

# CSN IV

## Presentazione Gr4 PD

CdS – 4 luglio 2024

# Theoretical Group at INFN PD (Gruppo 4)

The Padova Theory Group has **141 members** (were 133 in May 2023)

**PD group (seems to) has become the first largest theoretical group** in Italy overtaking Trieste 136 members)

The group composition, INFN Staff + Associated members:

10 – INFN Researchers

5 – INFN Post Docs (assegnisti)

54 – Professors and Researchers of the DFA Uni PD (46 in May 2023)

30 – Post Doctoral Researchers (assegnisti) (35 in May 2023)

42 – PhD Students (36 in May 2023)

## Budget del Gruppo «Dotazione 4» in 2024

**Travel** (modesto): 33.500 € = 29.500 € + 4.000 € (Collab. LIA INFN-CNRS, S. Lenzi)

88.000 € (Visitors, Seminars, Equipment, Organizzazione Conferenze)

**Total Dot4:** 121.500 €

**Travel funds dei progetti** (Iniziative Specifiche): 173.500 €

# 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) – 13 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) 22 FTE
  - **AMPLITUDES** (RL P. Mastrolia) 5,3 FTE
- **Linea 3 - NUCLEAR AND HADRONIC PHYSICS**
  - MOdeling Nuclear STructure and REactions, MONSTRE – 1,7 FTE
  - The strongly correlated nuclear systems, NUCSYS – 1,6 FTE
- **Linea 4 – MATHEMATICAL METHODS**
  - Quantum Systems: Entanglement, Simulations and Information , QUANTUM (RL S.Montangelo) – 21,4 FTE
- **Linea 5 – ASTROPARTICLE PHYSICS**
  - Inflation, Dark Matter and the Large-Scale Structure of the Universe, InDark (RL N.Bartolo) – 15,6 FTE
  - Theoretical Astroparticle Physics , TASP (RL F. D’Eramo) ~ 8 FTE
  - TEoria delle ONde GRAVitazionali, TEONGRAV (RL G. Iorio)– 7,4 FTE
- **Linea 6 – STATISTICAL AND APPLIED FIELD THEORY**
  - Learning Complex Networks, LINCLON (RN e L E. Orlandini) – 21,1 FTE

# GSS – GAUGE THEORIES, SUPERGRAVITY AND STRING THEORY

7 staff (Apruzzi, Cassani [Coord. Naz.], Dall'Agata, Gnechchi, Inverso [Coord. Loc.], Massai, Martucci)

2 postdoc (Emelin, Sterckx) (4 dall'autunno)

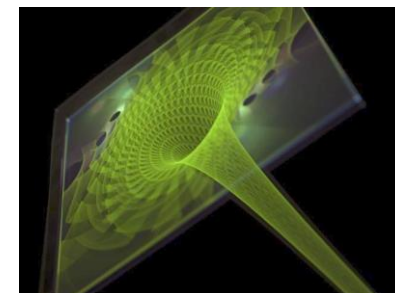
4 studenti PhD (Bedogna, Billiato, Rovere, Turetta)

13 FTE

**Tematiche:** studiare gli aspetti fondamentali della **gravità quantistica**, tramite la **teoria delle stringhe** e la **supergravità**

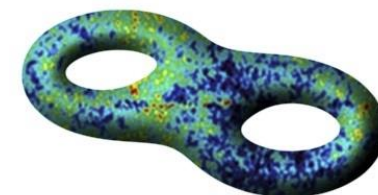
## ▪ **Teorie effettive di basse energie e gravità quantistica**

- string phenomenology & string cosmology
- vincoli sulla nuova fisica imposti dalla gravità quantistica
- brane ed effetti non-perturbativi
- geometrie generalizzate e dualità in stringhe e supergravità



## ▪ **Termodinamica e proprietà microscopiche dei buchi neri**

- calcolo dell'entropia tramite dualità olografica e teorie quantistiche di campo
- costruzione dei microstati che compongono i buchi neri



## ▪ **QFT non-perturbativa e simmetrie generalizzate**

- nuovi tipi di simmetrie associate ad oggetti/operatori estesi
- relazione con dualità olografica e 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 5,3 FTE

RL Pierpaolo Mastrolia

Staff: 4, Assegnisti 3, Dottorandi: 4

**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 Energy Frontier

- ▶ Direct searches: what do we learn from LHC and future colliders?

## 2 Intensity Frontier

- ▶ Indirect searches: what do we learn from BelleII, LHCb, ...?

## 3 AstroParticle Frontier

- ▶ Dark Matter, Dark Energy, Inflation, ...

## Members APINE-Padova

- 1 **Staff:** A. Brignole, L. Di Luzio, F. Feruglio, R. Groeber, M.K. Mandal, A. Masiero, P. Mastrolia, **P. Paradisi (RN)**, M. Passera, S. Rigolin, L. Vecchi, F. Zwirner
- 2 **Postdocs:** J. Alda Gallo, S. Laporta, H. Gisbert Mullor, S. Hoof, P. Soerensen, P. Olgoso Ruiz, N. Selimovic, C. Toni
- 3 **PhD Students:** L.C. Bresciani, G. Brunello, G. Crisanti, S. Di Noi, G. Levati, E. Scantamburlo, O. Smith, K. Schmid

**FTE APINE-Padova: 22**

**FTE APINE-Trieste: 9.55**



# Modeling Nuclear Structure and Reactions



INFN – Gr. IV – Linea 3

Personale a Padova :

Lorenzo **Fortunato** (local coordinator),

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

Tot: 1.7 FTE

+ 1 studenti Master

+ 3 studenti triennale

## Temi di investigazione principali per 2024-2025

- Clusters 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)
- Nuovi modelli per transizioni di fase quantistiche
- Tassi di reazione e network di reazioni di interesse astrofisico.
- Collaborazione con gruppi sperimentali su tematiche di spettroscopia nucleare (Legnaro)

Punti di forza:

- ❖ Molte collaborazioni internazionali (Francia, Germania, Cina, Giappone, USA, Brasile)
- ❖ Molte pubblicazioni (>3 / FTE)
- ❖ Molte presentazioni a convegni internazionali

z

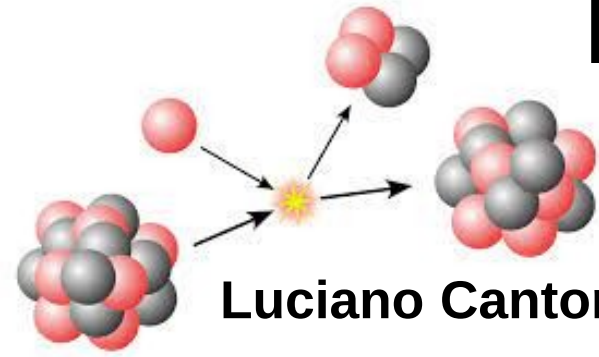
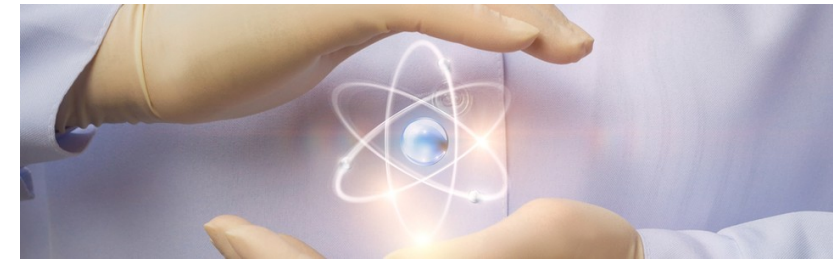
A simple grey arrow pointing upwards, indicating the z-axis.

N

A simple grey arrow pointing to the right, indicating the N-axis.

# NUCSYS: Simulazioni

## Nucleari Applicate



Luciano Canton 0.6; Francesca Barbaro (0.4); Yuliya Lashko (0.7).

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

**Simulazioni di reazioni applicate alla produzione di radionuclidi innovativi per la medicina nucleare. Continuerà la collaborazione con LNL (LARAMED) su 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.

**Fattibilità di un bersaglio ottimizzato Vanadio/Titanio per produzione di  $^{47}\text{Sc}$  alle energie SPES**

**Studio delle vie di produzione di  $^{67}\text{Cu}$  che utilizzano fasci alternativi ai protoni (d,  $\alpha$ , he3, t)**

**Simulazione modellistica della produzione di  $^{155}\text{Tb}$  dal generatore Dy-Tb alle energie di SPES**

# IS Quantum - Padova

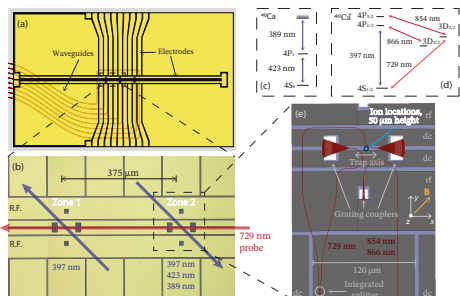
Personale scientifico: Simone Montangero (PO), Luca Salasnich (PO)

Luca Dell'Anna (PA)

Marco Di Liberto (RU), Carmelo Mordini (RU), Ilaria Siloi (RU), Pietro Silvi (RU)

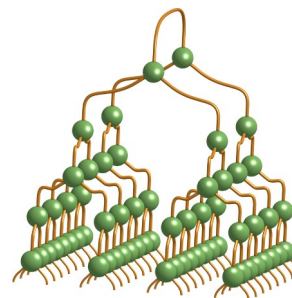


## Algoritmi e Hardware Quant.



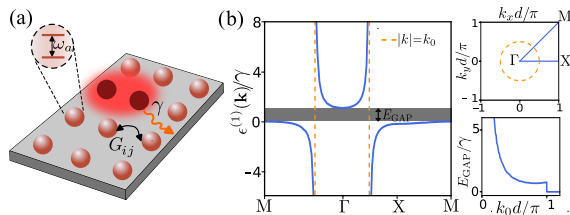
- Sviluppo di piattaforme hardware e software (algoritmi) quantistici

## Tensor Networks



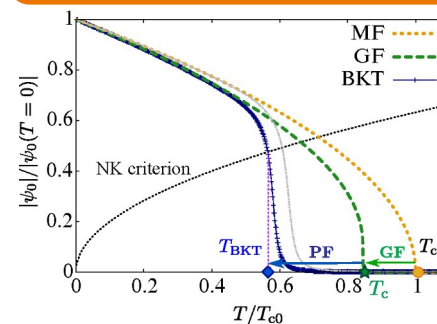
- Ansatz variazionale basato sull'entanglement per rappresentare stati quantistici a molti corpi
- Risolvere modelli interagenti su reticoli/grafi

## Simulatori Quantistici



- Realizzazione di modelli interagenti in laboratorio
- Ingegnerizzazione di dinamica coerente

## Meccanica Statistica Quant.



- Da metodi semi-analitici a metodi numerici per analizzare le transizioni di fase quantistiche

# **InDark** (Inflation, Dark Matter and the Large-Scale Structure of the Universe)

**Linea 5, Astroparticle: 10 nodi** (Bologna, Ferrara, Genova, LNGS, Milano, **Padova**, Parma, Roma II, Torino, Trieste)

**Staff:** N. Bartolo (RL), D. Bertacca, M. Liguori, S. Matarrese, A. Raccanelli

**Post-docs:** N. Bellomo, M. Marinucci, A. Ravenni, J.C. Torrado, L. Valbusa Dall'Armi, + 1 nuovo atteso, Ragavendra H.V. su fondi PRIN (PI nazionale: N.Bartolo)

**PhD:** J. De Kruijf, Y. Huang, A. Mierna, M. Pegorin, G. Perna, F. Semenzato, F. Spezzati, E. Vanzan, + probabilmente 2 nuovi dottorandi → **FTE totale per 2025: ~14.2**

**Linee di ricerca:** modello cosmologico standard & sue estensioni e loro connessione con fisica delle particelle. Questo include, per esempio:

- Modelli di inflazione nell'Universo primordiale (inclusi aspetti quantistici, rilevanti per il PDE "Frontiere quantistiche" del DFA)
- tests cosmologici di fisica fondamentale (con CMB e Large-Scale Structures-LSS)
- modellizzazione di LSS (large scale st), e natura della materia ed energia oscure
- Inferenza cosmologica da studio delle onde gravitazionali

**Ruoli di coordinamento:** N. Bartolo co-leader del Team "Tests of Cosmic Inflation" (satellite LiteBIRD per la CMB); D. Bertacca co-leader WP-9 "LSS Relativistic effects" & A. Raccanelli co-leader WP-10 "New Observational Probes" (Euclid);

S. Matarrese, PD coordinator of ASI-LiteBIRD project.

Gruppo anche coinvolto in LISA and ET. N. Bartolo & M. Liguori PI di due PRIN nazionali.

# Theoretical Astroparticle Physics (TAsP)

## ***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:** A. Masiero, M. Peloso, E. Vitagliano

**Postdoc:** J. Kume, V. Vaskonen

**PhD Students:** F. Greco, T. Sassi

## **Linea 5: Gravitational Wave Emission from Astrophysical Sources (TEONGRAV) – 7,4 FTE**

RL Giuliano Iorio

Staff UniPD: 1,5 FTE

Staff INAF: 1,5 FTE

Post Docs: 2,4 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.



