

CSN IV

Presentazione Gr4 PD

CdS – 4 luglio 2023

Theoretical Group at INFN PD (Gruppo 4)

The Padova Theory Group has **around 130 members**

2020 - 95

2021- 100

2022 - 120

PD group is the second among the largest theoretical groups in Italy after Trieste

The group composition, INFN Staff + Associated members (secondo ultimo «censimento»):

10 - INFN Researchers

46 – Professors and Researchers of the DFA Uni PD

38 – Post Doctoral Researchers (assegnisti) and external collaborators (2)

36 - PhD Students

2 - Master Students

Budget of the Group «Dotazione 4» in 2023

Travel (modest): 25.000 + 4.000 (Collab. INFN-CNRS, S. Lenzi)

81.000 (Visitors, Seminars, Equipment, Organizzazione Conferenze)

Total Dot4: 110.000

(Travel funds dei progetti : ~ 150.000)

Comparison with 2022: Travel 29 Ke, other funds 67 Ke, **Total: 96 Ke (Dot4), 110 Ke (IS)**

11 Iniziative Specifiche del Gruppo IV PD

- **Linea 1 - FIELD AND STRING THEORY**
 - Gauge Theories, Strings and Supergravity, GSS (RN D. Cassani, RL G. Inverso) – 11 FTE
 - String Theory and Fundamental Interactions, ST&FI (RL A. Sfondrini) – 13,5 FTE
- **Linea 2 - PHENOMENOLOGY OF ELEMENTARY PARTICLES**
 - Physics at the Energy, Intensity, and Astroparticle Frontiers , APINE (RN e RL P. Paradisi) 15,9 FTE
 - **AMPLITUDES** (RL P. Mastrolia) – **NUOVA IS** 3,8 FTE
- **Linea 3 - NUCLEAR AND HADRONIC PHYSICS**
 - MOdeling Nuclear STructure and REactions, MONSTRE – 1,7 FTE
 - The strongly correlated nuclear systems, NUCSYS – 1,9 FTE
- **Linea 4 – MATHEMATICAL METHODS**
 - Quantum Systems: Entanglement, Simulations and Information , QUANTUM (RL S.Montangelo) – 18,1 FTE
- **Linea 5 – ASTROPARTICLE PHYSICS**
 - Theoretical Astroparticle Physics , TASP (RL F. D'Eramo) ~ 6 FTE
 - Inflation, Dark Matter and the Large-Scale Structure of the Universe, InDark (RL N.Bartolo) – 14,2 FTE
 - TEoria delle ONde GRAVitazionali, TEONGRAV (RL G. Iorio)– 10,2 FTE
- **Linea 6 – STATISTICAL AND APPLIED FIELD THEORY**
 - Learning Complex Networks, LINCLON (RN e L E. Orlandini) – 14,3 FTE

Linea 1 - Gauge Theories, Strings and Supergravity (GSS) – 11 FTE

Davide Cassani – RN, Gianluca Inverso - RL

Staff: 7 FTE

Post Docs: 1 FTE

PhD Students: 3 FTE

Target: esplorare aspetti fondamentali della **gravità quantistica** in scenari di **supergravità** e **teoria delle stringhe**. In particolare:

- teorie di campo effettive della gravità quantistica
- nuove teorie di campo “eccezionali” e loro origine in supergravità
- simmetrie generalizzate in teoria quantistica dei campi e gravità
- relazioni tra la fisica dei buchi neri e i vincoli sulle teorie effettive di gravità
- conteggio dei microstati dei buchi neri utilizzando la corrispondenza AdS/CFT
- costruzione dei microstati dei buchi neri in teoria delle stringhe

L1: String Theory and Fundamental Interactions (STEFI) – 13,5 FTE

RL – Alessandro Sfondrini

Staff: 6 FTE

Assegnisti: 7 FTE

Docente Istituto Scolastico: F. Sorge (molto attivo in gravità e buchi neri) - 0.5 FTE

Target: sfruttare la potenza della teoria di stringa come una struttura unificante per lo studio dei vari aspetti delle teorie quantistiche di campo e della gravità quantistica e per le loro applicazioni fenomenologiche e cosmologiche.

- Rottura spontanea delle simmetrie (in particolare della supersimmetria)
- Strutture matematiche nella teoria di stringa
- Corrispondenza AdS/CFT, modelli integrabili e teorie conformi.
- Aspetti fondamentali della teoria quantistica di campo, effetti non-perturbativi
- Nuovi modelli dell'elettrodinamica non-lineare e della gravità (in collaborazione con InDark PD)
- Applicazione dei metodi QFT alla fisica della materia condensata e all'informazione quantistica (collaborazione con Linee 4 e 6)

Linea 2 AMPLITUDES – nuova IS 3,8 FTE

RL Pierpaolo Mastrolia

Staff: 2,2 FTE, Dottorandi: 1,6 FTE

Target: Lo sviluppo dei metodi matematici e computazionali per il calcolo delle ampiezze nelle teorie quantistiche di campo e di gravità. Applicazioni allo studio della fisica di particelle di alte energie e delle onde gravitazionali.

- strutture matematiche delle ampiezze
- Top-quark Precision Physics
- Higgs-boson Precision Physics
- EFT and On-Shell Methods
- Binary Systems and Gravitational Radiation
- Post-Newtonian corrections to physical processes
- Post-Minkowskian corrections to physical processes

① Frontiera dell'Energia

- ▶ Ricerche Dirette: cosa possiamo imparare da LHC ad alta luminosità (HL-LHC) o da possibili acceleratori futuri?

② Frontiera dell'Intensità

- ▶ Ricerche Indirette: cosa possiamo imparare da BelleII, LHCb, ...?

③ Frontiera Cosmica

- ▶ Materia Oscura, Energia Oscura, Inflazione, ...

Membri APINE-Padova

- ① **Staff:** A. Brignole, L. Di Luzio, F. Feruglio, R. Grober, M.K. Mandal, A. Masiero, P. Mastrolia, **P. Paradisi (RN)**, M. Passera, S. Rigolin, E. Salvioni, L. Vecchi, F. Zwirner 8,5 FTE

- ② **Postdocs:** 5 FTE

- ③ **PhD Students:** 2,4 FTE

MODELING **N**UCLEAR **S**TRUCTURE and **R**EACTIONS



INFN – Gr. IV – Linea 3

People in Padova :

Lorenzo **Fortunato** (local coordinator),

Silvia **Lenzi**, Paolo **Lotti**

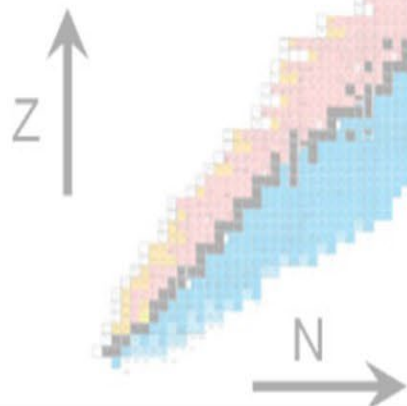
Tot: 1.7 FTE

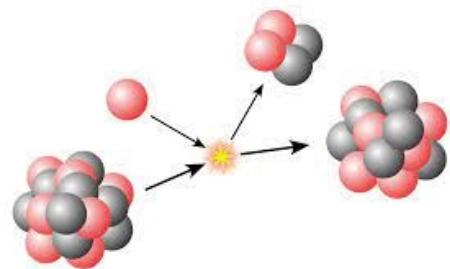
+ 2 studenti Master

+ 3 studenti triennale

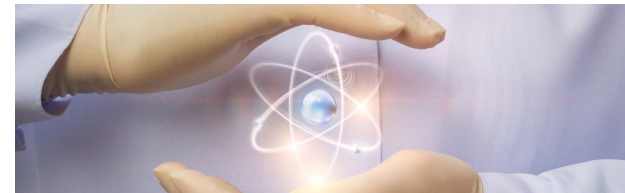
Temi di investigazione principali per 2023-2024

- Clustering e fenomeni esotici in struttura e reazioni nucleari
- Simmetrie continue e discrete negli spettri nucleari
- Gap di energia in nuclei speculari di massa intermedia (isospin)
- Raggi nucleari (nuovi modelli)
- Tassi di reazione e network di reazioni di interesse astrofisico.
- Collaborazione con gruppi sperimentali su tematiche di spettroscopia nucleare





NUCSYS: Simulazioni Nucleari Applicate



Luciano Canton 0.6 FTE; Assegniste: Francesca Barbaro 0.4; Yuliya Lashko 0.9 FTE

Ricerca basata sulla teoria delle reazioni nucleari e simulazioni numeriche dei processi di collisione a basse energie e a energie intermedie.

A) Studio delle collisioni nucleari a bassa energia per applicazioni di interesse astrofisico-nucleare.

Analisi della reazione $p\text{-Ne20}$ in regime di scattering elastico risonante, e possibili valutazioni del processo di cattura radiativa alle energie rilevanti per l'esperimento LUNA.
In collaborazione con Melbourne-Canberra-Johannesburg.

B) Simulazioni di reazioni applicate alla produzione di radionuclidi innovativi per la medicina nucleare. Continuerà la collaborazione con LNL (LARAMED) sulla produzione di radionuclidi per la radioterapia metabolica e la diagnostica.

Progetti CUPRUM-TTD (CSN5) e SPES_MED (CSN3), in collaborazione con INFN-LNL, Pavia, Milano, Ferrara, Istituto Oncologico Veneto, Ospedale Sacro Cuore Don Calabria, Negrar, VR.

Quantum Systems: Entanglement, Simulations and Information, QUANTUM – 18,1 FTE

RL Simone Montangero

Staff: 4,6 FTE

Post Docs: 6,4 FTE

PhD: 7,1 FTE

Main objective: study of typical quantum mechanical effects and phenomena via three major, interrelated avenues: Entanglement and other Quantum Correlations, Quantum Simulation and Quantum Optimal Control

- application of tensor network methods to lattice gauge theories (confinement)
- application of tensor network methods to machine learning (for processing high-energy physics data)
- Analysis and control of scalable quantum systems for the implementation of programmable quantum devices, employing atoms, ions and solid-state qubits
- Emulation of quantum circuits and assessment of quantum algorithms performance with tensor network methods

Linea 5 **InDark**

(Inflation, DM and the Large-Scale Structure of the Universe) – 14,2 FTE

Nicoal Bartolo - RL

Staff: 4,2 FTE

Post-docs: 3 FTE + 2 in arrivo sui fondi PRIN (national PI: N.Bartolo & M. Liguori)

PhD: 6 FTE

Main research lines: investigate crucial aspects of the standard cosmological model & its extensions, and their connection with particle physics. This includes, e.g.:

- models of inflation in the early Universe (including quantum aspects, relevant for the “Quantum Frontiers” PDE of DFA)
- cosmological tests of fundamental physics (via CMB and Large-Scale Structures-LSS)
- LSS modelling, and the nature of dark matter and dark energy
- cosmological inference from gravitational waves

Coordination roles: N. Bartolo co-leader of the Project Team “Tests of Cosmic Inflation” (LiteBIRD collaboration); D. Bertacca co-leader of WP-9 “LSS Relativistic effects” & A. Raccanelli co-leader of WP-10 “New Observational Probes” (Euclid); S. Matarrese, PD coordinator of ASI-LiteBIRD project.

Also involved in LISA and ET.

Theoretical Astroparticle Physics (TAsP) 6 FTE

Candidati Particellari di Materia Oscura

- Scenari di produzione per candidati WIMP e strategie di ricerche dirette e indirette
- Assioni come soluzione allo strong CP problem e conseguenze cosmologiche
- Candidati non termici prodotti da *freeze-in*: segnali cosmologici e agli acceleratori

Fisica oltre il Modello Standard Debolmente Accoppiata

- Settori leggeri e debolmente accoppiati: conseguenze per dipoli magnetici dei leptoni
- Sterile neutrinos

Universo Primordiale

- Produzione di particelle durante il regime inflazionario
- Background stocastico di onde gravitazionali
- Strutture cosmologiche a larga scala

Coordinatore Nazionale: F. Donato (Torino)

Coordinatore Locale: F. D'Eramo

Staff: M. Laveder, A. Masiero, M. Peloso, L. Vecchi

Postdoc: S. Bhattacharya, J. Kume, V. Vaskonen

Linea 5: Gravitational Wave Emission from Astrophysical Sources (TEONGRAV) – 10,2 FTE

RL Giuliano Iorio

Staff UniPD: 1,5 FTE

Staff INAF: 1,5 FTE

Post Docs: 5,2 FTE

PhD: 2 FTE

MAIN GOAL: Studio delle onde gravitazionali e delle loro sorgenti

- studio della formazione del sistema binario dei buchi neri
- caratterizzazione delle popolazioni dei buchi neri con i dati da LIGO-Virgo-KAGRA
- modelli e simulazione della formazione dinamica dei buchi neri binari.
- Studio del lancio e della propagazione dei gamma-ray jets nella fusione delle stelle binarie dei neutroni.

Linea 6 Learning Complex Networks, LINCOLN – 14,3 FTE

RN e RL Enzo Orlandini

Staff - 7,7 FTE

Post-doc, RTDA, PhD - 6,6 FTE

Main tasks: models and methods

- Artificial neural networks in machine learning algorithms: Statistical and inference approaches mainly focused on Restricted Boltzmann Machines;
- Topological complexity and rheology of (bio)polymer networks: Molecular dynamics and Monte Carlo simulations of chromatin and polymer melts. Tools of non-equilibrium statistical mechanics;
- Networks in neuroscience: Response and non-linear control theory in models of brain activity;
- Networks in ecology: Dynamical mean field theory of interacting ecological species, role of disorder;
- Anomalous diffusion in polydisperse and heterogeneous media: Role of non-Gaussian fluctuations in the statistics and the optimisation of extreme searching processes.