

#### **A1 Titolo dell'attività di ricerca**

Fisica quantistica, metodi matematici e applicazioni

#### **A2 Responsabile**

*(aggiungere eventuale referente del Dipartimento se il Responsabile non è un afferente ad esso)*

Fedele Lizzi

#### **A3 Personale Dipartimento di Fisica (Professori e Ricercatori)**

Prof. Ordinari: Vincenzo Ferone, Fedele Lizzi, Guido Trombetti

Prof. Associati: Giuseppe Bimonte, Rodolfo Figari, Franco Ventriglia, Patrizia Vitale

Ricercatori universitari: Paolo Aniello

Contratto di Ricerca: Giuseppe Marmo (Emerito)

RTDA: 0

RTDB: 0

#### **A4 Collaborazioni con altri enti**

Enti Nazionali: INFN, CNR, Università di Bari, Università di Bologna, Università di Camerino, Università del Piemonte Orientale, Università di Trieste, Dipartimento di Matematica Federico II.

Enti Internazionali: Université du Luxembourg, Universidad de Zaragoza, CNRS Paris Sud, MIT, LPT Paris Sud, Universidad Carlo III Madrid, Lebedev Institut, Universitat Stuttgart, University of Warsaw, Universidad ABC Sao Paulo, Brasil, Universidad de Brasilia .....

#### **A5 Personale strutturato ricercatore o tecnologo altri enti convenzionati**

Giampiero Esposito (primo ricercatore INFN)  
Cosimo Stornaiolo (Ricercatore INFN)  
FIRB Raffaele Carlone Dip. Matematica UNINA

#### **A6 Altro personale di ricerca (Assegnisti, Borsisti)**

Assegnisti: 0  
Borsisti Post-doc: 0  
Borsisti: 0

#### **A7 Dottorandi di Ricerca**

Florio Maria Ciaglia, Fabio Di Cosmo, Gianpaolo Piscitelli (Dip. Matematica),  
Mattia Mafredonia

#### **B1 Breve descrizione della linea di ricerca**

*(max 1000 caratteri)*

L'attività di ricerca del gruppo riguarda vari aspetti della fisica teorica moderna, che vanno dalla struttura quantistica dello spazio-tempo e sue implicazioni in teorie di campo, gauge e gravità, fino ai più recenti sviluppi di metodi algebrici e geometrici in meccanica quantistica, con importanti applicazioni ai sistemi aperti, all'evoluzione dei sistemi quantistici, alla decoerenza.

La componente del gruppo incardinata nel settore scientifico-disciplinare MAT/05 si occupa di equazioni non lineari di tipo ellittico. con crescita critica o sub-critica nel gradiente e problemi di ottimizzazione di forme.

Le principali linee di ricerca possono essere così riassunte:

**Geometria noncommutativa, modelli di quantum space-time, applicazioni alle teorie di gauge e al modello standard.** L'unificazione di gravità e meccanica quantistica alla scala di Planck comporta un ripensamento

radicale della geometria dello spazio-tempo. Questo determina sia la necessità di modellizzare lo spazio-tempo quantistico, che di studiarne le implicazioni in teorie di gauge e gravità.

**Evoluzione di sistemi quantistici, sistemi quantistici aperti, decoerenza:**

Formulazione geometrica della meccanica quantistica, algebre di Lie-Jordan e applicazioni alla teoria dell'informazione geometrica. Entanglement e separabilità per sistemi multi-partiti e particelle identiche (bosoni, fermioni) Evoluzione temporale di sistemi quantistici; semigruppì dinamici quantistici e generatori infinitesimali associati (equazioni di evoluzione); evoluzione di entropie quantistiche; applicazioni alla teoria quantistica dell'informazione.

Modelli di sistemi quantistici macroscopici per l'analisi della dinamica della decoerenza e della transizione comportamento quantistico-comportamento classico per una particella interagente con l'ambiente.

Interazioni mediate da fluttuazioni quantistiche e classiche del campo elettromagnetico: effetto Casimir, trasporto radiativo di calore, emissione termica di nano-strutture.

Equazioni non lineari di tipo ellittico con crescita critica o sub-critica nel gradiente e problemi di ottimizzazione di forme.

## **B2 Descrizione attività svolta nel triennio 2014-2016**

*(max 2000 caratteri)*

**Geometria noncommutativa.** La geometria noncommutativa dello spazio-tempo ha una applicazione al modello standard delle interazioni fondamentali, che viene descritto da una azione basata sulle proprietà spettrali di un'algebra quasi-commutativa. Questa azione spettrale prevede il campo di Higgs sullo stesso livello dei bosoni vettori, e ha consentito di fare interessanti predizioni. Le recenti misure della massa dell'Higgs hanno portato a raffinamenti della teoria basate sull'allargamento della simmetria. Utilizzando l'azione spettrale si sono studiate le proprietà dello spazio tempo ad energie altissime, ottenendo indicazioni di una fase in cui i punti dello spazio tempo divengono scorrelati. Si sono poi studiate teorie di gauge su modelli di spazio-tempo noncommutativo e si sono studiate le proprietà di rinormalizzazione di queste teorie.

### **Evoluzione di sistemi quantistici, sistemi quantistici aperti, decoerenza:**

Nella formulazione geometrica della meccanica quantistica abbiamo caratterizzato i campi vettoriali di Kossakowski-Lindblad sullo spazio degli stati. Abbiamo generalizzato la tomografia agli spazi di operatori e generalizzato la trasformata di Radon a sottovarietà Lagrangiane. In questo ambito abbiamo anche considerato la descrizione della meccanica quantistica in termini di distribuzioni di probabilità per considerare la transizione quantistico-classica.

Si è studiata una classe di semigruppì di operatori, i cosiddetti "twirling semigroups", e si è mostrato che questi ammettono una notevole realizzazione in termini di funzioni definite sullo spazio delle fasi. Si è anche studiata l'evoluzione delle entropie quantistiche (entropie di von Neumann, Renyi, Tsallis etc.) in sistemi quantistici aperti.

Utilizzando la teoria di Krein delle estensioni autoaggiunte abbiamo classificato una famiglia di hamiltoniane che generano dinamiche non banali di una particella in una matrice di atomi-modello con un numero finito di gradi di libertà.

Effetto Casimir termico: Si è investigata l'influenza della geometria sull'interazione di Casimir-Polder tra un atomo ed una superficie materiale, e sull'interazione tra due superfici immerse in un liquido al punto critico. Si sono proposti nuovi schemi di esperimenti differenziali volti ad osservare la elusiva forza termica di Casimir.

### **B3 Descrizione attività programmata nel triennio 2016-2018**

*(max 2000 caratteri)*

**Geometria noncommutativa.** Lo studio dello spaziotempo quantistico potrebbe portare ad una situazione in cui le costanti fondamentali della natura, per effetto del substrato quantistico, hanno fluttuazioni stocastiche su scale Planckiane. Questo potrebbe permettere di testare la struttura quantistica dello spazio-tempo a bassa energia.

Si proseguirà lo studio dell'azione spettrale e delle conseguenze dei vari

scenari, anche cosmologici, che si stanno aprendo dopo i recenti esperimenti.

Ci si propone di studiare spazi basati sulla geometria noncommutativa per cui le dimensioni nell'infrarosso sono diverse da quelle dell'ultravioletto, senza violare le simmetrie fondamentali dello spazio. Si studieranno quindi le proprietà infrarosse delle teorie di gauge.

Nell'ambito dello studio della geometria dello spazio-tempo quantistico si studieranno backgrounds non-geometrici emergenti dalla teoria di stringa, che sono sia di tipo non-commutativo che non-associativo.

Si studieranno le proprietà infrarosse delle teorie di gauge.

**Evoluzione di sistemi quantistici, sistemi quantistici aperti, decoerenza:**

Prevediamo di estendere lo studio dei "twirling semigroups" in varie direzioni. In particolare, siamo interessati alla classe dei "twirling semigroup generalizzati", che consistono di mappe dinamiche quantistiche non random-unitarie né, in generale, completamente positive. Prevediamo inoltre di studiare l'evoluzione temporale e le proprietà di convessità di entropie quantistiche in sistemi quantistici aperti a dimensione infinita.

Inoltre analizzeremo i limiti quasi-classici per una particella interagente con un campo bosonico.

In collaborazione col MIT di Boston e con l'Università dell'Indiana si prevede di realizzare una serie di esperimenti Casimir, sulla base dello schema differenziale da noi proposto.

**C1 Pubblicazioni scientifiche nel triennio 2014-2016**

*(indicare il numero complessivo nel triennio e elencare le più significative (max 10))*

N. complessivo: 72

**P. Aniello**, D. Chruscinski, "Characterizing the dynamical semigroups that do not decrease a quantum entropy", *Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical*, 49 (2016) 345301.

**G. Bimonte**, "Hide it to see it better: a robust setup to probe the thermal Casimir effect" Phys. Rev. Lett. 112, 240401 (2014)

**G. Bimonte**, "Apparatus for measuring the thermal Casimir force at large distances" Phys. Rev. Lett. 113, 240405 (2014)

A. Devastato, **F. Lizzi**, P. Martinetti "Grand Symmetry, Spectral Action, and the Higgs mass" JHEP 1401 (2014) 042.

M.A. Kurkov, **F. Lizzi**, D. Vassilevich "High energy bosons do not propagate" Phys.Lett. B731 (2014) 311-315.

**Ferone Vincenzo**, Kawohl Bernd, Nitsch Carlo. The elastica problem under area constraint. MATHEMATISCHE ANNALEN, 365 (2016), 987-1015.

G.F. Dell'Antonio, **R. Figari**, A. Teta, "Classical-Like Trajectories of a Quantum Particle in a Cloud Chamber" in "The Message of Quantum Science, Attempts Toward a Synthesis" Ph. Blanchard and J. Froelich Eds., 291 - 313, Lecture Notes in Physics 899 (2015)

D. Chruscinski, V.I. Man'ko, **G. Marmo**, **F. Ventriglia** "On pseudo-stochastic matrices and pseudo-positive maps", Phys. Scripta, 90, 115202 (2015)

V. G.Kupriyanov and **P. Vitale**, "Noncommutative  $R^d$  via closed star product," JHEP 1508, 024 (2015).

A. Pachol and **P. Vitale**, " $\kappa$ -Minkowski star product in any dimension from symplectic realization," J. Phys. A 48, 445202 (2015).

## **C2 Presentazioni a Conferenze internazionali e nazionali**

*(solo se lo speaker è tra il personale elencato nel punto A3)*

### **P. Aniello:**

- "Phase Space Approach to Quantum Systems" PAFT 2014, 11-16 aprile 2014, Vietri sul Mare (SA).

- "Phase Space Dynamics of Open Quantum Systems" XXII International Conference on Integrable Systems and Quantum Symmetries (ISQS22), 23-29 giugno 2014,

Praga, Repubblica Ceca.

-“Classical-quantum Semigroups” *Operator and Geometric Analysis on Quantum Theory*, 15-19 settembre 2014, Levico Terme (Trento).

-“Functions of Positive Type and Open Quantum Systems” *XXIII International Conference on Integrable Systems and Quantum Symmetries (ISQS23)*, 22-28 giugno 2015, Praga, Repubblica Ceca.

**V. Ferone:**

"On Pólya's inequality for torsional rigidity and first Dirichlet Laplacian eigenvalue", The 11th AIMS Conf. on Dynam. Cyst., Diff. Eq. and Appl., Orlando, 1/5-7-2016.

"On the minimizers of trace inequalities in BV", Geometric and Analytic Inequalities, Banff, 11/15-7-2016.

"On Pólya's inequality for torsional rigidity and first Dirichlet Laplacian eigenvalue", Geometry of solutions of PDE's and its related inverse problems, Sendai, 5/7-10-2016.

"The quantitative Faber-Krahn inequality for the Robin laplacian", 3rd Weekend on Variational Methods & Diff. Eq., Catania, 28/29-10-2016.

"On the Stability of the Bossel Daners Inequality", Partial Differential Equations and Related Analytic-Geometric Inequalities, Milano, 17-18/2/2017.


"Partial Differential Equations and Related Topics", Alghero, 12-16 settembre 2016 <http://www.dma.unina.it/ferone/alghero2016/index.html>

NEW TRENDS IN CALCULUS OF VARIATIONS, Accademia Nazionale dei Lincei, Roma, 27 maggio 2016

[http://www.lincci.it/modules.php?name=Convegni&file=lista&func=Convegni\\_edit&Id=1319](http://www.lincci.it/modules.php?name=Convegni&file=lista&func=Convegni_edit&Id=1319)

"Convegno scientifico GNAMPA 2016", Montecatini, 20/23-6-2016.

<http://www.altamatematica.it/gnampa/node/29>

"On the minimizers of trace inequalities in BV", 8th European Conference on Elliptic and Parabolic Problems, Gaeta, 26/30-5-2014. 

"Comparison results for nonlinear elliptic equations with lower order terms",

Università di Colonia, Colonia, 14-7-2014.

"On the minimizers of trace inequalities in BV", Analytic and geometric methods in Calculus of Variations and pde's, Accademia Nazionale dei Lincei, Roma, 9/10-9-2014.

"On the minimizers of trace inequalities in BV", The 9th International Conference on Differential Equations and Dynamical System, Dallas, 14/16-5-2015.

"The elastica problem under area constraint", Geometric Properties for Parabolic and Elliptic PDE's 4th Italian-Japanese Workshop, Palinuro, 25/29-5-2015.

"The elastica problem under area constraint", INTERNATIONAL CONFERENCE ON NONLINEAR OPERATORS, DIFFERENTIAL EQUATIONS AND APPLICATIONS, Cluj-Napoca, 14/17-7-2015.

"On the minimizers of trace inequalities in BV", Minisymposium Geometric variational problems, DMV-Jahrestagung 2015, Amburgo, 21/25-9-2015.

### **R. Figari**

-SA Ludwig Maximilians Universitaet Muenich, Many Body point interactions, 27 Febbraio 2014

-Dipartimento di Matematica "Castelnuovo", Roma 15 Aprile 2015

-Université Paul Sabatier, Toulouse, Modeling and numerics for quantum systems, 2-4 Settembre 2015

### **F. Lizzi**

- 2017 Conference "Topological and geometric aspects of quantum spaces", SISSA Trieste, March 2017.

- 2016 Conference "2016 Bayrischzell Workshop on Noncommutativity and Physics: Quantum Spacetime Structures", Bayrischzell, Germany, May 2016.

- 2016 Conference "Gauge Theory and Noncommutative Geometry", Nijmegen, Netherlands, April 2016.

2015 Universidade de Brasilia (Brasile)

-2015 University of Vienna (Austria)

-2015 Corfu Summer Institute, Workshop Noncommutative Field Theory and



Gravity September 2015.

-2015 Corfu Summer Institute Workshop on Particle Physics Phenomenology, Greece, September 2015

-2014 Workshop on Noncommutative Geometry and Physics, in the trimester programme on Noncommutative Geometry, Hausdorff Institute for Mathematics, Bonn, September

-2014 XXI Congresso della Società Italiana di Gravitazione. Invited Plenary Talk. September 2014, Alessandria, Italy

-2014 Convegno "Estate Quantistica", September 2014, Scalea, Italy.

-2014 14th Conference "Frontiers in Fundamental Physics" 14-18 July Marseille, France.

-2014 Conference "First Joint International Meeting of the Italian and Spanish Mathematical Societies", 30 June - 4 September 2014, Bilbao, Spain.

#### **G. Marmo**

-Quantum Physics: Foundations and Applications 3-13 February 2015. NITheP Stellenbosch, South Africa.

-International Workshop Mathematical Structure in Quantum Physics and Applications, February 3- 14, 2014 at Centre for High Energy Physics, Indian Institute of Science, Bangalore

-Problems of Mathematical and Quantum Physics Centro Internacional de Ciencias Cuernavaca, México, June 8th - 12th, 2015

-Geometry of Jets and Fields, Bedlewo (Poland),10-15 May,2015

-From Geometry and Chaos to Quantum Information and Neurobiology April 24-25 ,Warsaw, 2015

-Symposium on Mathematical Physics Information Theory & Quantum Physics Torun; June 15-17, 2014

#### **P. Vitale**

- School on Quantum Physics, Foundations and applications. Indian Institute of Science, Bangalore India. Titolo del corso: " Differential forms on manifolds with boundaries" dal 31-01-2016 al 13-02-2016 2)

-Workshop ``Gauge theory and noncommutative geometry" Radboud University Nijmegen. Titolo del talk : The Gribov Problem in Noncommutative QED dal 04-04-2016 al 08-04-2016

- Geometria è fisica: a geometric vision of physics. Policeta - San Rufo, Salerno dal 11-07-2016 al 13-07-2016

- XXV Fall workshop on Geometry and Physics. CSIC Madrid Spain. Titolo del talk: " The Gribov problem in Noncommutative Quantum Field Theory"

-2015 XIV Marcel Grossmann Roma (Sessione QF1 Quantum Spacetime)

-2015 National Institute for Theoretical Physics, Wallenberg Research Centre, Stellenbosch, South Africa. Quantum Physics: Foundations and Applications 3-13 febbraio

-2014 Vietri sul mare Conferenza PAFT 2014, 15 aprile

## C2'. Organizzazione di conferenze

### **F. Lizzi, G. Marmo, P. Vitale:**

Problemi attuali di Fisica Teorica. PAFT 2017 Vietri sul Mare.

<http://paft17.sa.infn.it/>

### **F. Lizzi, G. Marmo, P. Vitale:**

Problemi attuali di Fisica Teorica. PAFT 2016 Vietri sul Mare.

<http://paft16.sa.infn.it/>

### **F. Lizzi, G. Marmo, P. Vitale:**

Problemi attuali di Fisica Teorica. PAFT 2015 Vietri sul Mare.

<http://paft15.sa.infn.it/>

### **V. Ferone:**

"Topics in Elliptic and Parabolic PDEs", Napoli, 11-12 settembre 2014.

<http://www.dma.unina.it/~ferone/napoli2014>

### **R. Figari, G. Marmo:**

``Trials in Quantum Mechanics and Surroundings", Frascati Jan 29 - Feb 2,

2013 <http://www.tqms.it/frascati2013/>

**R. Figari:**

“SP2014 Selected Problems in Mathematical Physics, Statistical Mechanics, Many-Body Quantum Physics and PDEs” La Spezia September 1-5, 2014

<http://sp2014.tqms.it/>

“The Mathematics of Topological Insulators in Naples” Dipartimento di Matematica e Applicazioni, Università Federico II, Napoli February 2-5, 2015

<http://cond-math.it/topins.htm>

**G. Marmo:**

Quantum Physics: Foundations and Applications 3-13 February 2015. National Institute for Theoretical Physics, Wallenberg Research Centre, Stellenbosch, South Africa. <http://www.nithec.ac.za/4mb.htm>

An International Workshop Mathematical Structure in Quantum Physics and Applications February 3, 2014 to February 14, 2014 at Centre for High Energy Physics, Indian Institute of Science, Bangalore.

<http://cts.iisc.ernet.in/indico/conferenceDisplay.py?confid=36>

**Lizzi, Ventriglia, Vitale**

Geometria è Fisica, a Geometrical Vision of Physics

San Rufo (Salerno) July 2016

**P. Vitale:**

2015 Proponente e grant recipient dalla fondazione Humboldt per: "Open problems in theoretical physics: the issue of quantum space-time" Humboldt Kolleg Corfu 18-22 <http://www.physics.ntua.gr/corfu2015/hu.html>

2015 “Noncommutative field theory and quantum gravity” 19-26 settembre, Corfu <http://www.physics.ntua.gr/corfu2015/nc.html>

2014 Workshop “Quantized geometry and physics” Bayrischzell maggio 23-26 <http://hep.itp.tuwien.ac.at/~miw/bzell2014/>

## **D1 Progetti di ricerca attivi**

*(Progetti di Enti di ricerca, Progetti Europei, Progetti MIUR, PON, POR, ...)*

Iniziative specifiche gruppo IV INFN: QUANTUM, GEOSYMQFT (Coord. nazionale)

COST Action MP1405 QUANTUM STRUCTURE OF SPACETIME [QSPACE] (Core Group & Management Committee)

F.I.R. CondMath

PRIN 2015 (Coord. Locale)