzione della particella primaria, un metodo per la ricerca dei secondari e conduce costantemente studi di performance al fine di migliorare le prestazioni della ricostruzione. È inoltre anche riconosciuto come il coordinatore della parte di studi sulla modulazione solare. Tali studi risultano essenziali nell'ambito delle misure che GAPS effettuerà sugli antiprotoni della radiazione cosmica di bassa energia ( $<250$  MeV). A queste energie infatti l'effetto della modulazione solare è massimo e deve essere precisamente modellizzato riducendo al minimo le incertezze per rendere possibile la ricerca di eventuali eccessi imputabili a materia oscura. Il ruolo di primo piano nella collaborazione GAPS è anche dimostrato dagli inviti per la presentazione dell'esperimento a workshop

e conferenze internazionali come la *European Physical Society Conference on High Energy Physics (10-17 luglio 2019)* o il *Cross sections for Cosmic Rays @ CERN, (13-15 November 2019)*.

#### (d) Collaborazioni e periodi all'estero

- Durante i mesi di febbraio e marzo 2016 svolge attività di ricerca al Moscow Engineering Physics Institute (Mephi) istituita a Mosca in collaborazione con il Dott. Vladimir Mikhailov. Il lavoro verte sullo studio della dipendenza dal segno della carica nella modulazione solare dei raggi cosmici con i dati dell'esperimento PAMELA.
- Durante il dottorato di ricerca, nel periodo tra il 1 febbraio 2014 al 23 marzo 2014, Riccardo Munini ha svolto attività di ricerca presso la New Mexico - State University, Las Cruces, New Mexico, USA. Ha lavorato all'analisi dati dell'esperimento PAMELA confrontando i risultati ottenuti sullo spettro di elettroni a basse energie ( $< 100$  MeV) con quelli dell'esperimento Voyager in collaborazione col Prof. Steve Stochaj e il Prof. Bill Weber.
- Dal 2013 collabora con l'università del New Hampshire (Prof. Jim Ryan) e col Goddard center della NASA (Dott.ssa Georgia DeNolfo) su problematiche di interpretazione e analisi dati di particelle energetiche solari misurate con l'esperimento PAMELA.
- Dal 2012 collabora col gruppo teorico del Prof. Marius Potgeiter della North-West University, Potchefstroom, Sud Africa sull'interpretazione e modellizzazione della variazione temporale dei flussi di positroni ed elettroni della radiazione cosmica misurati con l'esperimento PAMELA.
- Nel periodo precedente all'inizio del dottorato, tra il 7 giugno 2012 al 5 agosto 2012, Riccardo Munini ha svolto attività di ricerca presso il Physics Department of KTH Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden. Ha lavorato all'analisi dati dell'esperimento PAMELA sotto la supervisione del Prof. Mark Pearce.

#### (e) Elenco parziale Conferenze e talks

- ICRC 2021, online edition (12-23 July 2021), Berlin.  
**GCR long-term modulation — SH Review of the experimental results.**  
Conferenza internazionale.  
Talk ad invito in sessione parallela.
- COSPAR 2019, online edition (28 January-4 February 2020), Sydney.  
**The PAMELA experiment: a decade of cosmic rays investigation.**  
Conferenza internazionale.  
Talk ad invito in sessione parallela.

- XSCRC2019, Cross sections for Cosmic Rays @ CERN, (13-15 November 2019), CERN.  
**GAPS status and physics goals**  
Conferenza internazionale.  
Talk ad invito in sessione plenaria.
- EPS-HEP 2019, European Physical Society Conference on High Energy Physics 2019 (July 10-17 2019), Ghent, Belgium.  
**GAPS: Searching for Dark Matter using Antinuclei in Cosmic Rays.**  
Conferenza internazionale.  
Talk ad invito in sessione plenaria.
- WIN2019, Weak interactions and Neutrinos 2019 (3-8 June 2019), Bari.  
**GAPS: Searching for Dark Matter using Antinuclei in Cosmic Rays**  
Conferenza internazionale.  
Talk ad invito in sessione plenaria.
- 2nd Antideuteron workshop (27-29 March 2019), UCLA, Los Angeles, United States.  
**Solar modulation of cosmic rays with the PAMELA experiment: an important study for indirect dark matter detection**  
Workshop internazionale.  
Talk ad invito in sessione plenaria.
- 14th International Workshop Dark Side Of the Universe (25-29 June 2018), Annecy, France.  
**PAMELA experiment: cosmic rays deep inside the heliosphere.**  
Workshop internazionale.  
Talk ad invito in sessione plenaria.
- Mondello Workshop 2018 (28 May - 2 June 2018), Palermo, Italy.  
**Ten years of PAMELA in space.**  
Workshop internazionale.  
Talk ad invito in sessione plenaria.
- Solar Energetic Particles, Solar Modulation and Space Radiation (24-27 April 2017), Arlington, Virginia, USA.  
**Charge-sign dependent solar modulation as observed by the PAMELA experiment.**  
Workshop internazionale.  
Talk ad invito in sessione plenaria.
- RICAP (2016) ( Roma International Conference on Astroparticle Physics ) , Roma, 21/06/2016 - 24/06/2016. Talk ad invito in sessione plenaria: *The PAMELA Experiment: A decade of Cosmic Rays Investigation Roma*
- ICRC (international cosmic rays physics) L'Aia, 29/07/2015 - 07/08/2015. *Solar modulation of galactic cosmic ray protons electrons and positrons over the 23th solar minimum with the PAMELA experiment;*



**Curriculum Vitae**  
**di**  
Elena Vannuccini

### **Contratti e incarichi di ricerca.**

- **Dal 1 novembre 2001 al 31 ottobre 2005:** titolare di un assegno di ricerca bandito dall'Università degli Studi di Firenze. Programma: Sviluppo di software di acquisizione ed analisi per l'esperimento PAMELA.

Principali attività svolte:

- programmazione dei DSP (Digital Signal Processor) per l'acquisizione, la calibrazione e la compressione in tempo reale dei dati del sistema tracciante per l'esperimento PAMELA;
  - sviluppo del software di ricostruzione off-line degli eventi, nello specifico, contributo alla progettazione dell'architettura generale e implementazione degli algoritmi per la ricostruzione delle traiettorie misurate dallo spettrometro magnetico.
- **Dal 22 dicembre 2005 al 3 maggio 2009:** dipendente INFN con profilo di Ricercatore di III livello professionale, in servizio presso la Sezione di Firenze, assunta con contratto a tempo determinato in esito alla partecipazione ad una selezione nazionale (bando nn.2N/R3/ASTR).

Principali attività svolte:

- partecipazione al collaudo dell'esperimento PAMELA e sviluppo del codice per il monitoraggio del sistema tracciante;
  - calibrazione e ottimizzazione dell'algoritmo di ricostruzione dei punti di incidenza sui sensori di silicio e studi per l'allineamento del sistema tracciante;
  - analisi dei primi dati scientifici dell'esperimento PAMELA, finalizzata alla misura della componente galattica di antiprotoni;
  - studi di identificazione degli sciami elettromagnetici nel fondo di sciami adronici nell'ambito dell'esperimento spaziale CALET, basato su di un calorimetro omogeneo a cristalli di PWO.
- **Dal 4 maggio 2009:** dipendente INFN con profilo di Ricercatore di III livello professionale, in servizio presso la Sezione di Firenze, assunta con contratto a tempo indeterminato in esito alla partecipazione alla procedura selettiva (bando nn. 12560/2008) per la trasformazione a tempo indeterminato del precedente contratto a tempo determinato.

Principali attività svolte:

- proseguimento dell'attività di analisi dati per l'esperimento PAMELA, in particolare finalizzata alla misura del flusso assoluto della componente nucleare (protoni, elio, boro e carbonio);
- studi per la progettazione e l'ottimizzazione di un calorimetro di grande accettazione, di nuova concezione, per la misura della componente nucleare dei raggi cosmici di alta energia, inizialmente nell'ambito del progetto GAMMA400 e successivamente come progetto di r&d indipendente (CaloCube) finanziato dalla CSN5;
- analisi dei dati acquisiti durante i vari test su fascio del prototipo di CaloCube, composto da elementi cubici di CsI(Tl);
- studi per la progettazione e l'ottimizzazione del calorimetro a cristalli cubici di LYSO per l'esperimento spaziale HERD;
- sviluppo del software di ricostruzione off-line degli eventi per l'esperimento su pallone atmosferico GAPS; nello specifico, contributo alla progettazione dell'architettura generale e implementazione degli algoritmi per la ricostruzione degli eventi di annichilazione di antinuclei;
- attività legate alla CSN2, in qualità di coordinatrice di gruppo 2 presso la Sezione INFN di Firenze.

## **Riconoscimenti**

- Dal 04/04/2017 , in possesso dell'Abilitazione Scientifica Nazionale per il Settore Concorsuale 02/A1 - II Fascia

## Ruoli ricoperti in ambito INFN

- Il 15/01/2016, eletta **coordinatrice della linea scientifica 2** per la Sezione di Firenze, attualmente confermata per il secondo mandato.  
Incarichi svolti nell'ambito di questo ruolo:
  - Membro della Commissione Esaminatrice per il Premio Nazionale Bruno Rossi, nel 2017
  - Revisore interno degli esperimenti AMS02 e CTA (precedentemente revisore esterno della sigla CTA-RD) in seno alla CSN2
- Incarichi di responsabile locale di esperimento per la Sezione di Firenze:
  - Dal 2018 : responsabile dell'esperimento **GAPS**
  - Dal 2012 al 2016: responsabile dell'esperimento **GAMMA-400-RD** e successivamente **GAMMA-400**
- Dal 15/05/2019, nominata membro della commissione assegni di ricerca INFN della sezione di Firenze, per due anni.

## Ruoli ricoperti in altri ambiti

- Nominata membro del Collegio Docenti del Dottorato di Ricerca in Fisica e Astronomia a partire dall'anno accademico 2019/2020 (Ciclo XXXV).
- A partire dal 2018, nominata responsabile del gruppo di lavoro di **simulazione e analisi per l'esperimento GAPS**, nell'ambito del progetto ASI-INFN F16C18000430005 per la "Partecipazione italiana al GAPS - General AntiParticle Spectrometer", il cui finanziamento è stato approvato per 36 mesi in base all'accordo n. 2018-28-HH.O.  
GAPS è un esperimento a conduzione americana, al quale collaborano vari istituti giapponesi, oltre a l'INFN, l'ASI e alcune Università italiane. In particolare, è responsabilità del gruppo italiano, tra altre cose, lo sviluppo del codice di ricostruzione degli eventi. Il mio ruolo è quello di coordinare i collaboratori italiani nello svolgimento di questo incarico e di altre attività condivise, come la progettazione dell'architettura generale del codice di ricostruzione e lo studio dei criteri di identificazione delle antiparticelle.
- Dal 2016 al 2018, nominata responsabile del gruppo di lavoro sui **raggi cosmici galattici per l'esperimento PAMELA** nell'ambito del progetto ASI-INFN F12I16000040005, relativo al "Programma PAMELA - attività scientifica di analisi dati in fase E", della durata di 24 mesi, in base all'accordo n.2016-1-H.O stipulato nell'ambito della Convenzione n.C/011/11/0. Nell'ambito di questo gruppo di lavoro rientrava lo studio dei flussi assoluti su tutto l'intervallo energetico, al netto degli effetti di modulazione solare e dei periodi interessati da eventi di natura eliosferica. Il mio ruolo è stato quello di seguire le analisi ancora in corso, in particolare gli studi sul flusso assoluto delle componenti primarie con il campione aggiornato di dati disponibili e lo studio delle componenti isotopiche dei nuclei leggeri.

## Altri incarichi

- Nel 2019, revisore per la rivista Advances in Space Research.
- Conveener della sessione "Particle Astrophysics with multimessengers per la conferenza TeV Particle Astrophysics", tenutasi a Stanford dal 13 al 17 luglio 2009.
- Membro del Comitato Organizzatore Locale del "19th European Cosmic Ray Symposium", tenutosi a Firenze dal 30 agosto al 3 settembre del 2004; nell'ambito della stessa iniziativa,

membro del Comitato Editoriale degli atti del Simposio, pubblicati su International Journal of Modern Physics A (World Scientific)

## Attività scientifica

### Titoli di studio

- Maturità Scientifica, conseguita al termine dell'anno scolastico 1991/1992 presso il Liceo Scientifico Statale Francesco Redi di Arezzo con la votazione di 60/60.
- Laurea in Fisica (indirizzo sub-nucleare sperimentale), conseguita nell'A.A.1997/1998 presso l'Università degli studi di Firenze con la votazione di 110/110. Titolo della tesi (in italiano): Prototipo del sistema tracciante per l'esperimento PAMELA su satellite: *Ottimizzazione del sistema e sue prestazioni* Relatore: Prof. Piero Spillantini.
- Dottorato di ricerca in Fisica (Ciclo XIV), conseguito nell'A.A. 2000/2001 presso l'Università degli Studi di Firenze. Titolo della tesi (in inglese): *Study of the deuterium spectrum in cosmic rays with the CAPRICE98 experiment* Relatori: Dott. Paolo Papini e Dott. Mirko Boezio.

La mia formazione professionale è iniziata nell'ambito della collaborazione Wizard, che a partire dagli anni '80 si è occupata di osservazione diretta dei raggi cosmici mediante esperimenti collocati su palloni aerostatici e su satellite, con l'obiettivo specifico di studiare la componente di antimateria. Sono entrata a far parte della collaborazione alla fine del 1997, anno in cui ho iniziato il lavoro di tesi presso l'Università degli Studi di Firenze. In quel periodo il gruppo era impegnato nella realizzazione di prototipi di rivelatori a microstrip di silicio per il sistema tracciante dello spettrometro di Wizard/PAMELA.

Alla fine del 1998 ho iniziato il dottorato di ricerca presso il Dipartimento di Fisica di Firenze. Durante questo periodo mi sono inserita nell'esperimento su pallone Wizard/CAPRICE98, occupandomi della misura della componente di deuterio nei raggi cosmici, che ha fornito il primo risultato sull'abbondanza a 20 GeV/n di energia. Ho inoltre aderito all'esperimento Wizard/NINA, prima missione spaziale della collaborazione Wizard, consistente in un piccolo telescopio al silicio per la misura dell'abbondanza isotopica degli elementi leggeri a bassa energia.

A partire dalla fine del 2001, per quattro anni, sono stata beneficiaria di un assegno di ricerca erogato dall'Università degli Studi di Firenze, il cui programma era lo sviluppo di software per l'esperimento PAMELA. Nell'ambito di tale incarico di ricerca ho lavorato alla realizzazione del sistema di acquisizione del sistema tracciante, occupandomi della programmazione dei DSP (Digital Signal Processor), utilizzati per l'elaborazione e la compressione in tempo reale dei dati, e collaborando alla definizione delle procedure di controllo del rivelatore implementate nel software della CPU. Ho inoltre contribuito significativamente alla definizione dell'architettura generale del software di ricostruzione off-line degli eventi e sviluppato la parte di codice relativa alla ricostruzione delle traiettorie misurate dallo spettrometro magnetico.

Nel dicembre 2005 sono stata assunta come ricercatrice presso la sezione INFN di Firenze, con l'incarico specifico di svolgere attività di ricerca nell'ambito dell'esperimento PAMELA. L'esperimento è stato lanciato a bordo del satellite russo Resurs-DK1 nel giugno del 2006. Durante i primi mesi dopo il lancio ho seguito la fase di collaudo presso la stazione ricevente, situata presso il Research Centre for Earth Operative Monitoring (NtsOMZ) di Mosca, sviluppando il software di monitoraggio del sistema tracciante.

Terminata la fase di collaudo, mi sono occupata della calibrazione dello spettrometro magnetico, che era responsabilità del gruppo di Firenze. Aspetti essenziali per la calibrazione dello spettrometro, da cui dipendevano in maniera critica gli obiettivi scientifici dell'esperimento, sono stati l'algoritmo di ricostruzione dei punti di incidenza sui sensori di silicio e l'allineamento del sistema tracciante. La tipologia dei sensori utilizzati ha richiesto l'applicazione di sofisticati algoritmi di ricostruzioni delle coordinate; questo aspetto è stato investigato approfonditamente nel corso degli anni e mi ha visto coinvolta attivamente, a partire dal mio lavoro di tesi nel 1998, sia mediante

simulazioni che prove su fascio di prototipi, fino all'implementazione degli algoritmi nel software di volo e la relativa calibrazione (risultati finali presentati a VERTEX2007). La procedura di allineamento è stata effettuata in volo utilizzando sia protoni, per correggere il disallineamento relativo tra i vari sensori, che elettroni e positroni, la cui energia può essere misurata indipendentemente con il calorimetro e la cui carica elettrica opposta permette di valutare il disallineamento residuo dei piani traccianti. Ho partecipato attivamente al gruppo di lavoro, occupandomi, attraverso il tutoraggio di un lavoro di dottorato, dell'ottimizzazione della misura di energia di elettroni e positroni con il calorimetro elettromagnetico e della stima dell'errore sistematico dello spettrometro magnetico. Terminata la fase di calibrazione dello strumento, è iniziata la fase di analisi dei dati scientifici dell'esperimento. Il gruppo di Firenze ha assunto l'incarico di coordinare le misure più strettamente legate alle prestazioni dello spettrometro magnetico. In questo contesto mi sono occupata della misura della componente di antiprotoni di origine galattica, lavoro che ha portato alla prima pubblicazione scientifica dell'esperimento. Successivamente sono stata parte attiva del gruppo di lavoro sul flusso assoluto di protoni ed elio ad alta energia, che ha portato alla prima evidenza sperimentale di un indurimento dello spettro delle due specie nucleari a circa 200 GV. Lavori successivi che mi hanno vista direttamente coinvolta sono la misura della variazione temporale del flusso di protoni durante il minimo di attività solare, la misura delle abbondanze di boro e carbonio. Ho inoltre contribuito alla stesura dei due report sui risultati scientifici, pubblicati nel 2014 e nel 2017, occupandomi della parte relativa alla componente nucleare galattica.

A partire dal 2005 ho iniziato ad occuparmi di misure calorimetriche di raggi cosmici di alta energia nello spazio, aderendo insieme ai colleghi fiorentini all'esperimento CALET, dotato di un calorimetro omogeneo a cristalli di PWO molto profondo, ottimizzato per la misura dello spettro inclusivo di elettroni e positroni oltre il TeV di energia. CALET è attualmente in fase di presa dati a bordo della ISS. Nell'ambito di questa attività ho partecipato allo studio delle problematiche legate all'identificazione degli sciami elettromagnetici nel fondo di sciami adronici, che costituiscono la componente dominante degli eventi acquisiti, e alla simulazione della risposta dello strumento, che è indispensabile per la ricostruzione degli eventi e la determinazione dell'efficienza dell'apparato, ma dipende fortemente dai modelli adronici utilizzati. Questi studi hanno contribuito alla misura del flusso di elettroni e positroni fino a 5 TeV.

Nel 2011 alcuni gruppi della collaborazione Wizard, tra cui quello di Firenze, sono stati coinvolti nell'esperimento GAMMA400, dotato di un calorimetro omogeneo di CsI(Tl) e ideato per la misura di raggi gamma di alta energia a bordo di un satellite russo. L'idea dei gruppi italiani era quella di estendere le potenzialità dell'esperimento con l'introduzione di un calorimetro di nuova concezione in grado di misurare l'energia dei protoni fino al PeV. Nell'ambito di questa collaborazione mi sono occupata degli studi preliminari di ottimizzazione dell'apparato, che hanno portato alla definizione del disegno di base, ovvero una matrice tridimensionale di cristalli cubici di CsI(Tl), di lato 3.6 cm, letti da fotodiodi. Il progetto è stato finanziato dalla CSN2 a partire dal 2012 e ne sono stata responsabile locale presso la Sezione di Firenze.

Le dimensioni e il peso a disposizione del rivelatore per la missione GAMMA400 sono state successivamente ridotte, rendendo impraticabile la misura di particelle cariche. Il disegno proposto per il calorimetro è stato tuttavia finanziato a partire dal 2014 come progetto di r&d indipendente, nell'ambito della CSN5, sotto la sigla CaloCube, arricchendosi di ulteriori linee di sviluppo, quali il possibile utilizzo di tecniche di doppia lettura e lo studio comparato di diversi cristalli scintillanti. In questo contesto, ho partecipato attivamente allo sviluppo del prototipo di CsI(Tl) e ai lavori di caratterizzazione dei materiali scintillanti, coordinando l'analisi dati dei test su fascio, supervisionando alcuni lavori di tesi e presentando i risultati a conferenza (VCI2016).

La tipologia di calorimetro proposta dal progetto CaloCube è stata adottata da HERD, esperimento destinato alla stazione spaziale cinese e dedicato alla misura congiunta di raggi cosmici e gamma di

alta energia. L'esperimento, che prevede l'utilizzo di un calorimetro a cristalli di LYSO letti tramite fibre ottiche accoppiate a sensori CCD, ha passato nel 2018 la revisione finale ed è stato ufficialmente approvato come missione scientifica nell'ambito del programma spaziale cinese. Numerosi gruppi italiani hanno aderito al progetto, tra cui la sezione di Firenze, che collabora con i colleghi cinesi nella progettazione e realizzazione del calorimetro. In particolare, la proposta del gruppo fiorentino è quella di dotare il sistema di un doppio sistema di lettura, che comprenda anche i fotodiodi, con l'obiettivo di consentire un'accurata calibrazione dello strumento, che consenta di ridurre gli errori sistematici che attualmente limitano le misure calorimetriche nello spazio.

A partire dal 2017 sono stata coinvolta nell'esperimento su pallone GAPS, dedicato alla ricerca di antideuterio nei raggi cosmici a bassa energia, mediante l'identificazione della stella di particelle prodotta nel processo di annichilazione. La missione prevede tre voli di lunga durata dalla base NASA di McMurdo, in Antartide, dei quali il primo è attualmente pianificato per il 2022. Il mio ruolo è quello di coordinare l'attività di simulazione e analisi del gruppo italiano, che è responsabile, tra altre cose, dello sviluppo del codice di ricostruzione degli eventi. L'attività è incentrata sullo sviluppo di algoritmi di tracciamento e identificazione del vertice di annichilazione, con l'obiettivo di raggiungere il fattore di discriminazione richiesto per l'identificazione dell'antideuterio nel fondo di antiprotoni.

Durante tutto il corso della mia carriera mi sono anche dedicata in varie occasioni alla divulgazione scientifica, sul tema dei raggi cosmici, aderendo a iniziative sia di carattere locale che nazionale/internazionale. In particolare, dal 2018 sono responsabile locale dell'iniziativa INFN/OCRA; nell'ambito di tale iniziativa, ho organizzato la partecipazione della sezione all'International Cosmic Day (ICD) 2019, guidando un gruppo di studenti liceali nella misura del flusso di muoni in funzione dell'angolo di zenith e nella successiva presentazione dei risultati in collegamento con studenti di altre scuole europee.