

FORMATO EUROPEO  
PER IL CURRICULUM  
VITAE



INFORMAZIONI PERSONALI

Nome	IACOPINI ENRICO
Indirizzo	VIA DELLE CASSETTE, 16 56019 ASCIANO PISANO
Telefono	050 855238
Fax	
E-mail	enrico.iacopini@unifi.it
Nazionalità	italiana
Data di nascita	3 Settembre 1948

ESPERIENZA LAVORATIVA

• Date (da – a)

E' attualmente Professore Ordinario di Fisica Nucleare e Subnucleare presso il Dipartimento di Fisica e Astronomia dell'Università di Firenze, avendo preso servizio in questa qualifica il 1 novembre 2001.

In questo tempo ha tenuto insieme, nell'ambito del Corso di Laurea in Fisica, sia il Corso di Fisica Nucleare e Subnucleare come quello di Fisica Subnucleare. Come attività di ricerca, ha coordinato il gruppo di Firenze che, nell'ambito della Collaborazione NA48 del CERN di Ginevra, si occupava della misura della violazione diretta di CP nei decadimenti in due pioni dei K neutri. Si è occupato inoltre della misura dell'asimmetria di carica nei decadimenti  $Ke3$  e  $K\mu3$  e quindi della fattibilità di un esperimento che, facendo uso dell'apparato di NA48, potesse osservare la violazione diretta di CP nei decadimenti dei K carichi in tre pioni, studi che hanno condotto poi alla realizzazione dell'esperimento NA48/2.

Dal 2000 è stato, fino al maggio 2013, prima Responsabile Nazionale per l'INFN di NA48, quindi di NA48/1 (decadimenti rari del Kshort) e di NA48/2 (violazione di CP nel decadimento a tre pioni carichi) e infine dell'esperimento NA62, che, dopo una prima fase di misura del rapporto dei BR dei decadimenti del  $K^+$  in positrone-neutrino e muone-neutrino, ha terminato la fase costruttiva e sta iniziando la presa dati per misurare il BR del decadimento ultrararo del  $K^+$  in  $\pi^+ \nu$ -nubar.

Dal 1 novembre 1992 è Professore Associato di Fisica Generale presso il Dipartimento di Fisica dell'Università di Firenze.

Insegna per due anni Esperimentazioni di Fisica 2 nel Corso di Laurea in Fisica e quindi Fisica 2 nel Corso di Laurea in Geologia.

Come ricerca, si occupa di Fisica del neutrino (oscillazioni) ed è responsabile locale dell'esperimento WA96 del CERN dal '92 al '98, quando, essendosi questa attività ormai conclusa, entra in NA48.

Dal 5 gennaio 1983 al 31 ottobre 1992 è Ricercatore confermato dapprima presso il Dipartimento di Fisica dell'Università di Pisa e poi presso la Scuola Normale Superiore.

La sua attività di ricerca in questo periodo si svolge nell'ambito dell'esperimento UA2 del CERN, che scoprirà, insieme a UA1, i bosoni intermedi W e Z0, e coordina un esperimento sulla verifica del principio di equivalenza debole (universalità dell'accelerazione di gravità).

Dal 1 luglio 1977 è prima fellow e poi staff member del CERN di Ginevra, dove lavora nel gruppo del prof. E Zavattini alla preparazione di un esperimento sulla verifica delle non linearità delle equazioni di Maxwell. In questo periodo, con il prof. E. Picasso e il Prof. L.A. Radicati studia anche un metodo di osservazione delle onde gravitazionali basato sulla birifrangenza indotta.

## ISTRUZIONE E FORMAZIONE

- Date (da - a)

STUDENTE PRESSO L'ISTITUTO DI FISICA DELL'UNIVERSITÀ DI PISA DAL 5 NOVEMBRE 1966 AL 15 GIUGNO 1971

LAUREA IN FISICA IL 15 GIUGNO 1971 CON VOTI 110 SU 110 E LODE.

PERFEZIONANDO PRESSO LA SCUOLA NORMALE SUPERIORE DI PISA DAL NOVEMBRE 1971 FINO AL 30 APRILE 1974.

MADRELINGUA

ITALIANA

ALTRE LINGUE

- Capacità di lettura
- Capacità di scrittura
- Capacità di espressione orale

**Francese**  
ECCELLENTE  
BUONO  
BUONO

- Capacità di lettura
- Capacità di scrittura
- Capacità di espressione orale

**Inglese**  
BUONO  
BUONO  
BUONO

## COMPETENZE

*Ad es. coordinamento e amministrazione di persone, progetti, bilanci: sul posto di lavoro, in attività di volontariato (ad es. cultura e sport), a casa, ecc.*

Direttore dal 2002 al 2008 della Sezione INFN di Firenze;  
Dal 2005 è uno dei tre membri INFN del Council di EGO (European Gravitational Observatory).  
Nel 2009 è stato nella rosa dei tre candidati a membro di Giunta INFN.  
Dal 2010 è Direttore del Dipartimento di Fisica e Astronomia dell'Università di Firenze.  
Nel 2011 è stato Chairman del Search Committee per il Direttore dei LNF.  
Nel 2011 è stato invitato dal Comitato Nobel a proporre candidature.  
Dal 2011 è il membro italiano dello Scrutiny Group del CERN, che si occupa della verifica delle richieste dei M&OF (Maintenance and Operation Funds) per gli esperimenti a LHC.  
Dal ottobre 2011 è Chairman del CTS (Consiglio Tecnico Scientifico) dell'INFN.  
Referee nel 2009 per la valutazione dei progetti di ricerca "IDEA Giovani Ricercatori Università di Bari".  
Referee dal 2000 al 2002 dell'esperimento MEG (mu-e-gamma) dell'INFN;  
Referee dal 2000 al 2002 dell'esperimento OPERA dell'INFN.

AUTORE DI OLTRE 130 PUBBLICAZIONI SCIENTIFICHE SU ISI

## BREVE CV

Dal 1990 mi occupo di fisica delle particelle, delle astroparticelle e del neutrino.

La mia prima esperienza importante è stata in due esperimenti sulla fisica del charmonio al Fermilab, nel cui contesto ho scritto le tesi di laurea (1991) e dottorato (1995). In quegli anni, in larga misura passati negli USA presso il Fermilab, ho sviluppato competenze di analisi dati, simulazione, elettronica e costruzione di rivelatori. Dal 1995 al 1999 ho lavorato in BaBar (California, SLAC) per lo studio della violazione della simmetria CP nel sistema dei mesoni B.

Nel 1998 sono diventato ricercatore INFN, dedicandomi alla fisica dei neutrini solari (Borexino al Gran Sasso), a quella del neutrino (Cuore al Gran Sasso) e quella dei raggi cosmici di altissima energia (progetto EUSO con ASI e ESA).

Mi sono occupato di molti aspetti centrali di Borexino, presiedendo per 8 anni lo Steering Committee dell'esperimento. Dal 2011 al 2014 sono stato co-spokesperson.

Borexino nel 2007 ha pubblicato la prima misura in tempo reale del flusso dei neutrini solari del Be-7 ed è oggi riconosciuto come il più importante progetto di fisica nei neutrini solari in attività. Nel 2010 ha fornito la prima misura certa del flusso dei geoneutrini e la prima misura a bassa energia dei neutrini solari del B-8. Borexino ha anche pubblicato la misura di precisione al 5% dei neutrini del Be-7, la prima osservazione diretta dei neutrini p-e-p e ha migliorato la misura sui geo-neutrini. Recentemente abbiamo realizzato la prima misura in tempo reale dei neutrini pp.

Dal 2004 mi occupo anche dell'esperimento Cuore, un progetto per la ricerca del doppio decadimento beta senza neutrini e per la misura della natura del neutrino e della sua massa. Cuore cerca il decadimento del Te-130 per mezzo di rivelatori bolometrici ai LNGS. L'esperimento è oggi in costruzione e il suo funzionamento è previsto per il 2016.

Nel 2013 ho vinto un progetto ERC Adv Grant per la realizzazione di un innovativo esperimento per la ricerca di neutrini sterili con Borexino chiamato SOX.

Dal 2005 sono Prof. Ass. FIS/01 a Genova dove svolgo attività didattica in corsi di Fisica Generale e Fisica delle Astroparticelle. Nel giugno 2014 sono stato eletto Presidente della Commissione Scientifica Nazionale II dell'INFN che finanzia i progetti di fisica del neutrino, fisica underground e fisica delle astroparticelle e delle onde gravitazionali.

Ultimo aggiornamento: Gennaio 2015

# CURRICULUM VITAE OF ANGELA BRACCO

## Personal data

**Angela Bracco**  
born 24-09-1955 in Lecco (Italy).  
Present work address: Dipartimento di Fisica, Università di Milano, via  
Celoria,16, 20133 Milano, e-mail: [Angela.Bracco@mi.infn.it](mailto:Angela.Bracco@mi.infn.it)

## Education

Laurea (Master) in Physics (1979, Università degli Studi di Milano)  
Ph.D. in Physics (1983, Canada, TRIUMF laboratory at UBC and U.of.  
Manitoba)

## Current academic position

Full professor of Physics (Experimental Physics) at the University of Milano (since 2002).  
Previously assistant (from 1983) and associate (from 1998) professor in Milano.

## Teaching Activity

1983-1998 General Physics - Electromagnetism and optics  
for Physics students  
1992-1994 "Experimental techniques in gamma spectroscopy"  
Course for Graduate School  
2000-2001 General Physics - Electromagnetism and optics  
for Chemistry students  
1994-present Laboratory of gamma spectroscopy  
for Physics students  
2004-present Introductory Nuclear and Particle physics  
  
2003-present Member of the board of Graduate School in Physics  
2002-present Responsible of the second level degree with specialization in Nuclear Physics  
  
*Supervisor* for undergraduate theses for the first level degree : 20 theses  
*Supervisor* for undergraduate theses for the second level degree : 30 theses  
*Supervisor* for graduate theses (Ph.D): 12 theses  
  
Member and chair of several committees for Ph. D graduation in Milano  
and in other Universities in Italy and abroad.

## Research Topics

Most of the activity in experimental Nuclear Physics, in particular nuclear structure studied with gamma spectroscopy. Developments of detection systems for large arrays employed for gamma spectroscopy using heavy ion reactions from few MeV/A to 600 MeV/A. Research conducted at the LNL laboratory and in several laboratories abroad (see below the short description of the reaserach activity). Developments of analysis techniques to study the spectroscopy in the continuum, in particular giant resonances for nuclear structure at finite temperature.

## Experience in Managing Research Funding

- Chair of the Nuclear Physics Board of INFN (CSN3) from April 2005 to September 2011- This responsibility position implied extensive work to organize the funding of many different projects in Nuclear Physics in the Italian laboratories LNL, LNS (and partly in LNGS and LNF), at CERN, and at several foreigner laboratories such as GSI, GANIL, JLAB, and few others. The activity included also the preparation of road map and triennial plans, annual reports of the results and future planning to be presented to the international evaluation committee of INFN.
- Member of the governing board of NupNet (ERANET for Nuclear Physics financed within the FP7) and responsible of one working package -from 2008-2011. I particular I had to prepare a list of projects to be funded jointly by several funding agencies in Europe. The members of NuPNET were the

## Current Responsibilities and participation in Scientific committees of Laboratories and Institutes

- Chair of NuPECC - the nuclear Physics expert committee of the European Science Foundation from January 2012.
- MIUR (Ministry of Research and University) representative member in the *Board of directors of INFN* (from August 2011)
- Member of the Physics Expert Panel for the evaluation of the Italian Research (ANVUR agency of MIUR) from 2011 up to December 2012.
- Member of the Scientific Committee of French Institute IN2P3(CNRS Institute for Nuclear, Particle and astroparticle Physics)(2011- ) and member of the Scientific Committee of Nuclear Physics Institute at Orsay (IPNO) (2012-)
- Member of the Scientific Committee of the German Laboratory GSI (Darmstadt, Germany) (2009-) and of the Scientific Committee of the center of the Helmholtz Institute at Mainz (Germany) for Nuclear Physics (2009-)
- Member of the Scientific Committee of Nishina Center at the research institute RIKEN (Tokyo, Japan) (from 2008-2012)
- Chair of the International Scientific Committee of the project HE-ISOLDE at CERN (2011-)

## Past Responsibilities and participation in Scientific committees of Laboratories, Institutes and Funding agencies

- Member of the 'Working Group of OECD (Global Science Forum Organization for Economic Cooperation and development ) on Nuclear Physics (2006-2007)
- Member of the Scientific Committee of the laboratory GANIL (France (from 2007-2010 )
- Member of the Scientific Review International Committee of the INFN LNL and LNS laboratories (2004- March 2008)
- Member of the scientific Advisory Committee (SAC) of the ESFRI Facility SPIRAL2 (from 2003 to 2005)
- Member of the Program Advisory Committee of the Laboratory " National Accel.Center of Cape Town " (from 2000 to 2002) and Member of the Program Advisory Committee of the CNRS Laboratory IRES in Strasbourg (from 1998 to 2002).

## Evaluation activity in International Review Committees

- Member of the Review panel of the Helmholtz Programme "Physics of Hadrons and Nuclei" (GSI, February 2009)
- Member of the Review Panel of the Helmholtz Institute Mainz"Structure, Symmetry and Stability of Matter and Antimatter" (Mainz, April 2009)
- Member of an evaluation panel for the French activity P2I (Physique des deux infinis) held in April 2010.
- Evaluation panel for excellence Initiative for "Graduate Schools" for the German Research Foundation DFG (November 2011)
- Member of the Evaluator Panel **FP6**, European Commission, Capacities Evaluation of proposals in 2003, in 2004 and in 2005 for Research and Training Networks , Marie Curie fellows. Participation in several meeting in Brussels.
- Evaluation of proposals for the English "Engineering and Phys. Sciences Research Council ".
- Chair and member of several committees for selection and promotion of personnels of INFN and Italian Universities and evaluator for MIUR projects.

## Panels of Research Funding Agencies

- Member of the expert panel for Nuclear and Particle physics of the Belgian Funding Agency FWO (from 2010-)
- Member of the expert panel of Academy of Finland Centre of Excellence Programme - Nuclear and Accelerator Based Physics (October 2010- September 2012)
- Member of the committee for MICINN (Spanish ministry of Science and Innovation) for " evaluación de proyectos de investigación 2011 del Plan Nacional" ( Madrid May 2011).
- Member of the Nuclear Physics Grants Panel of the Science and Technology Facilities Council in the UK (October 2010-June 2011)

## Research collaborations

- Member of the Steering Committee of the AGATA European collaboration for nuclear spectroscopy with gamma-rays (from 2009-...)
- Member of the Steering Committee of the RISING collaboration at GSI from 2002 to 2005 (gamma spectroscopy with radioactive beams at GSI).
- Member of the Steering Committee of EUROBALL (Large European Collaboration for gamma spectroscopy) (from 1996 to 1999)
- National responsible of INFN Nuclear Physics experiments (HECTOR, PRIAMO, PARIDE from 1992-1998 dealing with the study of giant resonances) and responsible for Milano of the INFN experiments EUROBALL and AGATA (1999-2005)
- Scientific Responsible of SPES (2001-2005). In 2005 I left the responsibility because of the conflict with the chairship of the scientific committee of Nuclear Physics of INFN (CSN3).

## Stays abroad

Visitor Scientist at TRIUMF (1984); at Oak Ridge National Laboratory (in 1985 and in 1986); at the Niels Bohr Institute (Copenhagen) for several periods of 2 to 3 months from 1987 to 2005.

## Publications and presentations at international conferences

- Coauthor of more than 190 research papers on scientific journals (including 24 PRL+23 PLB) plus approximately 120 papers on proceeding volumes (many in special volumes of scientific journals), (2300 citations and h factor 31).
- Presentation of 65 invited talks at international conferences and workshops and 25 seminars at Universities or Laboratories
- Author (with two other colleagues) of a book "GiantResonances: Nuclear structure at finite temperature" belonging to the series "Contemporary Concepts in Physics"
- *Member of the editorial board* of the international scientific journal Nuclear Physics A (Elsevier)
- Editor for 4 volumes Conference Proceedings one volume being lectures of the Enrico- Fermi School of the Italian Physical Society in Varenna
- Referee of several papers in scientific journals
- Contributor to more general magazines such as Nuclear Physics News, Asimmetrie of INFN, Notiziario Università di Milano. Member of scientific committee of Energy-Lab in Lombardia.

## Activity for Conferences and workshops

- She has organized 4 international conferences plus one Enrico Fermi School in 2010 (Varenna) She has also organized meetings for the EU-Eranet NuPNET project and other collaboration meetings.
- She has been member of the International Advisory Committees of several (25) International Conferences.
- Chair of the Program Committee of the international Nuclear Physics Conference INPC2013



## Research Activity

The research activity starting from 1985 is in experimental nuclear physics with focus in the field of Nuclear Structure and reaction dynamics. Before, and in particular during the PH.D work, research was made to study the nucleon force and the nucleon few-body problem with reactions induced by intermediate energy protons (at the laboratory TRIUMF, Vancouver Canada).

Most of the experimental work of her research activity was made employing heavy ions reactions and gamma spectroscopy. In this connection her research was and is being carried out as a member of several European collaborations around large detector arrays for gamma-ray spectroscopy. The most recent collaboration is AGATA, an array for gamma-ray spectroscopy based on a novel tracking technique. The first phase of the AGATA array, called demonstrator, has been realized and pilot experiments carried out in the last two years in LNL.

In the past years she was member of the international collaborations NORBALL and HECTOR (Niels Bohr Institute, Copenhagen) and GASP (LNL-INFN, Legnaro-Padova) and of the much larger European collaboration EUROBALL (operating during 1996-2002 at LNL-INFN and Strasbourg)

After 2002, using a large fraction of the EUROBALL equipment, two new experimental set ups were constructed, RISING(GSI) and PRISMA-CLARA (at LNL). The RISING collaboration has conducted very new studies of unstable nuclei with radioactive beams at the laboratory GSI (Darmstadt-Germany).

As far as experiments with these arrays are concerned, personal contributions of some relevance were given for the study of the properties of collective nuclear excitations at the extreme conditions of thermal excitation, angular momentum and isospin. Interesting results concerning the understanding of nuclear structure at finite temperature were obtained and these were based on experiments with set-ups including above large arrays plus detectors for high energy gamma-rays, developed and constructed with my group in Milano. In particular, in the EUROBALL campaign a number of experiments dedicated to the study of the gamma decay of the giant dipole resonances were performed under the Milano responsibility in which the scintillator detectors were added in the set up. Among the latest investigations of the damping mechanisms and isospin mixing in the giant dipole resonance there are the experiments performed at LNL using the our HECTOR set up combined with the GARFIELD array for the detection of charged particles.

Presently within the AGATA international collaboration, she is committed in the realization of new ancillary detectors to study the nuclear degrees of freedom identified with high-energy gamma-ray emission. These studies are relevant to understand an important aspect of the structure of nuclei, namely the response for high frequency small amplitude vibrations in the region around the nuclear binding energy, but also have relevance in the description of the nucleosynthesis of elements from super-novae explosion.

During the year additional experimental work, still in the field of nuclear structure with gamma spectroscopy, was made at ANL(Chicago,USA) with the array Gammasphere and GANIL(Caen, France) with the array EXOGAM.

With all these activities the group of Milano, that I have been coordinating for the last 25 years, has gained a well recognized expertise in the field of nuclear structure at finite temperature through the development of experimental and analysis techniques to study continuum spectra emitted from nuclear rotations and vibrations. The experimental activity planned for the future concerns collective modes in nuclei far from stability which are mostly created using radioactive beams.

In this research field she supervised the activity of 9 post-doctoral fellows.

A good fraction of the master and Ph.D supervised students, with research projects within the above collaboration, have now positions at the University of Milano, at INFN and in foreigner research institutions, or managerial research positions in companies.

The responsibilities in the managing of these international collaborations are mostly related to the activities as member of the Steering Committees.

The construction phases of the complex detector arrays mentioned above required strong relations and common developments with companies constructing detectors, mechanics, electronics and computers.

## Annexes

Short List of selected Publications (below).  
Full list of Publications is given in a separate file.



## Selected publications of Angela Bracco

- 1) "The Pygmy Dipole Resonance in  $^{68}\text{Ni}$  and the neutron skin", O. Wieland and A. Bracco, Progress in Particle and Nuclear Physics Vol. 66(2011)374
- 2) "Constraints on the symmetry energy and neutron skins from pygmy resonances in  $^{68}\text{Ni}$  and  $^{132}\text{Sn}$ " A. Carbone, G. Colo, A. Bracco, L. Cao, P. F. Bortignon, F. Camera and O. Wieland, Phys. Rev. C 81 (2010) 041301(R)
- 3) "Probing the nature of particle-core couplings in  $^{49}\text{Ca}$  with  $\gamma$  spectroscopy and heavy-ion transfer reactions", D. Montanari, S. Leoni, D. Mengoni, G. Benzoni, N. Blasi, G. Bocchi, P.F. Bortignon, A. Bracco, F. Camera, G. Colo, A. Corsi, F.C.L. Crespi, B. Million, R. Nicolini, O. Wieland, J.J. Valiente-Dobon, L. Corradi, G. de Angelis, F. Della Vedova, E. Fioretto, A. Gadea, D.R. Napoli, R. Orlandi, F. Recchia, E. Sahin, R. Silvestri, A.M. Stefanini, R.P. Singh, S. Szilner, D. Bazzacco, E. Farnea, R. Menegazzo, A. Gottardo, S.M. Lenzi, S. Lunardi, G. Montagnoli, F. Scarlassara, C. Ur, G. Lo Bianco, A. Zucchiatti, M. Kmiecik, A. Maj, W. Meczynski, A. Dewald, Th. Pissulla, G. Pollarolo, Phys. Lett. B 697, 288 (2011)
- 4) "Search for the Pygmy Dipole Resonance in  $^{68}\text{Ni}$  at 600 MeV/nucleon", Wieland, O; Bracco, A; Camera, F; Benzoni, G; Blasi, N; Brambilla, S; Crespi, F.C.L.; Leoni, S; Million, B; Nicolini, R; Maj, A; Bednarczyk, P; Grebosz, J; Kmiecik, M; Meczynski, W; Styczen, J; Aumann, T; Banu, A; Beck, T; Becker, F; Caceres, L; Doornenbal, P; Emling, H; Gerl, J; Geissel, H; Gorska, M; Kavatsyuk, O; Kavatsyuk, M; Kojouharov, I; Kurz, N; Lozeva, R; Saito, N; Saito, T; Schaffner, H; Wollersheim, H.J; Jolie, J; Reiter, P; Warr, N; deAngelis, G; Gadea, A; Napoli, D; Lenzi, S; Lunardi, S; Balabanski, D; LoBianco, G; Petrache, C; Saltarelli, A; Castoldi, M; Zucchiatti, A; Walker, J; Burger, A, PHYS REV LETT(2009)51
- 5) "Probing the order-to-chaos region in superdeformed  $\text{Tb-151}$  and  $\text{Pb-196}$  nuclei with continuum gamma transitions", Leoni S, Benzoni G, Blasi N, Bracco A, Brambilla S, Camera F, Corsi A, Crespi F.C.L, Mason P, Million B, Montanari D, Pignanelli M, Vigezzi E, Wieland O, Matsuo M, Shimizu YR, Curien D, Duchene G, Robin J, Bednarczyk P, Castoldi M, Herskind B, Kmiecik M, Maj A, Meczynski W, Styczen J, Zieblinski M, Zuber K, Zucchiatti A, PHYSICAL REVIEW LETTERS 101( 14): - 142502 (2008)
- 6) "Giant dipole resonance in the hot and thermalized  $\text{Ce-132}$  nucleus: Damping of collective modes at finite temperature " Wieland O, Bracco A, Camera F, Benzoni G, Blasi N, Brambilla S, Crespi F, Giussani A, Leoni S, Mason P, Million B, Moroni A, Barlini S, Kravchuk VL, Gramegna F, Lanchais A, Mastinu P, Maj A, Brekiesz M, Kmiecik M, Bruno M, Geraci E, Casini G, Chiari M, Nannini A, Ordine A, Ormand E, PHYSICAL REVIEW LETTERS 97( 1): - 012501 JUL 7 2006
- 7) "Is the  $K$  quantum number conserved in the order-to-chaos transition region ?" G. Benzoni, A. Bracco, S. Leoni, N. Blasi, F. Camera, C. Grassi, B. Million, A. Paleni, M. Pignanelli, E. Vigezzi, O. Wieland, M. Matsuo, T. Døssing, B. Herskind, G.B. Hagemann, J. Wilson, A. Maj, M. Kmiecik, G. Lo Bianco, C. M. Petrache, M. Castoldi, A. Zucchiatti, G. De Angelis, D. Napoli, P. Bednarczyk, D. Curien, Phys. Lett. B.615(2005)160.
- 8) "Radiative fusion from very symmetric reactions: the giant dipole resonance in the  $^{197}\text{Au}$  nucleus" F.. Camera, A. Bracco, V. Nanal, M.P. Carpenter, F. Della Vedova, S. Leoni, B. Million, S. Mantovani, M. Pignanelli, O. Wieland, B.B. Back, A.M. Heinz, R.V.F. Janssens, D. Jenkins, T.L. Khoo, F.G. Kondev, T. Lauritsen, C.J. Lister, B. McClintock, S. Mitsuoka, E.F. Moore, D. Seweryniak, R.H. Siemssen, R.J. Van Swol, D. Hofman, M. Thoennessen, K. Eisenman, P. Heckman, J. Seitz, R. Varner, M. Halbert, I. Dioszegi, A. Lopez-Martens, Phys. Lett. B560 (2003)155.
- 9) "Effect of  $E1$  decay in the population of superdeformed structures"- G. Benzoni, A. Bracco, F. Camera, S. Leoni, B. Million, A. Maj, A. Algora, A. Axelsson, M. Bergstrom, N. Blasi, M. Castoldi, S. Frattini, A. Gadea, B. Herskind, M. Kmiecik, G. Lo Bianco, J. Nyberg, M. Pignanelli, J. Styczen, O. Wieland, M. Zieblinski, A. Zucchiatti, Phys. Lett. B540 (2002)199.
- 10) "Quantum tunneling of the excited rotational bands in the superdeformed nucleus  $^{143}\text{Eu}$ " S. Leoni, A. Bracco, F. Camera, B. Million, A. Algora, A. Axelsson, G. Benzoni, M. Bergstrom, N. Blasi, M. Castoldi, S. Frattini, A. Gadea, B. Herskind, M. Kmiecik, G. Lo Bianco, A. Maj, J. Nyberg, M. Pignanelli, J. Styczen, E. Vigezzi, M. Zieblinski, A. Zucchiatti. Phys. Lett. B498(2001)137.
- 11) "Fission hindrance in  $^{200}\text{Pb}$  measured from giant dipole resonance  $\gamma$ -ray emission" I. Dioszegi, N.P. Shaw, A. Bracco, F. Camera, S. Tettoni, M. Mattiuzzi and P. Paul, Phys. Rev. C63(2000)014611.
- 12) "The rotational gamma-continuum in the mass region  $A 110$ ", A. Bracco, S. Frattini, S. Leoni, F. Camera, B. Million, N. Blasi, G. Falconi, G. LoBianco, M. Pignanelli, E. Vigezzi, B. Herskind, M. Bergstrom, P. Varmette, S. Tormanen, A. Maj, M. Kmiecik, D.R. Napoli and M. Matsuo, Nucl. Phys. A673(2000)64.
- 13) "Measurement of 15 MeV ( $\gamma$ -rays with Ge cluster detectors of EUROBALL " B. Million, A. Bracco, F. Camera, S. Brambilla, A. Gadea, D. Giugni, B. Herskind, M. Kmiecik, R. Isocrate, S. Leoni, A. Maj, F. Preiz and O. Wieland Nucl. Inst. Meth. A452(2000)422
- 14) "Unresolved gamma-rays in  $^{114}\text{Te}$ : mass dependence of rotational damping " S. Frattini, A. Bracco, S. Leoni, F. Camera, B. Million, N. Blasi, G. LoBianco, M. Pignanelli, E. Vigezzi, B. Herskind, T. Døssing, M. Bergstrom, P. Varmette and S. Tormanen, A. Maj, M. Kmiecik, D.R. Napoli and M. Matsuo Phys. Rev. Lett. 83 (1999) 5234.
- 15) Nuclear Structure at Finite Temperature P.F. Bortignon, A. Bracco and R.A. Broglia, Harwood Academic Publishers, Amsterdam (1998), volume della collana Contemporary Concepts in Physics.
- 16) "The Rotational Quadrupole Moment of Thermally Excited High Spin States in  $^{164}\text{Yb}$ ", S. Frattini, A. Bracco, S. Leoni, P. Bosetti, B. Herskind, T. Døssing, M. Bergstrom, G.B. Hagemann, H. Ryde, J.P. Vivien, A. Bagshaw, D. Smalley and A.G. Smith, Phys. Rev. Lett. 81(1998)2659.
- 17) "Angular momentum dependence of the GDR width in  $\text{Sn}$  nuclei at fixed excitation energy" M. Mattiuzzi, A. Bracco, F. Camera, W.E. Ormand, J.J. Gaardhoje, A. Maj, B. Million, M. Pignanelli and T.S. Tveter, Nucl. Phys. A612 (1997)262.

- 18) " Possible Conservation of the K-Quantum Number in Excited Rotating Nuclei" P. Bosetti, S. Leoni, A. Bracco, B. Herskind, T. Dossing, G.B. Hagemann, R. Bark, A. Brockstedt, P. Ekstrom, H. Carlsson, A. Nordlund, H. Ryde, F. Camera, S. Frattini, M. Mattiuzzi, B. Million, D. Bazzacco, R. Burch, G. de Angelis, D. De Acuna, M. de Poli and P. Pavan, Phys. Rev. Lett. 76 (1996)1204.
- 19) " *Fluctuation Analysis of Rotational Spectra.*" T. Dossing, B. Herskind, S. Leoni, M. Matsuo, A. Bracco, R. A. Broglia, and E. Vigezzi, Phys. Report 268(1996)1-84.
- 20) " *Thermal fluctuation and collisional damping effects in the GDR observables in hot rotating  $^{176}\text{W}$  nuclei*" M. Mattiuzzi, A. Bracco, F. Camera, B. Million, M. Pignanelli, J.J. Gaardhoje, A. Maj, T. Ramsøy, T. Tveter and Z. Zelazny, Phys. Lett. **B364** (1995)13.
- 21) " *Microscopic Simulations of gamma-cascades in warm rotating nuclei*", A. Bracco, P. Bosetti, S. Frattini, E. Vigezzi, S. Leoni, T. Dossing, B. Herskind, M. Matsuo, PRL 76, (1996)4484.
- 22) " *Increase of the width of the Giant Dipole Resonance in hot Nuclei: Shape Change or Collisional Damping ?*" A. Bracco, F. Camera, M. Mattiuzzi, B. Million, M. Pignanelli, J.J. Gaardhoje, Z. Zelazny, T. Ramsøy, T. Tveter and A. Maj Phys. Rev. Lett. **74**(1995)3748.
- 23) " *Limiting Temperature for the Existence of Collective Motion in Hot Nuclei.*" P.F. Bortignon, A. Bracco, D. Brink, and R. A. Broglia, Phys. Rev. Lett. **67**(1991)3360.
- 24) " *Saturation of the width of the giant dipole resonance at high temperature*", A. Bracco, J.J. Gaardhoje, A. Bruce, J.D. Garret, B. Herskind, M. Pignanelli, D. Barneoud, H. Nifenecker, J.A. Pinston, C. Ristori, F. Schussler, J. Bacelar, and H. Hofmann, Phys. Rev. Lett. **62** (1989)2080.
- 25) " *Study of the breathing mode of  $^{208}\text{Pb}$  through Neutron decay.*" A. Bracco, J.R. Beene, N. Van Giai, P.F. Bortignon, F. Zardi, and R. A. Broglia, Phys. Rev. Lett. **60**(1988)2603.
- 26) " *Study of The Two-Nucleon Wave Function in  $^3\text{He}$ .*" A. Bracco, H.P. Gubler, D.K. Hasell, W.T.H. van Oers, M.B. Epstein, D.J. Margaziotis, R. Abegg, C.A. Miller, and P. Schwandt, Phys. Rev. Lett. 50(1983)1741.

# Curriculum Vitae et Studiorum di Silvia Penati

## Contents

<b>I</b>	<b>ANAGRAFICA</b>	<b>2</b>
<b>II</b>	<b>PERCORSO STUDI E ATTIVITA' LAVORATIVA</b>	<b>2</b>
<b>III</b>	<b>FINANZIAMENTI</b>	<b>2</b>
<b>IV</b>	<b>ASSOCIAZIONI</b>	<b>3</b>
<b>V</b>	<b>ATTIVITA' DIDATTICA UNIVERSITARIA</b>	<b>3</b>
	A TITOLARITÀ DI CORSI . . . . .	3
	B CORSI AL DOTTORATO DI RICERCA . . . . .	3
	C ALTRI CORSI . . . . .	3
<b>VI</b>	<b>ATTIVITA' COME RELATORE DI TESI</b>	<b>4</b>
	A STAGES TRIENNALI . . . . .	4
	B TESI DI LAUREA SPECIALISTICA/MAGISTRALE . . . . .	4
	C TESI DI DOTTORATO . . . . .	5
<b>VII</b>	<b>INCARICHI ACCADEMICI</b>	<b>6</b>
<b>VIII</b>	<b>RESPONSABILITÀ SCIENTIFICA IN PROGETTI INTERNAZIONALI</b>	<b>6</b>
<b>IX</b>	<b>COLLABORAZIONI</b>	<b>6</b>
<b>X</b>	<b>SEMINARI - RELAZIONI SU INVITO</b>	<b>7</b>
<b>XI</b>	<b>ATTIVITÀ DI REFEREE</b>	<b>9</b>
<b>XII</b>	<b>ATTIVITÀ DI RICERCA</b>	<b>10</b>
	A TEORIE DI CAMPO SUPERSIMMETRICHE E TEORIE DI STRINGHE . . . . .	10
	1 Teoria delle stringhe e supergravità . . . . .	10
	2 Modelli meccanici per particelle di spin arbitrario . . . . .	10
	3 Modelli sigma bidimensionali accoppiati alla gravità . . . . .	10
	4 Teorie di campo supersimmetriche con materia scalare non minimale . . . . .	10
	5 Anomalia chirale in teorie di Yang–Mills supersimmetriche . . . . .	11
	6 Corrispondenza AdS/CFT: funzioni di correlazione per teorie supersimmetriche $\mathcal{N} = 4$ in 4d . . . . .	11
	7 Teorie di campo in geometria non commutativa . . . . .	12
	8 Teorie di campo quantistiche in superspazio nonanticommutativo . . . . .	12
	9 Teorie di campo supersimmetriche in 6D . . . . .	13
	10 Deformazioni marginali della corrispondenza AdS/CFT . . . . .	13
	11 Mesoni in teorie di Yang–Mills marginalmente deformate . . . . .	13
	12 Teorie di Chern–Simons con materia in tre dimensioni . . . . .	14
	B TEORIE CONFORMI E MODELLI INTEGRABILI . . . . .	15
	1 Sistemi integrabili in due dimensioni . . . . .	15
	2 Sistemi integrabili supersimmetrici e teorie topologiche . . . . .	15
	3 Sistemi integrabili con bordo . . . . .	15
	4 Teorie di campo bidimensionali integrabili con un numero infinito di risonanze . . . . .	16

## I. ANAGRAFICA

**Nome:** Silvia Penati.

**Nascita:** Milano, 3 Luglio 1960.

**Residenza:** via Annibal Caro 5A, 20161- Milano.

**Posizione attuale** Professore Associato A2/02 (FISICA TEORICA DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI) presso il Dipartimento di Fisica, Università degli studi di Milano-Bicocca, piazza della Scienza 3, 20126 Milano.

## II. PERCORSO STUDI E ATTIVITA' LAVORATIVA

**1980-1984** Laurea in FISICA, Università degli studi di Milano (110/110 e lode). Tesi : *Osservabili macroscopiche e processi stocastici generalizzati in meccanica quantistica*, (relatore prof.L.Lanz).

**1985-1988** Dottorato di Ricerca in FISICA (II ciclo), Università degli studi di Milano. Tesi : *Su alcuni aspetti della teoria delle stringhe*, (tutore prof. L. Girardello).

**1988-1992** Insegnante di ruolo per la classe di Fisica (in congedo per motivi di studio)

**1988-1990** Borsa postdoc biennale alla Brandeis University, Waltham, USA.

**1991-1992** Borsa di studio postdottorato a Milano.

**1992-2003** In servizio come ricercatore, settore FIS02 (FISICA TEORICA, MODELLI E METODI MATEMATICI), a partire dal 16/6/1992 presso il Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Milano e successivamente, dalla data della sua costituzione, presso il Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Milano-Bicocca.

**1998-1999** Contratto semestrale come visiting professor presso la University of Maryland, College Park, MD, USA.

**2003-...** In servizio in qualità di professore associato, settore A2/02 (FISICA TEORICA DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI), presso l'Università degli studi di Milano-Bicocca.

## III. FINANZIAMENTI

PRIN 1997, Teorie di campo e teorie di superstringhe

PRIN 1999, Aspetti perturbativi e non perturbativi in teoria di stringa e in teorie di gauge. Cosmologia di stringa.

PRIN 2001, Teorie di stringa e di gauge

PRIN 2003, Teorie di gauge d di stringa

PRIN 2005, Campi di gauge, stringhe e dualita'

PRIN 2007, Campi di gauge, stringhe e dualita'

PRIN 2009, Simmetrie dell'universo e delle interazioni fondamentali

1996-2000, TMR project "Quantum aspects of gauge theories, supersymmetry and unification"

2000-2004 - RTN project "The quantum structure of spacetime and the geometric nature of fundamental interactions"

2004-2008, RTN project "Constituents, Fundamental Forces and Symmetries of the Universe"

2013-..., European COST Action MP1210, "The String Theory Universe"

#### IV. ASSOCIAZIONI

- Associata all'INFN a partire dal 1985 e con incarico di ricerca dal 1993.

#### V. ATTIVITA' DIDATTICA UNIVERSITARIA

**1992-1994** Esercitazioni a Fisica per biologia per il Corso di Laurea in Scienze Biologiche.

**1995-2000** Esercitazioni di Istituzioni di Fisica Teorica per il Corso di Laurea in Fisica.

##### A. TITOLARITÀ DI CORSI

**2000-2003 RELATIVITÀ** Insegnamento al quarto anno del corso di laurea in Fisica a Milano-Bicocca.

**2002-2003, 2008/09 - ... RELATIVITÀ GENERALE** Insegnamento al quarto anno del corso di laurea in Fisica a Milano-Bicocca e attualmente al primo anno della laurea specialistica in Fisica e laurea specialistica in Astrofisica e Fisica dello Spazio di Milano-Bicocca.

**2002-2005 FISICA TEORICA (moduli I,II)** Insegnamenti alla laurea specialistica in Fisica presso il Dipartimento di Fisica dell'Università Cattolica, sede di Brescia.

**2003-2008 RELATIVITÀ** Insegnamento al terzo anno del corso di laurea in Fisica a Milano-Bicocca.

**2003-2008 COMPLEMENTI DI MECCANICA QUANTISTICA** Insegnamento al primo anno della laurea specialistica in Fisica e laurea specialistica in Astrofisica e Fisica dello Spazio di Milano-Bicocca.

**2003-2008 COMPLEMENTI DI FISICA TEORICA AVANZATA** Insegnamento al primo anno della laurea specialistica in Fisica e laurea specialistica in Astrofisica e Fisica dello Spazio di Milano-Bicocca.

**2005 INTRODUZIONE ALLA TEORIA DELLE STRINGHE** Insegnamento alla laurea specialistica in Fisica presso il Dipartimento di Fisica dell'Università Cattolica, sede di Brescia.

**2008/09 - ... MATEMATICA PER LA FISICA**, Insegnamento al terzo anno della laurea triennale in Fisica a Milano-Bicocca.

##### B. CORSI AL DOTTORATO DI RICERCA

**1996 TEORIE CONFORMI E MODELLI INTEGRABILI** Corso monografico al Dottorato di Ricerca in Fisica di Milano.

**1997-2000 TEORIA DEI CAMPI** Corso al Dottorato di Ricerca in Fisica di Milano.

**2000, 2004-2005 TEORIA DEI CAMPI E STRINGHE** Corso avanzato al Dottorato di Ricerca in Fisica di Milano-Bicocca.

**2003 ROTTURA SPONTANEA DI SIMMETRIA** Ciclo di lezioni al Dottorato in Fisica presso il Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Palermo.

##### C. ALTRI CORSI

**2001** Corso di aggiornamento per Insegnanti : "La fisica alla ricerca del progetto della natura", ITIS "Badoni", Lecco.

**1998-2008** Corsi monografici di introduzione alla Meccanica Quantistica e alla Relatività presso varie scuole superiori dell'area milanese.

**2004-2005** Ciclo di lezioni "Dall'infinitamente piccolo all'infinitamente grande", nell'ambito del progetto "Il bello della Fisica" organizzato per le scuole superiori dall'Università di Milano-Bicocca in collaborazione con la provincia di Milano.

## VI. ATTIVITA' COME RELATORE DI TESI

### A. STAGES TRIENNALI

- 2003 Andrea Brini, *Studio della matrice  $S$  di scattering mediante le tecniche dell'integrale sui cammini di Feynman*
- 2004 Andrea Baggi, *Modello meccanico per il moto di particelle, stringhe e membrane*
- 2004 CarloAlberto Ratti, *Equazioni di moto relativistiche per particelle di spin  $N/2$  e modello meccanico associato*
- 2005 Damiano Tommasini, *Funzioni di Green per un sistema di fermioni a temperatura zero*
- 2006 Dario Calvani, *Teoria dello scattering di due particelle dotate di spin*
- 2006 Alessandro Parma, *Teoria dello scattering in meccanica quantistica-stati legati e risonanze*
- 2006 Marco Monti, *Il teorema di Noether e sue applicazioni nella teoria classica dei campi*
- 2008 Andrea Rota, *Teoriadello scattering per potenziali sferosimmetrici in meccanica quantistica*
- 2008 Caterina Rota, *Simmetrie e leggi di conservazione in teoria di campo*
- 2008 Giuseppe Barbalinardo, *Equazioni d'onda relativistiche*
- 2009 Chiara Broccato, *Solitoni e istantoni in teorie di campo scalari*
- 2010 Giuseppe Castagnetti, *Introduzione alla Meccanica Quantistica supersimmetrica*
- 2011 Emanuele Moscato, *Soluzioni istantoniche in teorie di Yang-Mills*
- 2011 Marta Gibertini, *Meccanica quantistica supersimmetrica e indice di Witten*
- 2011 Andrea Galliani, *Integrale di Feynman e applicazioni*
- 2011 Lorenzo Lucchini, *Integrale di cammino e istantoni in meccanica quantistica*
- 2012 Paolo Bosetti, *Dualità elettromagnetica e monopolo di Dirac*
- 2012 Curcuraci Luca, *Dinamica di oggetti estesi e campi di Maxwell*
- 2012 Luca Cassia, *Teoria delle stringhe: dinamica di oggetti estesi*
- 2012 Gianluca Grimaldi, *Dualità elettromagnetica e supersimmetria*
- 2012 Giovanni Alberto Verza, *L'integrale funzionale in meccanica statistica*

### B. TESI DI LAUREA SPECIALISTICA/MAGISTRALE

- 2000 Lorenzi Parini, *Entropia statistica di buco nero in teoria di stringa*
- 2001 Laura Tamassia, *Geometria noncommutativa in superspazio*
- 2002 Alberto Romagnoni, *Modelli di Landau-Ginsburg supersimmetrici in geometria noncommutativa*
- 2002 Andrea Sartirana, *Decostruzione dimensionale, extra dimensioni e modello standard delle interazioni fondamentali*
- 2002 Liuba Mazzanti, *Studio di una possibile generalizzazione non commutativa del modello di sine-Gordon*
- 2003 Gabriele Tartaglino-Mazzucchelli, *Supercampo lineare complesso, anomalia di Konishi e modelli matriciali*
- 2004 Marco Pirrone, *Funzioni di correlazione in teorie di super Yang-Mills  $N=4$  e dualità AdS/CFT in regime di PP-wave*
- 2004 Marco Compagnoni, *Modelli integrabili supersimmetrici in geometria nonanticommutativa*

- 2006** CarloAlberto Ratti, *AdS/QCD: configurazioni confinanti in teoria di stringa*
- 2006** Andrea Prudenziati, *Corrispondenza AdS/CFT e deformazioni con orbifold*
- 2006** Liugi Carbut, *Integrabilità nella corrispondenza AdS/CFT* (Università Cattolica sede di Brescia)
- 2007** Massimo Siani, *Rinormalizzabilità vs. invarianza di gauge in teorie di super Yang-Mills non anticommutative*
- 2008** Marco Bianchi, *Scattering amplitudes in supersymmetric gauge theories*
- 2009** Matteo Chiesa, *Heavy/light mesons in marginally deformed gauge theories*
- 2010** Valentina Pozzoli, *Gravitational instantons and Ricci flow*
- 2011** Caterina Rota, *Nonanticommutative Chern-Simons matter theories*
- 2011** Michael Ferlaino, *Supersymmetric Wilson loops in superspace*
- 2013** Luca Basanisi, *Non-MHV amplitudes in  $N=4$  super Yang-Mills*

### C. TESI DI DOTTORATO

- 2005** Alberto Romagnoni, *Non(anti)commutative geometry: Renormalization of  $N=1/2$  field theories* (XVIII ciclo)
- 2006** Gabriele Tartaglino-Mazzucchelli, *On supersymmetry and superspaces in 4 & 6 dimensions* (XIX ciclo)
- 2007** Liuba Mazzanti, *Topics in noncommutative integrable field theories and holographic brane-world cosmology* (XIX ciclo)
- 2007** Marco Pirrone, *On marginally deformed AdS/CFT* (XX ciclo)
- 2010** CarloAlberto Ratti, *Topics in SYM theories: AdS/CFT and Mesonic Spectra. Superspace and Scattering Amplitudes* (XXII ciclo)
- 2011** Massimo Siani, *Perturbative and non-perturbative infrared behavior of supersymmetric gauge theories*
- 2012** Marco Stefano Bianchi, *Superspace computation 3D.*



## VII. INCARICHI ACCADEMICI

- 1999** Membro della commissione per l'esame di ammissione al Dottorato XV ciclo, presso il Dipartimento di Fisica dell'Università di Milano.
- 2002** Membro di commissione per un concorso da ricercatore FIS02 presso il Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Palermo.
- 2001-2003** Rappresentante dei ricercatori in Senato Accademico integrato.
- 2005-2006** Membro di commissione per un concorso da primo ricercatore INFN.
- 2006-2007** Membro di commissione per l'assegnazione di borse di studio INFN per stranieri in Italia.
- 2006-2007** Membro di commissione per l'assegnazione di borse postdottorato INFN per italiani all'estero.
- 2004-2012** Referente del corso di laurea specialistica/magistrale in Fisica.
- 2006-...** Membro del Collegio Docenti del Dottorato in Fisica.
- 2007-2012** Coordinatore locale del gruppo IV INFN della sezione di Milano-Bicocca
- 2007-2010** Presidente della commissione giudicatrice per il premio Fubini INFN alle migliori tesi di Dottorato
- 19/02/2009** Membro della commissione giudicatrice agli esami per il conferimento del titolo di Dottore di Ricerca in FISICA (sottoarea FISICA TEORICA), XXI ciclo, Università degli studi di Perugia.
- 2009** Membro di Commissione per borse postdoc INFN per stranieri.
- 2012** Membro di commissioni giudicatrici agli esami per il conferimento del titolo di Dottore di Ricerca in FISICA (sottoarea FISICA TEORICA), Università degli studi di Torino, Parma e Tor Vergata (Roma).
- 2012-...** Presidente del Consiglio di Coordinamento Didattico (CCD) in Fisica e Astrofisica, Dipartimento di Fisica, Università degli studi di Milano-Bicocca.

## VIII. RESPONSABILITÀ SCIENTIFICA IN PROGETTI INTERNAZIONALI

- 2004-2008** Unimib contact person nel progetto europeo RTN MRTN-CT-2004-005104 "Constituents, Fundamental Forces and Symmetries of the Universe"
- 2013-...** Chair dell'Azione COST MP1210 "The string theory Universe", durata 4 anni.

[http://www.cost.eu/domains\\_actions/mpns/Actions/MP1210](http://www.cost.eu/domains_actions/mpns/Actions/MP1210)

## IX. COLLABORAZIONI

- Paul Townsend** Full Professor, Department of Applied Math. and Theor. Physics, Cambridge University, UK;
- Paul Howe** Full Professor, Department of Mathematics, Kings College London, UK;
- Andrew Strominger** Full Professor, Harvard University, Cambridge, USA;
- Robert Myers** Full Professor, Perimeter Institute for Theoretical Physics, Waterloo, Canada;
- Marc Grisar** Senior professor, Department of Physics, McGill University, Montreal, Canada;
- Daniela Zanon** Professore ordinario, Università di Milano;
- Alberto Santambrogio** Ricercatore INFN, Sezione di Milano;
- Tassos Petkou** Professore associato, Università di Salonicco, Grecia;

**Alberto Romagnoni** Postdoc, Orsay LPT e Ecole Polytechnique CPHT, Parigi, Francia;  
**Olaf Lechtenfeld** Professore ordinario, Hannover University, Germania;  
**Alexander Popov** Professor, Hannover University, Germania;  
**Emery Sokatchev** Professor, Annecy, LAPTH, CERN;  
**Gleb Arutyunov** Professor, Utrecht University, Olanda;  
**Jim S. Gates** Full professor, University of Maryland, USA;  
**G. Tartaglino-Mazzucchelli** Postdoc, University of Maryland, USA;  
**Andrea Mauri** Postdoc, Università of Milano, Italy;  
**Matias Leoni Olivera** Postdoc, University of Buenos Aires, Argentina;  
**Marco S. Bianchi** Postdoc, Humboldt University, Berlin, Germany;  
**Gaston Giribet** Professor, University of Buenos Aires, Argentina.

## X. SEMINARI - RELAZIONI SU INVITO

- 1988** *Soft dilaton theorem in string field theory*, Brandeis University, Maltham, MA, USA.  
**1988** *N-extended spinning particle*, Brandeis University, Maltham, MA, USA.  
**1990** *Quantum properties of generalized Toda field theories*, UCSB, Santa Barbara, CA, USA.  
**1992** *Teorie Toda supersimmetriche*, convegno informale di fisica teorica, Marciana Marina, LI, Italia.  
**1993** *Solitons in topological field theories*, Bologna, Italia.  
**1994** *Solitons in topological field theories*, Theoretical physics meeting, Parigi, Francia.  
**1994** *Solitons in 2d topological field theories*, RTN workshop "Topological and conformal field theories and their applications", Torino, Italia.  
**1995** *Quantum integrability in 2d systems with boundary*, workshop "CFT and integrable models", Bologna, Italia.  
**1996** *Correzioni gravitazionali alle funzioni del gruppo di rinormalizzazione nei modelli sigma*, convegno informale di Fisica Teorica, Cortona, AR, Italia.  
**1997** *Correzioni gravitazionali alle funzioni del gruppo di rinormalizzazione nei modelli sigma*, convegno "Problemi attuali di fisica teorica", Vietri sul mare, SA, Italia.  
**1997** *Duality in N=2 nonlinear sigma-models*, RTN workshop "Quantum aspects of gauge theories, supersymmetry and unification" Neuchatel, Svizzera.  
**1998** *N=2 supersymmetric theories with nonminimal matter*, convegno informale di Fisica Teorica, Cortona, AR, Italia.  
**1998** *N=2 supersymmetric theories with nonminimal matter*, University of Maryland, College Park, MD, USA.  
**2001** *Chiral anomalies in 4D SYM theories*, convegno "Problemi attuali di fisica teorica", Vietri sul mare, SA, Italia.  
**2001** *Noncommutative geometry in superspace*, convegno informale di Fisica Teorica, Cortona, AR, Italia.  
**2002** *Checking AdS/CFT correspondence on the composite operators of N=4 SYM theory*, Sissa, Trieste, Italia.  
**2002** *Teste e sviluppi della corrispondenza AdS/CFT*, Università di Pavia, Italia.  
**2002** *Sine-Gordon in geometria non commutativa*, convegno "Problemi attuali di fisica teorica", Vietri sul mare, SA, Italia.

- 2002** *A noncommutative generalization of the sine-Gordon system*, LAPTH Annecy, Francia.
- 2003** *NAC superspace and  $N=1/2$  WZ model*, RTN workshop "The quantum structure of spacetime and the geometric nature of fundamental interactions", Copenhagen, Danimarca.
- 2003** *Nonanticommutative superspace and  $N=1/2$  models*, Università di Napoli, Italia.
- 2004** *Nonanticommutative superspace and  $N=1/2$  models*, Università di Parma, Italia.
- 2004** *Supersymmetric field theories in NAC geometries*, convegno "Recent advances in noncommutative geometry: spheres, instantons, sigma models", Firenze, Italia.
- 2005** *Exact results in the beta-deformed AdS/CFT correspondence*, PRIN meeting, Pisa, Italia.
- 2007** *Mesons in marginally deformed AdS/CFT*, PRIN meeting, Pisa, Italia.
- 2008** *Verso una teoria del tutto: La teoria delle stringhe* Convegno "Le donne nella scienza", Napoli, Italia.
- 2008** *Direct calculation of scattering amplitudes in  $N=4$  SYM*, convegno delle Iniziative Specifiche INFN di stringhe, Villa Mondragone, Roma.
- 2009**  *$N=2$  Chern-Simons theories: RG flows and IR behavior'*, Katholieke Universiteit of Leuven, Belgium.
- 2012** *Scattering in  $AdS_4/CFT_3$*  Miniworkshop on String Theory, Oviedo University
- 2013** *Scattering in  $AdS_4/CFT_3$* , Queen Mary College of London, UK.
- 2013** *A survey on ABJM: scattering amplitudes and Wilson loops*, PRIN meeting, Pisa, Italy.

## XI. ATTIVITÀ DI REFEREE

Svolgo regolarmente attività di referee per le seguenti riviste:

- JHEP (Journal of High Energy Physics)
- Nuclear Physics B
- Physics Letters B
- Int. J. Mod. Phys.
- Jour. Phys. A: Math. Theor.
- Class. Quantum Gravity

Ho svolto attività di referaggio per progetti europei ERC.

## XII. ATTIVITÀ DI RICERCA

### A. TEORIE DI CAMPO SUPERSIMMETRICHE E TEORIE DI STRINGHE

#### 1. Teoria delle stringhe e supergravità

È ben noto che uno dei maggiori pregi della teoria delle stringhe sia quello di fornire una descrizione consistente della gravità quantistica. Questo è uno dei motivi principali che giustificano lo sforzo di studiare questa teoria anche se non ha ancora ricevuto alcuna conferma sperimentale, nemmeno indiretta. Inoltre, in più di 30 anni di vita, la teoria delle stringhe è spesso stata fonte ispiratrice di nuove idee anche per la fisica teorica a basse energie.

Nella sua formulazione in prima quantizzazione la stringa è descritta da una teoria (super)conforme bidimensionale. In questa descrizione, gli oggetti dinamici più importanti sono gli operatori di vertice associati alle oscillazioni massless della stringa. Gli operatori di vertice intervengono, infatti, nel calcolo di ampiezze di scattering di eccitazioni di stringa, rappresentano i "building blocks" per scrivere il modello sigma bidimensionale descrittivo vuoti di stringa e intervengono nella formulazione della teoria di campo stringa in seconda quantizzazione. Il risultato principale ottenuto in questo contesto è stato la determinazione dell'operatore di vertice puntuale e integrato per il dilatone, presente nello spettro massless della stringa chiusa, e il suo successivo impiego nella teoria di campo cubica di stringa [2,3].

#### 2. Modelli meccanici per particelle di spin arbitrario

Negli anni '80, lo sviluppo della teoria delle stringhe ha portato alla necessità di investigare la dinamica interagente di particelle di spin arbitrario e la connessione tra il relativo modello quanto-meccanico e la corrispondente teoria di campo. Il risultato importante, ottenuto in collaborazione con P. Howe, M. Pernici e P. Townsend, è stata la formulazione di un modello quanto-meccanico per particelle "spinning" con supersimmetria di worldline  $N$  estesa che genera le equazioni del moto per una particella di spin  $N/2$  [5]. Questo risultato generalizza ad  $N$  arbitrario quello che era già noto per  $N=1$ . In particolare, è stato studiato il modello  $N=2$  che fornisce una descrizione in prima quantizzazione delle equazioni del moto per tensori di ordine arbitrario [6]. Si sono inoltre investigate le condizioni di consistenza per la propagazione di particelle di spin arbitrario in backgrounds curvi.

#### 3. Modelli sigma bidimensionali accoppiati alla gravità

Quando la stringa è in dimensione critica ( $d=26$  per la stringa bosonica e  $d=10$  per quella supersimmetrica) la gravità di worldsheet è presente solo come background. Quando la stringa è non critica, invece, la gravità diventa dinamica e può giocare un ruolo altamente non banale nella determinazione dei punti fissi conformi della teoria sul worldsheet. È quindi di un certo interesse capire come la presenza della gravità possa modificare il comportamento quantistico di teorie di campo bidimensionali. Al primo ordine nella teoria perturbativa di modelli sigma o teorie conformi perturbate da operatori marginali, l'effetto della gravità è semplicemente quello di riscaldare le funzioni beta di un fattore moltiplicativo che non altera il comportamento della teoria lungo le traiettorie del gruppo di rinormalizzazione. Nell'ottica di capire se questo sia un risultato generale, abbiamo calcolato esplicitamente le funzioni beta a 2 loop per un modello sigma bosonico accoppiato alla gravità. Abbiamo ottenuto che a quest'ordine l'effetto della gravità diventa altamente non banale poiché le funzioni beta vengono modificate dall'aggiunta di ulteriori contributi dovuti alla gravità. Questo permette di concludere che in generale le equazioni del gruppo di rinormalizzazione e quindi il panorama dei possibili punti fissi di una teoria bidimensionale vengono modificati dall'accoppiamento con la gravità [23]. L'analisi è poi stata estesa anche al caso di teorie supersimmetriche estese  $N=2$  dove ulteriori correzioni alle funzioni beta sono dovute alla presenza del dilatone [24].

#### 4. Teorie di campo supersimmetriche con materia scalare non minimale

Teorie di campo con supersimmetria nascono come limite a basse energie di particolari settori della stringa. Indipendentemente dalla stringa e in un approccio bottom-up ai problemi delle alte energie, le teorie di campo supersimmetriche giocano un ruolo fondamentale nel tentativo di estendere il modello standard oltre i suoi limiti di validità. Capire se oltre una certa scala di energia la natura sia supersimmetrica rappresenta uno dei principali scopi degli esperimenti che si apriranno presto a LHC.

Da un punto di vista teorico è importante avere sotto controllo le proprietà ma, soprattutto, le potenzialità di queste teorie. Uno dei tanti aspetti formali che è necessario avere sotto controllo riguarda la presenza di materia scalare. In generale, la materia scalare in teorie supersimmetriche  $N=1,2$  in  $4d$  o  $N=2$  in  $2d$  è descritta in termini di un multipletto minimale (chirale), rappresentazione irriducibile dell'algebra di supersimmetria. Esistono, comunque, formulazioni alternative, tra le quali selezioniamo quella in cui la materia è descritta da un multipletto lineare complesso (CLM) contenente lo stesso numero di gradi di libertà fisici, ma un numero maggiore di campi ausiliari. Le due formulazioni non sono in generale equivalenti in teorie altamente interagenti, dove la dinamica dei campi ausiliari è non banale. È stato congetturato che l'uso di rappresentazioni CLM permette una formulazione consistente dell'azione effettiva supersimmetrica per la QCD che non è possibile con il solo uso di multipletti chirali. Uno degli aspetti più interessanti di questa descrizione alternativa è che, almeno a livello classico e in assenza di interazione, risulta duale all'ordinaria formulazione in termini di supercampi chirali. In questo ambito un risultato interessante che abbiamo ottenuto è l'estensione della dualità a generici modelli interagenti (modelli sigma nonlineari supersimmetrici) formulati in termini di chirali o CLM. La dualità è stata provata anche a livello quantistico, perturbativamente. L'aspetto più interessante è sicuramente legato al fatto che la dualità, in questo caso, scambia constraints e equazioni del moto tra i due sistemi e, quindi, richiama la famosa S-dualità che connette il regime perturbativo di una teoria con il regime di accoppiamento forte della teoria duale. In questo ambito, una ulteriore direzione che è stata investigata è lo studio della dualità quantistica di una teoria di Yang–Mills supersimmetrica  $N=2$  con settore scalare descritto da multipletti chirali (teoria di Seberg–Witten classica), con una teoria di Yang–Mills analoga in cui il settore scalare sia descritto da un CLM. In questo caso la dualità è proprio di tipo strong/weak coupling. Infine, è stata investigata anche la natura dello spazio-tempo descritto da questi modelli sigma in termini di CLM. Nel caso usuale, è noto che la supersimmetria  $N=2$  in due dimensioni richiede che lo spazio *target* sia uno spazio di Kahler. In questo caso, di nuovo ritroviamo una geometria di tipo kahleriano, ma solo quando i campi ausiliari sono posti on-shell. Questo dimostra la possibile inequivalenza delle due teorie. I risultati sono riportati in [25, 26, 27].

#### 5. Anomalia chirale in teorie di Yang–Mills supersimmetriche

Le teorie supersimmetriche contengono fermioni chirali (massless) e sono, quindi, affette da anomalie chirali. Il calcolo dell'anomalia chirale per teorie di Yang–Mills supersimmetriche  $N=1$  in  $4d$  è stato ampiamente discusso in letteratura, ma non esisteva nessun risultato semplice in termini di oggetti geometrici della teoria (connessioni e curvature). Questo dato di fatto preclude l'uso esplicito dei risultati esistenti e non permette alcuna estensione a teorie con supersimmetria  $N=2$ . D'altra parte, tali risultati avrebbero impiego immediato nello studio di teorie effettive supersimmetriche dalla stringa. Il risultato rilevante è quello di aver ottenuto un'espressione semplice per l'anomalia nel caso  $N=1$  [30]. La nostra espressione per l'anomalia supersimmetrica è minimale (contrariamente a tutti i risultati noti in letteratura) nel senso che, se ridotta in componenti, genera esattamente l'anomalia standard per teorie non-abeliane senza l'aggiunta di termini che siano cohomologicamente banali. L'estensione del calcolo al caso di una teoria di super Yang–Mills  $(2,0)$  chirale in  $2d$  è invece pubblicata in [32]. A partire dall'espressione esplicita trovata per l'anomalia, abbiamo dedotto la forma generale del termine di Wess–Zumino–Novikov–Witten per l'azione effettiva a basse energie che descriva l'interazione dei bosoni di Goldstone per la QCD supersimmetrica (risultati contenuti in [34]).

#### 6. Corrispondenza AdS/CFT: funzioni di correlazione per teorie supersimmetriche $\mathcal{N} = 4$ in $4d$

Una delle più importanti implicazioni della teoria delle stringhe emersa negli anni '90, dopo la scoperta delle D-brane, è la possibilità di un uso esteso del concetto di dualità fra teorie diverse. Di notevole interesse è la S-dualità che, generalizzazione della dualità elettromagnetica, governa la dinamica di una teoria in regime di accoppiamento forte mediante una teoria duale perturbativa.

La corrispondenza AdS/CFT sancisce l'identificazione della stringa di tipo IIB in background  $AdS_5 \times S_5$  in regime perturbativo con una teoria di super Yang–Mills  $SU(N)$  con supersimmetria  $\mathcal{N} = 4$ . Nel limite a basse energie, dove vale la corrispondenza, questo significa che possiamo descrivere la teoria di campo quadrimensionale, localizzata sul bordo di  $AdS_5$ , con una teoria di supergravità perturbativa nel bulk. La corrispondenza AdS/CFT ha una serie di argomenti immediati a supporto, quali l'identificazione dei gruppi di simmetria nei due regimi o la corrispondenza degli operatori protetti della teoria di campo con stati BPS in gravità, ma necessita di prove meno ovvie e comunque non basate esclusivamente su proprietà algebriche.

Un modo indiretto di provare la corrispondenza è quello di controllare, mediante calcoli diretti, previsioni che la corrispondenza è in grado di fare sulla struttura e sulle proprietà delle funzioni di correlazione della teoria di gauge. La

corrispondenza prevede un teorema di non-rinormalizzazione per le funzioni a 2 e 3 punti di operatori chirali primari della teoria di gauge. Segue che un possibile test è rappresentato dal calcolo perturbativo di funzioni di correlazione a 2 e 3 punti per tali operatori. Abbiamo contribuito in maniera determinante a questo tipo di tests poichè, utilizzando tecniche di superspazio, siamo riusciti a dimostrare la non-rinormalizzazione delle funzioni a 2 punti fino all'ordine  $g^4$  (2-loops). Il nostro risultato, essendo valido per qualunque valore di  $N$ , supporta la validità della corrispondenza anche per  $N$  finito [29,31]. Tecniche semplici di superspazio permettono anche il calcolo di dimensioni anomale di operatori composti ad ordine next-to-leading direttamente dalla loro funzione a 2 punti, come dimostrato in [35]. Tali tecniche sono state applicate per dimostrare la non-rinormalizzabilità di alcuni operatori della teoria. Tecniche simili sono state utilizzate per studiare proprietà di degenerazione a grandi  $N$  di funzioni di correlazione a 4pt per operatori protetti [39] e per calcolare dimensioni anomale per classi di operatori in cui sia presente mixing non banale [36].

### *7. Teorie di campo in geometria non commutativa*

Come suggerito dalla teoria delle stringhe, la dinamica a basse energie di D-brane in teorie di tipo II in presenza di una 2-forma di NS-NS non nulla, è descritta da una teoria di campo supersimmetrica in una geometria di spazio non commutativa. Tra le varie implicazioni fenomenologiche della stringa c'è quindi la possibilità che ad una certa scala di energia la geometria dello spazio-tempo diventi non commutativa. Questo effetto potrebbe per esempio evidenziarsi a livello sperimentale attraverso l'osservazione di deviazioni nelle leggi di dispersione delle particelle ad alte energie.

Da un punto di vista teorico, è quindi interessante studiare la dinamica di campi in geometria non commutativa. In questo contesto, i miei contributi più riconosciuti sono:

i) Il calcolo dell'anomalia consistente [33] per una teoria di Yang-Mills supersimmetrica in quattro dimensioni, con supersimmetria  $N=1$ , accoppiata a materia chirale, in geometria non commutativa.

ii) Lo studio della possibile estensione non commutativa di sistemi integrabili in 2d che preservi l'integrabilità classica del modello. Ci siamo concentrati, in particolare, sull'estensione non commutativa del modello di sine-Gordon. Lo studio di proprietà generali del rapporto tra non commutatività e integrabilità [38,41] hanno portato alla formulazione consistente di un modello di sine-Gordon non commutativo [43] in cui l'integrabilità in presenza di non commutatività forza a formulare il modello in termini di due campi scalari. Nel limite commutativo un solo campo sopravvive, mentre il secondo diventa libero e si disaccoppia dal sistema. Una matrice  $S$  fattorizzata e causale è stata determinata.

### *8. Teorie di campo quantistiche in superspazio nonanticommutativo*

In un lavoro pionieristico che ha poi aperto la strada allo sviluppo delle teorie nonanticommutative tra la comunità internazionale, abbiamo studiato l'estensione al superspazio di strutture non(anti)commutative (NAC) per le coordinate fermioniche [37]. Abbiamo dimostrato che la più generale geometria NAC in superspazio  $N=1$ , compatibile con l'invarianza per traslazioni e trasformazioni di supersimmetria, ammette la nonanticommutatività delle coordinate fermioniche, oltre a quelle bosoniche, ma è in generale non associativa. L'ulteriore richiesta di associatività impone condizioni extra che lasciano aperta la possibilità di avere geometrie in cui le variabili spinoriali non commutano con quelle bosoniche. Un opportuno prodotto  $*$  nello spazio dei supercampi può essere definito. La nonassociatività di tale prodotto è riconducibile all'esistenza di una 3-forma non nulla che, dal punto di vista della teoria di stringa, segnala la presenza di un background non banale. Nel caso del superspazio  $N=2$  euclideo è possibile avere un'algebra non banale solo per le coordinate fermioniche. Il nostro lavoro ha avuto un importante seguito poichè è stato successivamente dimostrato come ottenere il nostro superspazio NAC come limite a basse energie della stringa in un background con 2-forme di RR costanti accese.

La NAC delle coordinate fermioniche in superspazio rompe metà della originale supersimmetria  $N=1$ . Teorie definite su superspazio NAC posseggono quindi supersimmetria  $N=1/2$  e la parziale rottura della supersimmetria potrebbe alterarne le proprietà di rinormalizzabilità. Abbiamo quindi studiato la rinormalizzazione, inizialmente per un caso semplice, il modello di Wess-Zumino, e poi nel caso di teorie di gauge con materia non interagente nella rappresentazione aggiunta del gruppo di gauge. Nel modello di Wess-Zumino NAC, la rinormalizzabilità è stata studiata fino a 2 loops descrivendo la NAC attraverso l'introduzione di un campo scalare spurionico. Abbiamo dimostrato che il modello originale non è rinormalizzabile, ma mediante l'aggiunta di extra termini nell'azione classica, è reso rinormalizzabile. L'aggiunta di termini extra segnala che, almeno a questo ordine, il prodotto NAC viene deformato dalle correzioni quantistiche. Interessante notare che le divergenze continuano ad essere solo logaritmiche, nonostante la parziale rottura di supersimmetria. Nel caso delle teorie di super Yang-Mills è stata studiata la rinormalizzazione a 1 loop. In questo caso, il problema da investigare è la compatibilità della struttura NAC del superspazio non solo



con la rinormalizzazione, ma anche con la super-gauge invarianza. Abbiamo dimostrato che 1) l'originaria azione ottenuta semplicemente da quella standard promuovendo i prodotti ordinari a prodotti NAC è non rinormalizzabile. È possibile renderla rinormalizzabile aggiungendo termini super-gauge invarianti e che non deformano il prodotto NAC; 2) le divergenze sono ancora solo logaritmiche, 3) nonostante termini non super-gauge invarianti emergano durante il calcolo, l'azione effettiva a 1 loop è invariante.

I risultati ottenuti sono poi stati utilizzati per formulare teorie di gauge con materia interagente. Questo permette lo studio di teorie di super Yang-Mills  $N=4$ , importanti nel contesto della corrispondenza AdS/CFT.

### 9. Teorie di campo supersimmetriche in 6D

Teorie di campo supersimmetriche in 6D entrano naturalmente nella teoria delle stringhe quando compatteficazioni a 4D sono considerate e nella descrizione in termini di matrix theory della M-teoria compattificata su un toro  $T^5$ . Sei dimensioni sono anche la dimensione massima in cui possono vivere multipletti con al più elicità  $1/2$ . In 6D esiste un unico ipermultipletto  $N=1$  che, una volta compattificato opportunamente, genera gli ipermultipletti di teorie in dimensioni più basse.

Dal punto di vista tecnico, avendo in mente per esempio di studiare le proprietà quantistiche di teorie interagenti in 6D come richiesto dalla M-teoria, è opportuno descrivere i multipletti in termini di multipletti del più noto superspazio in 4D.

Noi abbiamo proposto una descrizione dell'ipermultipletto in termini di una coppia di un multipletto chirale e uno non minimale (CNM). Abbiamo quantizzato il multipletto e studiato modelli sigma definiti in termini di questo tipo di supercampi. Abbiamo inoltre costruito un superspazio proiettivo in 6D dal quale la nostra descrizione CNM emerge naturalmente compattificando a 4D [47,49]. Il formalismo da noi sviluppato può essere utile per studiare teorie di supergravità in 6D.

### 10. Deformazioni marginali della corrispondenza AdS/CFT

Nonostante la sua indiscutibile importanza dovuta alle implicazioni che ne sono derivate, la corrispondenza AdS/CFT, nella sua formulazione originale, non è "fisica" poiché coinvolge teorie di campo con elevato grado di supersimmetria e invarianti conformi. Nel quadro delle generalizzazioni della corrispondenza a teorie più fisiche, troviamo la formulazione della corrispondenza in presenza di deformazioni marginali che rompano parzialmente o totalmente la supersimmetria lasciando la teoria al suo punto fisso conforme. Dal punto di vista della teoria di campo, una classe di modelli è ottenuta deformando il superpotenziale cubico dell' $N=4$  mediante l'introduzione di fasi. A seconda del numero di parametri introdotti, la supersimmetria è rotta a  $N=1$  (caso ad un solo parametro) o a  $N=0$  (caso a tre parametri). Il regime di accoppiamento forte di queste teorie "beta-deformate" è descritto da una teoria di stringa (supergravità) ottenuta mediante una opportuna deformazione della sfera  $S_5$ .

Grazie all'alto grado di supersimmetria, la teoria di super Yang-Mills  $N=4$  è una teoria finita, naturalmente seduta nel suo punto fisso superconforme e la costante d'accoppiamento non fluisce. La rottura, anche parziale, della supersimmetria dovuta a deformazioni marginali, in generale altera le proprietà di non rinormalizzazione ed occorre studiare quali siano le condizioni sui parametri di deformazione che mantengono la teoria al punto fisso. Inoltre, la struttura dell'anello chirale degli operatori protetti della teoria viene modificata come anche le dimensioni anomale di operatori non protetti. Il nostro risultato importante [46,51,53] è la determinazione delle condizioni esatte (cioè a tutti gli ordini nella costante di accoppiamento) sui parametri di deformazione che determinano lo spettro dei punti fissi della teoria. Abbiamo dimostrato che nel limite di grandi  $N$  (per teoria  $SU(N)$ ) la richiesta che la teoria abbia un punto fisso conforme indipendente dallo schema di regolarizzazione fissa univocamente tali parametri. Abbiamo inoltre studiato la struttura dell'anello chirale [45,50] determinando una grande classe di operatori protetti mediante il calcolo perturbativo fino a 3 loops di funzioni di correlazione a 2pt.

### 11. Mesoni in teorie di Yang-Mills marginalmente deformate

Un'importante generalizzazione della corrispondenza AdS/CFT è ottenuta introducendo materia nella rappresentazione fondamentale ("quarks") nella teoria di super Yang-Mills  $N=4$ . La teoria di campo risultante è una teoria supersimmetrica  $N=2$  con gradi di libertà di flavor. Secondo il dizionario della corrispondenza, la sua descrizione duale è ottenuta immergendo nel background originale  $AdS_5 \times S_5$  un sistema di D7 brane che si estendono nelle quattro direzioni dello spazio-tempo e sono opportunamente avvolte sullo spazio interno. I gradi di libertà dei quarks sono

associati a stringhe che si estendono dalle D3 alle D7 brane. Segue che stringhe con entrambi gli estremi sulle D7 descrivono i gradi di libertà mesonici della teoria. Tecnicamente parlando, le fluttuazioni delle D7 brane corrispondono allo spettro mesonico della teoria di gauge. Questo spettro è stato determinato in letteratura per la teoria N=4. È uno spettro discreto che dipende da un numero intero e dal numero quantico azimutale della sfera  $S_3 \subset S_5$  su cui è avvolta la D7. Lo spettro è degenere nel numero quantico “magnetico”.

Motivati dalla necessità di studiare teorie con minor supersimmetria, ci siamo posti il problema di studiare se e come lo spettro mesonico della teoria sia deformato dall’introduzione di perturbazioni marginali della teoria che rompano parzialmente o totalmente la supersimmetria. Nella sua descrizione duale di supergravità, abbiamo determinato le condizioni di immersione di D7 brane nel background deformato e studiato le relative fluttuazioni. Risolvendo analiticamente le equazioni del moto delle fluttuazioni, abbiamo determinato il nuovo spettro. L’effetto della perturbazione è quello di rompere la degenerazione nel numero quantico magnetico in modo simile a quanto accade nel caso dell’effetto Zeeman in MQ. Lo spettro viene a dipendere esplicitamente dai parametri di deformazione. Anche se il modello proposto non è ancora “fisico” poiché la teoria è invariante conforme, la dipendenza dello spettro da parametri liberi di deformazione permette in linea di principio un fine-tuning con i risultati sperimentali.

## *12. Teorie di Chern–Simons con materia in tre dimensioni*

Un’importante e non banale realizzazione della corrispondenza AdS/CFT coinvolge una teoria di campo di Chern–Simons in tre dimensioni, in interazione con materia. Questa è una teoria con supersimmetria N=6 e la sua descrizione duale è realizzata in termini di una stringa di tipo IIA su background  $AdS_4 \times CP^3$  o M-teoria su  $AdS_4 \times S^7/Z_k$ . È interessante sondare proprietà di simmetria, dualità, nonché il settore on-shell della teoria per investigare similarità e differenze con il caso standard di N=4 SYM ed evidenziare eventuali proprietà della corrispondenza AdS/CFT che siano indipendenti dalla particolare realizzazione.

Per tali modelli abbiamo studiato le proprietà di rinormalizzabilità, lo spettro dei punti fissi, le traiettorie del gruppo di rinormalizzazione e la stabilità della teoria nell’infrarosso. Abbiamo dimostrato l’esistenza di curve del gruppo di rinormalizzazione che risultano globalmente stabili, ma localmente instabili. In generale, il sistema ha una sola direzione di stabilità locale che corrisponde a deformazioni che rispettano il massimo grado di simmetria della teoria.

Recentemente, ci siamo concentrati sullo studio delle ampiezze di scattering in ABJM, funzioni di correlazione di operatori composti e Wilson loops. I maggiori risultati in questo ambito sono stati: il calcolo esplicito dell’ampiezza a quattro particelle a due loops, il Wilson loop con bordo di tipo luce, funzioni di correlazione a 1 loop e ampiezze a 1 loop per ogni numero di particelle esterne. Interessanti relazioni di dualità tra queste quantità sono state discusse, che ricordano in parte ciò che già succede in N=4 SYM. In ogni caso, poiché le proprietà perturbative di una teoria in tre dimensioni sono in generale molto diverse dalle proprietà in quattro dimensioni, i risultati trovati non sono banali repliche del caso quadridimensionale. Un’interessante identità è stata ricavata tra l’ampiezza di scattering a quattro particelle, a 1 loop in N=4 SYM e lo stesso oggetto, ma a due loops, in ABJM. Lo studio di Wilson loops che preservano parte delle supersimmetria N=6 è attualmente in corso.

## B. TEORIE CONFORMI E MODELLI INTEGRABILI

### 1. Sistemi integrabili in due dimensioni

Lo studio di teorie conformi in due dimensioni e modelli lagrangiani integrabili descriventi sistemi conformi perturbati al di fuori del punto critico, è da anni una branca importante della ricerca teorica. Infatti, i vuoti di stringa sono teorie conformi e il grande problema della classificazione dei vuoti può essere affrontato, nel linguaggio della teoria dei campi, studiando lo spettro dei punti fissi e il flusso del gruppo di rinormalizzazione che li connette. Inoltre, i sistemi integrabili hanno immediata applicazione in meccanica statistica per descrivere modelli statistici bidimensionali perturbati fuori dal punto critico. I principali risultati ottenuti in questo ambito riguardano le teorie Toda, ossia teorie scalari con potenziali di interazione esponenziali associati alle radici di un'algebra semplice (l'esempio più noto è il modello di sine-Gordon relativo all'algebra  $su(2)$ ). Queste teorie sono note essere classicamente integrabili (posseggono un numero infinito di cariche conservate in involuzione) e possono essere interpretate come descriventi sistemi conformi perturbati lungo direzioni che rompono l'invarianza conforme, ma mantengono l'integrabilità. Noi abbiamo studiato le proprietà quantistiche di queste teorie. In particolare, studiando le traiettorie del gruppo di rinormalizzazione, abbiamo dimostrato che nei limiti infrarosso e ultravioletto queste teorie fluiscono a due punti conformi diversi che, per particolari valori dei parametri della teoria, descrivono due diversi modelli statistici [7,8,9,10, 11,12].

La proprietà di integrabilità delle teorie di campo di tipo Toda garantisce l'esistenza di una matrice  $S$  elastica, fattorizzata in processi a due particelle. La matrice  $S$  può essere determinata esattamente imponendo relazioni algebriche derivanti dall'integrabilità del sistema. Le proprietà on-shell di tali sistemi sono quindi completamente note. Noi ci siamo occupati dello studio della matrice  $S$  per teorie Toda associate a superalgebre di Lie. Tali matrici  $S$  hanno una precisa corrispondenza con la matrice di transfer di particolari modelli statistici su reticolo [13,14,16].

### 2. Sistemi integrabili supersimmetrici e teorie topologiche

Teorie di campo integrabili in 2d di tipo Toda ammettono alcune generalizzazioni supersimmetriche. Motivazioni per studiare queste estensioni supersimmetriche vengono di nuovo dalla teoria di stringa (i vuoti della superstringa presentano supersimmetria) e dalla ricerca della supersimmetria in meccanica statistica. Per tali teorie è abbiamo studiato l'integrabilità a livello classico e quantistico, determinando in modo esatto le prime correnti conservate non banali di spin maggiore di 2. Tale proprietà è sufficiente per assicurare l'esistenza di una matrice  $S$  esatta. Un aspetto interessante è lo studio del disaccoppiamento dallo spettro fisico degli stati di ghosts che necessariamente sono presenti a causa della manifesta non unitarietà della teoria. Un'altra peculiarità è inoltre la presenza di soluzioni solitoniche alle equazioni del moto. È interessante quindi indagare se il sottosectore solitonico coincida con il sottospazio fisico di queste teorie.

Una sottoclasse di queste teorie Toda supersimmetriche presentano una seconda supersimmetria non manifesta. Di tali teorie abbiamo studiato la versione topologica come esempio di formulazione di una teoria di campo topologica nello spazio di Minkowski (in letteratura sono in genere formulate nello spazio euclideo), dove la natura topologica della teoria non preclude l'esistenza di gradi di libertà fisici propaganti. Abbiamo infine isolato e studiato il settore solitonico della teoria e calcolato la più generale funzione di correlazione con un numero arbitrario di stati solitonici nella versione topologica di queste teorie. I risultati sono riportati in [18,19].

### 3. Sistemi integrabili con bordo

Sistemi bidimensionali di tipo Toda definiti sul semipiano e caratterizzati da interazioni al bordo non banali sono di grande interesse fisico per la loro immediata applicazione allo studio di fenomeni bidimensionali quali l'effetto Kondo, sistemi dissipativi, problemi di impurità quantistica e effetto Hall quantistico. Lo studio condotto sull'integrabilità di tali teorie, ha innanzitutto permesso di determinare la più generale forma dell'interazione al bordo che garantisca l'integrabilità della teoria a livello classico. A livello quantistico, la richiesta di conservazione della prima corrente non banale implica una rinormalizzazione finita del potenziale sul bordo, mentre la corrente successiva risulta intrinsecamente anomala. Questa caratteristica sembra sopravvivere anche a spin più alti dimostrando che a livello quantistico queste teorie perdono il carattere di integrabilità. I risultati ottenuti sono riportati in [20,21,22].

Teorie di campo bidimensionali integrabili definite da matrici  $S$  ellittiche si distinguono per la presenza di una doppia periodicità della matrice  $S$  a 2 particelle come funzione della rapidità relativa. Infatti, tali matrici  $S$ , definite in termini delle funzioni ellittiche di Jacobi, presentano una periodicità sull'asse reale, oltre all'usuale periodicità immaginaria che riflette l'unitarietà della teoria e la simmetria di crossing. La conseguenza fisicamente più rilevante è la presenza di un numero infinito di risonanze che influenzano il comportamento del sistema nel regime ultravioletto. Nel caso della più semplice matrice  $S$  con doppia periodicità abbiamo affrontato il problema del calcolo dei Fattori di Forma (FF) a partire dalle loro equazioni ricorsive e di monodromia [28]. A causa della natura periodica della matrice  $S$ , tali equazioni risultano possedere un numero infinito di soluzioni. Sono stati determinati i FF fino a quattro particelle. Dallo studio degli elementi di matrice della traccia del tensore energia-impulso, grazie al  $c$ -teorema si evince l'andamento asintotico UV del modello in considerazione. Al variare del periodo reale, la carica centrale di tale modello nel limite UV può assumere un qualsiasi valore nell'intervallo  $(0,1)$ . Il limite UV è quindi in generale una teoria conforme irrazionale, non-unitaria. Sviluppi ulteriori riguardano la miglior comprensione delle possibili applicazioni fisiche di questi modelli e l'eventuale connessione con l'usuale teoria di campo lagrangiana.

## **Santo Gammino**

Nato a Riposto, 17/9/1963.

- Laureato in Fisica (Catania), 9/7/1987, con 110 e lode ("Studio sul sistema di pulsaggio dei fasci di ioni dell'acceleratore Tandem al LNS")
- Borsista dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare dal 1988 al 1990.
- Ricercatore dal 1990, Primo Ricercatore dal 2002 e Dirigente di Ricerca dal 2009.
- Ha contribuito al completamento e messa in funzione del Ciclotrone Superconduttore dei LNS e di diversi tipi di sorgenti per acceleratori di ioni.
- Ha proposto nel 1991 (con il Dr. G. Ciavola) il progetto EXCYT per la costruzione di una Radioactive Ion Beams facility, poi costruita nel decennio successivo ai LNS.
- Ha svolto ricerche nel campo della Fisica degli Acceleratori e della Fisica del Plasma, che hanno toccato molti aspetti della produzione di fasci di ioni e della loro accelerazione, con proposte originali a partire da quella del 1990 sulla modalità "High B mode" del confinamento di ioni in plasma, alla spiegazione del "biased disk effect" e del "frequency tuning effect", alla produzione di fasci energetici di ioni da laser.
- Ha progettato la sorgente di ioni SERSE, che ha consentito ai LNS di dotarsi della più potente sorgente di ioni multicarichi a livello mondiale nel periodo 1997-2004, spianando la strada per le attuali sorgenti ECRIS di Terza e Quarta generazione, utilizzate in tutto il mondo per la Fisica Nucleare e per applicazioni Industriali e Biomediche.
- Nel primo decennio di questo secolo ha progettato e ha seguito la costruzione di un iniettore ad alta brillantezza per il progetto TRASCO (TRASmutazione SCORie radioattive)
- Ha messo a disposizione del Centro Nazionale di Adroterapia Oncologica di Pavia due iniettori di ioni e protoni; più recentemente ha progettato la sorgente AISHA dedicata all'Adroterapia, costruita in cooperazione con 3 piccole imprese siciliane.
- Ha partecipato ai lavori di redazione del NUPECC Long Range Plan (2010) e ha fatto parte per 10 anni della Commissione Nazionale V dell'INFN. Membro di vari comitati in Italia, in Europa e negli USA, ha insegnato in corsi di dottorato di ricerca in varie università italiane, in Argentina e in corsi della Scuola di acceleratori del CERN.
- Dal 2010 è leader del Work Package 3-Acceleratore lineare Normal Conducting della European Spallation Source a Lund in Svezia, coordinando diversi gruppi di ricerca in varie sedi italiane, francesi, svedesi, spagnole. Per lo stesso progetto, è responsabile nazionale per l'INFN rispetto al MIUR e in tale veste è membro del Comitato INFN-CNR-Elettra che sovrintende la gestione tecnico-scientifica del contributo in-kind italiano alla costruzione della facility suddetta.
- Ha scritto oltre 200 pubblicazioni "peer reviewed" e un pari numero di contributi a conferenze.
- Ha contribuito alla formazione di decine di ricercatori, alcuni dei quali hanno ora posizioni di rilievo in altri Laboratori europei.
- Ha fatto parte e in molti casi ha presieduto commissioni di gara e commissioni di concorso.