



2. Sintesi Produzione Scientifica (< 5 anni)

Pubblicazioni: 372

Tesi di Laurea: 56 (16 Triennale, 40 Magistrale)

Tesi di Dottorato: 46 (di cui 20 ongoing)

Presentazioni: 297 (115 su invito)

Workshop Internazionali Organizzati: 13

Finanziamenti ottenuti (2020-2025) gestiti dal Dipartimento: 6.2 Mln Euro, di questi ci sono 2 progetti FIS2 appena iniziati (2025-2028), un progetto FARE in scadenza nel 2027 e un progetto ERC in scadenza nel 2026, per un totale di circa 3 Mln euro di fondi da gestire dal Dipartimento nei prossimi 3 anni.

Risorse di calcolo HPC (2020-2025): 14 MGPU*h, che monetizzate col coefficiente usato da INFN-CINECA, corrispondono a più di 13Mln Euro.

#Valutazione VQR: Il gruppo FIS02 di ToV nella VQR 2015-2019 è risultato primo in Italia nella categoria A (personale stabile, con 13 prodotti: 9A e 4B). Totale su tutte le categorie con 34 prodotti: 17A, 14B, 3C.

3. Breve descrizione delle attività di ricerca nell'area di riferimento

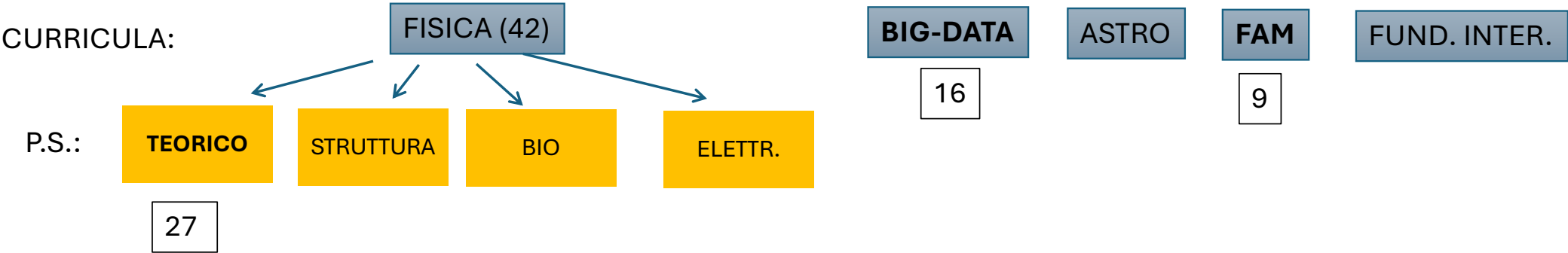
L'area di riferimento si divide in tre macro gruppi

1. **Fisica teorica dei sistemi complessi**
2. **Fenomenologia del Modello Standard e ricerca di nuova fisica**
3. **Stringhe, Supersimmetria e Gravità**

Per un totale di sole **13 unità** a tempo indeterminato e attualmente **16 collaboratori** a tempo determinato (AdR, Borsisti) o esterni al dipartimento (INFN, Emeriti).

Attività Didattica (tot CFU 863): Optimization and Statistical Mechanics, Laboratorio di Calcolo Numerico e Informatica, Meccanica Statistica, Metodi Probabilistici, Fisica Teorica Modelli e Metodi Matematici, Fisica Computazionale, Computational Physics, Fisica dei Fluidi Complessi, Cibernetica, Machine Learning, Hands on Machine Learning, Meccanica Quantistica, Fisica dei Sistemi Dinamici, Geofluidodinamica, Fisica 2, Fisica Teorica 1, Ampiezze Quantistiche per la Gravità classica, Metodi Matematici della Fisica 1 e 2, Teorie Relativistiche e Supergravità, Fisica Teorica Specialistica, Mathematical Methods for Physics, Quantum Mechanics, Fisica Generale, Matematica Base, Introduzione alle Teorie di Stringa, Supersimmetrie, Teorie dei Campi e Particelle 1 e 2, Fisica Computazionale, Thermal Field Theory, Precision tests of the SM, Quantum Field Theory

TOTALE PIANO DI STUDI 2022-2025: ~100 STUDENTI L.M. in Fisica (LM-17)¹



¹ ESCLUSI STUDENTI MASS

SISTEMI COMPLESSI

Finanziamenti ottenuti (<5 anni) Keuro: 4520 Dip Fisica + 87 altri enti

- PI "C2T - From Crises to Theory", PRIN22 PNRR (Cimini) – 105 Keuro
- Co-Pi "RENet - Reconstructing economic networks", PRIN22 (Cimini) – 100 Keuro
- PI "Deep'n'Rec", Progetto RSA21(Cimini) – 10 Keuro
- PI "DeepFL", Progetto FIS2 Starting Grant, 25-27 (Buzzicotti) – 1321 Keuro
- PI ERC AdG Smart-TURB (Biferale 21-26) - 2248 Keuro
- PI Beyond the borders (Biferale, RSA21) - 10 Keuro
- PI FARE Project (MUR) (Biferale 22-27) - 384 Keuro
- Pi Aqivate EJD MSCA (Biferale 23-26) - 251 Keuro
- PI Al4Heart (RSA25 Biferale) - 11 Keuro
- Co-Pi PRIN2022 Co-Search (Biferale) - 80 Keuro
- IS FieldTURB INFN (20-25). - 87 Keuro

Sintesi della Produzione Scientifica (ultimi 5 anni):

Pubblicazioni: 165

Tesi di Laurea: 34 (8 Triennale, 26 Magistrale)

Tesi di Dottorato: 22 (di cui 7 ongoing)

Presentazioni: 144 (44 su invito)

STRINGHE E GRAVITA'

Finanziamenti ottenuti (<5 anni) Keuro: 1630 Dip. Fisica + 136 altri enti

- PRIN2020 PI Massimo Bianchi, 175 Keuro
- IS INFN "String Theory & Fundamental Interactions" (2023-2025) 56 KEuro
- Borsa Postdoc INFN (2024-25) 80 Keuro
- "Q-GraSp", Progetto FIS2 Starting Grant (MUR), (2025-2028) 1322 KEuro
- WOST (WithOut SpaceTime), John Templeton Foundation 153 KEuro

Sintesi della Produzione Scientifica (ultimi 5 anni):

Pubblicazioni: 93

Tesi di Laurea: 9 (4 triennale 5 magistrale)

Tesi di Dottorato: 12 (di cui 6 ongoing)

Presentazioni: 69 (48 su invito)

Finanziamenti ottenuti (<5 anni) Keuro: 76 Dip. Fisica + 84 altri enti + 17 progetti HPC

- PRIN2022 66 keuro
- UTOV (progetto DyConn 22/24) 10 Keuro
- INFN (assegno ricerca 25/25) 32 keuro
- INFN (borsa 24/25) 18 keuro
- INFN (meeting 23) 5 Keuro
- INFN (borsa, 23) 9 Keuro
- INFN (assegno ricerca 20/21) 20 Keuro

- HPC: EuroHPC (Leonardo Booster 24-25) 20 Mcore-hours, EuroHPC (Leonardo Booster 23-24) 40 Mcore-hours, Gauss (Juwels Booster 23-24) 0.16 Mnode-hours, Chronos (LUMI-G 23-24) 0.30 Mnode-hours, Gauss (Juwels 19-20) 13 Mcore-hours, Chronos (LUMI-G 24-26) 1.2 Mnode-hours, Gauss (Juwels Booster 25-26) 5 Mcore-hours, Gauss (Jupiter Booster 25-26) 240 Mcore-hours, NHR-ZIB (LISE 25) 90 Mcore-hours, Gauss (Juwels Booster 24-25) 37 Mcore-hours, NHR-ZIB (LISE 24) 75 Mcore-hours, EuroHPC (Lumi-C 23-24) 58 Mcore-hours, CSCS (Piz daint 22-25) 24 Mcore-hours, HLRN-ZIB (LISE 22-23) 45 Mcore-hours
- CSCS (Piz daint 21-22) 6 Mcore-hours, HLRN-ZIB (LISE 21-22) 36 Mcore-hours, HLRN-ZIB 13 Mcore-hours

Sintesi della Produzione Scientifica (ultimi 5 anni):

Pubblicazioni: 114

Tesi di Laurea: 13 (4 Triennale, 9 Magistrale)

Tesi di Dottorato: 12 (di cui 5 ongoing)

Presentazioni : 84 (23 su invito)

FENOMENOLOGIA SM NUOVA FISICA

Breve descrizione dell'Attività Scientifica:

(Gruppo Fisica Teorica dei Sistemi Complessi)

- Applicazione di metodi di Machine Learning ed Optimal Control alla fisica dei fluidi complessi:

(Minimizzazione della Dispersione Lagrangiana; Ricostruzione Statistica di campi turbolenti; Navigazione autonoma ottimale di micrонуotatori e particelle attive; Ricerca di sorgenti in flussi complessi, ecc.)

- Trasporto di contaminanti in turbolenza:

(Sviluppo di database open access; Studio teorico delle Hidden Symmetries, ecc.)

- Fluidi complessi in geometrie complesse alle micro- e nanoscale:

(Risposta viscoelastica di globuli rossi; Studio numerico sulla turbolenza nel cuore umano; Processi di accelerazione del plasma, ecc.)

- Studio della dinamica multiscala in sistemi geofisici:

(Sviluppo di nuove tecniche di coarse-graining su geometria sferica; Studio della circolazione oceanica, ecc.)

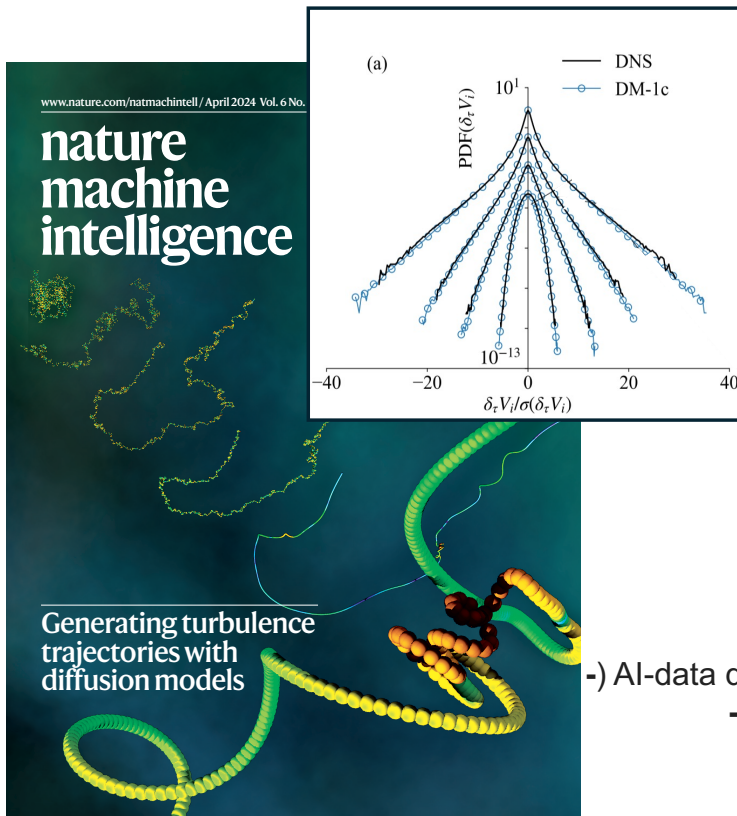
- Meccanica Statistica delle reti complesse ed applicazioni socio-economiche:

(metodi analitici e numerici per modelli Exponential Random Graphs, economic Complexity per lo studio della competitività scientifica dei paesi; reti di produzione; relazione causale tra dinamiche sociali e di mercato; ecc.)

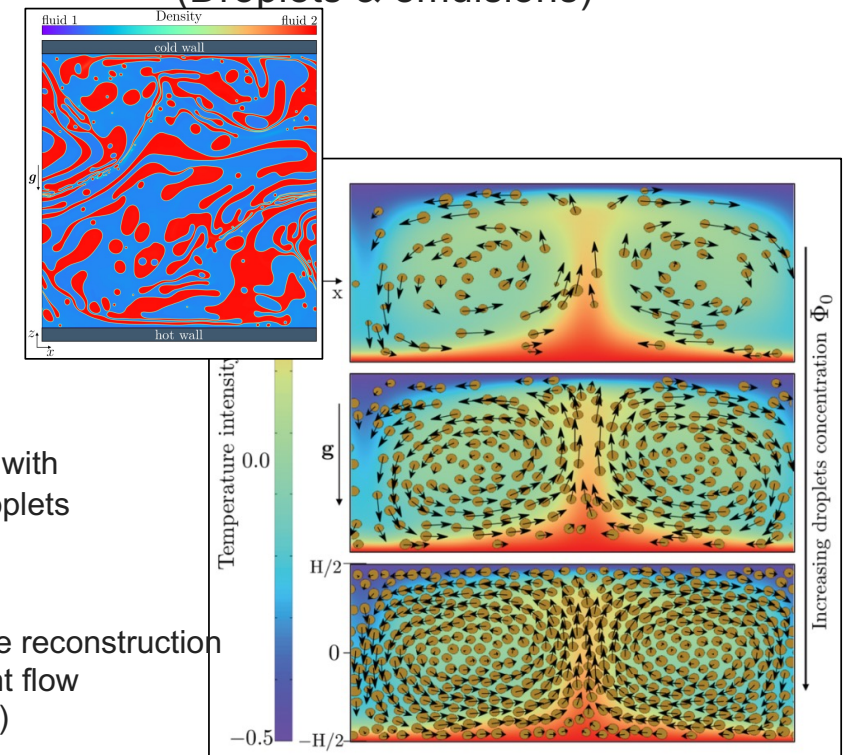
Breve descrizione dell'Attività Scientifica:

(Gruppo Fisica Teorica dei Sistemi Complessi)

Data-driven Generation on turbulent data.



Out-of-equilibrium dynamics of complex flows:
(Droplets & emulsions)



Open Science

-) Smart-Turb Data-Base
-) Lattice Boltzmann codes equipped with Lagrangian tracking of deformable droplets

Future:

-) AI-data driven tools for 3D Eulerian Turbulence reconstruction
-) Droplet statistics in complex turbulent flow (non Newtonian, buoyancy driven)

Li, T., Biferale, L., Bonaccorso, F., Scarpolini, M. A., & Buzzicotti, M. (2024). *Nature Machine Intelligence*, 6(4), 393-403.

Pelusi, F., Scagliarini, A., Sbragaglia, M., Bernaschi, M., & Benzi, R. (2024). *Physical Review Letters*, 133(24), 244001.

TEORIE DI CAMPO, STRINGHE E GRAVITÀ QUANTISTICA

- Massimo Bianchi
 - Giuseppe Dibitetto
 - Francesco Fucito (INFN)
 - Flaminia Giacomini
 - Francisco Morales (INFN)
 - Gianfranco Pradisi
 - Raffaele Savelli
- Gravità e Stringhe

TEORIE DI CAMPO, STRINGHE E GRAVITÀ QUANTISTICA

- Tecniche di teorie di gauge SUSY: perturbazioni dei buchi neri e onde gravitazionali & perturbazioni cosmologiche
 - Comportamenti caotici delle stringhe fortemente eccitate e relazione ai microstati di buco nero
 - Comprensione delle simmetrie generalizzate ed il loro ruolo nelle teorie di campo
 - Studio delle teorie di campo nel regime di accoppiamento forte con tecniche geometriche
 - Fenomenologia delle compattificazioni di stringa: applicazioni olografiche e cosmologiche
 - Fenomenologia dei modelli inflazionari ed energia oscura
 - Test di gravità quantistica a bassa energia tramite «table-top experiments»
-

Gruppo Fenomenologia del Modello Standard e ricerca di nuova Fisica

- **G.M. de Divitiis (PA), R. Frezzotti (PO), A. Salvio (PA), N. Tantalo (PO) + L. Maio (AR)**

Precision Tests and Extensions of the Standard Model (SM) of Particle Physics

- **SM very predictive – but incomplete**: *matter-antimatter asymmetry, ν -oscillations, dark matter, quantum gravity*
- SM works well at accessible scales: are *deviations* small because suppressed by *high energy scales* or by *small couplings*?
- *Precision tests* of SM-theory vs experiments: **lattice is crucial for ab-initio SM** (muon g-2, CKM, rare processes)
- *Extensions of SM* to include unexplained physics: **extra particles in a field-theory framework** can work
- **Strong impact** on nuclear physics, astrophysics, cosmology: e.g. *strong phase transitions* → *gravitational waves*
- **Interdisciplinarity**: research work combining *(thermal) Quantum Field Theory, analytical and Monte Carlo methods & parallel HPC*

Major recent (2019-today) results

122 articoli di cui 63 peer reviewed (5 PRL, 1 PhysRep, 5 invited reviews, etc.)

- *Lattice QCD+QED predictions reveal tensions in experimental results* about e^+e^- to hadron inclusive processes (and in WP2025 provide the reliable determination of the [hadronic vacuum polarization term in the muon \$g-2\$!](#))
- Lattice QCD+QED predictions of *leptonic and radiative decays* enhance accuracy in [CKM first row unitarity tests](#)
- Lattice methods for *hadronic spectral densities* established and applied to [R\(\$e^+e^- \rightarrow\$ hadrons\)](#), decay of τ , Ds,...
- *Lattice simulations of QCD (+QED)* with large volume, realistic particle masses, [access to time-like observables](#) !
- Study of [1st order phase transitions in well-motivated extensions of the SM](#) with radiative symmetry breaking and their implications: *observable effects at accelerators, gravitational waves, primordial black holes* (as dark matter)
- Analysis of *theories with more than 2 derivatives in the action* to explore [low-energy regimes in quantum gravity](#) and consequent observable effects
- [Particle-physics models of inflation](#): e.g. triggered by the Higgs or by a Goldstone boson

a few brilliant young (postdoc, PhD) researchers formed in our ToV group in last 5 years

Future research

- Lattice study of the [hadronic vacuum polarization term in muon g-2](#): *0.5% precision check of SM strong sector*
- Lattice QCD+QED study of [inclusive hadronic decays of \$\tau\$ lepton](#): *ab-initio high accuracy V_{us} , V_{ud}*
- Lattice QCD study of [inclusive hadronic decay of \$B_s\$ \(B\) meson](#): *precise determination of V_{cb} , V_{ub}*
- Lattice QCD study of [matrix elements of the SM effective weak Hamiltonian](#): *CP-violation & rare processes*
- Feasibility study of [non-perturbative lattice regularization](#) for numerical simulation [of chiral gauge theories](#): *path towards non-perturbative foundation of SM and beyond; ab-initio electroweak phase transition, axion models ...*
- Development of [thermal field theories with a general density matrix](#) and their applications to rotating compact objects, e.g. *neutron stars, black holes*, etc. (synergies with the statistical mechanics group)
- Study of the validity of [effective theories of quantum gravity in inflation](#) (synergies with the string theory group).

involve people able to exploit new coding and supercomputing methods on largest GPU-based supercomputers