

CSN IV ed Iniziative Specifiche

Presidente della CSN IV da fine settembre 2019: [Fulvio Piccinini \(PV\)](#)

L'attività scientifica della CSN IV si divide in 6 linee

- Teoria dei Campi e di Stringa
- Fenomenologia
- Fisica Nucleare e Adronica
- Metodi Matematici
- Fisica Astro-Particellare
- Fisica Statistica e Teoria di Campo Applicata

Gli *esperimenti* in CSN IV vengono denominati *Iniziative Specifiche* (IS) valutate ogni 3 anni.

Il finanziamento che la CSN IV eroga alle IS consiste in

- fondi per missioni (circa 1500 Euro/anno per FTE Becchi)
- borse postdoc per stranieri assegnate ai nodi locali delle IS valutate eccellenti

Gruppo IV di Bologna

Coordinatore di Gruppo IV dal 12 marzo 2020: [Roberto Casadio](#)

- *Tutte le 6 linee di ricerca sono rappresentate nella Sezione di Bologna*
(totale associati di Gruppo IV: ~ 53 FTE)
- Teoria dei Campi e di Stringa: [FLAG, GAST, ST&FI](#)
- Fenomenologia: [QFT@Collider](#)
- Fisica Nucleare e Adronica: [MONSTRE](#)
- Metodi Matematici: [Quantum](#)
- Fisica Astro-Particellare: [InDark](#)
- Fisica Statistica e Teoria di Campo Applicata: [LINCOLN](#)
- Ricercatori afferenti ad IS su altra sezione o non afferenti a IS

FLAG - Fields and Gravity

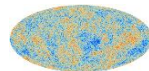
- *Responsabile nazionale:* Alexander Kamenshchik (UniBo)
- *Sedi partecipanti:* Bologna, Catania, Milano, Trento, Trieste
- *Responsabile locale:* Alexander Kamenshchik (UniBO)
- *Personale ricercatore ed associato afferente:*
Roberto Casadio (UniBO), Gabriele Gionti (esterno), Alexander Kamenshchik (UniBO), Alessandro Pesci (INFN), Alessandro Tronconi (INFN 80%), Gian Paolo Vacca (INFN 20%),
Assegnista: Ibere Kuntz $\Rightarrow$ Leonardo Chataigner
Dottorando: Michele Lenzi $\Rightarrow$ Wen Bin Feng (CSC)
- *Attività scientifica:* Gravità quantistica, cosmologia e buchi neri
 - Teoria quantistica dei campi e gravitazione quantistica
 - Gruppo di rinormalizzazione e sicurezza asintotica
 - Aspetti quantistici e semiclassici del collasso gravitazionale e buchi neri
 - Modello cosmologico inflazionario, strutture a grande scala e anisotropia dello sfondo cosmico di microonde, Materia oscura, Energia oscura



BO members: 8 (7 FTE)

Papers 07/2020-21: 13

Preprints 07/2020-21: 8



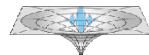
Cosmology: Inflation, CMB, Dark Energy and Dark Matter

Kamenshchik, Tronconi, Venturi, *Quantum cosmology and the inflationary spectra from a nonminimally coupled inflaton*, PRD 101 (2020) 023534

Kamenshchik, Vardanyan, *Spatial Kasner solution and an infinite slab with constant energy density*, JETP Lett. 111 (2020) 306

Kamenshchik, Vardanyan, *Renormalization group inspired autonomous equations for secular effects in de Sitter space*, PRD 102 (2020) 065010

Black holes: theory of gravitational collapse and black holes

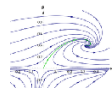


Casadio, Giusti, Kuntz, Neri, *Effective metric outside bootstrapped Newtonian sources*, PRD 103 (2021) 064001

Contreras, Ovalle, **Casadio**, *Gravitational decoupling for axially symmetric systems and black holes*, PRD 103 (2021) 044020

Casadio, Kuntz, *Bootstrapped Newtonian quantum gravity*, EPJC 80 (2020) 581

Quantum field theory of gravity: asymptotic safety



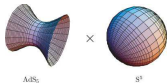
Vacca et al, *Critical reflections on asymptotic safe gravity*, Front. Phys. 8 (2020) 269

GAST - Gauge and String Theories

- *Responsabile nazionale:* Domenico Seminara (UniFI)
- *Sedi partecipanti:* Bologna, Firenze, Parma, Perugia, Pisa, Trieste
- *Responsabile locale:* Davide Fioravanti (INFN Bologna)
- *Personale ricercatore ed associato afferente:*
 Simonetta Abenda (UniBO 50%), Fiorenzo Bastianelli (UniBO), Olindo Corradini (UniMORE), Davide Fioravanti (INFN), Emanuele Latini (UniBO), Francesco Ravanini (UniBO), Marco Rossi (UniCa), Diego Trancanelli (UniMORE), Roberto Zucchini (UniBO)
 Assegnista: Leonardo De La Cruz (50%)
 Post-doc INFN: Rathul Mahanta (50%)
 Dottorandi: Filippo Maria Balli, Francesco Comberiati (50%), Daniele Gregori, Maurizio Muratori, Octavio Pomponio
- *Attività scientifica:*
 - Aspetti fondamentali delle Teorie di Campo per la Fisica delle Particelle
 - Risultati esatti, non perturbativi e perturbativi (in esse)
 - Dualità ed equivalenze tra teorie di gauge e gravità (AdS/CFT)
 - Teorie integrabili, di gauge e gravità
 - Approccio di world-line, ampiezze e anomalie quantistiche
 - Higher gauge theories
 - Olografia, loops di Wilson, istantoni, confinamento
 - Applicazioni alla Meccanica Statistica: entanglement ed entropia

GAuge and STring (the inner spirit of theories)

Olografia gauge/gravità



Ampiezze



Integrabilità



Aspetti fondamentali con svariati collegamenti fisici e metodologici: filone di ricerca unitario, anche fuori Bologna!
Comunque produttivo: circa 20+10 articoli+preprint/anno.

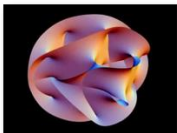
- **Olografia/dualità tra teorie di gauge/gravità/integrabilità:** Abenda, Fioravanti, Gregori, Mahanta, Poghosyan, Rossi; *On the origin of the correspondence between classical and quantum integrable theories* PRL
- **Approccio di world-line e ampiezze:** Balli, Bastianelli, Comberiati, Corradini, De La Cruz, Latini, Muratori; *Worldline master formulas for the dressed electron propagator. Part 1. Off-shell amplitudes* JHEP, ...Part 2: On-shell amplitudes.
- **Higher gauge theories:** Zucchini; *4-d Chern-Simons Theory: Higher Gauge Symmetry and Holographic Aspects* JHEP.
- **Olografia, meccanica statistica, entanglement, entropia:** Pomponio, Ravanini, Trancanelli; *Notes on hyperloops in N=4 Chern-Simons-matter theories* JHEP, *Relaxation and entropy generation after quenching quantum spin chains* SciPostPhys.

ST&FI - String Theory and Fundamental Interactions

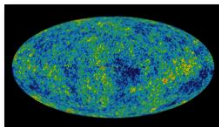
- *Responsabile nazionale:* Giulio Bonelli (UniTS)
- *Sedi partecipanti:* Bologna, Napoli, Padova, Roma 2, Torino, Trieste
- *Responsabile locale:* Michele Cicoli (UniBO)
- *Personale ricercatore ed associato afferente:*
Michele Cicoli (UniBO), Francisco Gil Pedro (UniBO)
Post-doc INFN: Rathul Mahanta (50%)
Dottorandi: Igor Broeckel
- *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

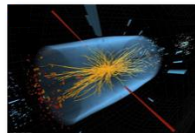
Research: String Phenomenology and Cosmology



UV Shadows in EFTs: Accidental Symmetries, Robustness and No-scale Supergravity
Burgess, Cicoli, Ciupke, Krippendorff, Quevedo
Fortsch. Phys 68 (2020) 10, 2000076



Out of the Swampland with Multifield Quintessence?
Cicoli, Dibitetto, Pedro
JHEP 10 (2020) 035



Superheavy Dark Matter from String Theory
Allahverdi, Broeckel, Cicoli, Osinski
JHEP 02 (2021) 026

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

- *Responsabile nazionale:* Gian Paolo Vacca (INFN Bologna)
- *Sedi partecipanti:* Bologna, Cosenza, Firenze, Milano Bicocca, Pavia
- *Responsabile locale:* Gian Paolo Vacca (INFN)
- *Personale ricercatore ed associato afferente:*
Gian Luigi Alberghi (INFN 20%), Fabio Maltoni (UniBO 80%), **Davide Pagani (INFN)**, Tiziano Peraro (UniBO), Gian Paolo Vacca (INFN 80%)
Assegnisti: Leonardo De La Cruz (50%)
Dottorandi: **Francesco Comberiati (50%)**, **Daniele Massaro**, Luca Pagani
- *Attività scientifica:* teoria quantistica dei campi e applicazioni
 - Effective field theories and SMEFT
 - SM and BSM phenomenology
 - Physics in future particle colliders
 - Small x QCD
 - RG flows and critical theories

QFT@Collider:

TEORIA DI CAMPO DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI
E FENOMENOLOGIA

Papers: published (12) and preprints (5)

Muon collider

Vector boson fusion at a multi-TeV muon collider

A. Costantini, F. De Lillo, **F. Maltoni**, L. Mantani, O. Mattelaer et al., JHEP 09 (2020) 080

SM EFT

Automated one-loop computations in the standard model effective field theory

C. Degrande, G. Durieux, **F. Maltoni**, K. Mimasu, E. Vryonidou et al., Phys. Rev. D103 (2021) 9, 096024

Dark matter tools

Studying dark matter with MadDM 3.1: a short user guide

C. Arina, J. Heisig, **F. Maltoni**, L. Mantani, D. Massaro et al., PoS TOOLS2020 (2021) 009

Multi-loop multi-leg scattering amplitudes

Tensor decomposition for bosonic and fermionic scattering amplitudes

T. Peraro and L. Tancredi, Phys. Rev. D103 (2021) 5, 054042

EFT and RG flows and symmetries

Critical models with $N \leq 4$ in $d=4-\epsilon$ A. Codello, M. Safari, **G.P. Vacca** and O. Zanusso, Phys. Rev. D102 (2020) 6, 065017

MONSTRE - Teorie microscopiche di sistemi a molti corpi fortemente interagenti

- *Responsabile nazionale:* Francesco Pederiva (UniTN)
- *Sedi partecipanti:* Bologna, Trento, Catania, Padova
- *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)

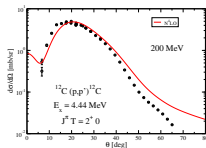
Iniziativa Specifica **MONSTRE**

Paolo Finelli (local coordinator)

collaborators: Vorabbi (BNL), Navratil (TRIUMF), Machleidt (Moscow), Barbieri (Milan), Somà (Paris), Giusti (Pavia) and Cadeddu (Cagliari)

**Modeling Nuclear
Structure and Reactions**

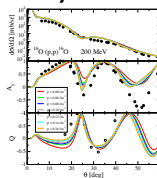
Inelastic proton scattering



*First microscopic
calculation EVER*

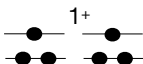
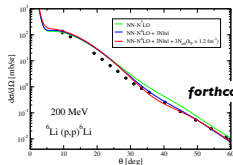
forthcoming, Phys. Rev. Lett. (2021)

3-body forces in elastic proton scattering



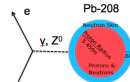
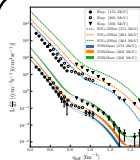
Phys. Rev. C (2021) 103, 024604

Elastic proton scattering - unsaturated nuclei



forthcoming, Phys. Rev. C (2021)

Elastic electron scattering - PREX - II analysis



Phys. Rev. Lett. (2020) 125, 182501 and forthcoming

Quantum

- *Responsabile nazionale:* Paolo Facchi (UniBA)
- *Sedi partecipanti:* Bari, Bologna, Milano, Napoli, Trieste, Catania, Padova
- *Responsabile locale:* Elisa Ercolessi (UniBo)
- *Personale ricercatore ed associato afferente:* Cristian degli Esposti Boschi (CNR), Elisa Ercolessi (UniBo), Pierbiagio Pieri (UniBo), Stefano Mancini (UniCam 50%), Davide Vodola (UniBO)
Dottorandi: Sunny Pradhan
- *Attività scientifica:* Quantizzazione ed effetti quantistici
 - Simulazioni quantistiche
 - Sistemi fortemente correlati a bassa dimensionalità, relazione tra entanglement, criticalità quantistica e formazioni di fasi ordinate
 - Metodi alternativi di quantizzazione, quantizzazioni inequivalenti

IS QUANTUM - Sezione di Bologna

QUANTUM SIMULATIONS with applications to MANY BODY MODELS, GAUGE THEORIES, INFORMATION THEORY

- Effetti quantistici macroscopici: transizioni di fase quantistiche di sistemi a molti corpi fortemente correlati in bassa dimensionalità (miscele bosoniche/fermioniche; fasi topologiche)
- Simulazioni di Lattice Gauge Theories in approccio Hamiltoniano: effetti non perturbativi e di dinamica in tempo reale
- Algoritmi quantistici e ibridi per problemi di ottimizzazione

- A. Cattabriga et al, Int. J. Geom Methods in Modern Physics (2021) to appear
- **R. Stricker et al., NATURE 585 (2020) 207**
- Ghelli et al., Phys. Rev. B 101 (2020) 085124
- G. Magnifico et al., Quantum 4 (2020) 281
- D. Amaro et al., Phys. Rev. A 101 (2020) 032317

- H. Tajima et al. Condensed Matter 5 (2020) 10
- S. Pilati, et al., Phys. Rev. E 101 (2020) 063308
- M. Pini et al., New Jour. Phys. 22 (2020) 083008
- H. Tajima et al., Phys. Rev. B 102 (Rap. Comm.) (2020) 220504
- M. Pini, et al., Phys. Rev. A 103 (2021) 023314
- H. Tajima et al. Condensed Matter 6, (2021) 8

PROGETTI

- Quantum Computing Solutions for High Energy Physics (QUANTERA, <https://quanthep.eu>)
- Quantum Computing for Data Analysis (Int. Foundation Big Data and Artificial Intelligence)
- Bayesian Adaptive Techniques for Quantum Optimization on NISQ Devices (ISCR-CINECA)

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

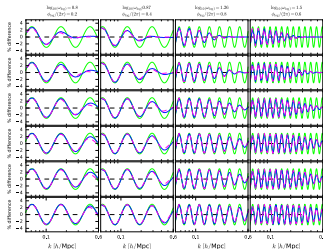
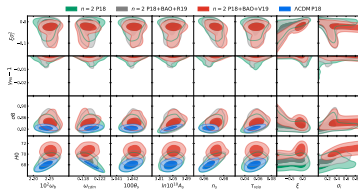
- *Responsabile nazionale:* Massimiliano Lattanzi (UniFE)
- *Sedi partecipanti:* Bologna, Ferrara, Laboratorio Nazionale del Gran Sasso, Padova, Roma II, Roma III, Torino, Trieste, Parma
- *Responsabile locale:* Fabio Finelli (INAF)
- *Personale ricercatore ed associato afferente:*
 Marco Baldi (UniBO 80%), Carlo Burigana (INAF 50%), Stefano Etti (INAF 50%), Fabio Finelli (INAF 40%), Carlo Giocoli (UniBO), Alessandro Gruppuso (INAF 25%), Federico Marulli (UniBO), Massimo Meneghetti (INAF 50%), Lauro Moscardini (UniBO), Daniela Paoletti (UniBO 50%)
 Assegnisti: Mario Ballardini
 Dottorandi: Matteo Billi, Sofia Contarini
- *Attività scientifica:*
 - All members involved in the ESA mission Euclid, partial involvement in Athena, partial participation to LiteBIRD Joint Study Groups.
 - Main activity on Early Universe, Dark Matter and Dark Energy, CMB, Large Scale Structure (scientific interpretation and analysis of CMB/large scale structure data, gravitational lensing, theory and observations of clusters of galaxies, scientific capabilities of the Euclid mission).



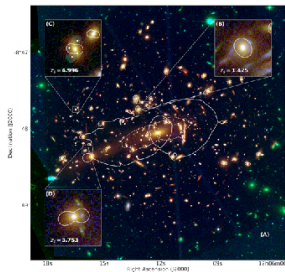
INFN sezione Bologna

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

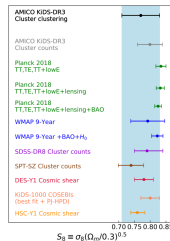
Ballardini et al., Non-linear damping of superimposed primordial oscillations on the matter power spectrum in galaxy surveys, JCAP 2020

Braglia et al., A larger value for H_0 by an evolving gravitational constant, PRD 2020INAf OAS
BOLOGNA

Meneghetti et al., An excess of small-scale gravitational lenses observed in galaxy clusters, Science 2020



Lesci et al., AMICO galaxy clusters in KIDS-DR3, 2020



$$S_8 = \sigma_8(\Omega_m/0.3)^{0.5}$$

LINCOLN - Statistica e Dinamica su Reti Complesse

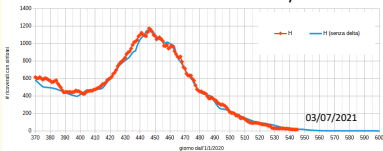
- *Responsabile nazionale:* Enzo Orlandini (UniPD)
- *Sedi partecipanti:* Bologna, Firenze, Padova, Perugia
- *Responsabile locale:* Armando Bazzani (UniBO)
- *Personale ricercatore ed associato afferente:*
Armando Bazzani (UniBo 70%), Daniel Remondini (UniBO 20%)
Dottorandi: Federico Capoani, Alessandra Merlotti (40%)
- *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



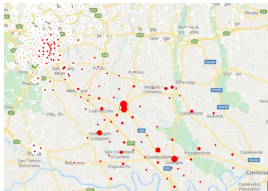
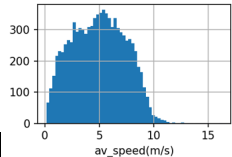
Lincoln Project

Statistical Physics and Complex Networks

The Bologna unit has developed a dynamical model for an epidemic spread with the possibility of simulating the individual mobility on a mobility network using Telecom big data. Analysis of statistical properties of multimodal mobility on a urban road network.



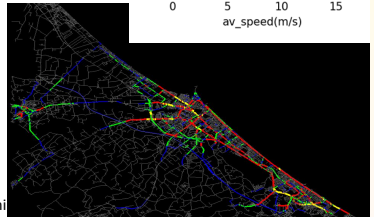
Traffic flows reconstruction in the Rimini road network and average trip velocity distribution



Simulation of the hospitalized in Bologna 03/07/2021 (collaboration with AUSL)

Simulation of the epidemic spread in Lombardia

Local coordinator: Armando Bazzani



Altre attività di ricerca

- *Membri afferenti a IS in altra sezione*

Roberto Balbinot (UniBO) [QUAGRAP-TS](#)

Inspired by a recent experiment by J. Steinhauer and his group, we have studied, in the framework of QFT in Curved Space, a simple model for the formation of an acoustic black hole in a BEC and the ramp-up of analog Hawking radiation towards its stationary regime (Phys. Rev. Lett. 126 (2021) 11, 111301).

Silvia Pascoli (UniBO) [TASP-PD](#)

Fisica dei neutrini

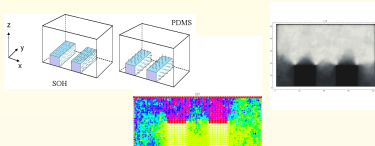
- *Personale ricercatore associato non afferente a IS:*

[Cesare Chiccoli](#) (INFN), Marco Lenci (UniBO), Paolo Pasini (INFN), [Luca Zambelli](#) (INFN-Fellini)

- Modelli e Simulazioni di Montecarlo in Meccanica Statistica e Quantistica (Chiccoli e Pasini)
- Teoria dei sistemi dinamici (deterministici e stocastici) e sue applicazioni (Lenci):
 - Proprietà ergodiche forti per gas di Lorentz e simili sistemi dinamici estesi
 - Dinamiche "internal-wave" per modelli di biliardo
 - Diffusione anomala per cammini aleatori in mezzi disordinati di Lévy
 - Leggi limite per osservabili globali di cammini aleatori e simili dinamiche

Computer simulations of nematic systems (C. Chiccoli and P. Pasini)

We have performed a detailed Monte Carlo study of photonic devices based on nematic liquid crystal infiltrated in polydimethylsiloxane (PDMS) and in Silicon-Organic Hybrid(SOH) channels, to be used as waveguides. The simulations of a simple model of these slot waveguide shifters have shown the effect of an applied electric external field in two cases with different surface alignments, i.e. planar (SOH) and homeotropic (PDMS). We have investigated the effect of the external field on the optical transmission and the ordering across the cell.



A scheme of the system studied (left), examples of simulated optical images (right) and snapshots (bottom) as obtained by MC simulations.

R.Asquini, A.d'Alessandro, C.Chiccoli, P.Pasini and C. Zannoni *Lattice spin simulations of low power photonic liquid crystals devices*, Int. J. Mod. Phys C **31**, 2050009 (2020).

We have performed a Monte Carlo study of the effects of elastic anisotropy on the topological defects which can be formed in nematic films with hybrid boundary conditions. We have simulated the polarized microscopy images and analyzed their evolution in uniaxial systems for different values of the Frank elastic constants.



C.Chiccoli et al., *Elastic constants and the formation of topological defects in hybrid nematic cells: A Monte Carlo study*, Phys. Rev. E **102**, 042702 (2020).

Simulated optical patterns for a Hybrid nematic film as obtained from a Monte Carlo simulation of a GHRL potential for some values of the three main elastic constants $K_i^* = K_i/10^{-12} \text{N}$, $i=1,2,3$

Collaborations:

University of Rome "La Sapienza" (Italy)

Universities of Maringá and Apucarana (Brazil)

University of Ljubljana (Slovenia)

Prof. Silvia Pascoli
Joined TASP with UNIPD node

**Neutrino
phenomeno
logy**

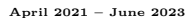
- Heavy neutral leptons at neutrino facilities
- Neutrino portal model phenomenology

**Theoretical
physics**

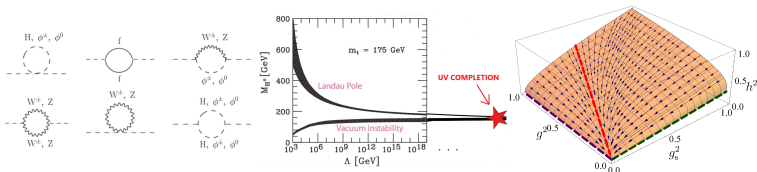
- Connection between GUTs, proton decay and GW

**Astropart
icle/
cosmolog
y**

- Impact of neutrino masses on large scale structure formation



Natural Ultraviolet Complete Extensions of the Standard Model



- Renormalization-Group UV extrapolation of the **Standard Model** and of **Effective-Field-Theory** extensions
- **Model Building** within **Total Asymptotic Freedom/Safety**
- Nonperturbative study of **Scale Invariance** and **Mass Generation**

H. Gies, S. Rechenberger, M. M. Scherer, LZ, Eur.Phys.J.C 73 (2013) 2652

Gruppo IV in Sezione

Necessità del Gruppo Teorico: stesse degli anni passati.

- Servizio di Segreteria locale per tutte le attività 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 1) borse di studio: assegni di ricerca aperti agli stranieri e dottorandi, in sinergia con UniBO; 2) fondi per ospiti stranieri; 3) organizzazione eventi (ad es. QCD@LHC-202x).