



# Curriculum di Fisica Teorica

Referente:  
[patrizia.vitale@na.infn.it](mailto:patrizia.vitale@na.infn.it)

[http://webtest.fisica.unina.it/didattica/magistrale\\_fisica.html](http://webtest.fisica.unina.it/didattica/magistrale_fisica.html)

# Quale Fisica Teorica?

Scindere la fisica teorica dal resto della fisica sarebbe non solo concettualmente sbagliato, ma semplicemente impossibile.

La fisica è una scienza sperimentale, ma come ha scritto Galileo, il libro della natura è scritto in linguaggio matematico.

Pertanto abbiamo bisogno di schemi interpretativi. Lo studio e la creazione di questi schemi (le “teorie”) è la fisica teorica.

# Quale Fisica Teorica?

Di solito per fisica teorica intenderemo la fisica teorica delle interazioni fondamentali, o comunque alla "frontiera delle conoscenze". Utilizzando gli strumenti della meccanica quantistica, statistica e delle teorie di campo

Anche se ci sono tante frontiere. Scrivere le equazioni di Maxwell e Schrodinger su una maglietta non significa aver risolto il problema dell'interazione luce materia!

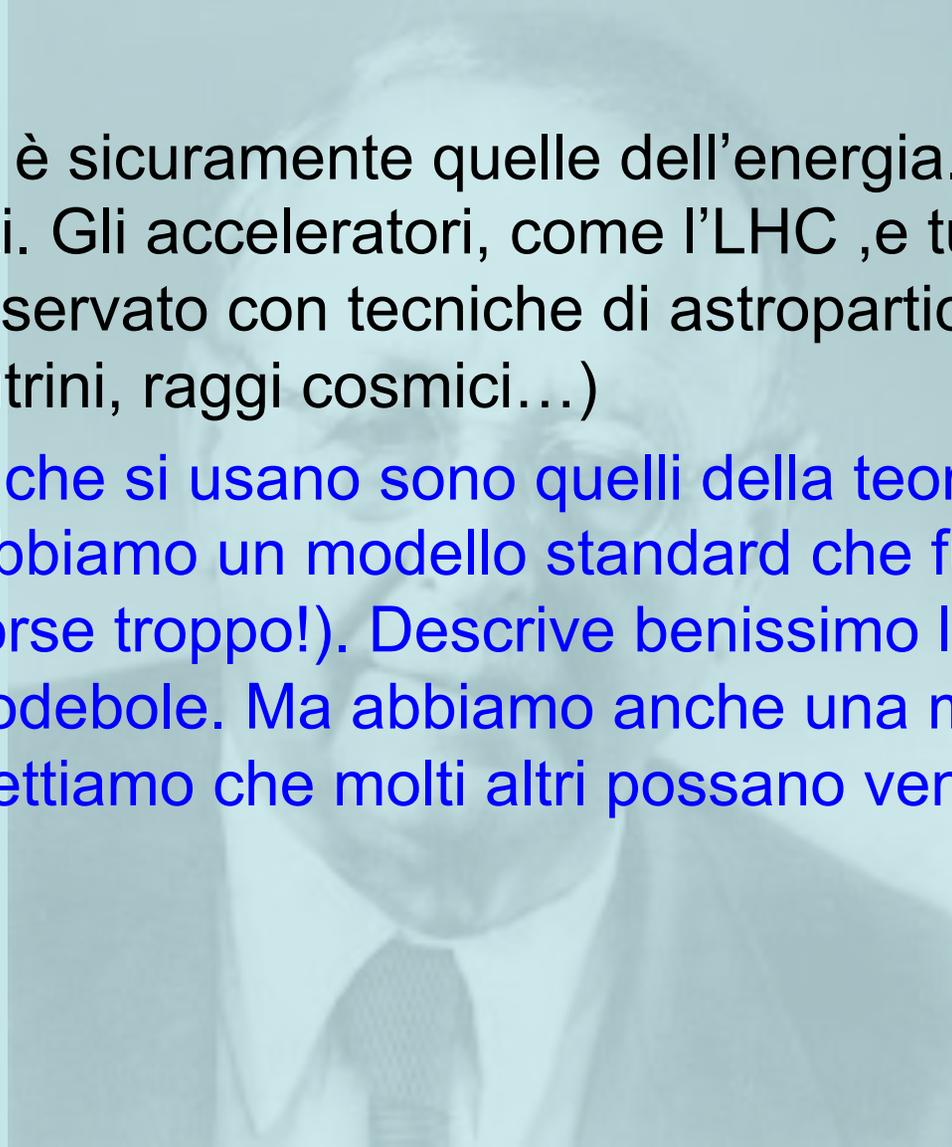
In particolare si possono studiare da un punto di vista puramente teorico argomenti che sono predominantemente parte di altri curriculum (materia, astro, geo...).

In questo caso il curriculum teorico può essere indicato, magari con un piano di studi individuale.

# Dove sono le frontiere?

Una frontiera è sicuramente quella dell'energia. Abbiamo due strumenti. Gli acceleratori, come l'LHC, e tutto l'universo, osservato con tecniche di astroparticelle (fondo cosmico, neutrini, raggi cosmici...)

Gli strumenti che si usano sono quelli della teoria dei campi quantistici. Abbiamo un modello standard che funziona benissimo (forse troppo!). Descrive benissimo le interazioni forti ed elettrodeboli. Ma abbiamo anche una messe di dati, e ci aspettiamo che molti altri possano venire.



A Napoli abbiamo vari gruppi che si occupano di fisica delle alte energie, da entrambi i punti di vista.

*Gianpiero Mangano, Gennaro Miele, Ofelia Pisanti* Fisica Astroparticellare Teorica. Cosmologia ed Astrofisica del Neutrino, Nucleosintesi Primordiale e raggi cosmici, Dark Matter, fenomenologia della supersimmetria.

*Pietro Santorelli, Gennaro Miele* Fisica degli eventi rari oltre il modello standard. Decadimento di mesoni, barioni pesanti e dell'Higgs.

*Luigi Rosa* Confinamento dei quark. Energia delle fluttuazioni di vuoto del campo elettromagnetico e interazione con il campo gravitazionale (esperimento Archimede in collaborazione con il gruppo VIRGO).

*Mario Abud, Luigi Cappiello, Giancarlo D'Ambrosio, Francesco Tramontano* Calcoli di precisione per il Modello Standard per i principali esperimenti. Fenomenologia del quark top e del bosone di Higgs.

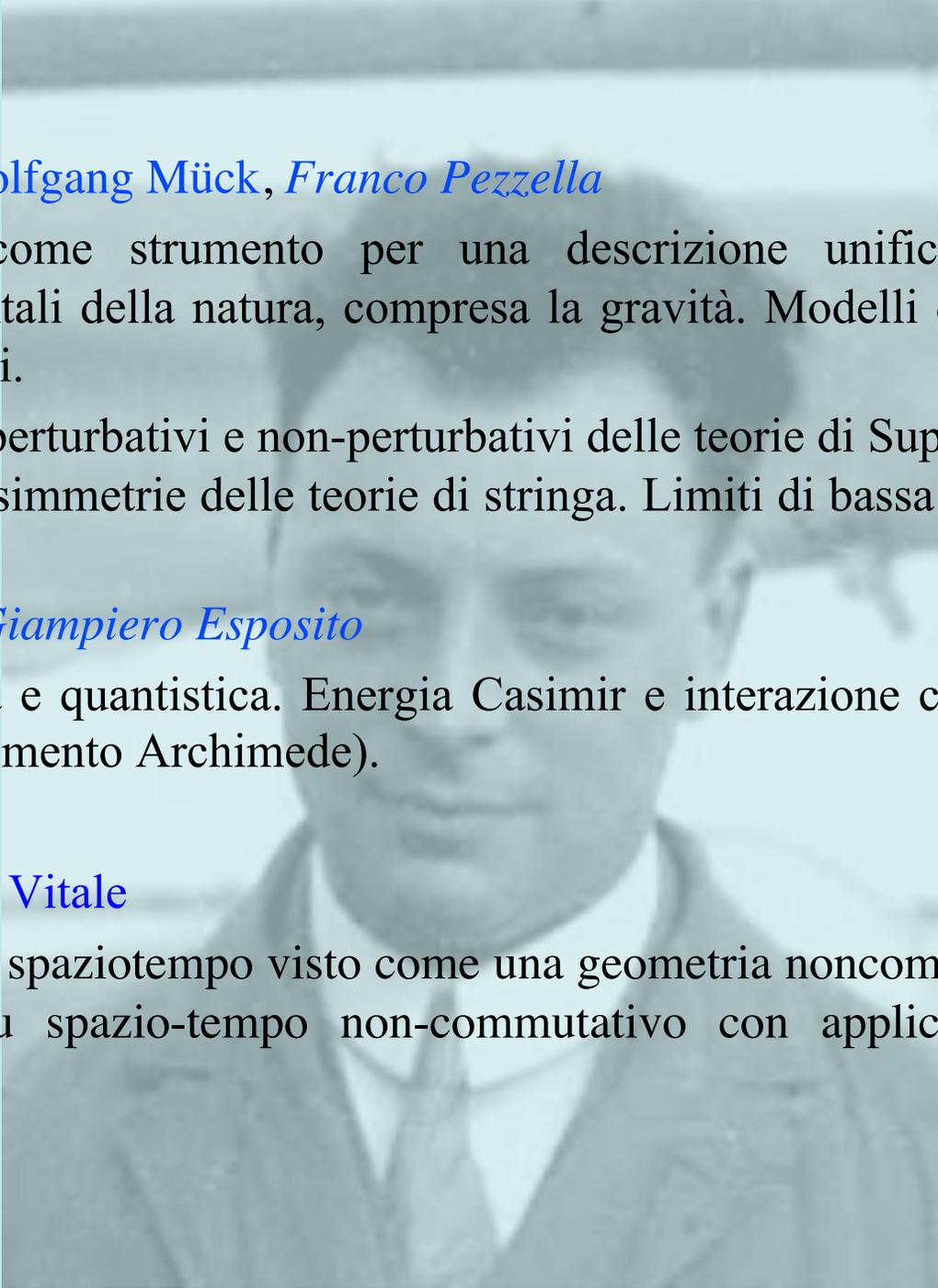
*Giulia Ricciardi* Fisica del sapore, violazione di CP, QCD teorica, fisica del neutrino, leptogenesi, fisica esotica ed estensioni del Modello

# Campi, Stringhe, Gravità (quantistica)

C'è poi la quarta interazione, la gravità, che è descritta da una teoria geometrica dello spaziotempo. La gravità classica ha avuto il suo suggello pochi mesi fa con il rilevamento delle onde gravitazionali.

Ma purtroppo non è compatibile con la teoria quantistica attualmente nota. Forse la sfida teorica più importante oggi è quella della gravità quantistica.

La gravità quantistica potrebbe richiedere un cambio di paradigma, come la sostituzione delle particelle con le stringhe, o la sostituzione dello spaziotempo fatto di punti con uno spaziotempo quantico, come avviene per lo spazio delle fasi in meccanica quantistica.



*Raffaele Marotta, Wolfgang Mück, Franco Pezzella*

Teorie di stringa come strumento per una descrizione unificata delle interazioni fondamentali della natura, compresa la gravità. Modelli di gravità quantistica, buchi neri.

Analisi degli aspetti perturbativi e non-perturbativi delle teorie di Superstringa. Aspetti geometrici e simmetrie delle teorie di stringa. Limiti di bassa energia e teorie effettive.

*Cosimo Stornaiolo, Giampiero Esposito*

Gravitazione classica e quantistica. Energia Casimir e interazione col campo gravitazionale (esperimento Archimede).

*Fedele Lizzi, Patrizia Vitale*

Quantizzazione dello spaziotempo visto come una geometria noncommutativa: Teorie di campo su spazio-tempo non-commutativo con applicazioni al modello standard.

# Sistemi Complessi (e Biologici)

Per quanto onde gravitazionali e particelle elementari possano essere complicate, esse restano “elementari”. Ben altra cosa sono i sistemi a molti corpi per non parlare poi dei sistemi viventi, che anche se scomposti nei loro elementi “elementari”, restano dei “sistemi complessi”.

Gli strumenti che si usano sono quelli della fisica statistica, e ancora delle teorie di campo, e tecniche computazionali avanzate.

A Napoli abbiamo una grande tradizione di studi statistici, che negli ultimi anni si sta orientando allo studio dei sistemi biologici.

**Antonio De Candia** Meccanismi alla base dei fenomeni collettivi e critici nel cervello. Mobilità dei portatori di carica in semiconduttori, con tecniche Monte Carlo quantistiche. Arresto strutturale in vetri, colloidali e gel.

**Annalisa Fierro, Antonella Liccardo**

Modellizzazione della diffusione di malattie infettive attraverso tecniche di meccanica statistica. Modelli per analizzare l'effetto della circolazione oceanica sulla dispersione delle specie negli ecosistemi marini, allo scopo di interpretare la biodiversità.

**Alberto Imparato** Termodinamica stocastica in sistemi di interesse biologico. Teoremi di fluttuazione in sistemi fuori equilibrio. Trasporto di calore in sistemi quantistici.

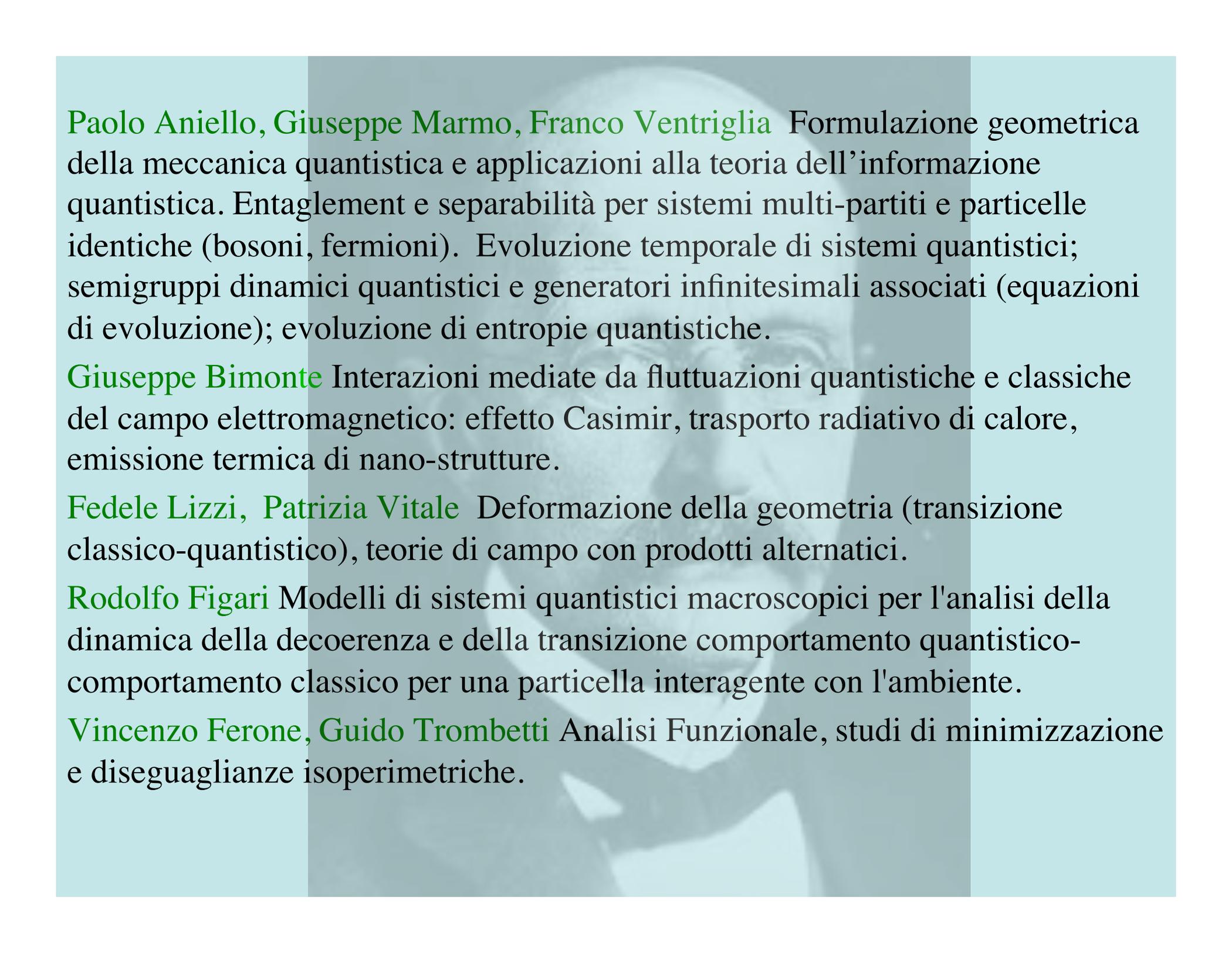
**Mario Nicodemi** Studio dell'organizzazione 3D del genoma e come essa controlli la regolazione dei geni, combinando modelli di fisica statistica, simulazioni al computer e analisi di dati genomici. Dinamiche complesse del differenziamento e della riprogrammazione cellulare, in salute e malattia.

**Fulvio Peruggi** Studio dell'attività cerebrale spontanea e di apprendimento mediante modelli di reti neurali. Correlazioni e proprietà statistiche in cataloghi sismici per formulare modelli di determinazione del rischio.

# Metodi matematici e applicazioni, allo spaziotempo, all'informazione...

Nuova fisica richiede (e stimola la creazione) di nuova matematica. Anche teorie consolidate, come la meccanica quantistica, richiedono il continuo sviluppo di metodi formali nuovi e originali. Tenete conto che come disse Feynman: **If you think you understand quantum mechanics, you don't understand quantum mechanics**

La meccanica quantistica non ha finito di stupirci, e la sua nuova frontiera è quella della informazione, computer, cifratura.



**Paolo Aniello, Giuseppe Marmo, Franco Ventriglia** Formulazione geometrica della meccanica quantistica e applicazioni alla teoria dell'informazione quantistica. Entanglement e separabilità per sistemi multi-partiti e particelle identiche (bosoni, fermioni). Evoluzione temporale di sistemi quantistici; semigruppì dinamici quantistici e generatori infinitesimali associati (equazioni di evoluzione); evoluzione di entropie quantistiche.

**Giuseppe Bimonte** Interazioni mediate da fluttuazioni quantistiche e classiche del campo elettromagnetico: effetto Casimir, trasporto radiativo di calore, emissione termica di nano-strutture.

**Fedele Lizzi, Patrizia Vitale** Deformazione della geometria (transizione classico-quantistico), teorie di campo con prodotti alternatici.

**Rodolfo Figari** Modelli di sistemi quantistici macroscopici per l'analisi della dinamica della decoerenza e della transizione comportamento quantistico-comportamento classico per una particella interagente con l'ambiente.

**Vincenzo Ferone, Guido Trombetti** Analisi Funzionale, studi di minimizzazione e disequaglianze isoperimetriche.

# Didattica e storia della fisica

(la frontiera è anche nelle menti dei giovani)

L'insegnamento nelle scuole di ogni ordine e grado resta una delle missioni più importanti. Qui a Napoli non solo prepariamo insegnanti, ma facciamo anche ricerca sull'insegnamento.

**Emilio Balzano** Strategie per l'insegnamento e apprendimento e modelli per la formazione degli insegnanti.

**Italo Testa** Progettazione e validazione di sequenze didattiche per la scuola secondaria superiore e per la formazione degli insegnanti .

# Curriculum: Obiettivi

- Formare persone che abbiano una conoscenza approfondita delle principali tematiche della Fisica Teorica moderna e padronanza di moderne tecniche per la soluzione dei problemi relativi;
- Acquisire particolari capacità di utilizzare le conoscenze per l'interpretazione e la previsione del comportamento di sistemi complessi.

# Dopo la Laurea

- Dottorato di Ricerca in Italia o all'Estero
- Ricerca in enti pubblici e privati
- Inserimento in realtà lavorative che hanno necessità di persone con capacità di modellizzazione e soluzione di problemi complessi (economia, finanza, banche, compagnie assicurative...)
- Insegnamento nella scuola
- Qualunque altra cosa (mimi, sottosegretari...)

## Primo Anno

<b>Insegnamento</b>	<b>Tipologia</b>	<b>CFU</b>	<b>Ambito</b>
Meccanica Quantistica	Caratterizzante	9	Teorico e dei fondamenti della Fisica
Elettrodinamica Classica	Caratterizzante	9	Microfisico e della struttura della materia
Laboratorio di Fisica	Caratterizzante	10	Sperimentale applicativo
Meccanica Statistica	Caratterizzante	9	Teorico e dei fondamenti della Fisica
Metodi Numerici per la Fisica	Affine e Integrativo	8	
Insegnamento a Scelta dall'Elenco A	Affine e Integrativo	8	
Totale CFU		53	

# Elenco A

## Teoria Quantistica dei Campi

Orientato maggiormente sulle interazioni fondamentali

## Meccanica quantistica dei molti corpi

Orientato maggiormente verso la fisica della materia

## Secondo Anno

<b>Insegnamento</b>	<b>Tipologia</b>	<b>CFU</b>	<b>Ambito</b>
A scelta dall'elenco B	Caratterizzante	8	Teorico e dei fondamenti della fisica
A scelta dall'elenco B	Caratterizzante	8	Teorico e dei fondamenti della fisica
A scelta autonoma	A scelta	8	A scelta
Altre attività	A scelta	2	A scelta
Prova finale		41	
Totale CFU		67	

Il corso a scelta autonoma può essere individuato nell' elenco B, ovvero nell'elenco di tutti gli altri corsi attivati per la laurea magistrale, o anche da altri corsi di laurea dell'Ateneo.

- **Elenco B**

- **Fisica astroparticellare teorica**
- **Teoria e fenomenologia delle interazioni fondamentali**
- **Fisica teorica subnucleare**
- **Teoria classica dei campi**
- **Teoria statistica dei campi**
- **Teoria delle stringhe**
- **Modellizzazione dei sistemi biologici**
- **Sistemi complessi**
- **Relatività generale e gravitazione**
- **Teoria dei gruppi e applicazioni**
- **Didattica della fisica**

## **Campi, Stringhe, Gravità quantistica**

I anno: Teoria quantistica dei campi

II anno: tre fra Relatività generale

Teoria classica dei campi

Teoria delle stringhe

Teoria statistica dei campi

Cosmologia

## **Meccanica quantistica**

I anno: Meccanica Quantistica dei molti corpi

II anno: Teoria classica dei campi

Teoria dei gruppi e applicazioni

Ottica quantistica / corso a scelta da LM in Matematica

## **Didattica e storia della fisica**/Matematica

Piano di studi individuale all'interno del curriculum da concordare con i docenti

# ***Percorsi consigliati***

## **Meccanica statistica**

I anno: Meccanica Quantistica dei molti corpi

II anno: Sistemi complessi

Teoria statistica dei campi

Modellizzazione dei sistemi biologici/ A scelta da altri corsi di laurea/ altri curricula

## **Interazioni fondamentali**

I anno: Teoria quantistica dei campi

II anno: Interazioni fondamentali

Relatività generale / Fisica teorica subnucleare

Fisica astroparticellare teorica / Corso a scelta dal curriculum subnucleare o nucleare

**BUONA FORTUNA!**

