Attivitá di Gruppo IV (Fisica Teorica)

Assemblea di Sezione

G. P. Vacca

Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

Sezione di Bologna

19 luglio 2017, Aula Magna DIFA

Iniziative Specifiche, Gruppo IV

- *L'attività della CSN4 comprende 6 aree tematiche di ricerca in Fisica Teorica*
  Tutte queste sono rappresentate nella Sezione di Bologna
  (totale associati di gruppo IV: $\sim$ 50 FTE)

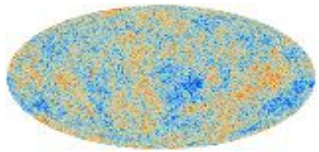
- Teoria dei Campi e di Stringa
  FLAG, GAST, ST&FI (nuova attività a BO)
- Fenomenologia
  QFT@Collider
- Fisica Nucleare e Adronica
  Many-Body
- Metodi Matematici
  Quantum
- Fisica Astro-Particellare
  InDark, QUAGRA
- Fisica Statistica e Teoria di Campo Applicata
  PlexNet

FLAG - Fields and Gravity

- *Responsabile nazionale:* Roberto Casadio (Università di Bologna)
- *Sedi partecipanti:* Bologna, Milano, Trento, Trieste
- *Responsabile locale:* Roberto Casadio (UniBo)
- *Personale ricercatore ed associato afferente:*
  Roberto Casadio (UniBo), Alexander Kamenshchik (UniBo), Gian Paolo Vacca (INFN, 50%), Alessandro Tronconi (INFN,50%), Alfio Bonanno (INAF, 50%), Fabio Finelli (INAF, 30%), Alessandro Gruppuso (INAF, 50%);
  Amjad Ashoorioon (Postdoc (CSN4) INFN), Mahmoud Safari (assegn. di ricerca);
  Dottorandi: Andrea Giusti, Alessia Platania;
- *Attività scientifica:* Gravità quantistica, cosmologia e buchi neri
  - Relatività generale e teoria quantistica dei campi
  - Gruppo di rinormalizzazione e sicurezza asintotica
  - Buchi neri
  - Modello cosmologico inflazionario, strutture a grande scala e anisotropia dello sfondo cosmico di microonde, Materia oscura, Energia oscura

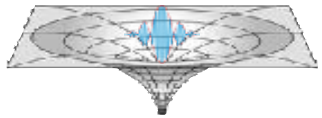
FieLds And Gravity

BO members: 11 (**7.5** FTE)
Papers 2016-17: **24**
Preprints 2016-17: **6**



Cosmology: inflation, CMB, dark energy and dark matter

Ashoorioon, **Casadio**, Koivisto, *Anisotropic non-Gaussianity from rotational symmetry breaking*, JCAP 12 (2016) 002
Bonanno, Saueressig, *Asymptotic safe cosmology - a status report*, Comptes Rendus Physique 18 (2017) 254
Kamenshchik, Pozdeeva, Vernov, **Tronconi**, Venturi, *Bianchi-I cosmological model and crossing singularities*, PRD 95 (2017) 083503; *Transformations between Jordan and Einstein frames: bounces, antigravity and crossing symmetry*, PRD 94 (2016) 063510
Kamenshchik, Kiefer, Kwidzinski, *Classical and quantum cosmology of Born-Infeld type models,* PRD 93 (2016) 083519
Tronconi, *Asymptotically safe non-minimal inflation*, arXiv:1704.05312



Black holes: theory of gravitational collapse and black holes

Casadio, Giugno, **Giusti**, Micu, *Horizon quantum mechanics of rotating black holes,* EPJC 77 (2017) 322
Casadio, da Rocha, *Stability of the graviton Bose-Einstein condensate in the brane-world,* PLB 763 (2016) 434
Casadio, Giugno, **Giusti**, *Matter and gravitons in the gravitational collapse,* PLB 763 (2016) 337; *Quantum corpuscular corrections to the Newtonian potential*, arXiv:1702.06101

Functional renormalization: asymptotically safe gravity

Bonanno, Koch, **Platania**, *Cosmic censorship in quantum Einstein gravity,* CQG 34 (2017) 095012
Percacci, **Vacca**, *The background scale Ward identity in quantum gravity*, EPJC 77 (2017) 52

GAST - Gauge and String Theories

- *Responsabile nazionale:* Gianluca Grignani (Università di Perugia)
- *Sedi partecipanti:* Bologna, Firenze, Parma, Perugia, Pisa, Trieste
- *Responsabile locale:* Fiorenzo Bastianelli (Università di Bologna)
- *Personale ricercatore ed associato afferente:*
  Fiorenzo Bastianelli (UniBo), Olindo Corradini (UniMo), Davide Fioravanti (INFN), Emanuele Latini (UniBo), Alessandro Pesci (INFN, 30%), Francesco Ravanini (UniBo), Roberto Soldati (UniBo), Roberto Zucchini (UniBo); Jean-Emile Bourgine (postdoc INFN CSN4), Patricia Ritter (ass. di ricerca), Alfredo Bonini, Niccolo' Vernazza (Dottorandi).
- *Attività scientifica:*
  - Worldline formalism, higher spin fields
  - Gauge and string theories, Integrability, Conformal Field Theories,
  - Higher gauge theories,
  - String Phenomenology and Cosmology
  - Holography ad gravity
  - QFT in non trivial backgrounds

GAST (Gauge and Strings Theories)

Pubblicazioni dal 07-2016: **16 articoli e 6 preprints**

- **Gauge and string theory from an integrability perspective**
- **Worldline approaches and anomalies in QFT**
- **String phenomenology and cosmology**
- **Conformal field theory and integrable models**
- **QFT in nontrivial backgrounds**
- **Higher gauge theories**
- **Holography and gravity**

[1] F. Bastianelli, O. Corradini and E. Vassura, JHEP **1704** (2017) 050 [arXiv:1702.04247 [hep-th]].
[2] F. Bastianelli and R. Martelli, JHEP **1611** (2016) 178 [arXiv:1610.02304 [hep-th]].
[3] A. Bonini, D. Fioravanti, S. Piscaglia and M. Rossi, Phys. Rev. D **95** (2017) no.4, 041902 [arXiv:1607.02084 [hep-th]].
[4] J. E. Bourgine, M. Fukuda, Y. Matsuo, H. Zhang and R. D. Zhu, PTEP **2016** (2016) no.12, 123B05 [arXiv:1606.08020 [hep-th]].
[5] M. Cicoli, F. Muia and P. Shukla, JHEP **1611** (2016) 182 [arXiv:1611.04612 [hep-th]].
[6] M. Cicoli, D. Ciupke, S. de Alwis and F. Muia, JHEP **1609** (2016) 026 [arXiv:1607.01395 [hep-th]].
[7] L. Aparicio, M. Cicoli, B. Dutta, F. Muia and F. Quevedo, JHEP **1611** (2016) 038 [arXiv:1607.00004 [hep-ph]].
[8] A. Ahmad, N. Ahmadiniaz, O. Corradini, S. P. Kim and C. Schubert, Nucl. Phys. B **919** (2017) 9 [arXiv:1612.02944 [hep-ph]].
[9] J. P. Edwards and O. Corradini, JHEP **1609** (2016) 081 [arXiv:1607.04230 [hep-th]].
[10] N. Ahmadiniaz, O. Corradini, J. M. Dávila and C. Schubert, Int. J. Mod. Phys. Conf. Ser. **43** (2016) 1660201.
[11] D. Fioravanti and R. I. Nepomechie, J. Phys. A **50** (2017) no.5, 054001 [arXiv:1609.06761 [math-ph]].
[12] P. Ritter and C. Sämann, Rev. Math. Phys. **28** (2016) no.09, 1650021 [arXiv:1511.08201 [hep-th]].
[13] A. A. Andrianov, S. S. Kolevatov and R. Soldati, Phys. Rev. D **95** (2017) no.7, 076020 [arXiv:1611.03903 [hep-th]].
[14] R. Zucchini, J. Math. Phys. **58** (2017) no. 6, 062301 [arXiv:1702.01545 [hep-th]].
[15] R. Zucchini, Int. J. Geom. Meth. Mod. Phys. **13** (2016) no.07, 1650090 [arXiv:1505.02121 [hep-th]].
[16] R. Zucchini, Int. J. Geom. Meth. Mod. Phys. **13** (2016) no.07, 1650091 [arXiv:1505.02122 [hep-th]].

Preprints

[17] N. Ahmadiniaz, F. Bastianelli, O. Corradini, J. P. Edwards and C. Schubert, arXiv:1704.05040 [hep-th].
[18] D. Bombardelli, A. Cavaglià, D. Fioravanti, N. Gromov and R. Tateo, arXiv:1701.00473 [hep-th].
[19] R. Fioresi, E. Latini and A. Marrani, arXiv:1705.01755 [hep-th].
[20] O. A. Castro-Alvaredo, B. Doyon and F. Ravanini, arXiv:1706.01871 [hep-th].
[21] C. Ahn, J. Balog and F. Ravanini arXiv:1701.08933 [hep-th].
[22] P. Ritter, arXiv:1612.09505 [hep-th].

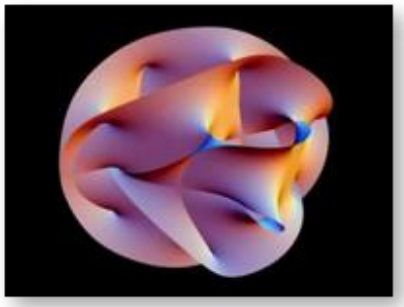
ST&FI - String Theory and Fundamental Interactions

- *Responsabile nazionale:* Giulio Bonelli (TS)
- *Sedi partecipanti:* Bologna, Napoli, Padova, Roma 2, Torino, Trieste
- *Responsabile locale:* Michele Cicoli (UniBo)
- *Personale ricercatore ed associato afferente:*
  Michele Cicoli (UniBo, 100%),
  assegnisti: Ciupke David Simon Maria,
  Dottorandi: Victor Alfonzo Diaz
- *Attività scientifica:* Fenomenologia e cosmologia di stringa
  - Compattificazioni di stringa
  - Modelli con D-brane
  - Stabilizzazione dei moduli
  - Inflazione
  - Rottura della supersimmetria

ST&FI
String theory and Fundamental Interactions

Local coordinator: Michele Cicoli

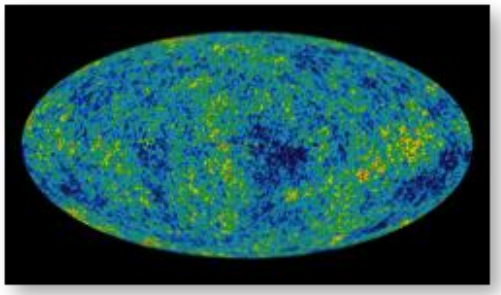
Research: String Phenomenology and Cosmology



Calabi-Yau models

- Chiral D-brane models
- Global embedding in Calabi-Yau orientifolds
- Closed and open string moduli stabilisation
- Chiral Calabi-Yau examples for inflation
- Effective 4D supergravity action

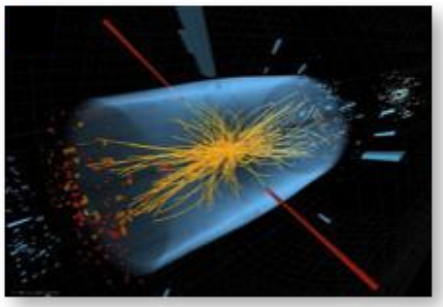
Global Embedding of Fibre Inflation Models
Cicoli, Muia, Shukla
JHEP 1611 (2016) 182



Applications to Cosmology

- String inflation
- Large tensor modes
- Non-gaussianities in string cosmology
- Reheating
- Baryogenesis from strings
- Dark energy and dS vacua

α' Inflation: moduli stabilisation and observable tensors from higher derivatives
Cicoli, Ciupke, de Alwis, Muia
JHEP 1609 (2016) 026



Applications to Particle Physics

- Supersymmetry breaking
- Spectra of superpartners
- Stringy axions and dark radiation
- Non-thermal WIMP dark matter
- Hidden photons

Light Higgsino Dark Matter from Non-thermal Cosmology
Aparicio, Cicoli, Dutta, Muia, Quevedo
JHEP 1611 (2016) 038

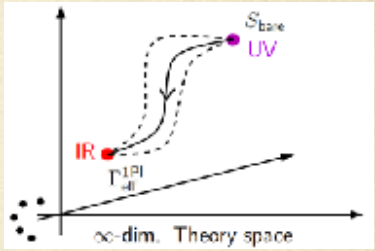
QFT@Collider- Teoria di Campo delle Interazioni Fondamentali e fenomenologia

- *Responsabile nazionale:* Fulvio Piccinini (Pavia)
- *Sedi partecipanti:* Bologna, Cosenza, Firenze, Milano Bicocca, Pavia, Pavia
- *Responsabile locale:* Gian Paolo Vacca (INFN)
- *Personale ricercatore ed associato afferente:*
  Gian Paolo Vacca (INFN, 50%), Alessandro Tronconi (INFN, 30%)
  Mahmoud Safari (ass. di ricerca, 50%)
- *Attività scientifica:* teoria quantistica dei campi e applicazioni
  - QCD a piccoli x
  - Azioni e teorie effettive. Metodi funzionali del gruppo di rinormalizzazione (Wilsoniano).
  - RG, CFT e ricerca di nuove teorie di campo

QFT@Collider :

TEORIA DI CAMPO DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI FENOMENOLOGIA

Functional Renormalization Group in QFT



Theoretical developments and
applications to fundamental and effective interactions

- Study of an effective theory for small x QCD

  Pomeron - Odderon interactions in a reggeon field theory

  J. Bartels, C. Contreras and **G.P. Vacca , Phys.Rev. D95 (2017) 014013**

- Effective theory formalism covariant in field space
  Suitable for applications to extensions of Higgs sector of SM

  Covariant and background independent functional RG flow for the effective average action

  M. Safari and **G.P. Vacca , JHEP 1611 (2016) 139**

Fundamental aspects of QFT: critical theories, CFT, RG flows

Leading CFT constraints on multi-critical models in d > 2

A. Codello, **M. Safari**, **G.P. Vacca**, O. Zanusso , **JHEP 1704 (2017) 127**

Functional perturbative RG and CFT data in the ε-expansion

A. Codello, **M. Safari**, **G.P. Vacca**, O. Zanusso , arXiv:1705.05558

The Blume-Capel universality class

A. Codello, **M. Safari**, **G.P. Vacca**, O. Zanusso , arXiv:1706.06887

ManyBody - Teorie microscopiche di sistemi multicorpi fortemente interagenti

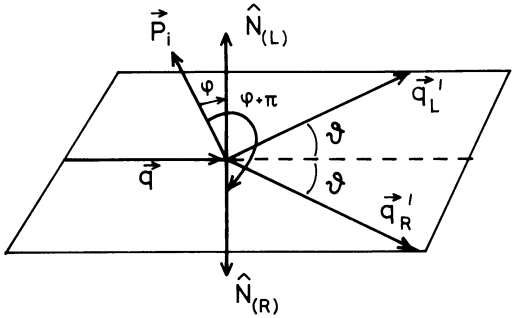
- *Responsabile nazionale:* Omar Benhar Noccioli (INFN, Sezione di Roma I)
- *Sedi partecipanti:* Bologna, Lecce, Pavia, Pisa, Roma I, Torino, Trento
- *Responsabile locale:* Paolo Finelli (UniBo)
- *Personale ricercatore ed associato afferente:* Paolo Finelli (UniBo)
- *Attività scientifica:* Fisica adronica
  - QCD a bassa energia e fisica degli adroni
  - Struttura nucleare ed eccitazioni collettive dei nuclei
  - applicazioni nel settore astrofisica (stelle neutroni)

MANYBODY

Dr. Paolo Finelli

Aree di ricerca:

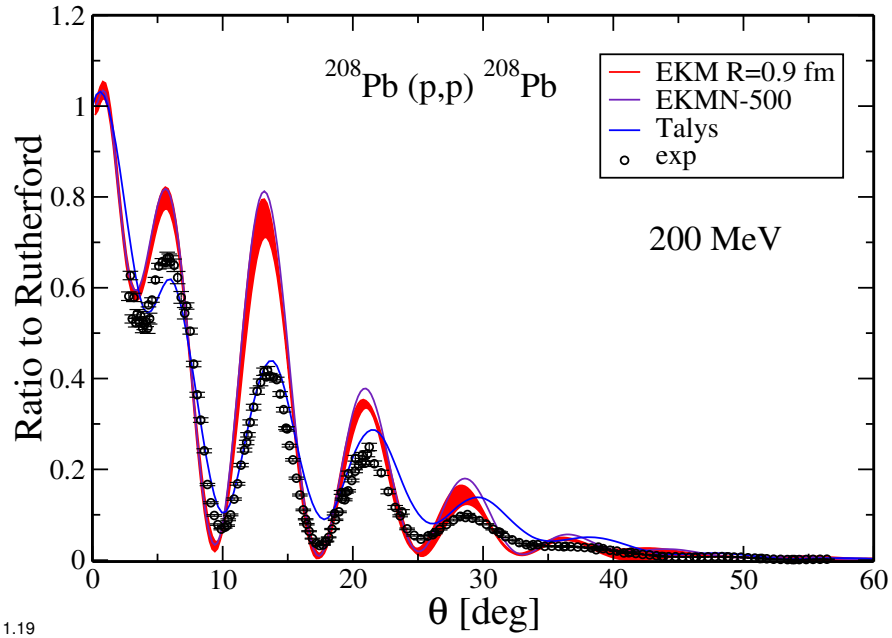
Scattering di elettroni e protoni (con potenziali chirali N4LO)



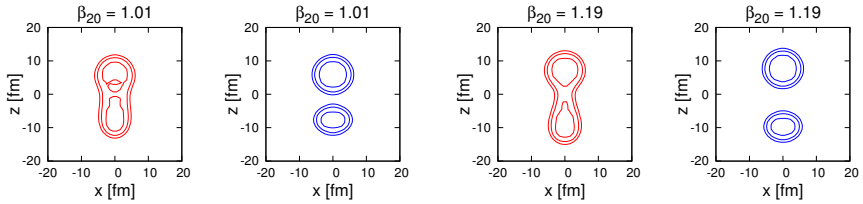
Phys. Rev. C 93, 034619 (2016) and submitted (2017)

In collaborazione con M. Vorabbi (TRIUMF) e C. Giusti (Pavia)

see also nTOF proposal



Studio di nuclei triassiali (regime statico e dinamico)



In collaborazione con P. Stevenson (Surrey)

Densita' dei livelli energetici nucleari a temperatura finita

In collaborazione con A. Ventura e B. V. Carlson (Sao Paulo)

Quantum

- *Responsabile nazionale:* Saverio Pascazio (Bari)
- *Sedi partecipanti:* Bari, Bologna, Milano, Napoli, Trieste
- *Responsabile locale:* Elisa Ercolessi (UniBo)
- *Personale ricercatore ed associato afferente:*
  Elisa Ercolessi (UniBo), Fabio Ortolani (UniBo), Stefano Mancini (UniCam),
  Giuseppe Magnifico (Dottorando UniBo),
  Mirajigul Rishit, Maimaiti Wulayimu (Dottorandi UniCam.)
- *Attività scientifica:* Quantizzazione ed effetti quantistici
  - Simulazioni quantistiche
  - Sistemi fortemente correlati a bassa dimensionalitá, relazione tra entanglement, criticalità quantistica e formazioni di fasi ordinate
  - Metodi alternativi di quantizzatione, quantizzazioni inequivalenti

QUANTUM - Sezione di Bologna

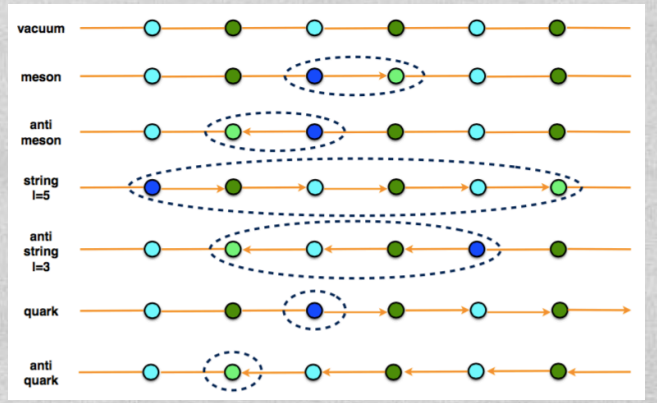
2016-17

Staff: E. Ercolessi, F. Ortolani

☑ Real time dynamics and quantum quenches for interacting many body Hamiltonians in 1d

P. Naldesi, E. Ercolessi, T. Roscilde,
Detecting a many-body mobility edge with quantum quenches,
SciPost Phys. 1 (2016) 010

☑ QUANTUM SIMULATIONS of QED in a 1dLattice



E. Ercolessi, P. Facchi, G. Magnifico, S. Pascazio, F.V. Pepe,
Quantum Simulation of QED in 1D: Evidence of a Phase Transition,
arXiv:1705.11047

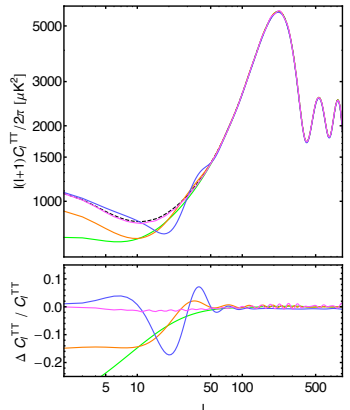
InDark - Inflazione, Materia Oscura e Strutture su Grandi Scale dell'Universo

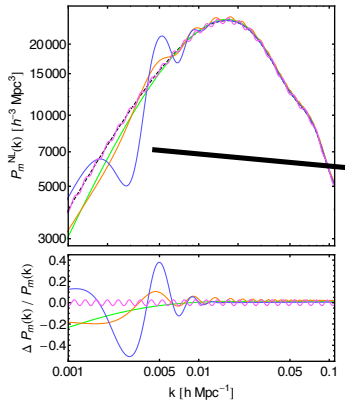
- *Responsabile nazionale:* Nicola Bartolo (Università di Padova)
- *Sedi partecipanti:* Bologna, Ferrara, Laboratorio Nazionale del Gran Sasso, Padova, Roma II, Roma III, Torino, Trieste
- *Responsabile locale:* Fabio Finelli (INAF)
- *Personale ricercatore ed associato afferente*: FTE= 8.3
  Marco Baldi (UniBo), Carlo Burigana (INAF, 50%), Stefano Ettori (INAF, 50%), Fabio Finelli (INAF, 30%), Federico Marulli (UniBo), Massimo Meneghetti (INAF,50%), Lauro Moscardini (UniBo);
  Assegnisti: Mario Ballardini, Carmelita Carbone, Carlo Giocoli, Daniela Paoletti ;
  Dottorandi: Jose Ramon Bermejo Climent, Matteo Nori;
- *Attività scientifica:*
  - Main activity on Early Universe (Inflation), Dark Energy and Cosmology (scientific interpretation and data analysis within Planck, large scale structure, gravitational lensing, clusters theory and observations, scientific capabilites of the Euclid satellite).
  - All members all involved in the ESA mission Euclid (to be launched in 2020), partially involved in the ESA missions Planck (launched in 2009) and Athena, in mission proposal ESA as CORE with role of coordination.

90 articoli e 18 talk.

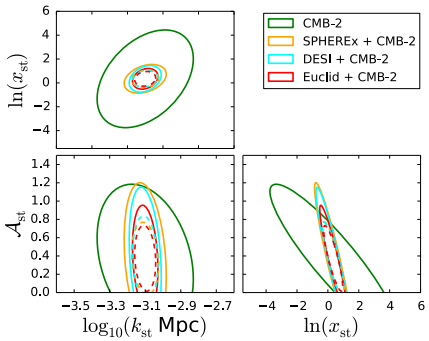
InDark: Inflation, Dark Matter and the LSS of the Universe

Probing primordial features with future galaxy surveys, Ballardini, Finelli, Fedeli, Moscardini, JCAP 1610 (2016)





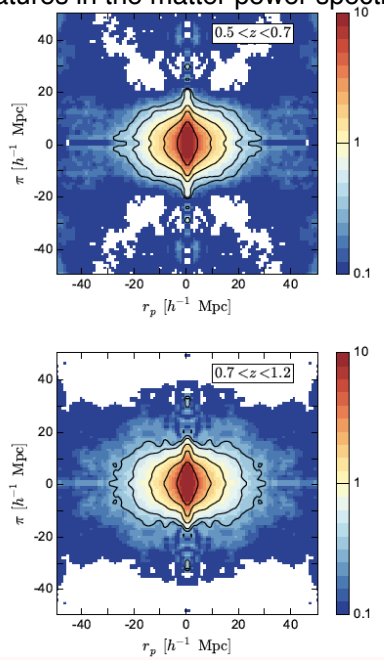
Step inflationary model (blue line)



Selection of inflationary models with violation of the slow-roll approximation producing an improved fit to Planck 2015 CMB temperature anisotropies data (left) and predicting features in the matter power spectrum (right)

Forecasts for three different galaxy surveys in combination with CMB to constrain the three extra parameters of an inflationary model with a step

VIPERS: the growth of structures at 0.5<z<1.2 from redshift-space distortions in the clustering of the PDR-2 final sample, Pezzotta, ..., Marulli, ..., Moscardini, arXiv:1612.05645, Astronomy & Astrophysics, in press (2017).



Anisotropic galaxy clustering of 70000 high-redshift galaxies

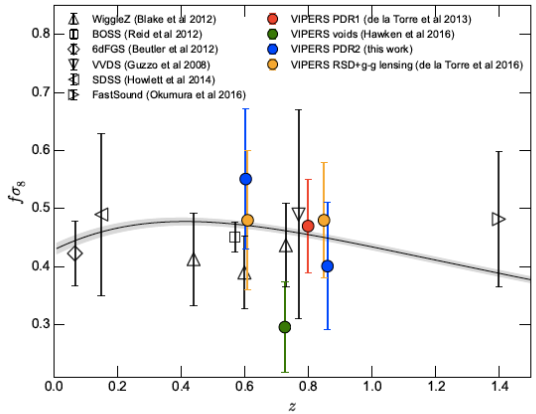


Fig. 19. Plot of $f\sigma_8$ versus redshift, showing the VIPERS results together with a compilation of recent measurements. The previous results from 2dFGRS (Hawkins et al. 2003), 2SLAQ (Ross et al. 2007), VVDS (Guzzo et al. 2008), SDSS LRG (Cabré & Gaztañaga 2009; Samushia et al. 2012), WiggleZ (Blake et al. 2011), BOSS (Reid et al. 2012), 6dFGS (Beutler et al. 2012) and FastSound (Okumura et al. 2016) surveys are shown with the different symbols (see inset). The solid curve and associated error correspond to the prediction for General Relativity in a ΛCDM model set to Planck 2015 cosmological parameters (Planck Collaboration et al. 2015).

QUAGRAP - Quantum Gravity Phenomenology

- *Responsabile nazionale:* Giovanni Amelino Camelia (Roma I)
- *Sedi partecipanti:* Bologna, Cagliari, Roma I, Trieste
- *Responsabile locale:* Roberto Balbinot (UniBo)
- *Personale ricercatore ed associato afferente:*
  Roberto Balbinot (UniBo)
  Alessandro Fabbri (assegnista, 50%)
- *Attività scientifica:*
  - Modelli analogici per buchi neri, back-reaction quantistica in presenza di singolatita'.
  - Buchi neri e radiazione di Hawking

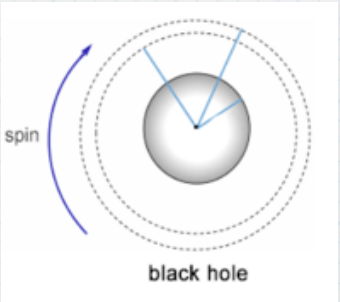
QUAGRAP

(R. Balbinot, A. Fabbri)

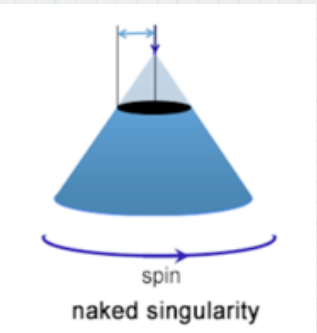
gray-body factor

$$N_\omega = \frac{\Gamma(\omega)}{e^{\frac{\hbar\omega}{k_B T_H}} - 1}$$

* analisi di un modello nontriviale di buco nero acustico in un BEC e calcolo (esatto) dei coefficienti di scattering
  Fabbri, Balbinot, Anderson PRD 2016
* studio degli effetti quantistici in singolarità coniche in 2+1 dimensioni
  Casals, Fabbri, Martinez, Zanelli PLB 2016
* backreaction quantistica in buchi neri rotanti di BTZ e singolarità nude a 2+1 dimensioni



Casals, Fabbri, Martinez, Zanelli, PRL 2017
Featured in: APS Physics, New Scientist, Media INAF, International Business Times, AIP Inside Science



PlexNet - Statistica e Dinamica su Reti Complesse

- *Responsabile nazionale:* Franco Bagnoli (Firenze)
- *Sedi partecipanti:* Bologna, Catania, Cosenza, Firenze, Padova, Perugia
- *Responsabile locale:* Armando Bazzani (UniBo)
- *Personale ricercatore ed associato afferente:*
  Armando Bazzani (UniBo, 70%)
  Assegnisti: Enrico Giampieri (50%)
  Dottorandi: Rachele Luzi
- *Attività scientifica:* Applicazioni interdisciplinari della teoria dei sistemi dinamici e dei processi stocastici e della meccanica statistica
  - Modellizzazione di sistemi complessi: neuroscienze, scienze cognitive, sociali ed economiche e dinamica dei trasporti.
  - Reti complesse (multistrato).
  - Fenomeni di auto organizzazione e cooperazione

Iniziativa specifica PIECES

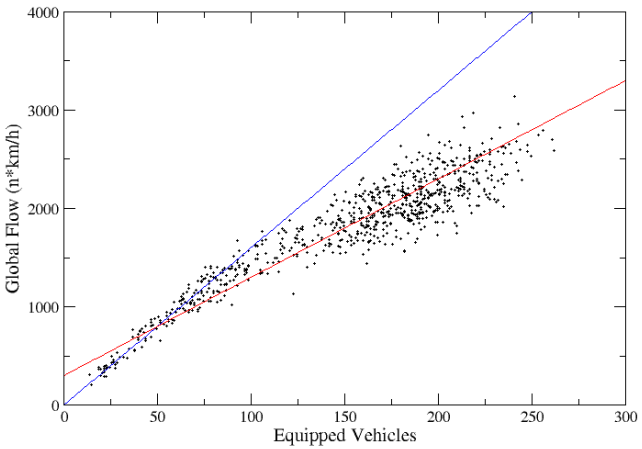
2 pubblicazioni nel 2016

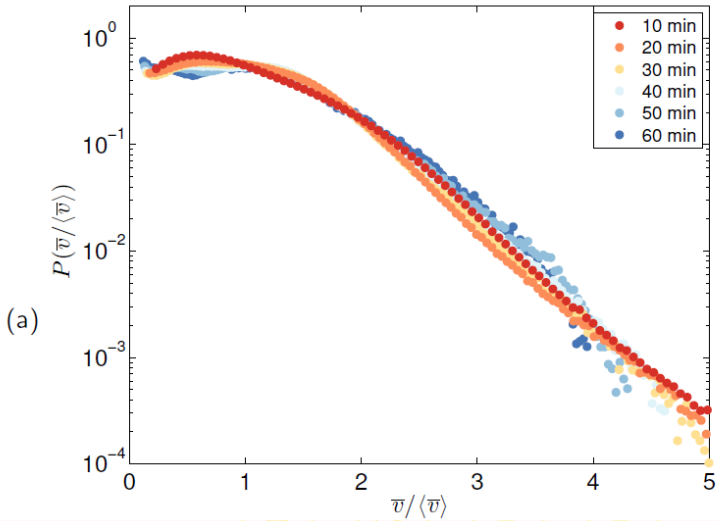
Partecipanti: **A. Bazzani**, G. Menichetti, E. Giampieri

Main Activities: dynamical and statistical properties of nonlinear random walk on networks with applications to transportation systems, neurosciences and ecological systems.

Main Results: congestion transition on nonlinear transportation networks, model for synaptic plasticity, Laplacian matrices spectrum and dynamical systems on networks.

R Gallotti, A Bazzani, S Rambaldi , M Bathelemy A stochastic model of randomly accelerated walkers for human mobility Nature Communications 7, Article number: 12600 (2016)





Attivitá non afferenti ad iniziative specifiche

- *Personale ricercatore associato non afferente a IS:*
  Cesare Chiccoli (INFN), Marco Lenci (UniBO), Paolo Pasini (INFN).

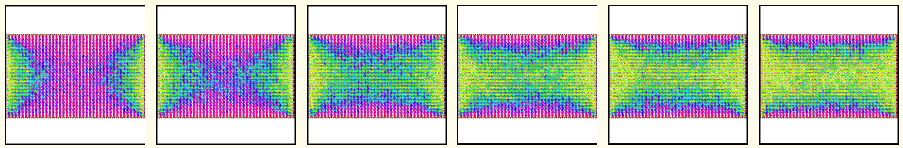
- L'attivitá scientifica riguarda:
  - Modelli e Simulazioni di Montecarlo in Meccanica Statistica e Quantistica
  - Studio del trasporto anomalo in sistemi deterministici (gas di Lorentz) e stocastici (cammini di Lévy su mezzi disordinati).
    Studio delle proprietà di mixing per sistemi dinamici a misura infinita.
    Grandi deviazioni in Meccanica Statistica Quantistica

Attività di ricerca di Cesare Chiccoli e Paolo Pasini

Computer simulations of confined liquid crystals (C. Chiccoli and P. Pasini)

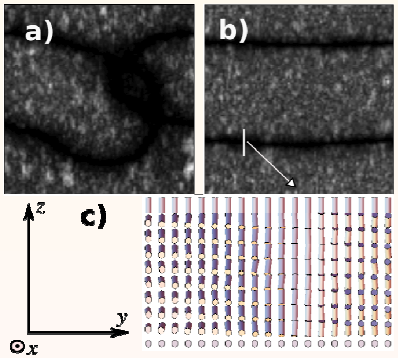
Collaboration with the University "La Sapienza" Rome

We performed detailed Monte Carlo simulations of a simple model of a nematic liquid crystal channel waveguide investigating the effect of an applied electric external field. The simulations are based on the Lebwohl-Lasher lattice spin model with boundary conditions chosen to mimic the homeotropic anchoring appropriate for PDMS polymer walls. The external field is modelled by adding an additional term to the Hamiltonian which describes its coupling to the mesogenic molecules. We have investigated the effect of the external field on the optical transmission and the ordering across the cell.



Snapshots of the vertical sections (zx) of the system 40×80×26 (xyz) for some values of the field coupling strength= 0.00, 0.01, 0.02, 0.03, 0.04, and 0.05 (from left to right). The color code indicates the spin orientations, with the color red denoting the alignment along z and the yellow one that along x. **A.d'Alessandro, R.Asquini, C.Chiccoli, P.Pasini and C.Zannoni: Liquid Crystal Channel Waveguides: *A Computer Simulation of the Application of Transversal External Fields. Mol. Cryst. Liq. Cryst.* (2017) *(in press).***

Collaboration with the University of Maringà and the University of Apucarana (Brazil)



We revisit the classical problem of the molecular orientation inside a hybrid cell filled with liquid-crystals with various elastic constant anisotropies by means of Monte Carlo simulations using the Gruhn-Hess effective pair potential.
We find some unstable defect lines and we discuss their arising in the system. We study the effects of the elastic anisotropy on the profiles of the director close to the surface with weak anchoring. Our findings indicate that the elastic theory and computer simulations are in good qualitative agreement while quantitatively some discrepancies are found mainly when the ratio K11/K33 is larger than one.

Example of the evolution of textures as obtained from the simulation of a 120 x 120 x (8+2) nematic film. The images are simulated between circular polarizers. **C.Chiccoli, L.R.Evangelista, E.K.Omori, P.Pasini, R.Teixeira de Souza and C.Zannoni: *Computer simulation of a nematic hybrid cell: the effects of elastic anisotropy.* Mol. Cryst. Liq. Cryst. (2017) *(in press).***

Gruppo IV in Sezione

Necessitá del Gruppo Teorico: stesse degli anni passati.

- Servizio di Segreteria locale per tutte le attivitá del gruppo
  Ringraziamo Barbara Simoni per il suo prezioso supporto!
- Normali servizi di Amministrazione
- Normale supporto dal servizio di Calcolo e Reti
- Risorse finanziarie dalla Sezione per assegnare delle borse di studio (assegni di ricerca) aperte agli stranieri e per nuovi dottorandi. Questo in sinergia con l'Universitá.