

# Fisica Teorica

---



Guido Montagna

Incontro di Orientamento  
Pavia, 9 Aprile 2019



# Gruppi di Ricerca

---

## **Fisica Matematica e Relativita`**

M. Carfora, C. Dappiaggi, A. Marzuoli,  
M. Roncadelli et al.

## **Informazione e Computazione Quantistica, Ottica Quantistica e Fondamenti**

G.M. D'Ariano, C. Macchiavello, L. Maccone,  
P. Perinotti, M. Sacchi et al.

## **Fisica Adronica e Nucleare**

A. Bacchetta, G. Bozzi, C. Giusti,  
M. Guagnelli, B. Pasquini, M. Radici et al.

## **Fisica delle Interazioni Fondamentali**

C.M. Carloni Calame, G. Montagna,  
O. Nicrosini, F. Piccinini et al.

# Curriculum

## 36 CFU FIS/02

Complementi di Fisica Teorica

Econofisica

Elettrodinamica e Relativita` \*

Elettrodinamica Quantistica

Fondamenti della Meccanica Quantistica

Gruppi e Simmetrie Fisiche

Meccanica Statistica \*

Metodi Computazionali della Fisica

Metodi Matematici della Fisica Teorica

Relativita` Generale

Teoria Fisica dell'Informazione

Teoria delle Interazioni Fondamentali

Teoria Quantistica dei Campi

Termodinamica Quantistica



\* Sostituibile con altro corso **FIS/02**, se gia` seguito nella triennale

+ **6 CFU FIS/01** + **6 CFU FIS/03** o **FIS/04** + **12 CFU FIS/05** o **MAT/OX** + **12 CFU** liberi

# Corsi di Indirizzo alla Ricerca

---

## Fisica Matematica e Relativita`

Elettrodinamica e Relativita` / M. Carfora

Gruppi e Simmetrie Fisiche / C. Dappiaggi

Metodi Matematici della Fisica Teorica / P. Perinotti

Relativita` Generale / M. Carfora

Teoria dei Sistemi Dinamici (MAT/07) / A. Marzuoli



## Fisica Quantistica e dintorni

Fondamenti della Meccanica Quantistica / G.M. D'Ariano

Fisica Quantistica della Computazione (FIS/03) / C. Macchiavello

Ottica Quantistica (FIS/03) / L. Maccone

Teoria Fisica dell'Informazione / P. Perinotti

Termodinamica Quantistica / M. Sacchi

$$\frac{1}{\sqrt{2}} |\text{cat}\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}} |\text{dog}\rangle$$

# Corsi di Indirizzo alla Ricerca

---

## Fisica Adronica e delle Interazioni Fondamentali

Elettrodinamica Quantistica / A. Bacchetta

Teoria Quantistica dei Campi / F. Piccinini

Fisica Nucleare I (FIS/04) / C. Giusti

Fisica Nucleare II (FIS/04) / M. Radici

Teoria delle Interazioni Fondamentali / G. Montagna



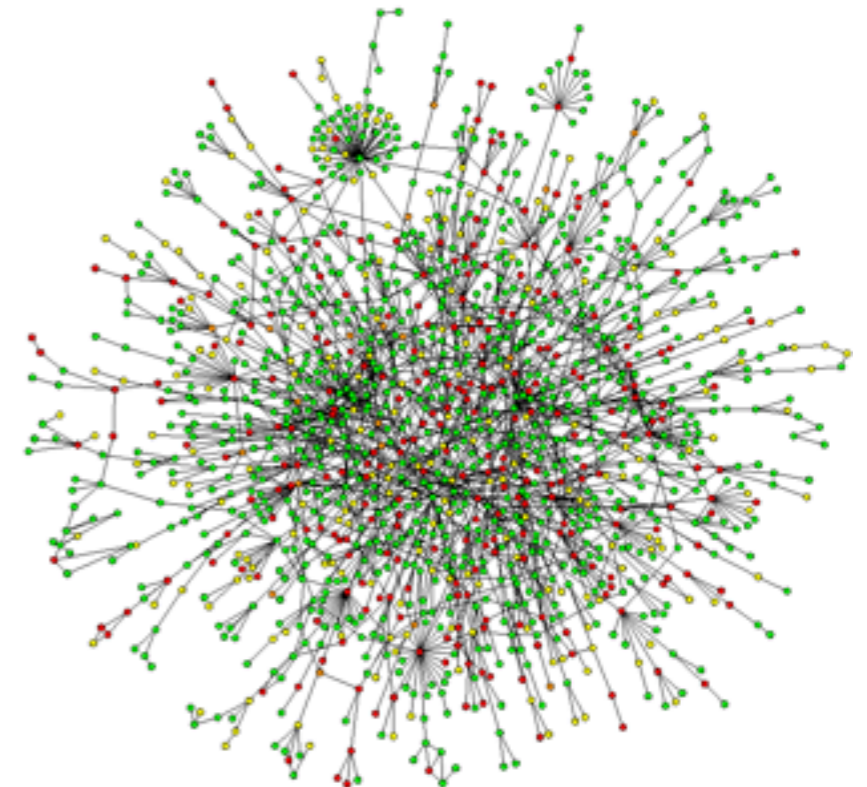
## Altri Corsi

Complementi di Fisica Teorica / B. Pasquini

Econofisica / G. Montagna

Metodi Computazionali della Fisica / F. Piccinini

Meccanica Statistica / M. Guagnelli



# Fisica Adronica e delle Interazioni Fondamentali

---



UNIVERSITÀ  
DI PAVIA



# IL MODELLO STANDARD

Cromodinamica  
Quantistica

## Quarks



## Leptons



## Force Carriers



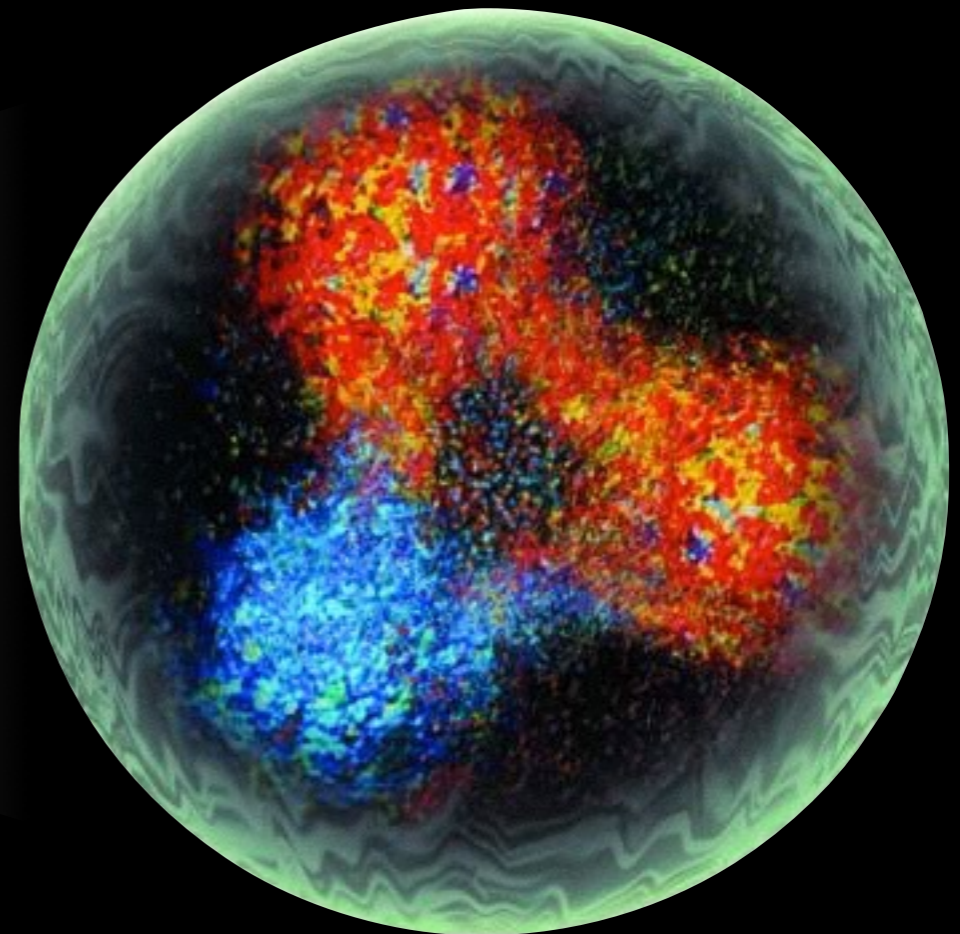
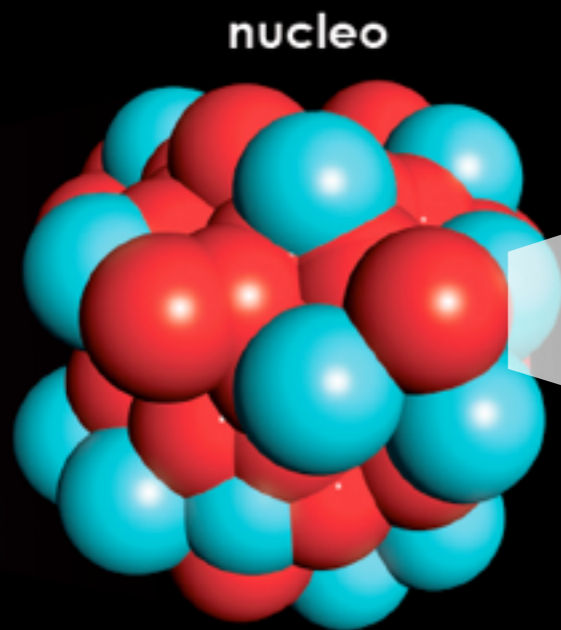
H  
Higgs boson

Teoria  
Elettrodebole

# FISICA ADRONICA

A. Bacchetta, G. Bozzi, C. Giusti, M. Guagnelli  
B. Pasquini, M. Radici et al.

**Adroni =  
quark e gluoni**

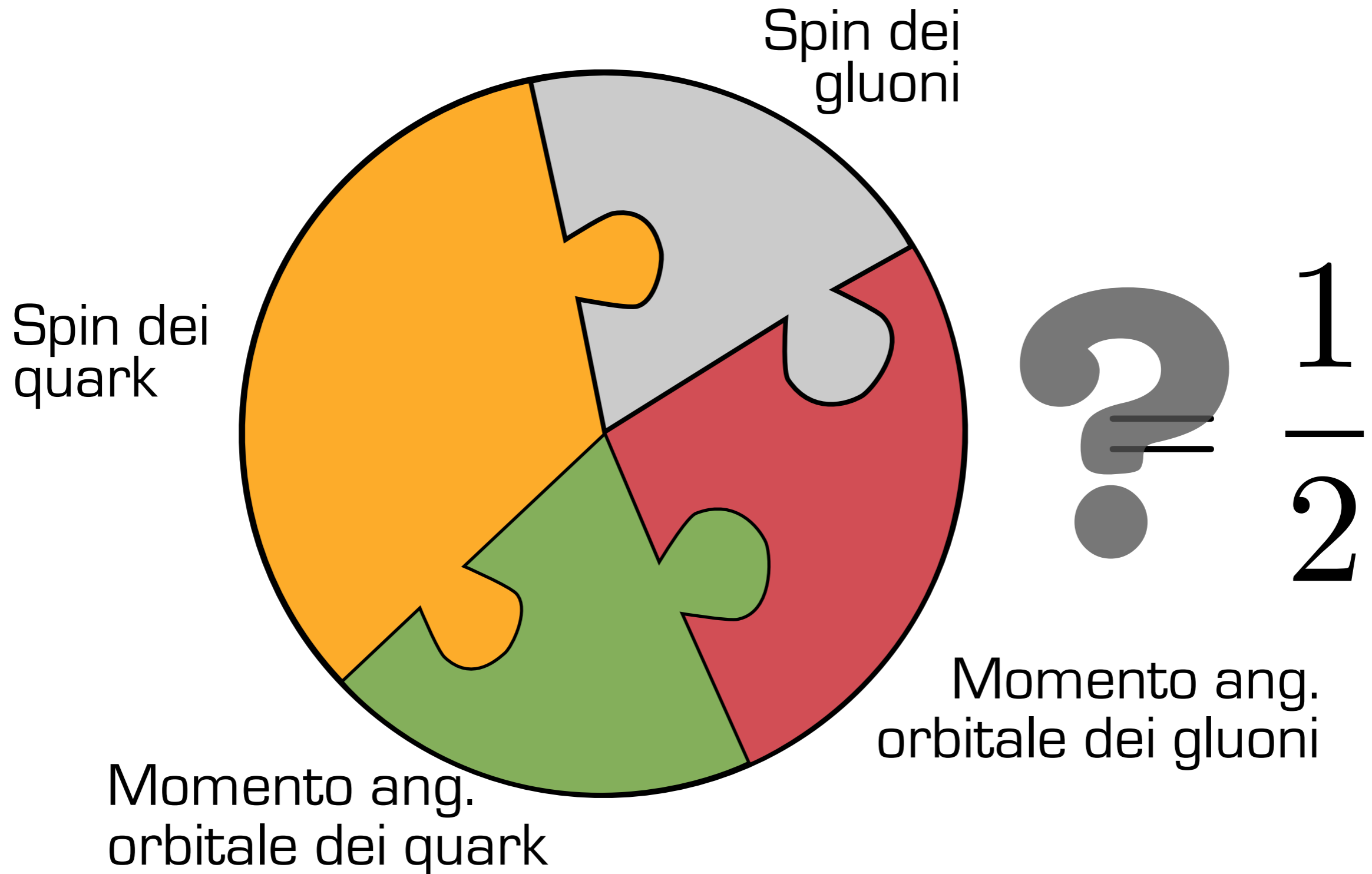


$$\mathcal{L}_{\text{QCD}} = \bar{\psi} (i\gamma_{\mu} D^{\mu} - m) \psi - \frac{1}{2} \text{tr} \{ G_{\mu\nu} G^{\mu\nu} \}$$



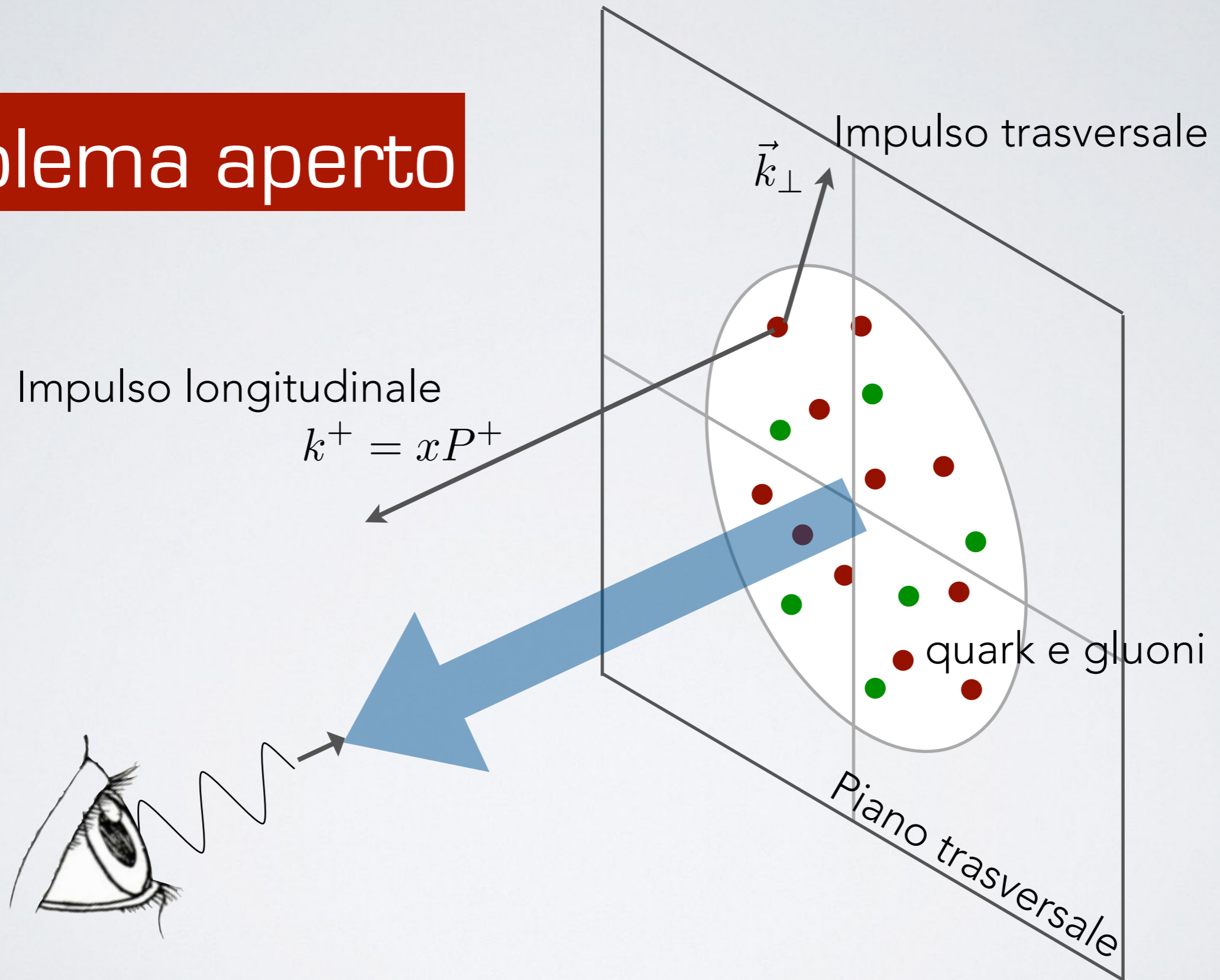
# Il puzzle dello spin del protone

---



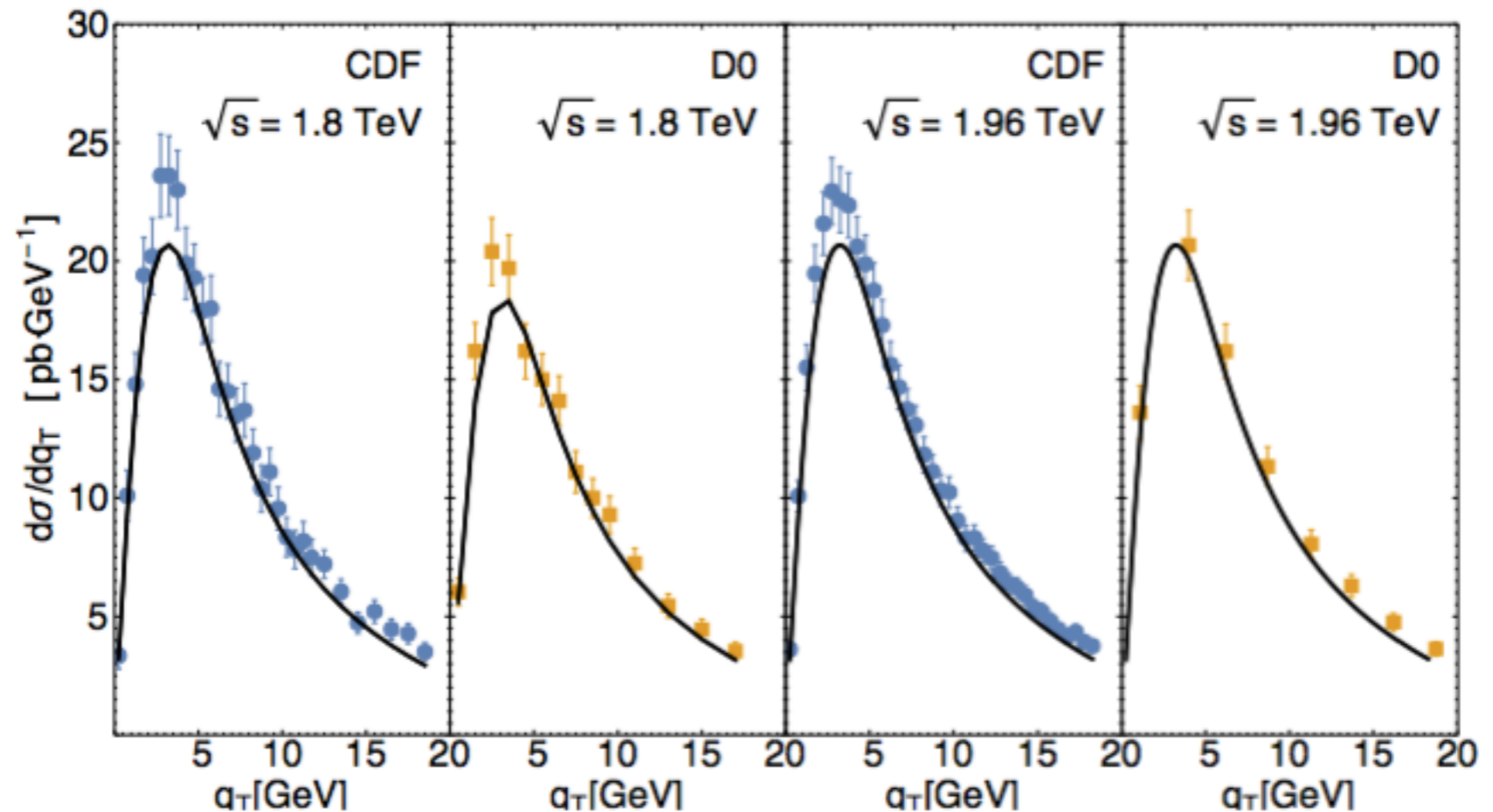
# MAPPA DEL NUCLEONE IN 3D

Problema aperto



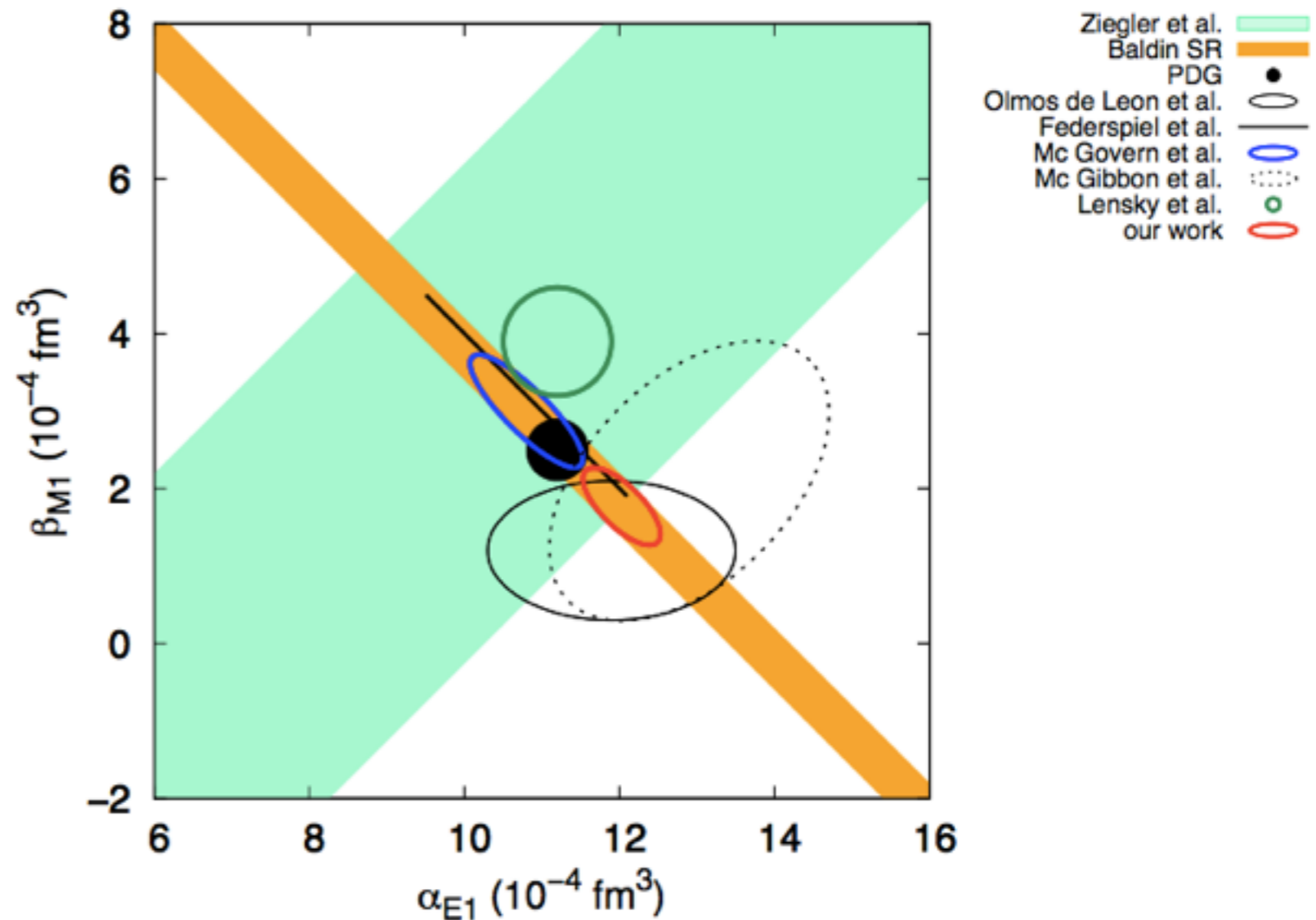
# Extraction of partonic transverse momentum distributions from semi-inclusive deep-inelastic scattering, Drell-Yan and Z-boson production

Alessandro Bacchetta,<sup>a,b</sup> Filippo Delcarro,<sup>a,b</sup> Cristian Pisano,<sup>a,b</sup> Marco Radici<sup>b</sup>  
and Andrea Signori<sup>c</sup>



# Dispersion Theory in Electromagnetic Interactions

Barbara Pasquini<sup>1,2</sup> and Marc Vanderhaeghen<sup>3</sup>



B. Pasquini, P. Pedroni and S. Sconfiatti  
[arXiv:1903:07952 \[hep-ph\]](https://arxiv.org/abs/1903.07952)

# FISICA DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI

C.M. Carloni Calame, G. Montagna,  
O. Nicrosini, F. Piccinini et al.

$$\begin{aligned}\mathcal{L} = & -\frac{1}{4} F_{\mu\nu} F^{\mu\nu} \\ & + i \bar{\Psi} \not{D} \Psi + h.c. \\ & + \bar{\Psi}_i y_{ij} \Psi_j \phi + h.c. \\ & + |D_\mu \phi|^2 - V(\phi)\end{aligned}$$

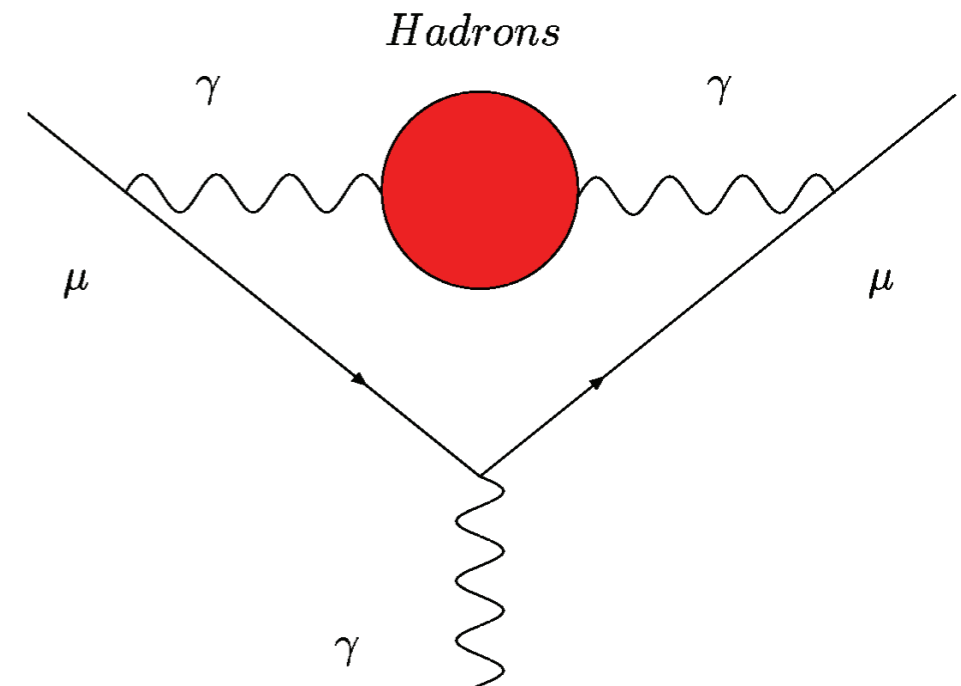
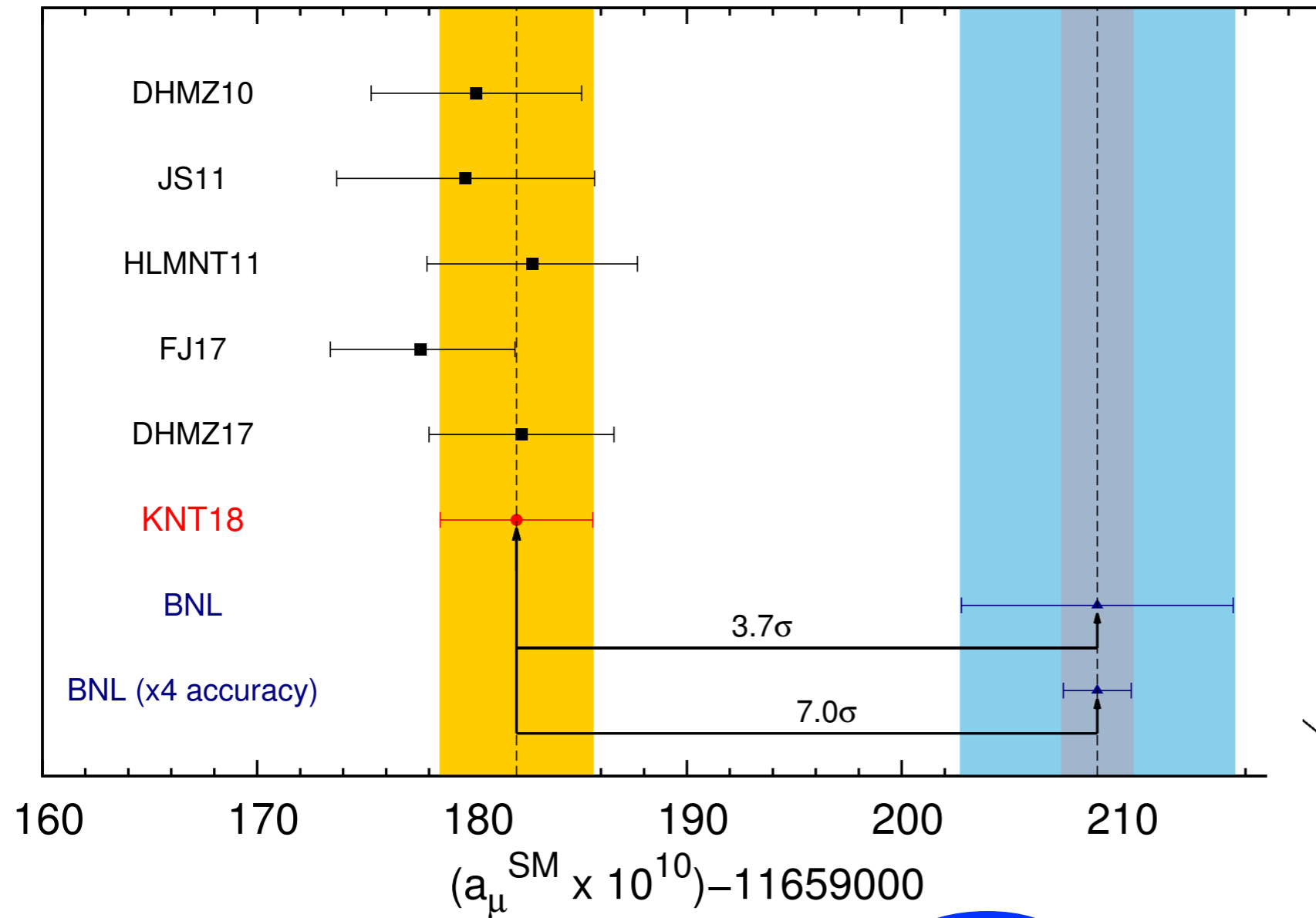
Neutrinos

Dark Matter

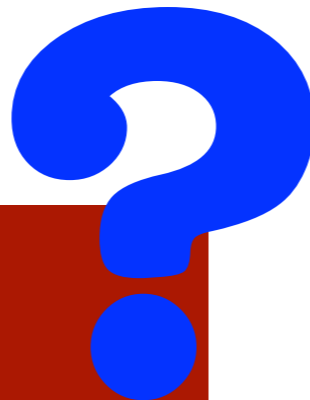
Supersymmetry?

Composite Higgs?

# Il puzzle dell'anomalia del muone




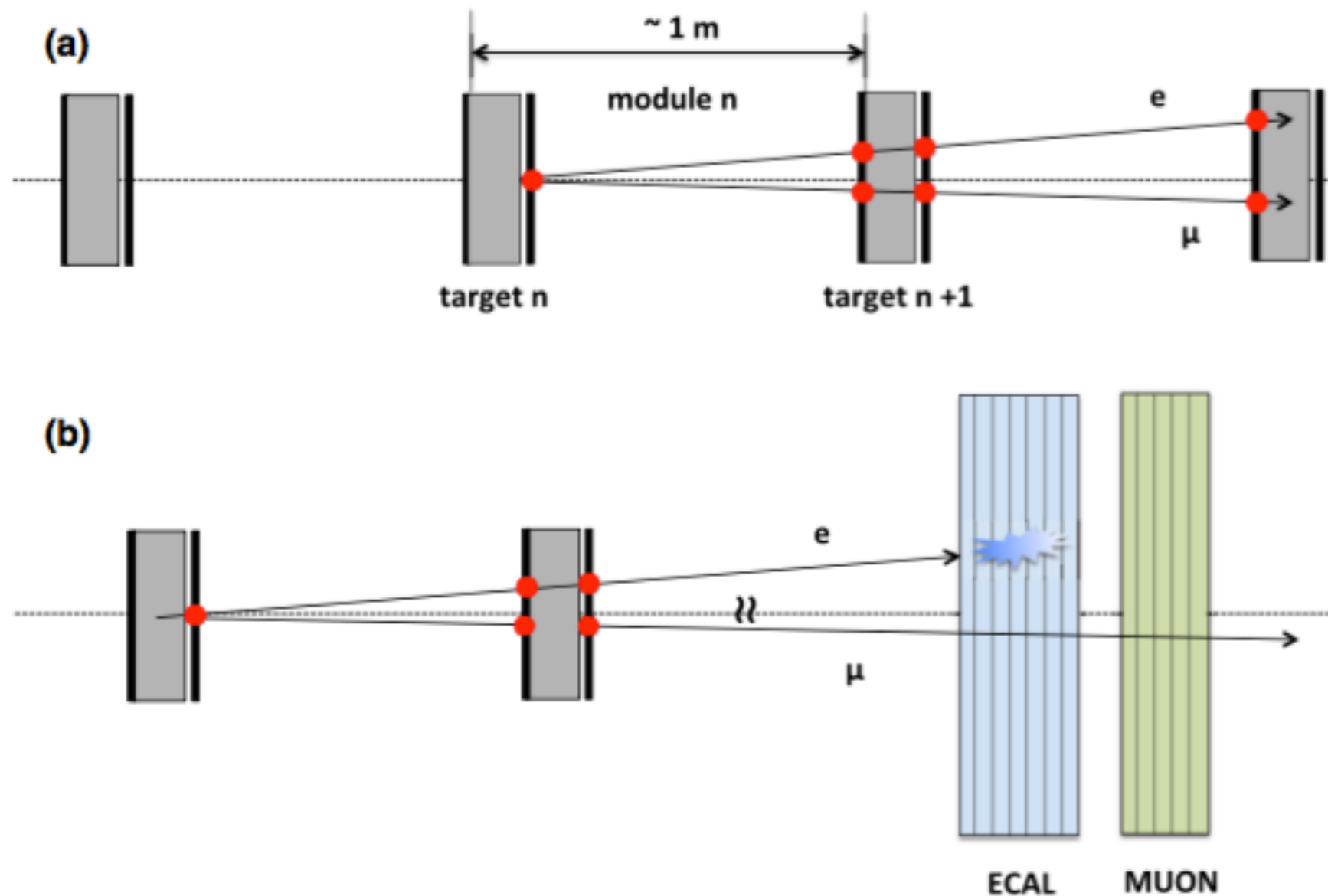
Nuova Fisica





## Measuring the leading hadronic contribution to the muon $g-2$ via $\mu e$ scattering

G. Abbiendi<sup>1,a</sup>, C. M. Carloni Calame<sup>2,b</sup>, U. Marconi<sup>3,c</sup> , C. Matteuzzi<sup>4,d</sup>, G. Montagna<sup>2,5,e</sup>, O. Nicosini<sup>2,f</sup>,  
M. Passera<sup>6,g</sup>, F. Piccinini<sup>2,h</sup>, R. Tenchini<sup>7,i</sup>, L. Trentadue<sup>8,4,j</sup>, G. Venanzoni<sup>9,k</sup>



RECEIVED: November 26, 2018

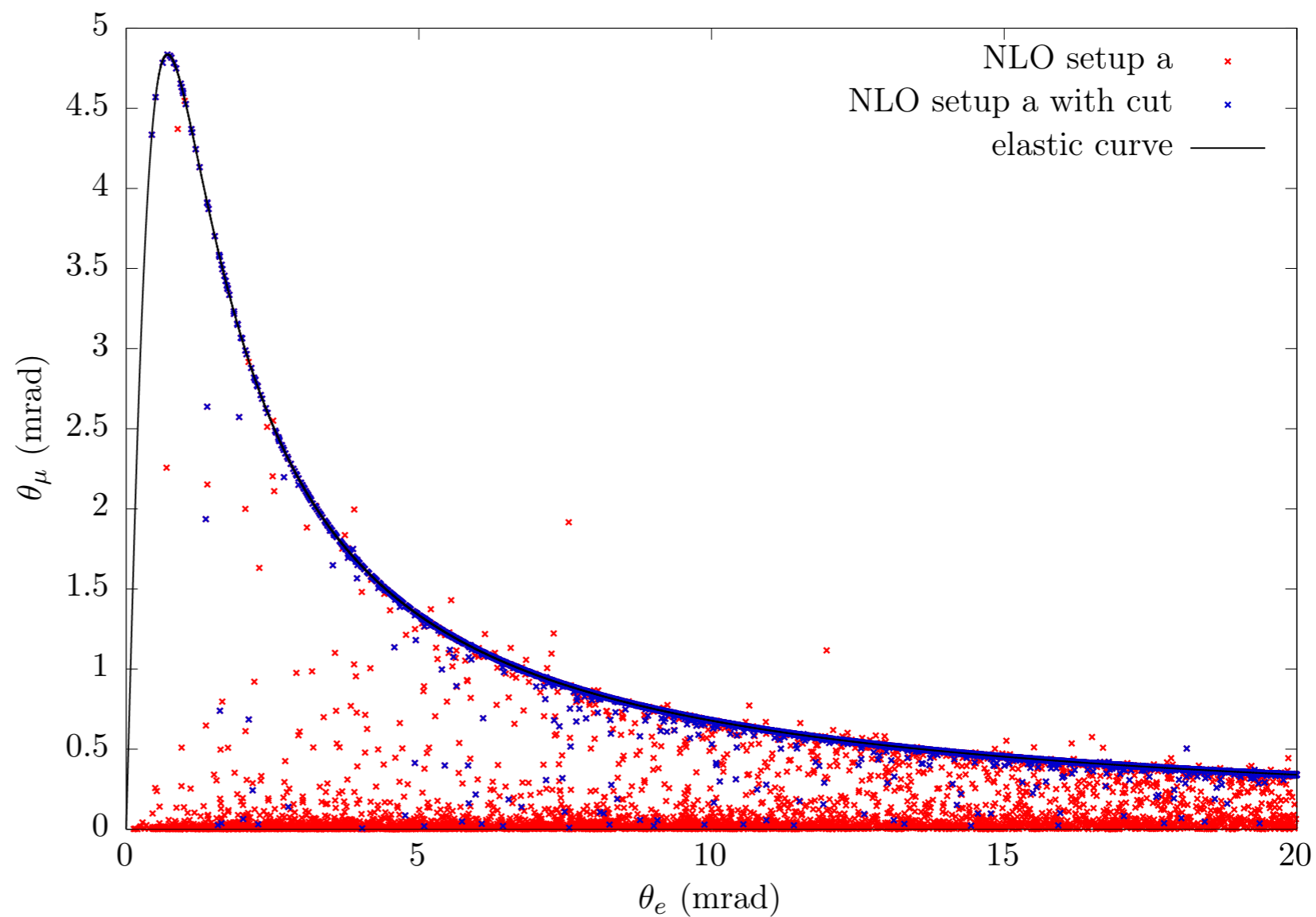
REVISED: January 22, 2019

ACCEPTED: January 24, 2019

PUBLISHED: February 25, 2019

# Muon-electron scattering at NLO

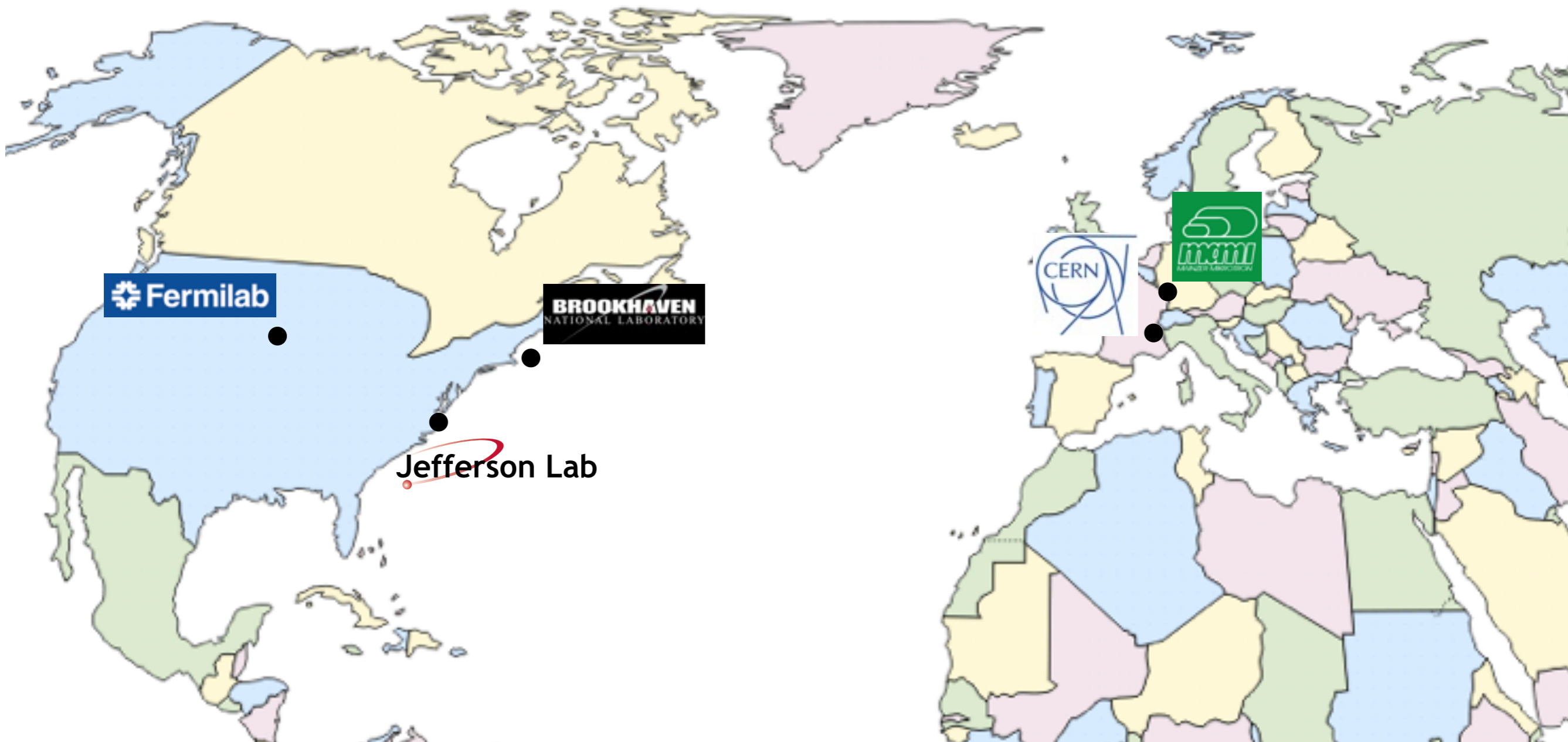
Massimo Alacevich,<sup>a,b</sup> Carlo M. Carloni Calame,<sup>b</sup> Mauro Chiesa,<sup>c</sup> Guido Montagna,<sup>a,b</sup>  
 Oreste Nicosini<sup>b</sup> and Fulvio Piccinini<sup>b</sup>





# Collaborazioni internazionali

---





# Fisica Matematica

Presentazione Laurea Magistrale 2019

9 Aprile 2019

Claudio Dappiaggi

# Il gruppo di ricerca

- Mauro Carfora (PO)
- Annalisa Marzuoli (PA)
- Claudio Dappiaggi (RU)

## *Dottorandi*

- Lissa Campos (1° anno)
- Alessio Marta (1° anno – UniMi)
- Paolo Rinaldi (1° anno)
- Barbara Giunti (2° anno – matematica)

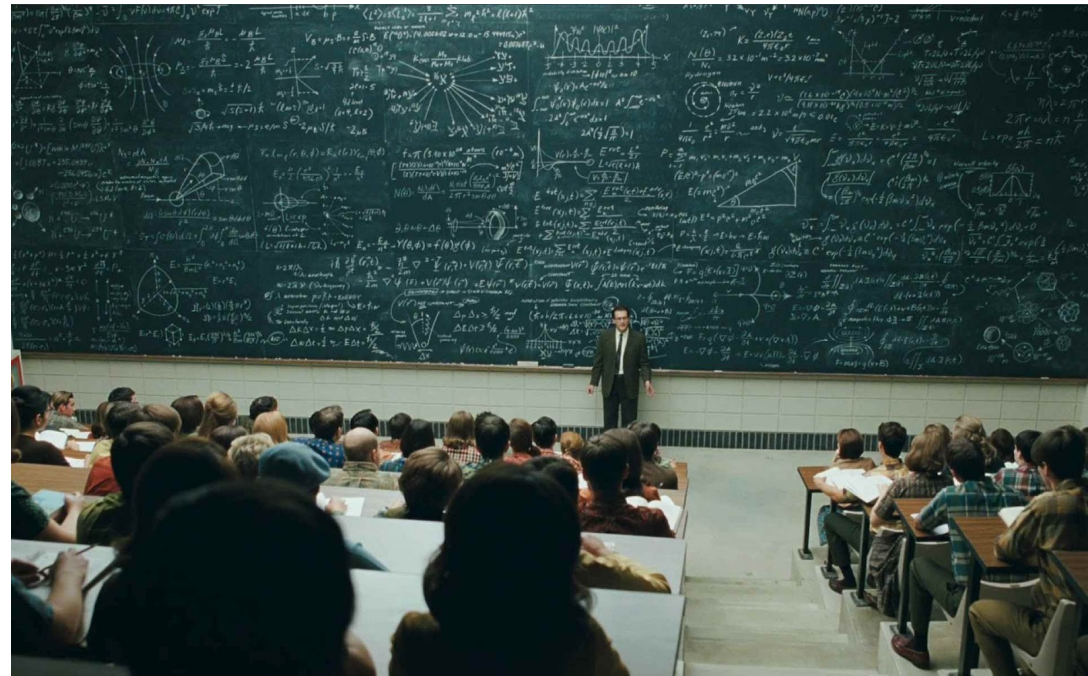


# Attività didattiche

- Relatività Generale
- Sistemi dinamici
- Elettrodinamica e Relatività
- Gruppi e Simmetrie Fisiche

Fortemente consigliati

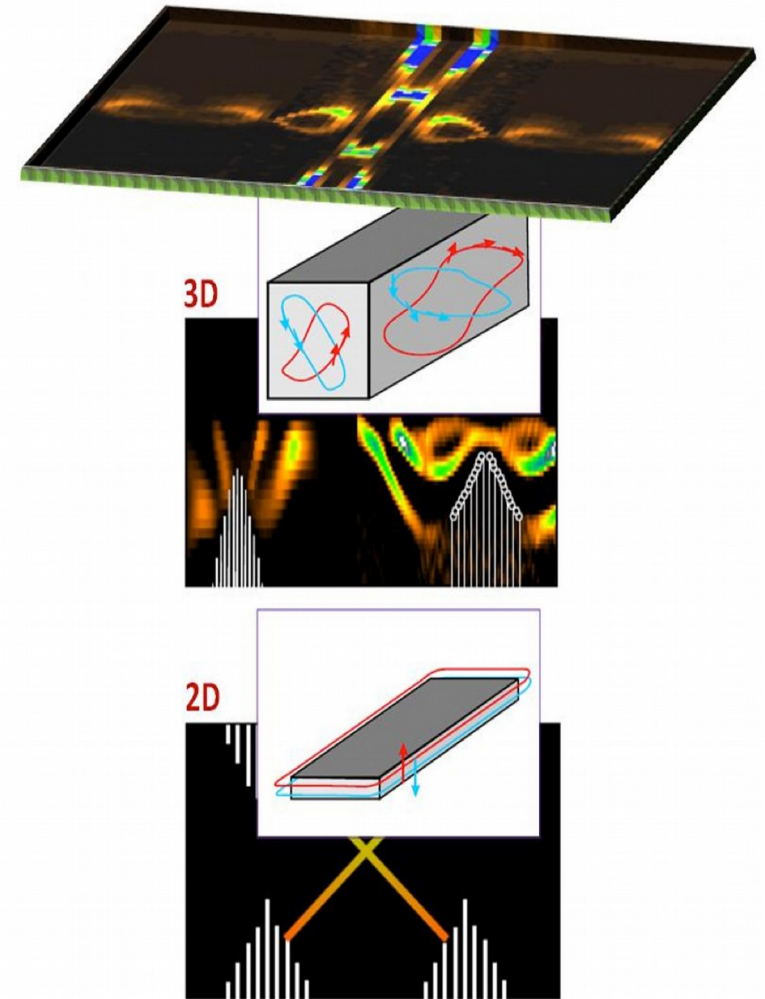
- Metodi matematici della fisica teorica
- Complementi di fisica teorica
- Il filotto di teoria quantistica dei campi...
- Analisi funzionale
- Meccanica statistica



# La teoria di Einstein in 2+1 dim.

- Equivale ad una teoria di gauge ( $G=SO(2,1)$ )
- Ha osservabili di natura topologica
- E' quantizzabile con il metodo del path-integral (misura a parte)
- E' utile nel descrivere il comportamento microscopico di nuovi materiali: *gli isolanti topologici*

$$S = \frac{k}{4\pi} \int \varepsilon^{\lambda\mu\nu} \text{Tr} \left( A_\lambda \partial_\mu A_\nu + \frac{2}{3} A_\lambda A_\mu A_\nu \right)$$



# Cosa si osserva in quei materiali.

Osservabili di tipo topologico sono legate

- ai **nodi** (in spazi ambiente 3d)
- alle **trecce** (traettorie intrecciate di particelle in 2+1 dimensioni)



# QFT su spaziotempi curvi

Relatività generale + QFT

## 1) Cosmologia

- Perché l'universo è omogeneo?
- Modelli di inflazione
- Equazioni semiclassiche

## 2) Fisica dei Buchi neri

- Radiazione di Hawking
- Superradianza



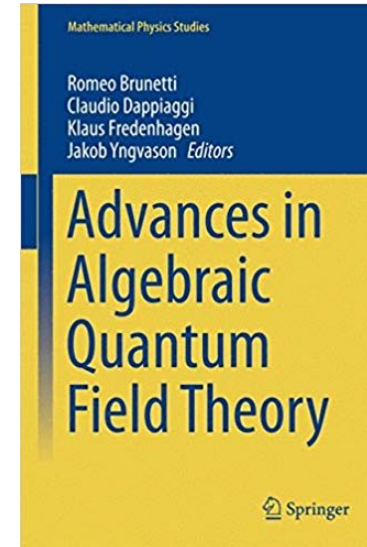
# Teoria Algebrica dei Campi (AQFT)

## Formulazione matematica

- Cosa si può osservare di un sistema?
- Quali sono gli spazi di Hilbert ammissibili?
- Come si formula la rinormalizzazione?

## A cosa serve?

- Studiare le osservabili e le loro proprietà
- Determinare le libertà di rinormalizzazione di un modello
- Capire le libertà nel descrivere lo stato di un sistema



## Strumenti utili

- Teoria dei campi in tutte le salse
- Relatività generale
- Teoria delle algebre di operatori
- Teoria delle categorie
- Analisi funzionale

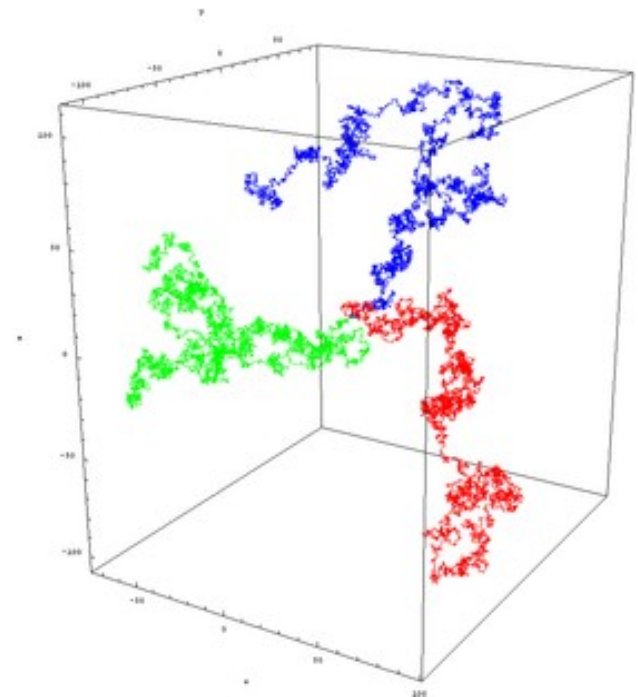


# Teoria Euclidea dei campi

(meccanica statistica ensemble gran canonico)

Il formalismo algebrico è molto utile

- Se considero modelli in cui il tempo è congelato
  - Il path-integral è ben definito
  - Non c'è nozione di causalità
  - Ho una descrizione meccanico-statistica
- I punti che possiamo/vogliamo trattare:
  - Il flusso di Ricci (non linear sigma model)
  - Gli esponenti critici (Landau-Ginzburg)
  - I modelli diffusivi e l'equazione di Langevin  
(Parisi-Wu vs o con Teoria Algebrica)



# End Game

Insieme a chi?

- Genova, Milano, Roma & Trento
- Freiburg, Hamburg, Regensburg
- Nottingham e UCL
- Città del Messico
- Lione e Parigi Sud

E poi abbiamo amici

- Austria, Brasile, Danimarca, Irlanda, Cardiff Chicago, Gottinga, Grenoble, Lipsia, Monaco, Potsdam, Torino....

