

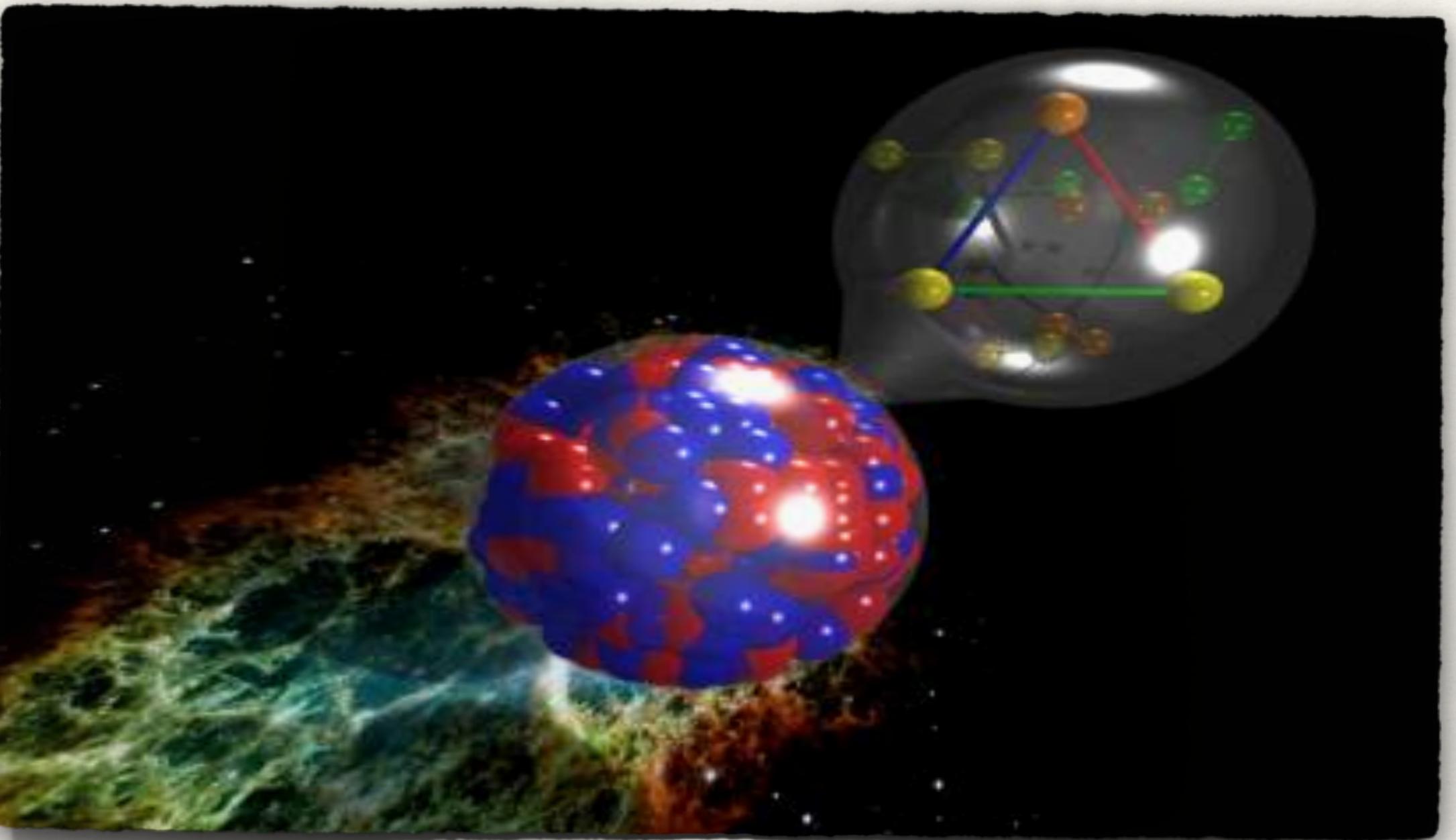
Dr. Matteo Rinaldi

La Fisica Adronica e Nucleare a Perugia

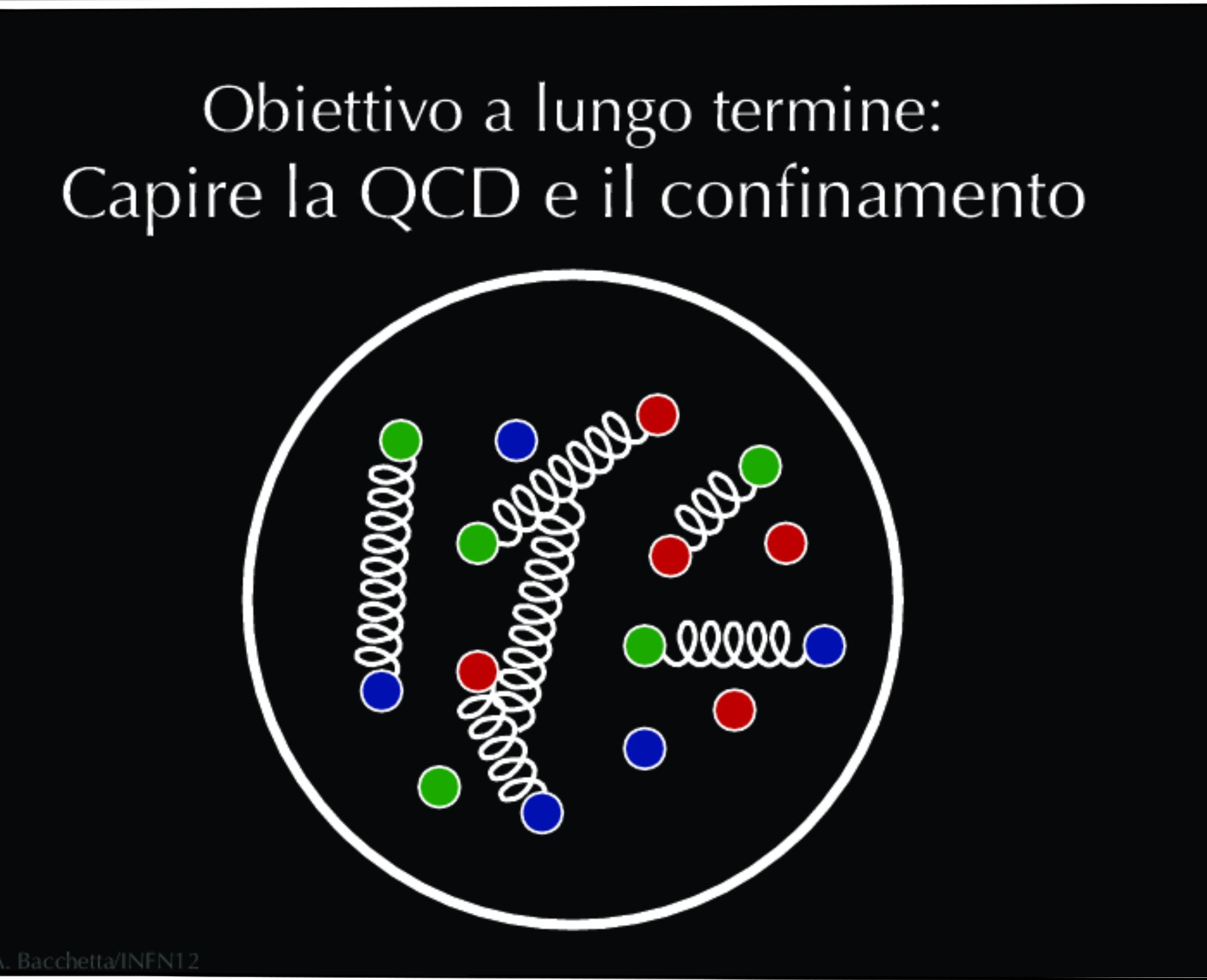


Indice

- Cosa studiamo a Perugia
- Cosa vuol dire una tesi in Fisica Adronica e Nucleare (a Perugia)
- Alcuni possibili argomenti di tesi



Protoni e Neutroni in 3D



- * Massa di protoni & neutroni
QCD -> 98% della massa dei nucleoni
Higgs mechanism -> piccolo contributo
- * SPIN (da dove viene lo spin del protone?)
- * Come cambia la struttura quando protoni e neutroni sono legati per formare i nuclei?

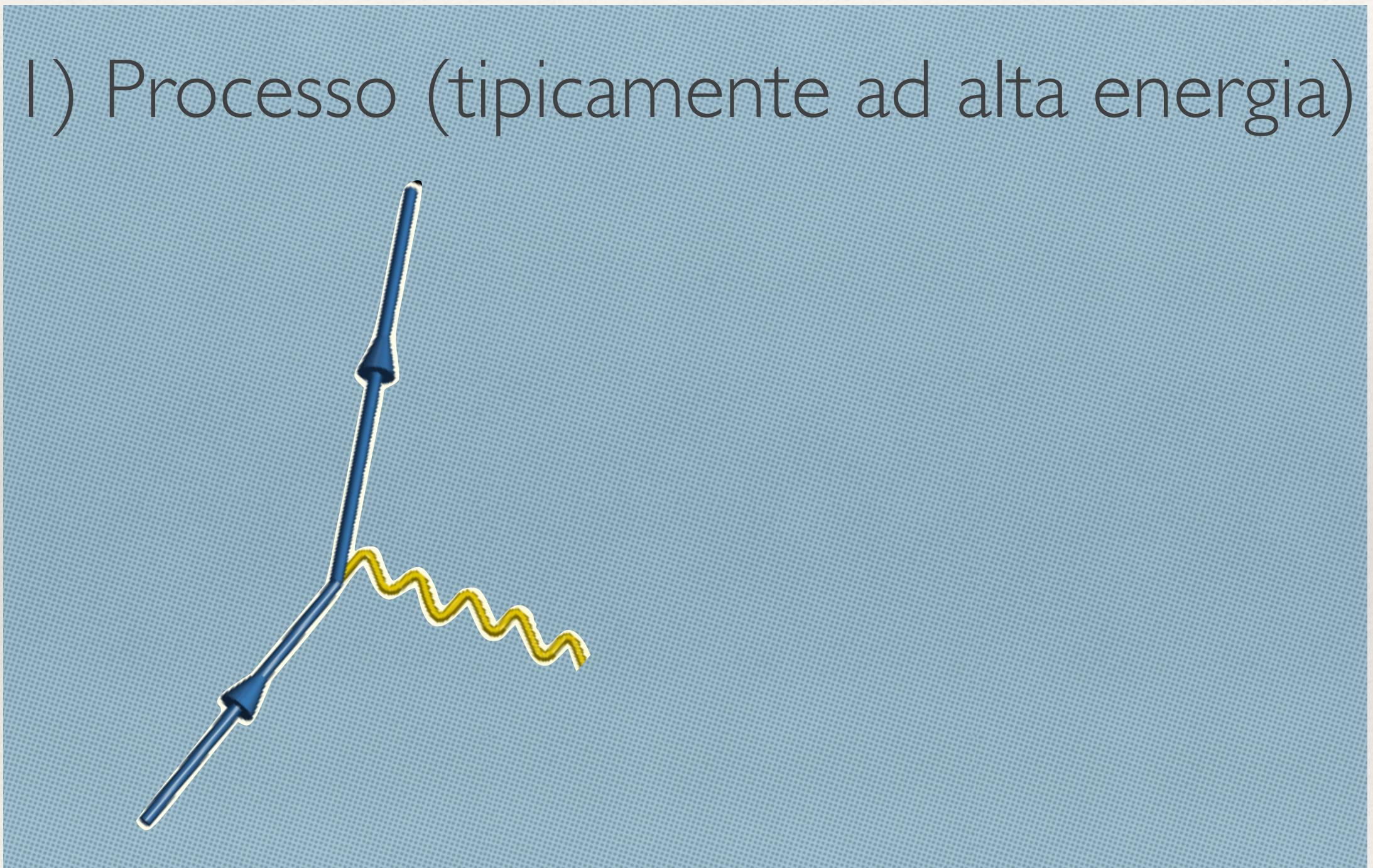
Protoni e Neutroni in 3D

Cromo-dinamica quantistica (QCD) è (ad oggi) la teoria che meglio descrive l'interazione forte (70') **Ma** i problemi sopra elencati non possono essere descritti dalla teoria stessa a causa dell'elevata “non-linearità” della stessa!



Protoni e Neutroni in 3D

L'approccio attuale a questi problemi:



Protoni e Neutroni in 3D

L'approccio attuale a questi problemi:



Protoni e Neutroni in 3D

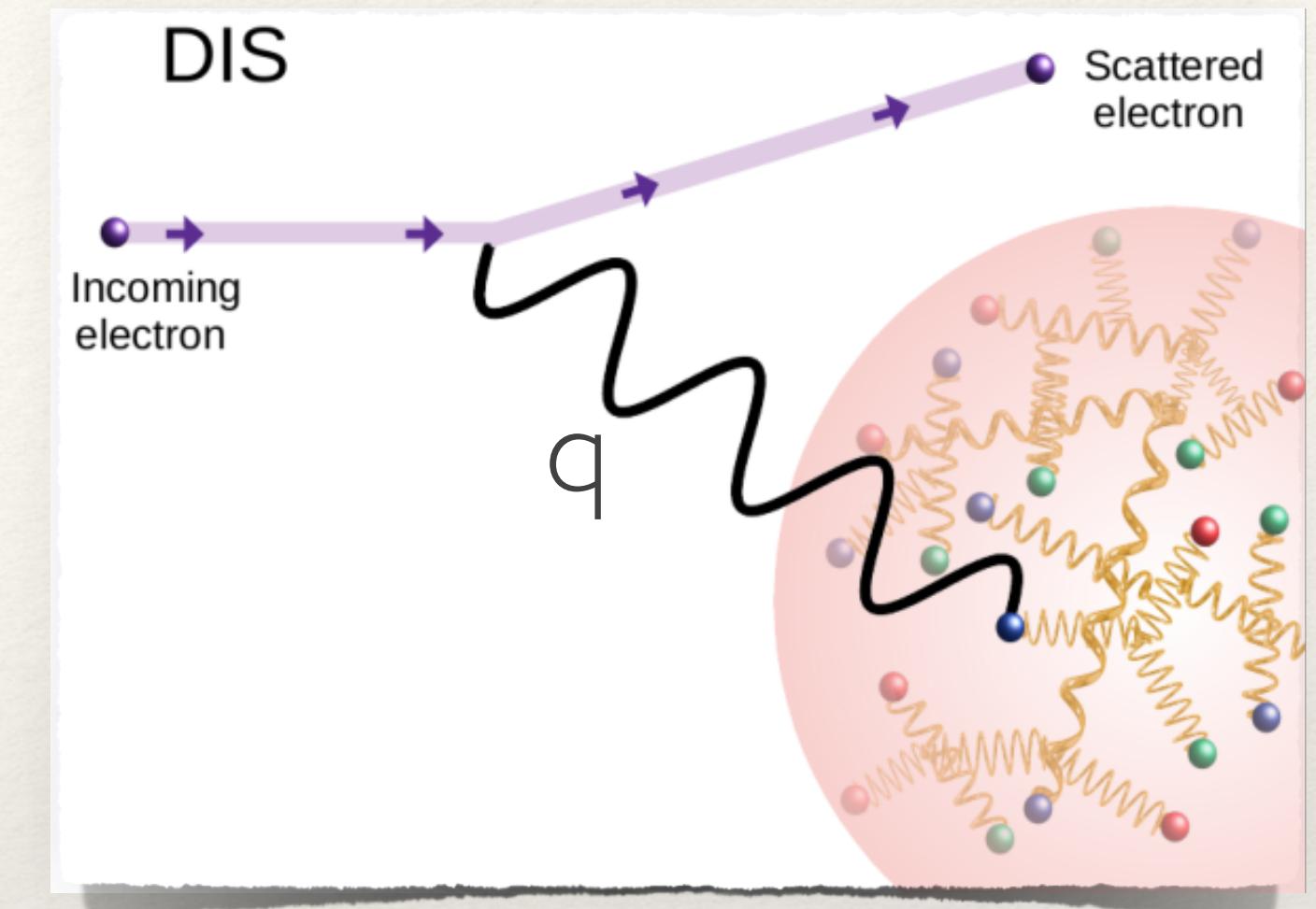
L'approccio attuale a questi problemi:



Vediamo alcuni esempi

Protoni e Neutroni in 3D: quark e gluoni

Consideriamo la **diffusione profondamente anelastica** (DIS) se il bersaglio (nucleone o nucleo) ha spin 1/2 , nel sistema del laboratorio (LAB) allora il momento trasferito:
 $q=(v,0,0,-q)$ per grandi q :



Protoni e Neutroni in 3D: quark e gluoni

Consideriamo la **diffusione profondamente anelastica** (DIS) se il bersaglio (nucleone o nucleo) ha spin 1/2, nel sistema del laboratorio (LAB) allora il momento trasferito:
 $q = (v, 0, 0, -q)$ per grandi q :

$$\frac{d^2\sigma}{d\Omega dE'} \propto F_2(x) \simeq \sum_q e_q^2 x f_q(x)$$

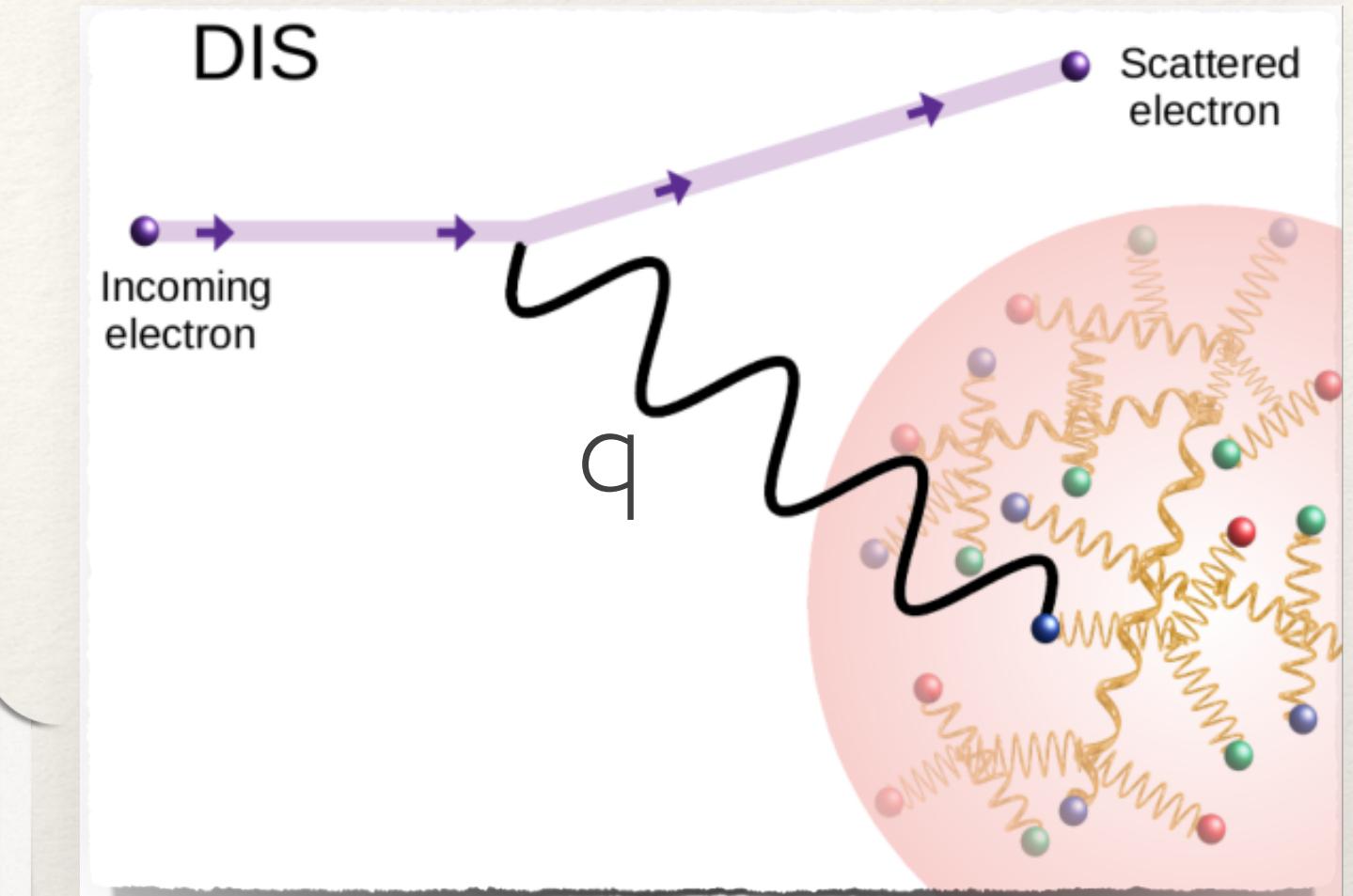
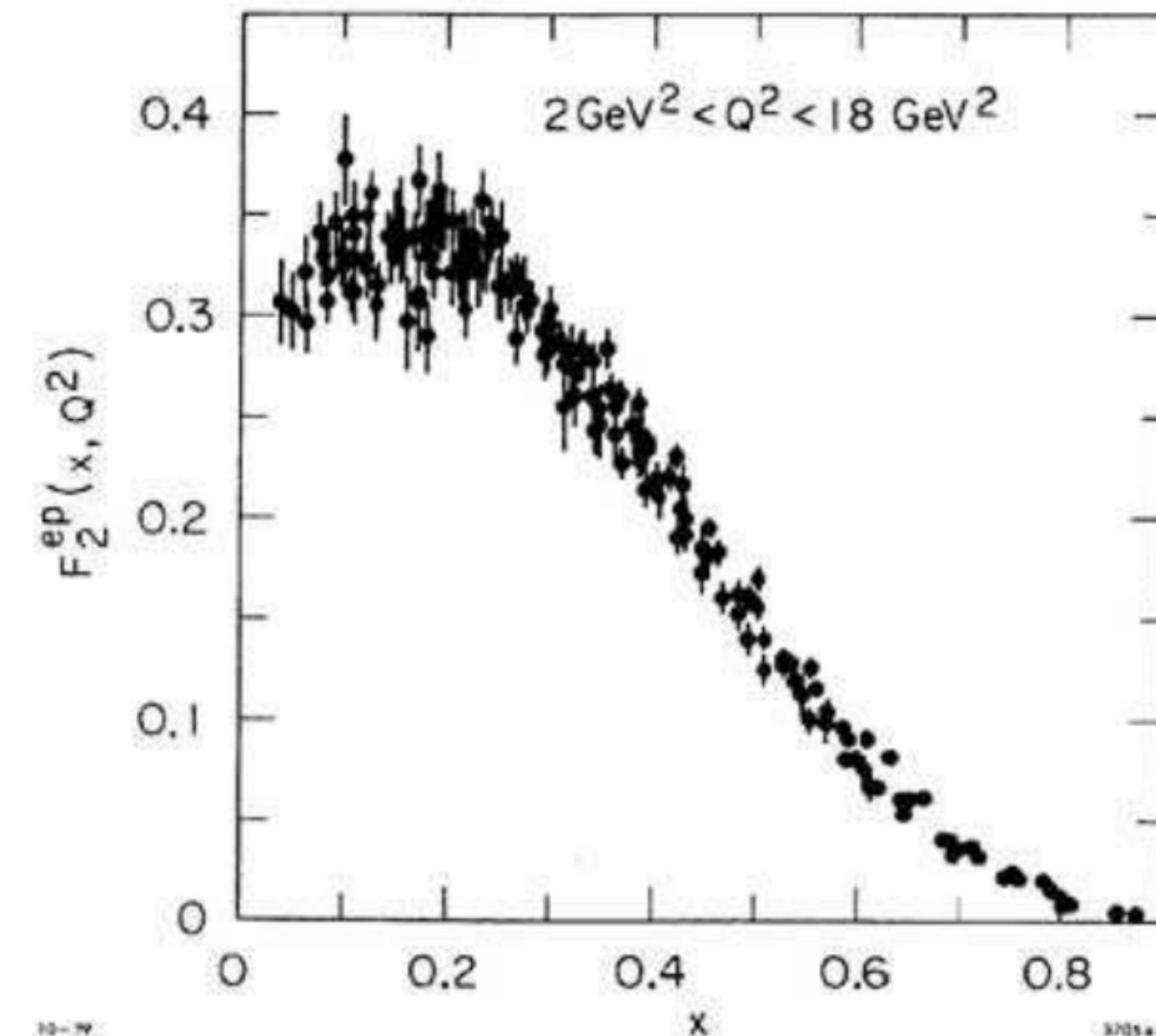
$F_2(x)$ = funzione di struttura

$f_q(x)$ = distribuzione partonica (PDF)

$x = \frac{Q^2}{2P_A \cdot q}$ è uno scalare:

● $x = \frac{Q^2}{2M_A \nu}$ (LAB);

● x = frazione di momento del bersaglio portata dal quark. nell' *Infinite Momentum Frame* (IMF) ($p_z \rightarrow \infty$)



In generale, F_2 dipende da Q^2 . Nel limite di Bjorken, F_2 scala in x : diffusione incoerente su costituenti puntiformi, i partoni (Al LO in QCD, solo i quark contribuiscono ad F_2).

Protoni e Neutroni in 3D: quark e gluoni

Consideriamo la **diffusione profondamente anelastica** (DIS) se il bersaglio (nucleone o nucleo) ha spin 1/2, nel sistema del laboratorio (LAB) allora il momento trasferito:
 $q = (v, 0, 0, -q)$ per grandi q .

$$\frac{d^2\sigma}{d\Omega dE'} \propto F_2(x) \simeq \sum_q e_q^2 x f_q(x)$$

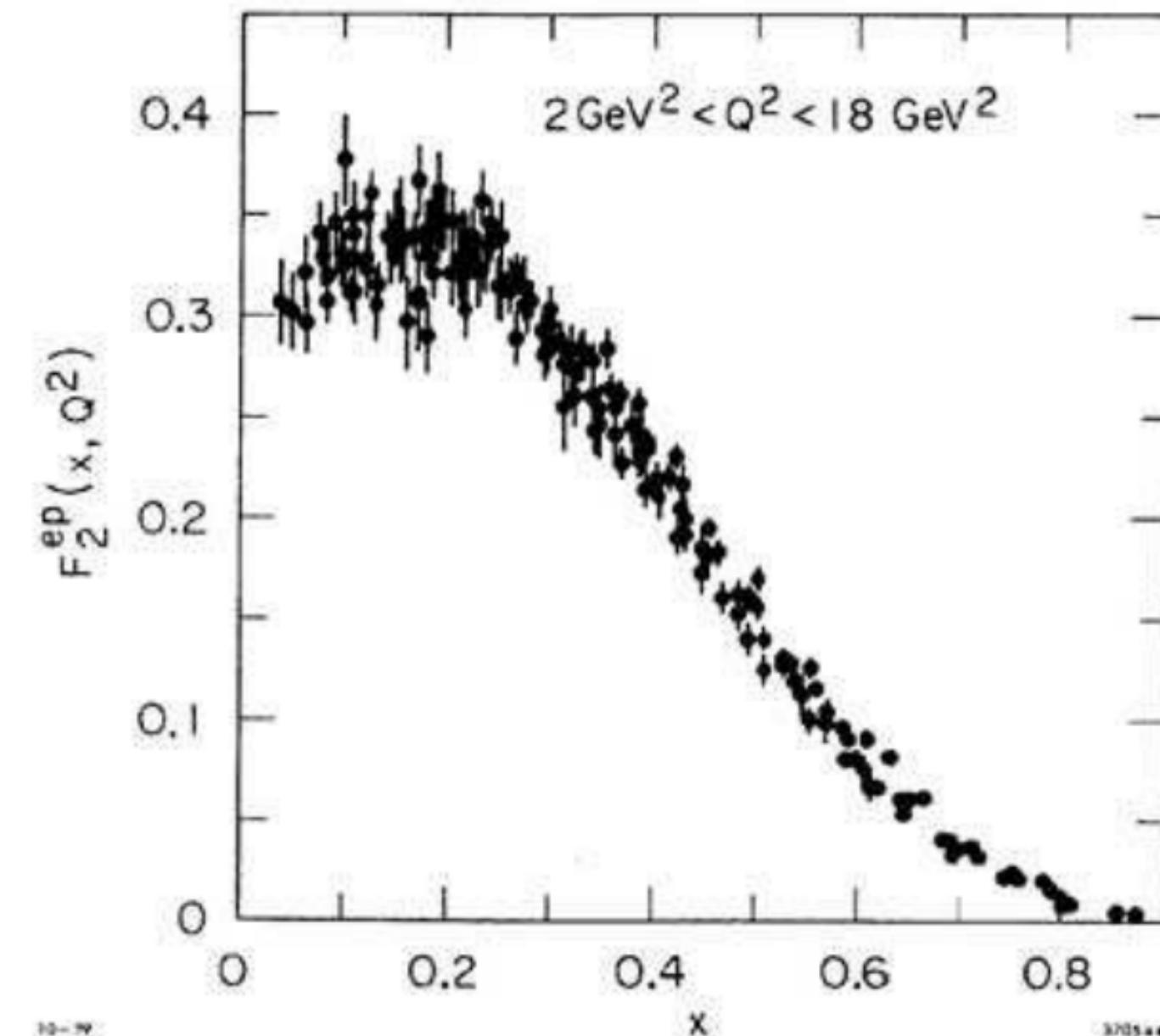
$F_2(x)$ = funzione di struttura

$f_q(x)$ = distribuzione partonica (PDF)

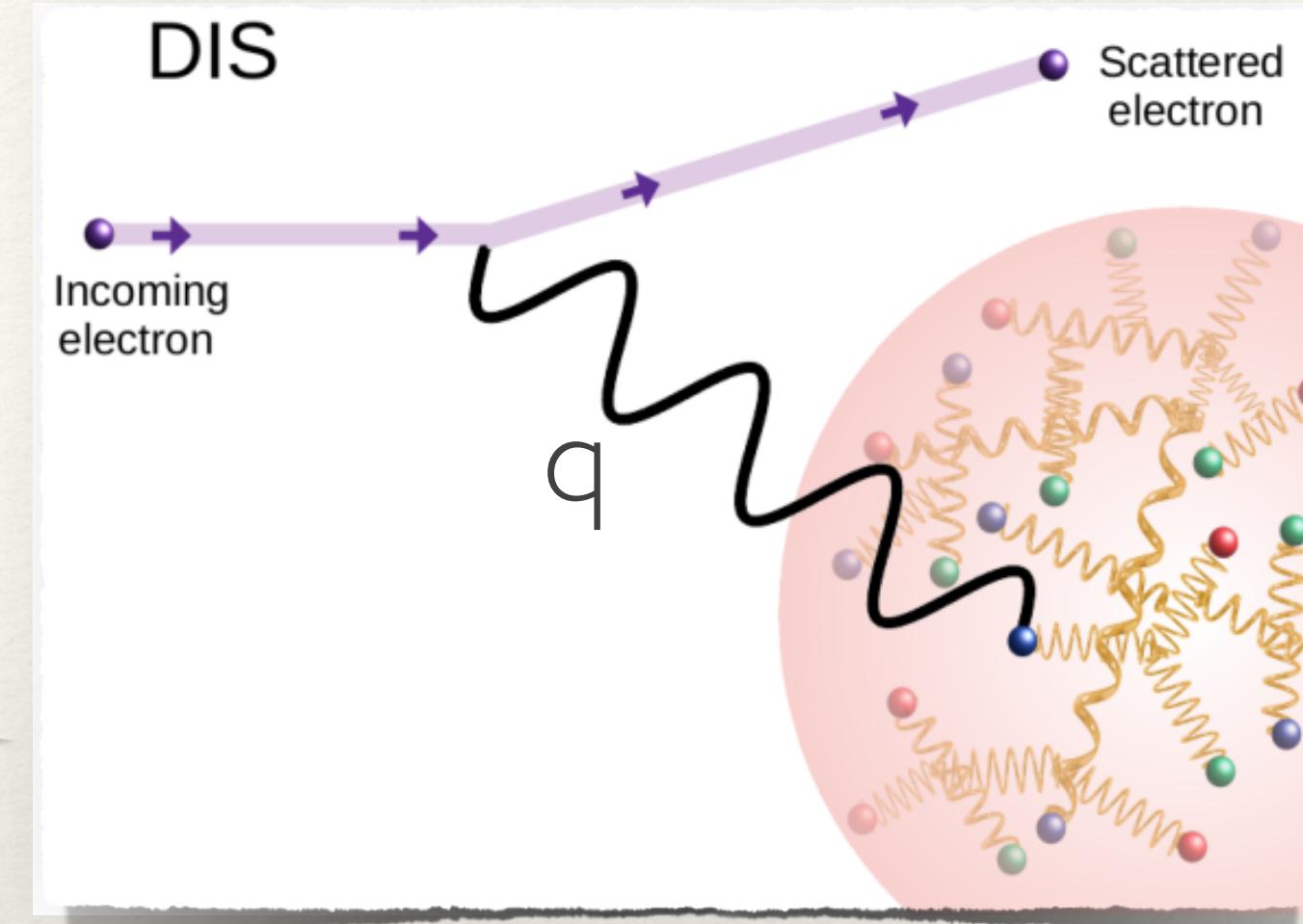
$x = \frac{Q^2}{2P_A \cdot q}$ è uno scalare:

- $x = \frac{Q^2}{2M_A \nu}$ (LAB);

- x = frazione di momento del bersaglio portata dal quark. nell' *Infinite Momentum Frame* (IMF) ($p_z \rightarrow \infty$)



In generale, F_2 dipende da Q^2 . Nel limite di Bjorken, F_2 scala in x : diffusione incoerente su costituenti puntiformi, i partoni (Al LO in QCD, solo i quark contribuiscono ad F_2).



Protoni e Neutroni in 3D: quark e gluoni

Consideriamo la **diffusione profondamente anelastica** (DIS) se il bersaglio (nucleone o nucleo) ha spin 1/2 , nel sistema del laboratorio (LAB) allora il momento trasferito:
 $q=(v,0,0,-q)$ per grandi q .

$$\frac{d^2\sigma}{d\Omega dE'} \propto F_2(x) \simeq \sum_q e_q^2 x f_q(x)$$

$F_2(x)$ = funzione di struttura

$f_q(x)$ = distribuzione partonica (PDF)

$x = \frac{Q^2}{2P_A \cdot q}$ è uno scalare:

• $x = \frac{Q^2}{2M_A \nu}$ (LAB);

• x = frazione di momento del bersaglio portata dal quark. nell' *Infinite Momentum Frame* (IMF) ($p_z \rightarrow \infty$)

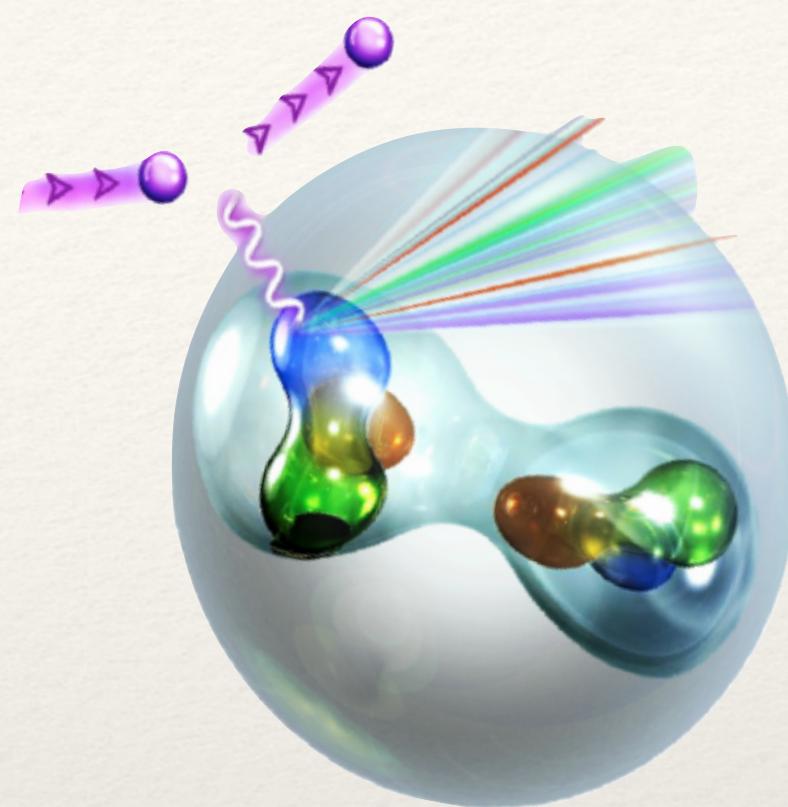


In generale, F_2 dipende da Q^2 . Nel limite di Bjorken, F_2 scala in x : diffusione incoerente su costituenti puntiformi, i partoni (Al LO in QCD, solo i quark contribuiscono ad F_2).



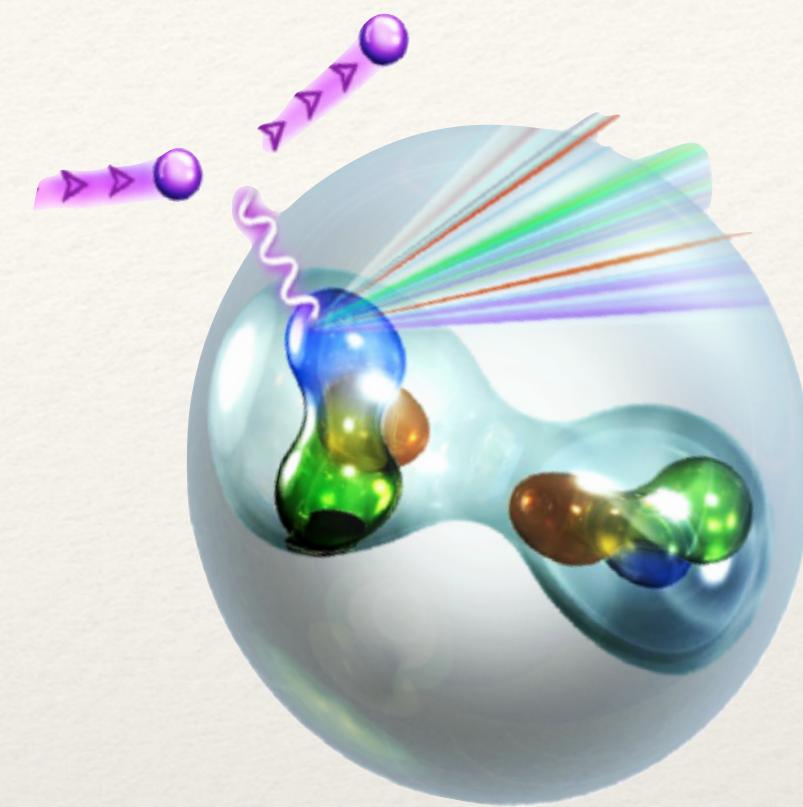
Protoni e Neutroni in 3D: quark e gluoni

Consideriamo la **diffusione profondamente anelastica** (DIS) se il bersaglio (NUCLEO), nel sistema del laboratorio (LAB) allora il momento trasferito: $q=(v,0,0,-q)$ per grandi q :



Protoni e Neutroni in 3D: quark e gluoni

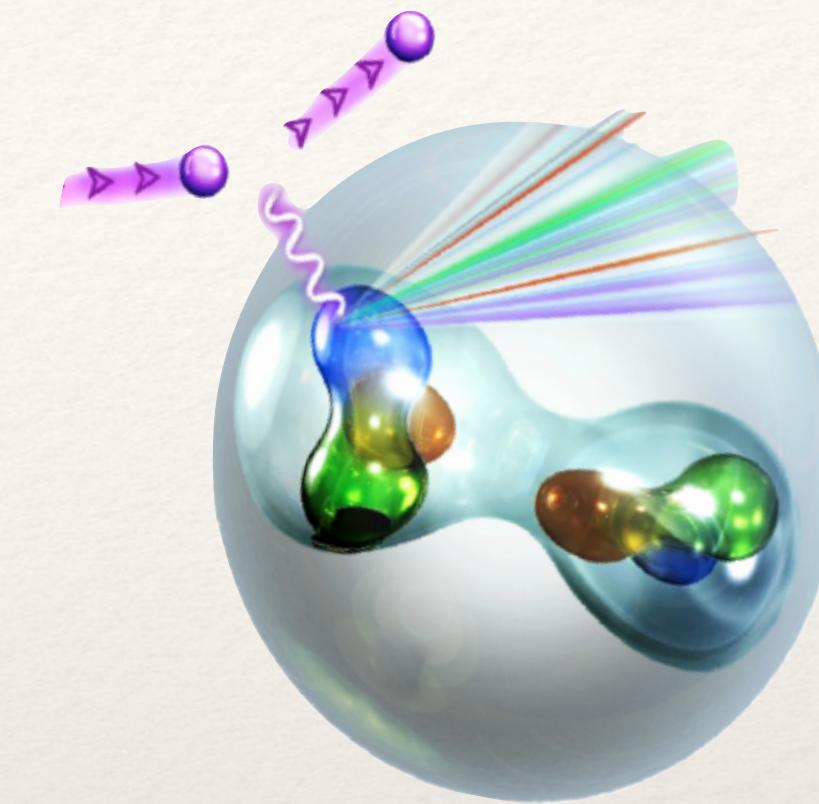
Consideriamo la **diffusione profondamente anelastica** (DIS) se il bersaglio (NUCLEO), nel sistema del laboratorio (LAB) allora il momento trasferito: $q=(v,0,0,-q)$ per grandi q :



(EMC coll., CERN 1983) e studiamo il rapporto tra le sezioni d'urto per un nucleone legato in un nucleo e per il deuterio libero. **A grandi energie (più grandi di energia media di legame) ci si aspetta che il rapporto sia 1**

Protoni e Neutroni in 3D: quark e gluoni

Consideriamo la **diffusione profondamente anelastica** (DIS) se il bersaglio (NUCLEO), nel sistema del laboratorio (LAB) allora il momento trasferito: $q=(v,0,0,-q)$ per grandi q :



(EMC coll., CERN 1983) e studiamo il rapporto tra le sezioni d'urto per un nucleone legato in un nucleo e per il deuterio libero. **A grandi energie (più grandi di energia media di legame) ci si aspetta che il rapporto sia 1**

Se così fosse la struttura del nucleone legato, nei vari nuclei, non cambia!

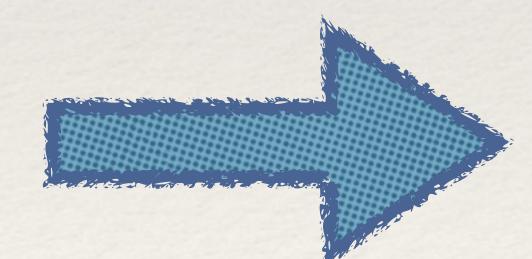
Protoni e Neutroni in 3D: quark e gluoni

Consideriamo la **diffusione profondamente anelastica** (DIS) se il bersaglio (NUCLEO), nel sistema del laboratorio (LAB) allora il momento trasferito: $q=(v,0,0,-q)$ per grandi q :

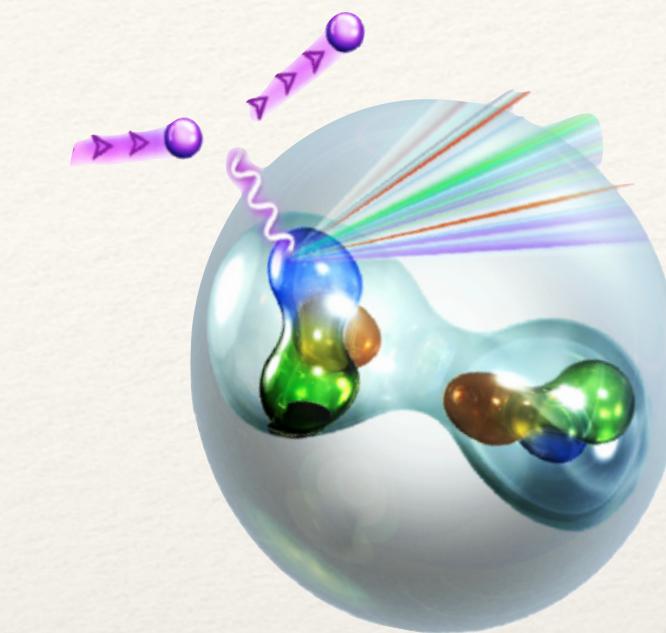
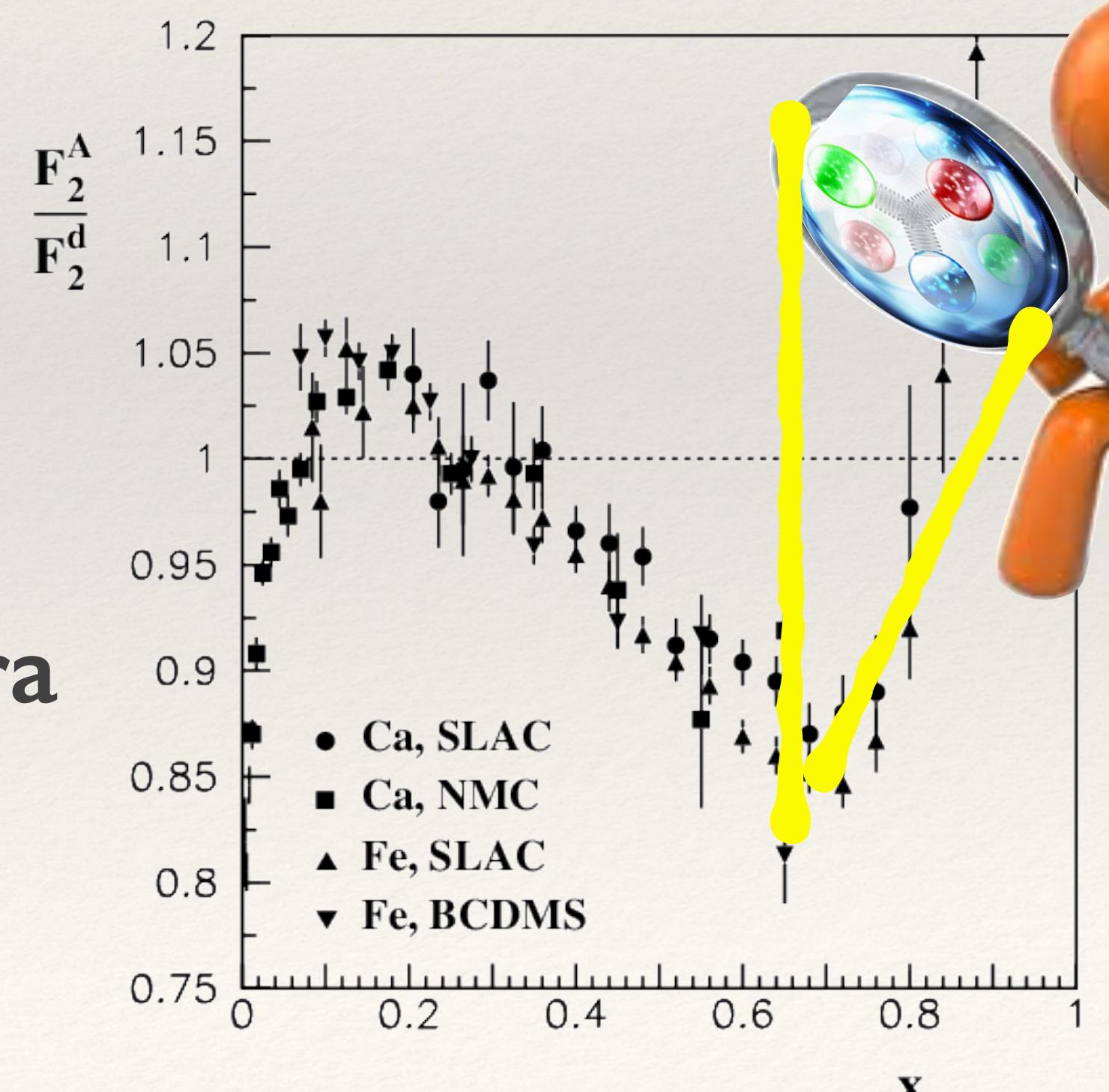
(EMC coll., CERN 1983) e studiamo il rapporto tra le sezioni d'urto per un nucleone legato in un nucleo e per il deuterio libero. **A grandi energie (più grandi di energia media di legame) ci si aspetta che il rapporto sia 1**

Se così fosse la struttura del nucleone legato, nei vari nuclei, non cambia!

Il rapporto non fa 1!



**Modifica della struttura
dei nucleoni legati**



Protoni e Neutroni in 3D: quark e gluoni

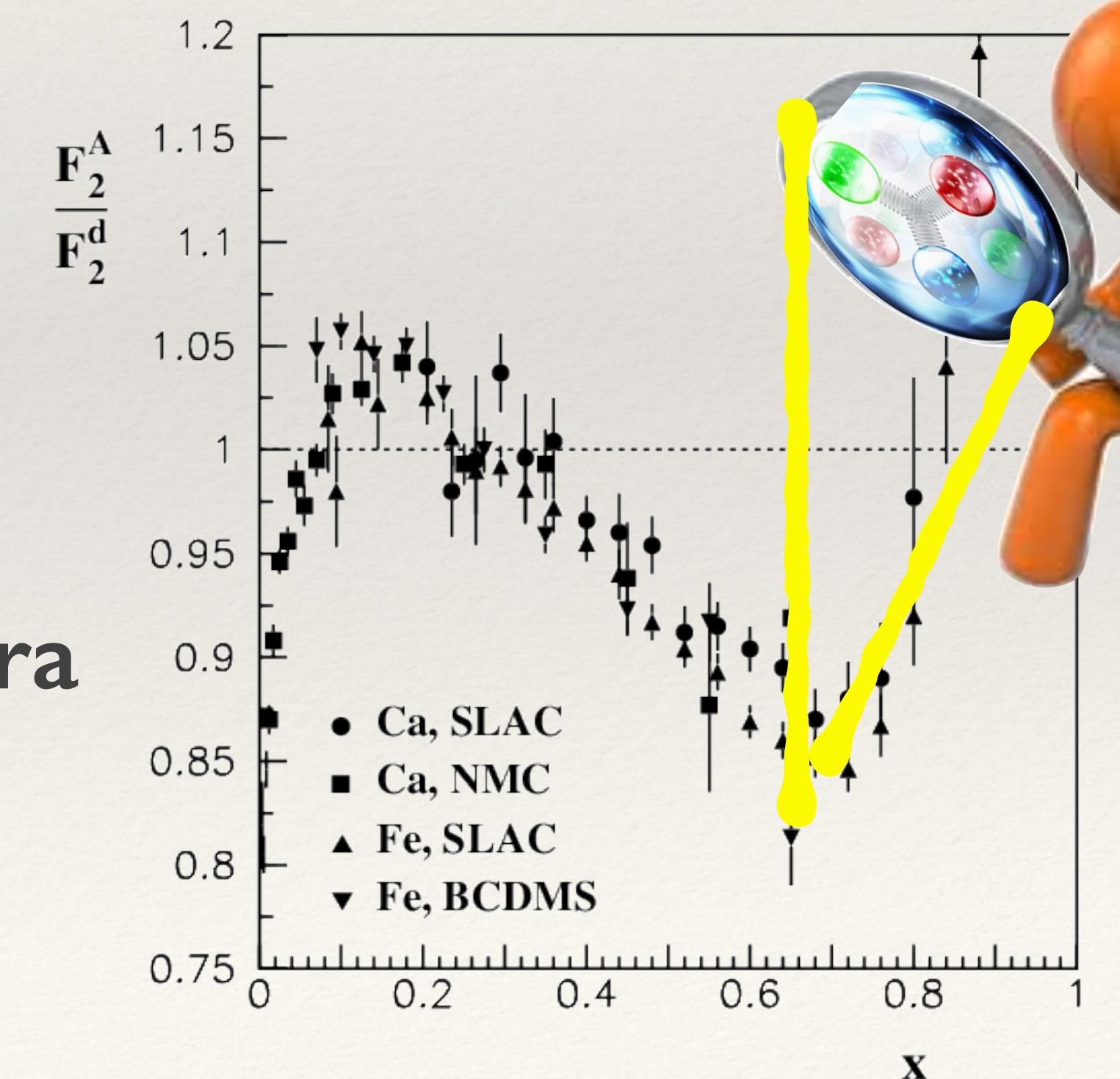
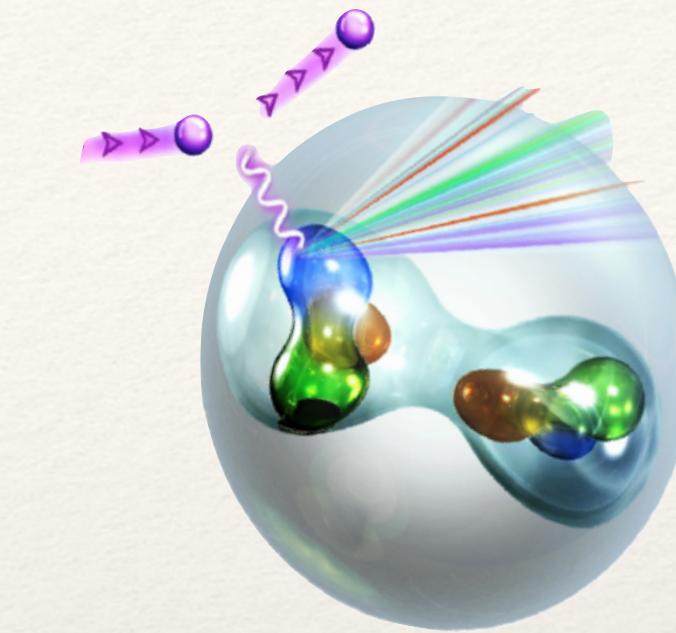
Consideriamo la **diffusione profondamente anelastica** (DIS) se il
allora (AB)

Dopo tanti anni ancora non abbiamo una
(EMC) spiegazione chiara!

Servono altri esperimenti per testare i
modelli, ma sono molto complicati!

Il rapporto non ta 1!

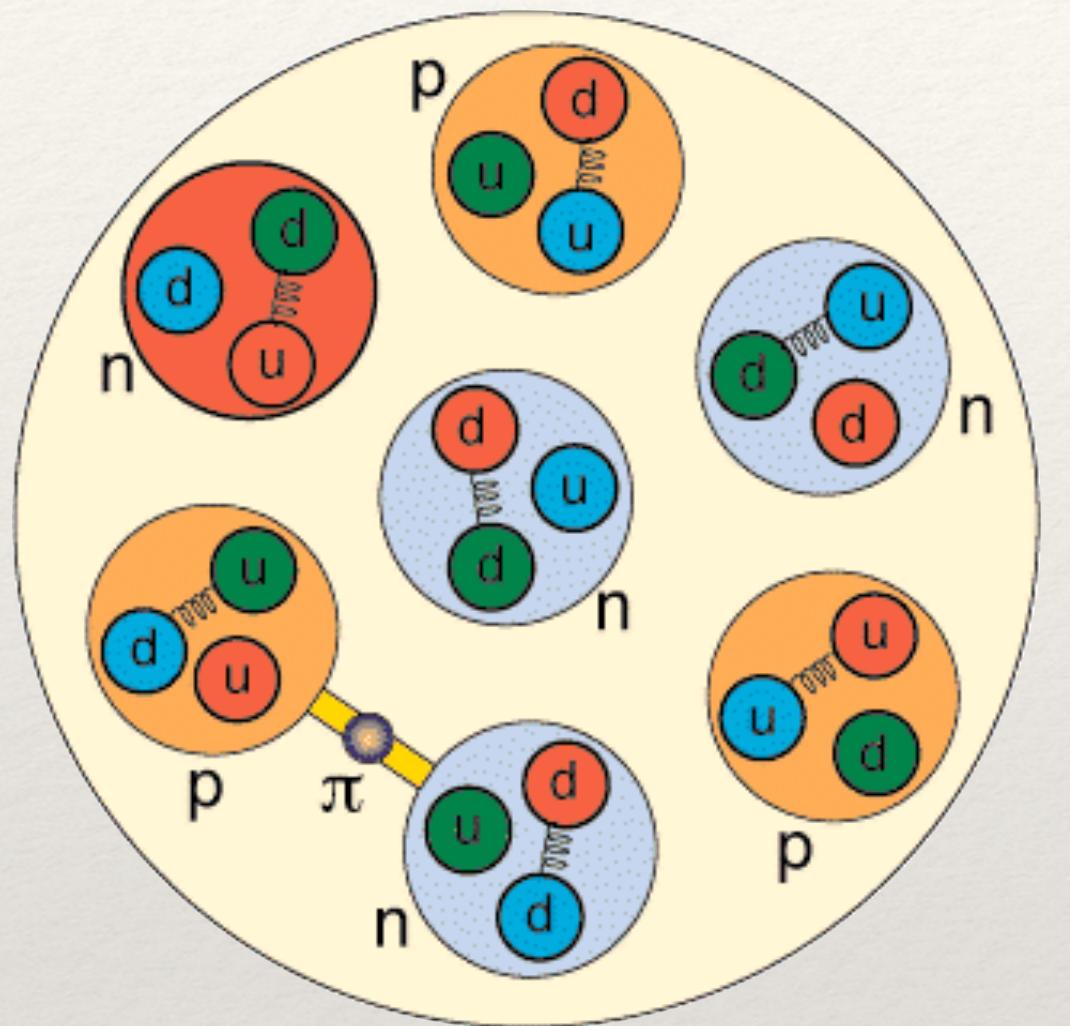
**Modifica della struttura
dei nucleoni legati**



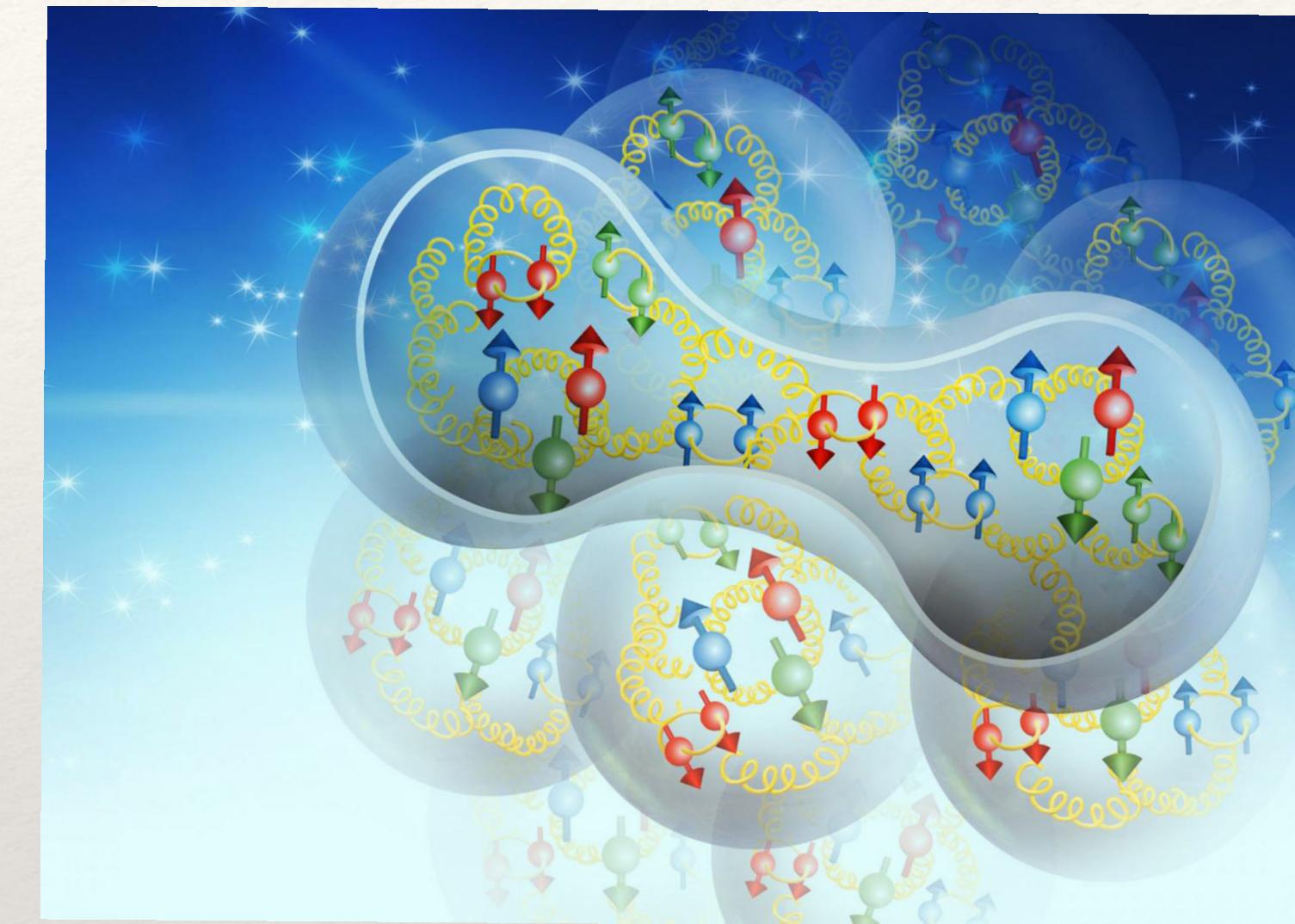
Soluzione all'effetto EMC?

Sicuramente per rispondere serve capire si la struttura nucleare è più tipo (a) o tipo (b)

(a)



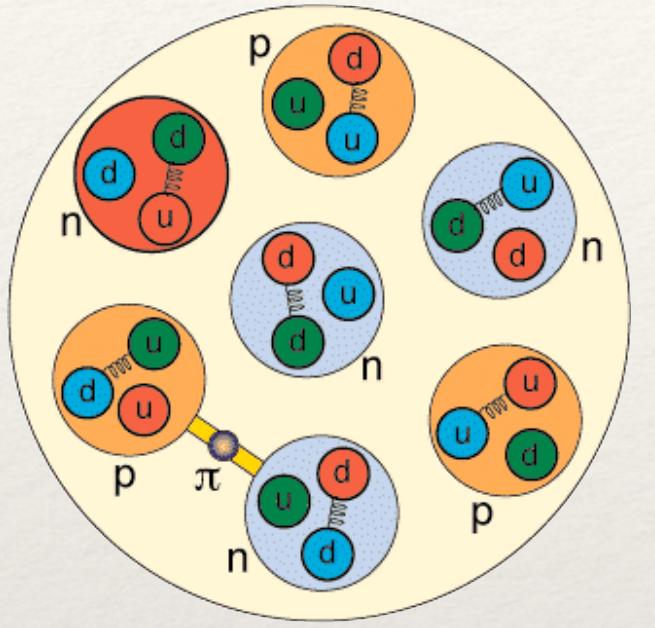
(b)



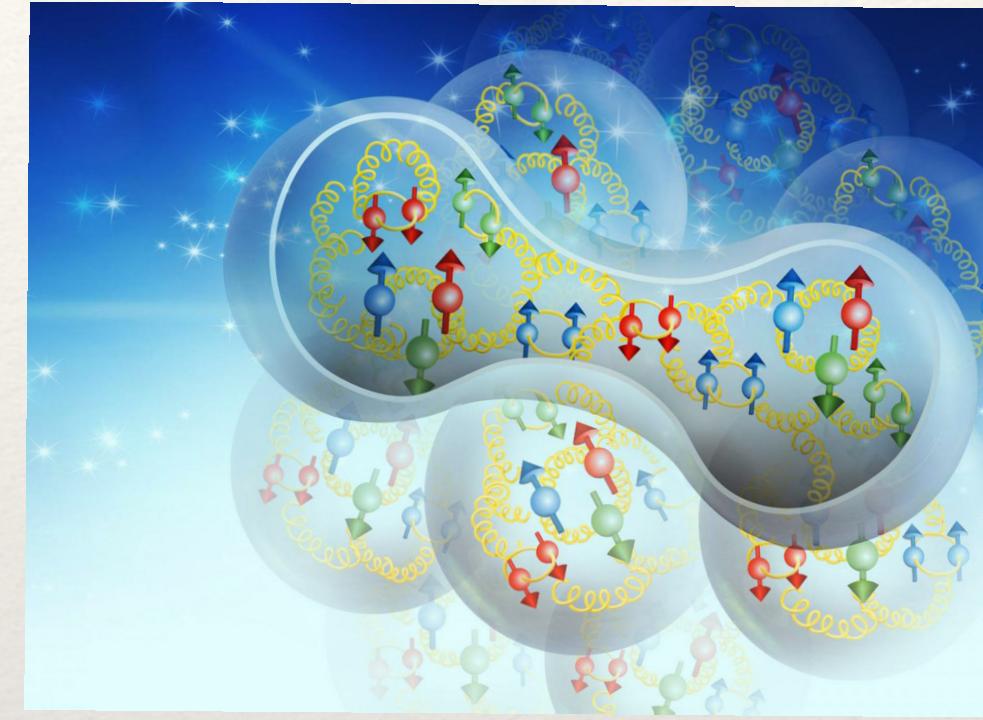
Soluzione all'effetto EMC?

Sicuramente per rispondere serve capire se la struttura nucleare è più tipo (a) o tipo (b)

(a)

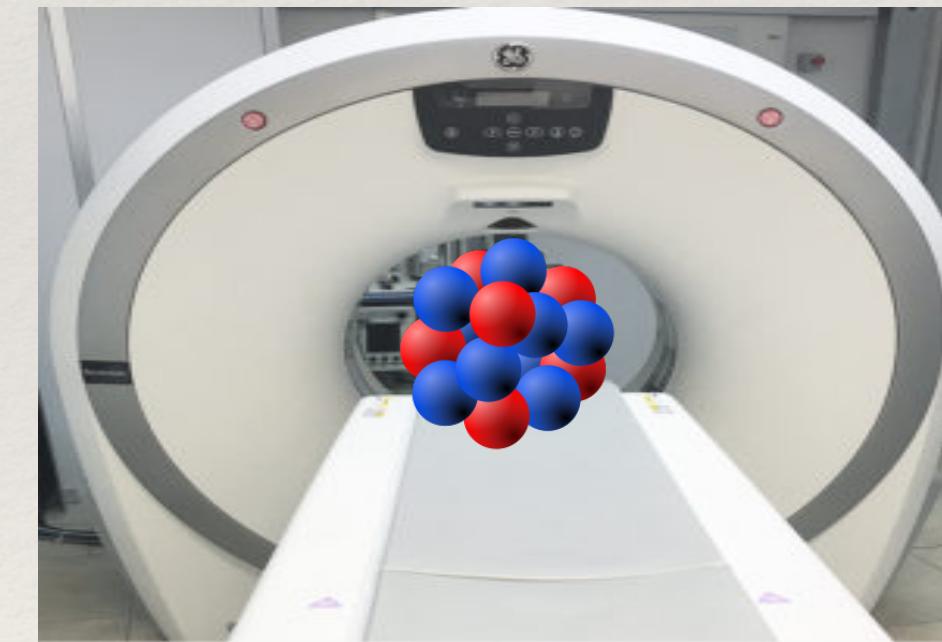


(b)



Per rispondere serve fargli una TOMOGRAFIA.

Si può fare! Possiamo studiare processi come: **Deeply Virtual Compton Scattering (DVCS)** e ottenere info riguardo le **distribuzioni partoniche generalizzate (GPDs)**. Difficili misure ed analisi ma oggi possibile in vari laboratori!

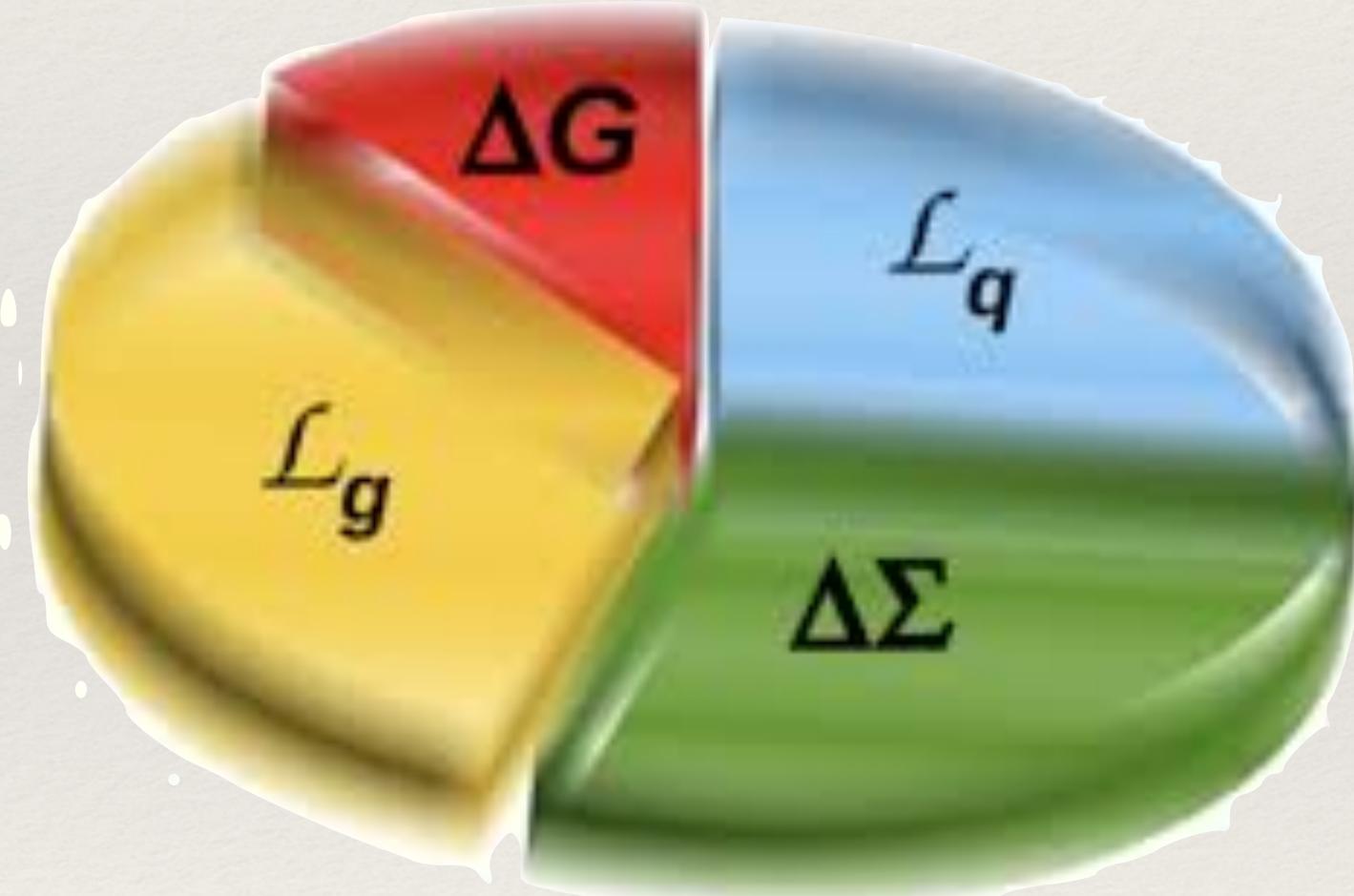


La crisi dello SPIN del protone

Questo è un problema è un problema aperto da più di 20 anni. Se il protone è fatto di particelle interagenti che lo costituiscono (quark & gluoni):

Lo spin del protone deve risultare dalla somma di tutti i momenti angolari!

- Gluon Spin
- Quark Spin
- Gluon angular momentum
- Quark Angular Momentum



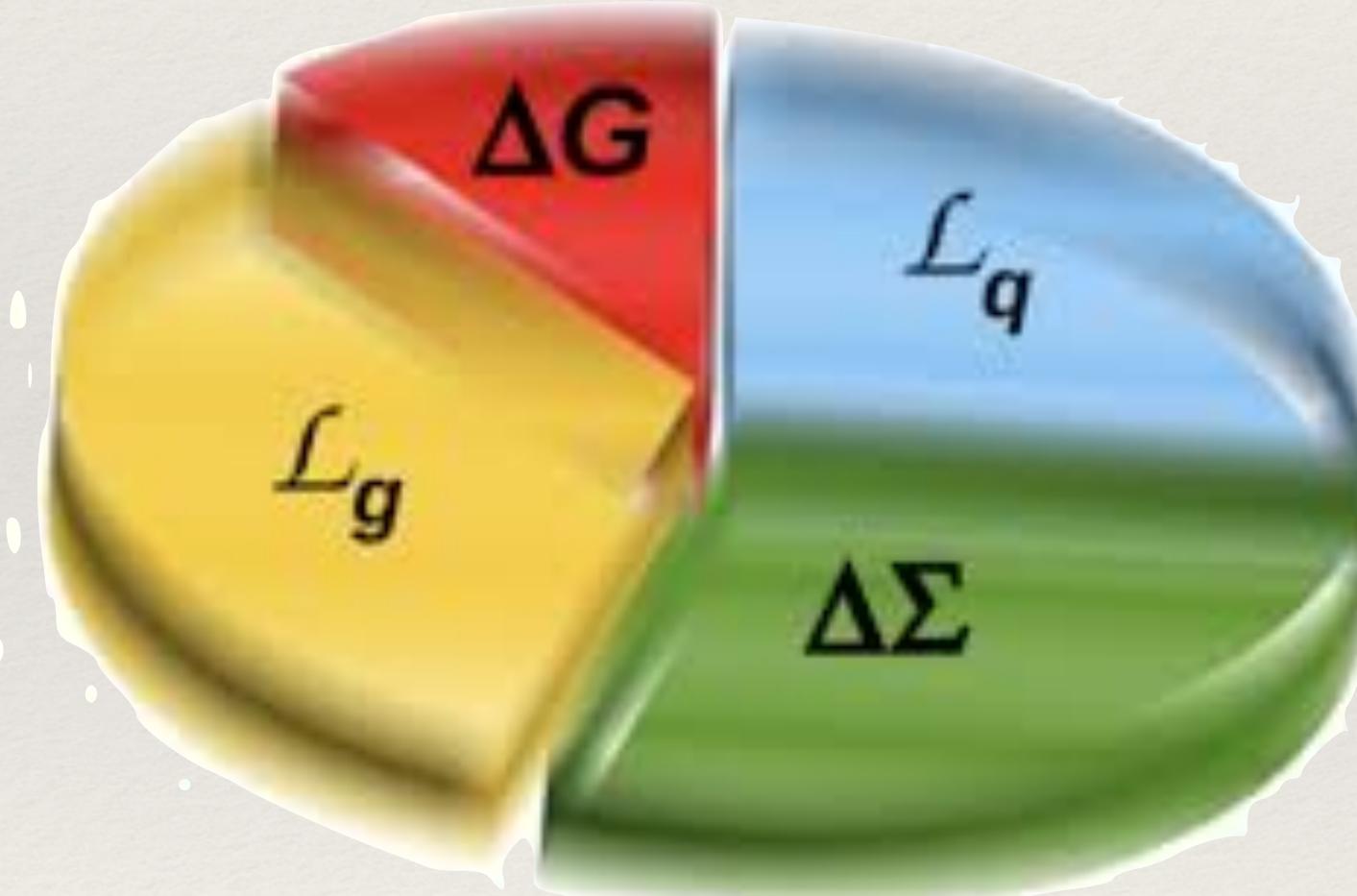
$$S_p = \frac{1}{2} = \frac{1}{2}\Delta\Sigma + \Delta G + \mathcal{L}_q + \mathcal{L}_G$$

La crisi dello SPIN del protone

Questo è un problema è un problema aperto da più di 20 anni. Se il protone è fatto di particelle interagenti che lo costituiscono (quark & gluoni):

Lo spin del protone deve risultare dalla somma di tutti i momenti angolari!

- Gluon Spin
- Quark Spin
- Gluon angular momentum
- Quark Angular Momentum



$$S_p = \frac{1}{2} = \frac{1}{2} \boxed{\Delta\Sigma} + \Delta G + L_q + L_G$$

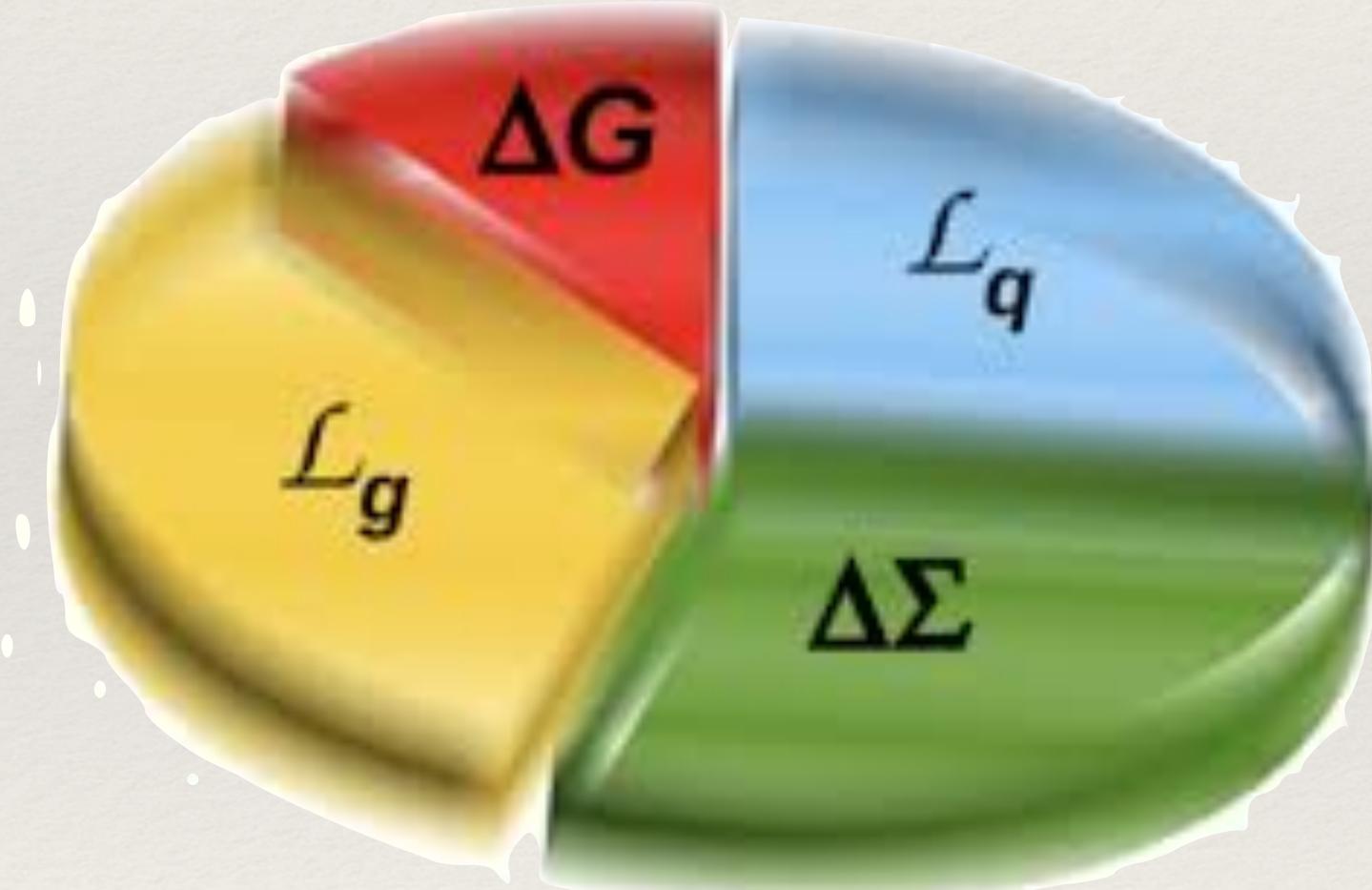
Dagli esperimenti si estrae il contributo
di elicità dei quark!

La crisi dello SPIN del protone

Questo è un problema è un problema aperto da più di 20 anni. Se il protone è fatto di particelle interagenti che lo costituiscono (quark & gluoni):

Lo spin del protone deve risultare dalla somma di tutti i momenti angolari!

- Gluon Spin
- Quark Spin
- Gluon angular momentum
- Quark Angular Momentum



$$S_p = \frac{1}{2} = \frac{1}{2} \boxed{\Delta\Sigma} + \Delta G + L_q + L_G$$

Dagli esperimenti si estrae il contributo
di elicità dei quark!

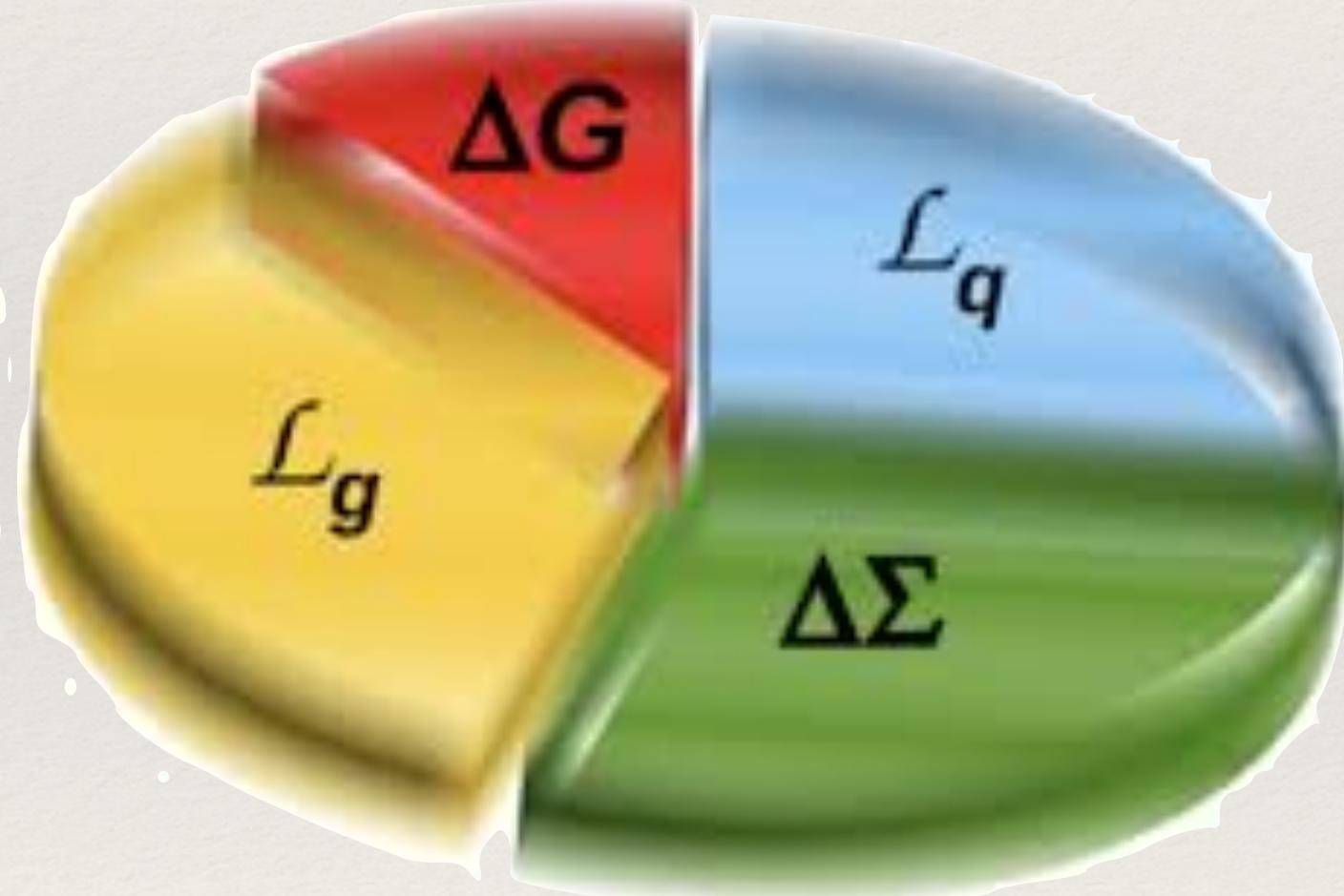
E' circa il 30% !! Il resto????

La crisi dello SPIN del protone

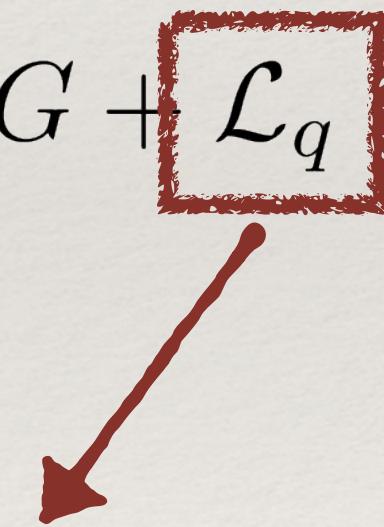
Questo è un problema è un problema aperto da più di 20 anni. Se il protone è fatto di particelle interagenti che lo costituiscono (quark & gluoni):

Lo spin del protone deve risultare dalla somma di tutti i momenti angolari!

- Gluon Spin
- Quark Spin
- Gluon angular momentum
- Quark Angular Momentum



$$S_p = \frac{1}{2} = \frac{1}{2}\Delta\Sigma + \Delta G + \boxed{\mathcal{L}_q} + \mathcal{L}_G$$



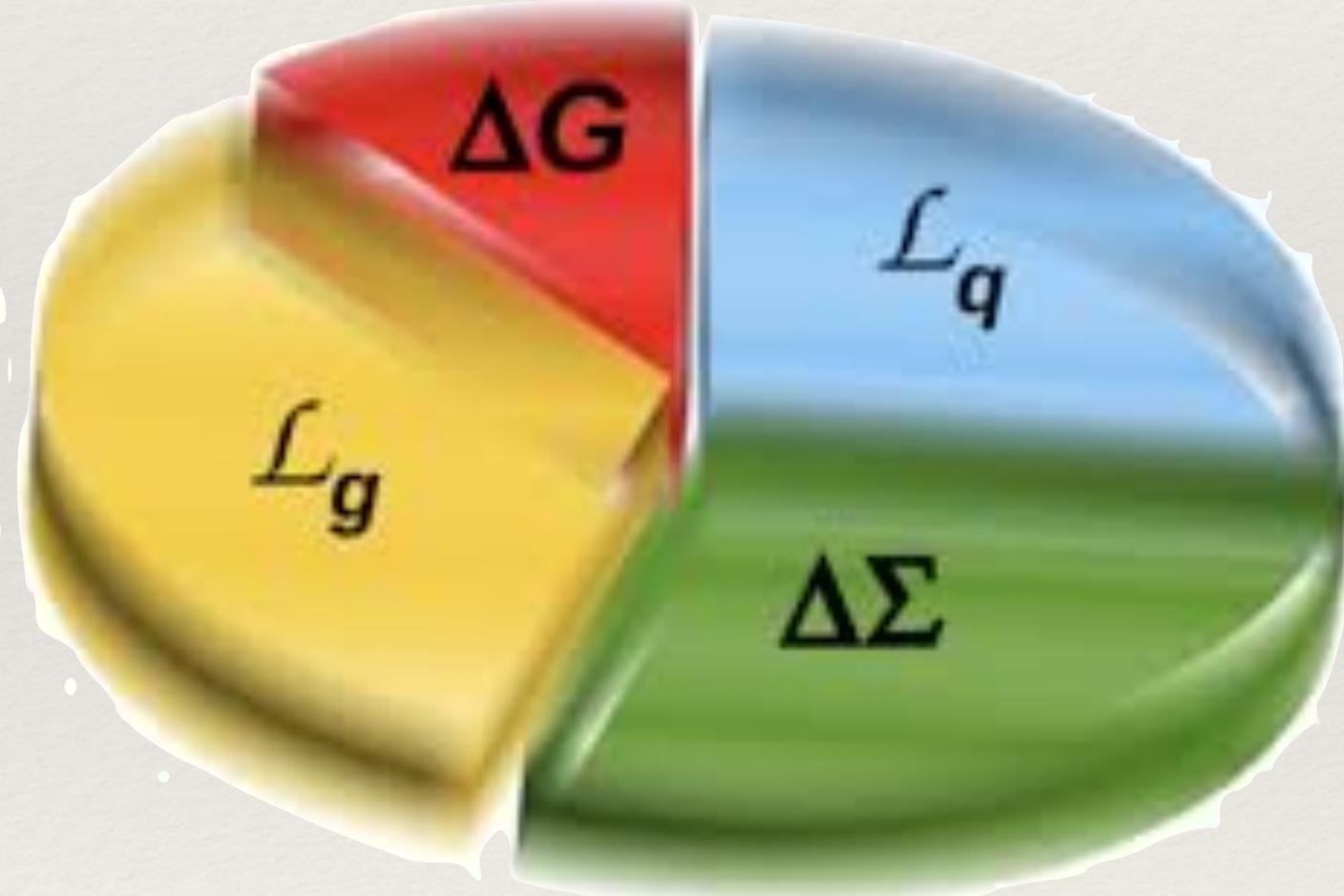
Come otteniamo il momento angolare orbitale?

La crisi dello SPIN del protone

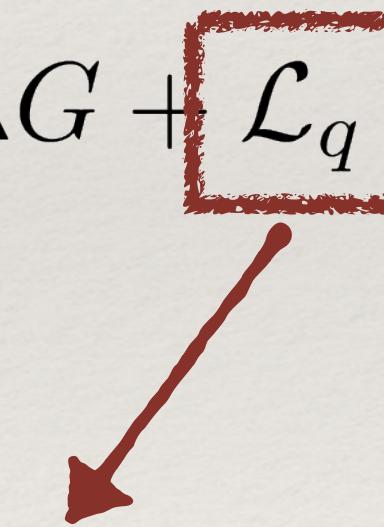
Questo è un problema è un problema aperto da più di 20 anni. Se il protone è fatto di particelle interagenti che lo costituiscono (quark & gluoni):

Lo spin del protone deve risultare dalla somma di tutti i momenti angolari!

- Gluon Spin
- Quark Spin
- Gluon angular momentum
- Quark Angular Momentum



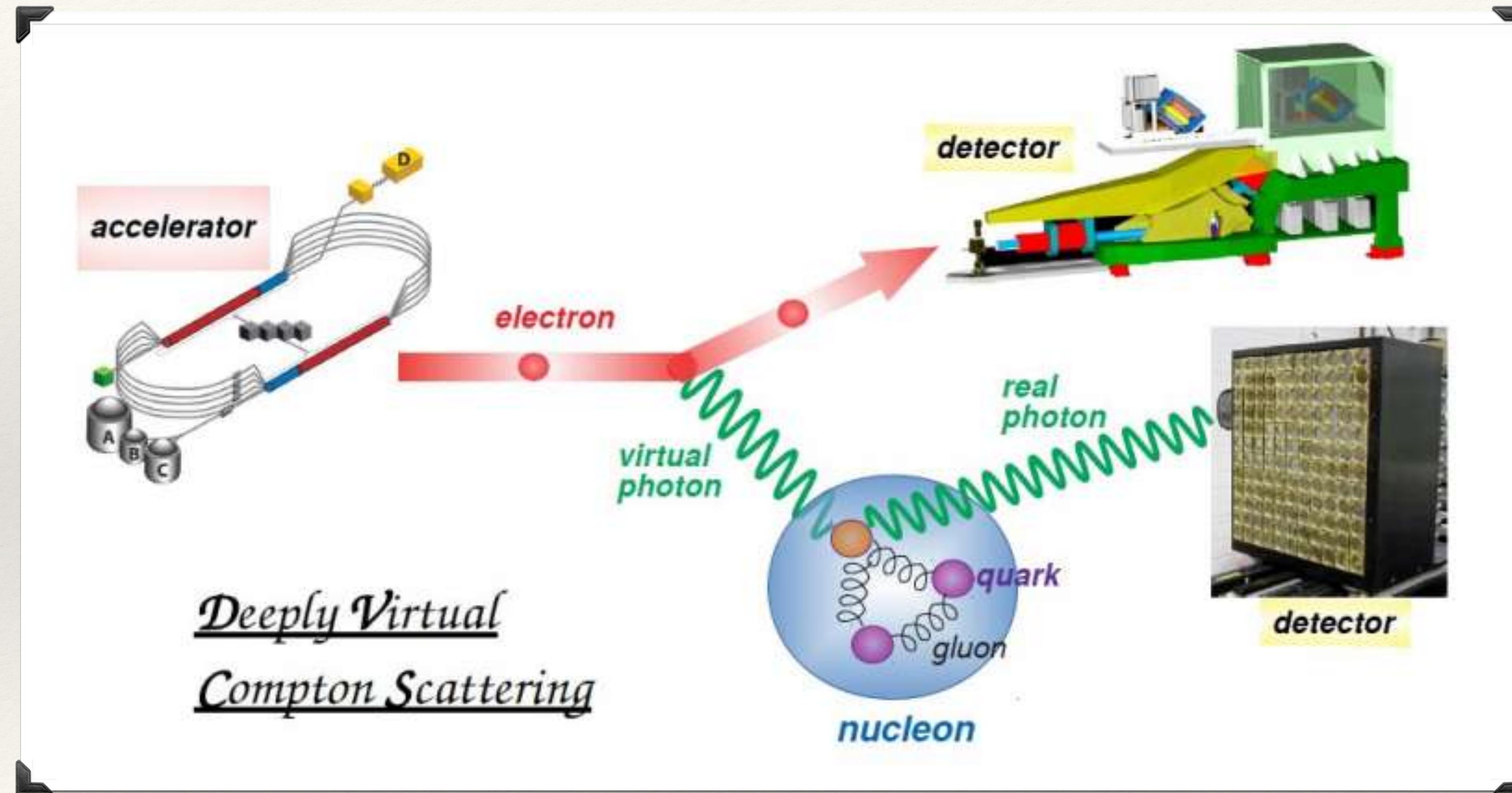
$$S_p = \frac{1}{2} = \frac{1}{2}\Delta\Sigma + \Delta G + \boxed{\mathcal{L}_q} + \mathcal{L}_G$$



Come otteniamo il momento angolare orbitale?

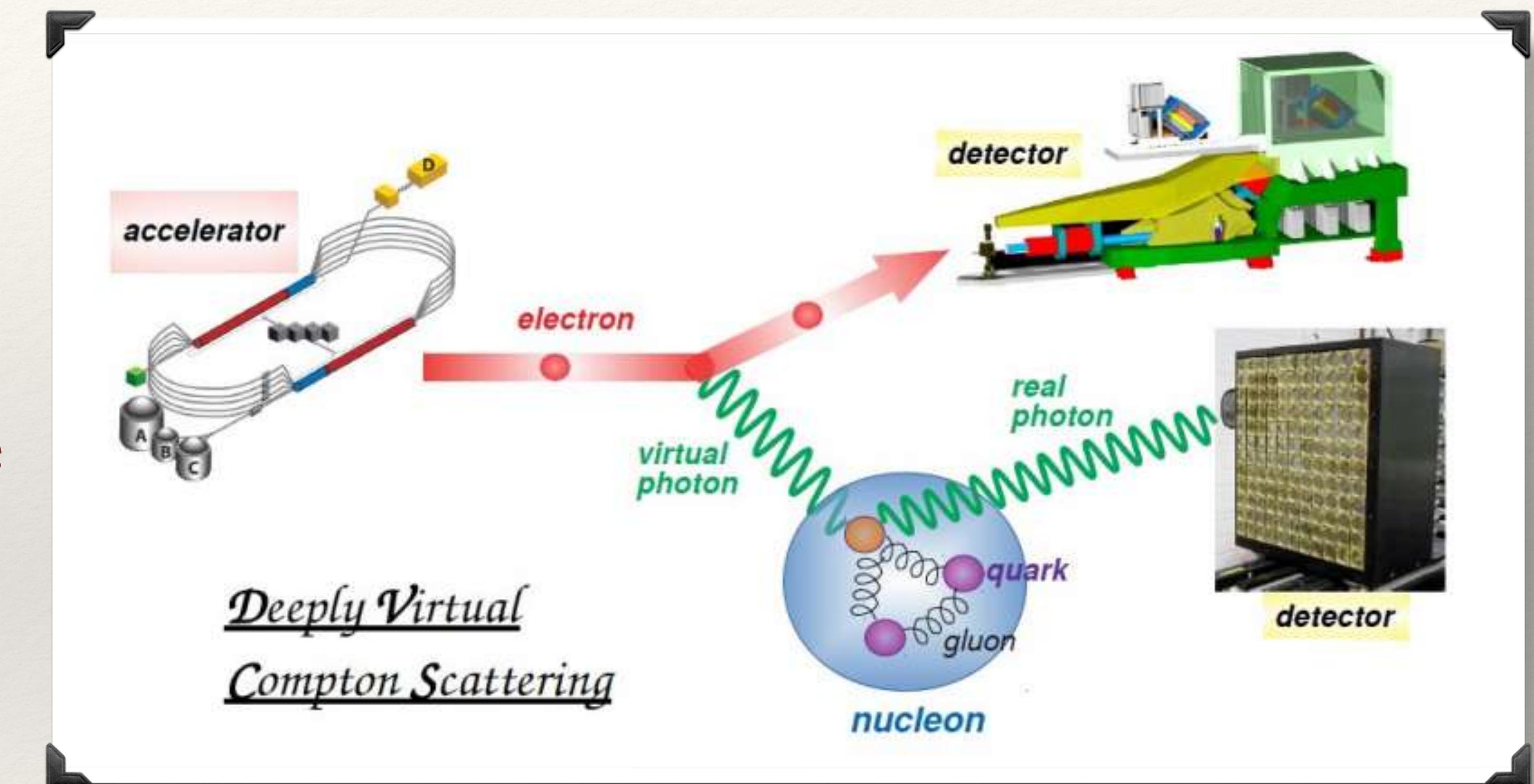
Anche qui con il DVCS

DVCS in laboratorio

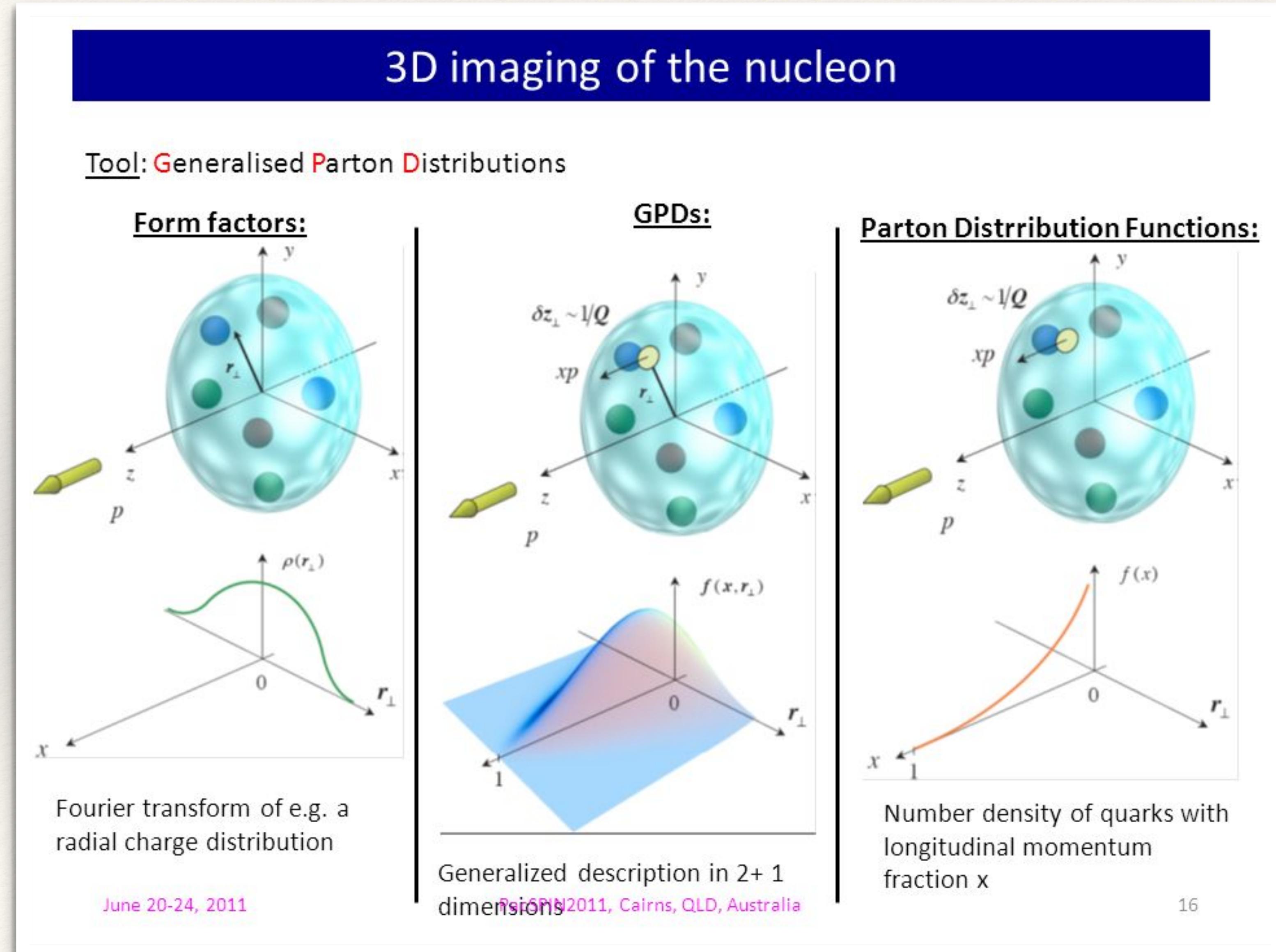


DVCS in laboratorio

La sezione d'urto dipende in modo complicato dalle Distribuzioni Partoniche Generalizzate (GPDs)



DVCS e struttura 3D degli adroni

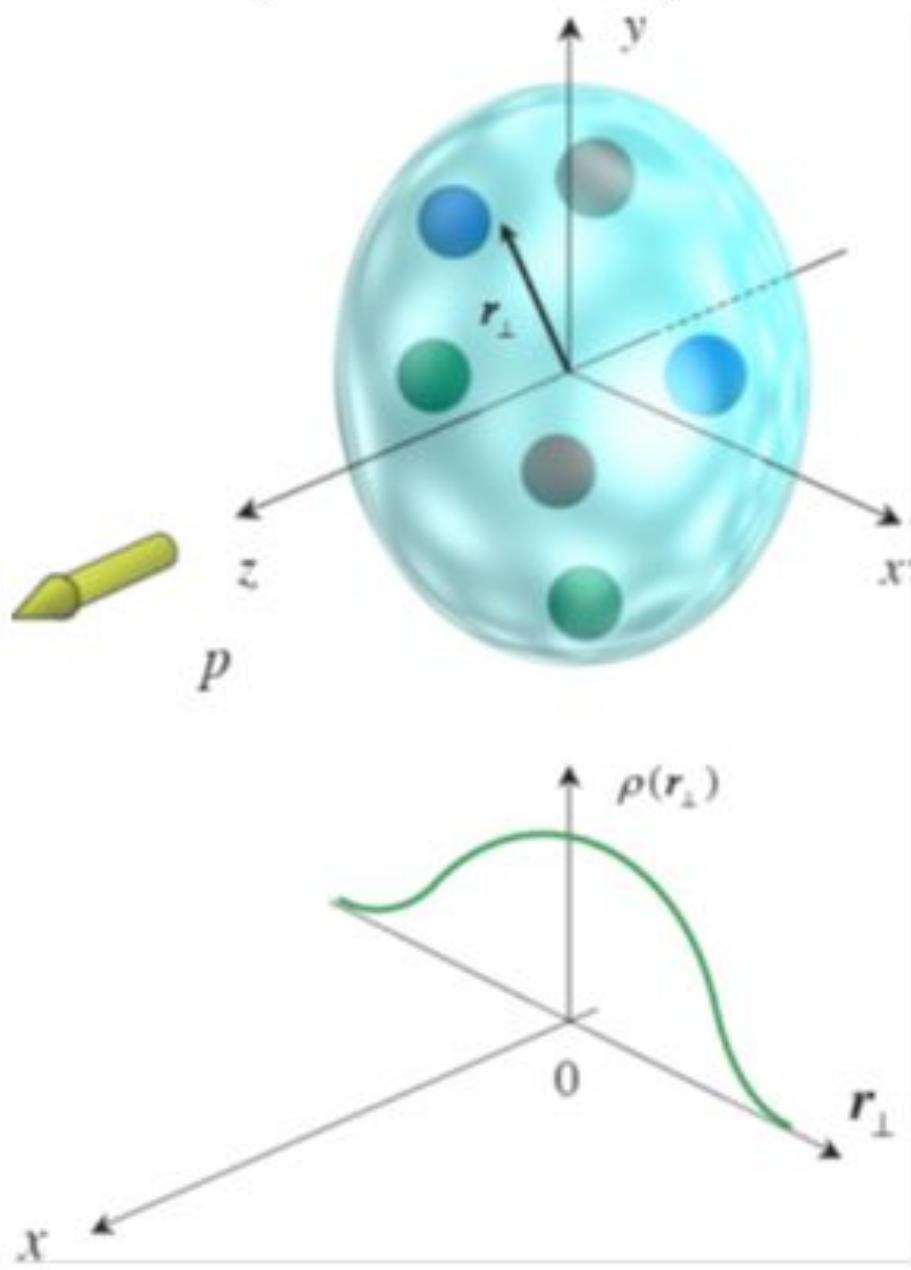


DVCS e struttura 3D degli adroni

3D imaging of the nucleon

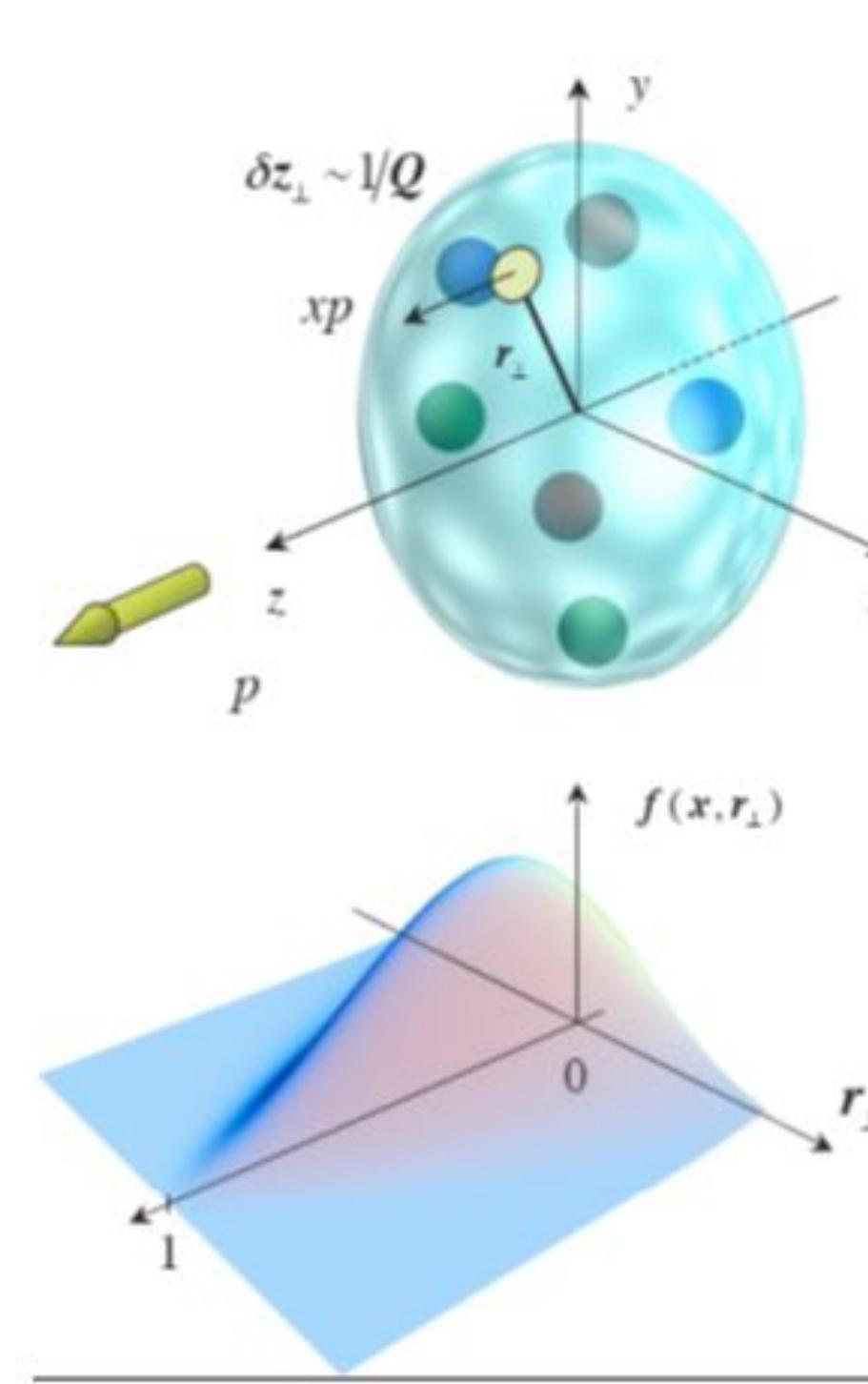
Tool: Generalised Parton Distributions

Form factors:



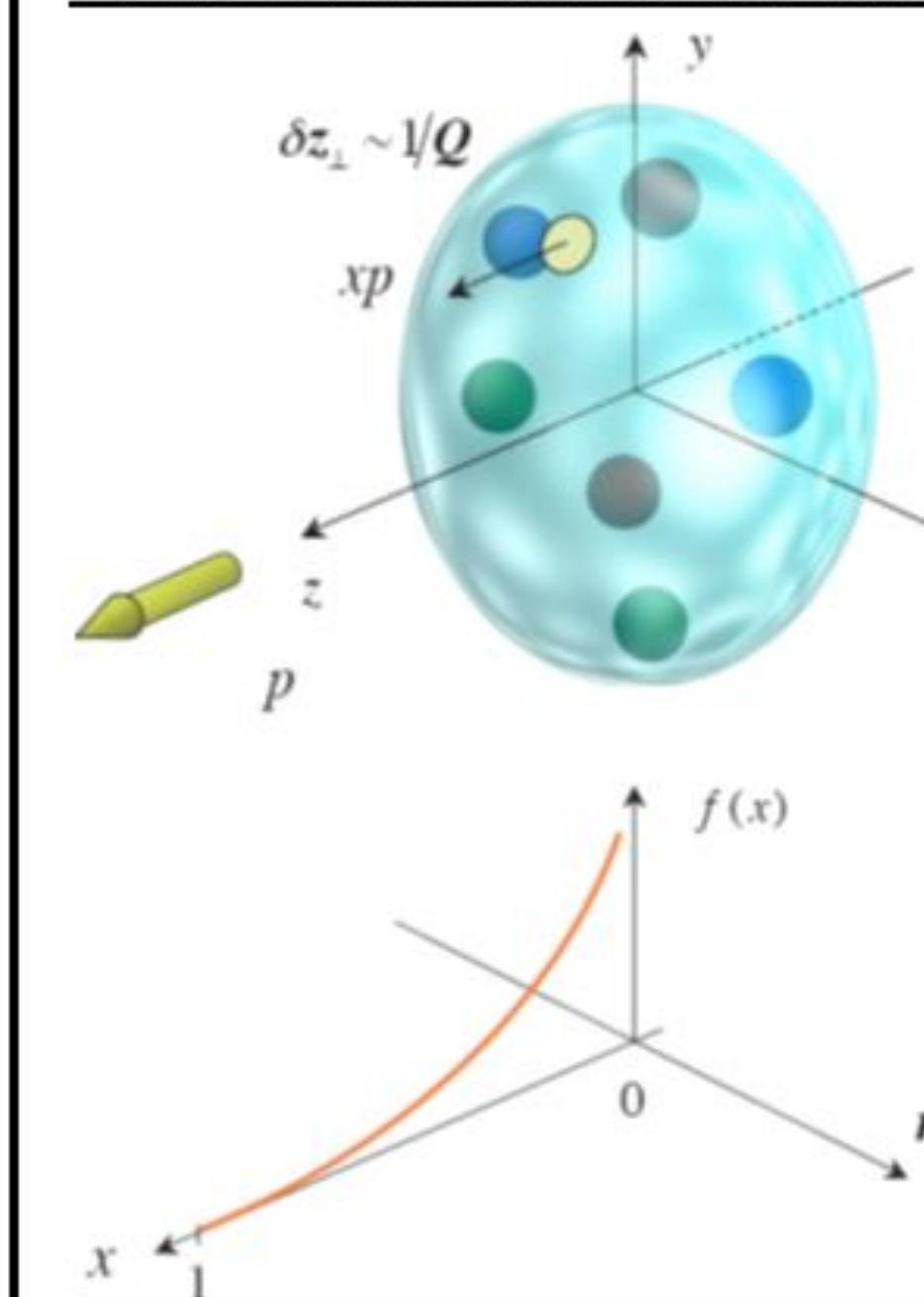
Fourier transform of e.g. a radial charge distribution

GPDs:



Generalized description in 2+1 dimensions
Rispoli 2011, Cairns, QLD, Australia

Parton Distribution Functions:



Number density of quarks with longitudinal momentum fraction x

Esiste una relazione (regola di somma di Ji) che lega le GPDs al momento angolare totale dei quark e gluoni!

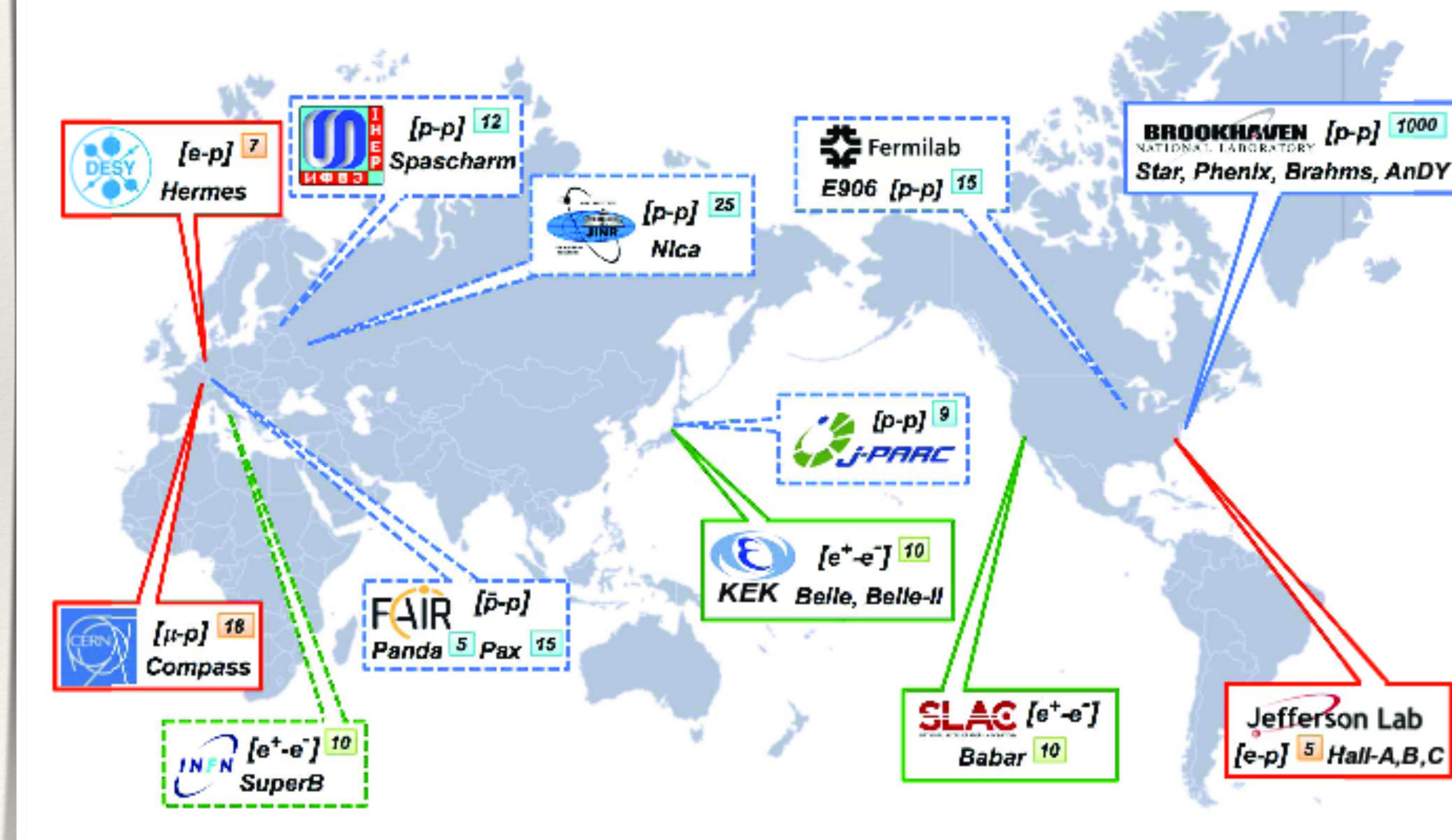
I dati sulle GPDs potranno essere usati per stimare il contributo del momento ANGOLARE orbitale dei quark



Possibile soluzione alla crisi dello SPIN del protone

Nucleoni e Nuclei in 3D e dove trovarli

Tanti esperimenti coinvolti



Nucleoni e Nuclei in 3D e dove trovarli

Oggi NINPHA

Chi lavora nel campo in Italia

Teoria (AD31 e TO31)

Alessandria
Cagliari
Genova
Milano Bic
Pavia
Perugia
Roma I e II
Torino
Trento



Esperimenti (Compass e JLab12)

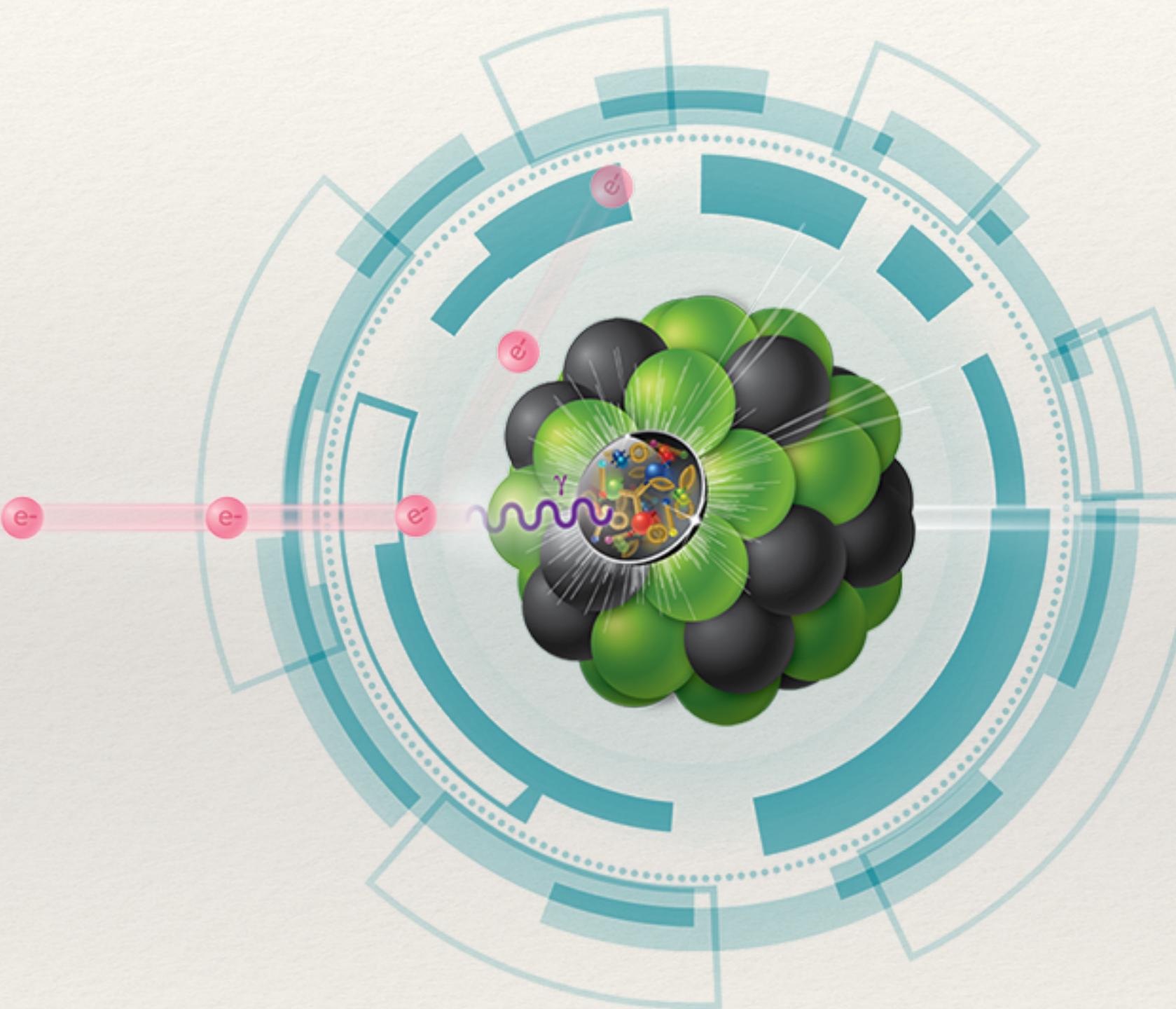
Bari
Catania
Ferrara
Frascati
ISS
Roma I e II
Torino
Trieste

Compass: esperimento
al CERN

JLab: Jefferson Laboratory
in Virginia (USA)

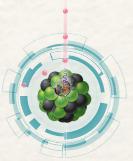
Electron Ion Collider (EIC)

“A machine that will unlock the secrets of the strongest force in Nature”

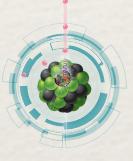


Electron Ion Collider (EIC)

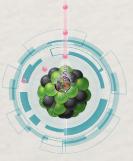
“A machine that will unlock the secrets of the strongest force in Nature”



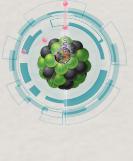
Nel prossimo decennio, l'unico acceleratore attivo negli USA sarà l' EIC.
Servirà per capire la QCD nella sua anima non perturbativa:
adronizzazione, confinamento... passi fondamentali per la ricerca di nuova Fisica!



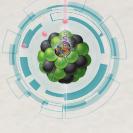
Oltre 2 miliardi di dollari di investimento



più di 1000 users, più di 200 istituzioni
(anche PG, rappresentata da me, Sergio Scopetta)



La partecipazione italiana è la più consistente in Europa



L'EIC è il luogo naturale dove si faranno esperimenti che riguardano la linea di ricerca del gruppo teorico nucleare di Perugia. In quest'ultimo periodo sono aumentati notevolmente inviti e richieste di calcoli. È il momento per proporre misure. Il nostro gruppo è **AUTORE** dello “Yellow report” dove si raccolgono queste idee! DOBBIAMO CONTINUARE A LAVORARE IN QUESTA DIREZIONE e ci sono molti temi caldi da studiare!



NINPHA

Il nostro gruppo appartiene all' Iniziativa specifica chiamata “NINPHA”, CS IV INFN:

Torino;
Genova
Perugia
Pavia
Cagliari



Progetto Europeo
che ha ricevuto fondi da:
“European Union’s Horizon 2020”

Valutazione INFN eccellente

Riguardo questi temi, a Perugia, lavoriamo **io** (Ricercatore INFN), **Sergio Scopetta** (professore associato), **Filippo Ferretti** (Ph.D), **Simone Pacetti** (professore associato), **Olga Shekhtsova**, (assegnista)...

Cosa facciamo a Perugia?

Il contributo di Perugia è divenuto negli anni un riferimento per la Fisica del DVCS su bersagli nucleari leggeri come:

- Elio-3 (^3He) = 2 protoni + Neutrone
- Elio-4 (^4He) = 2 protoni + 2 Neutroni

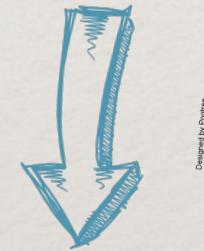
Le funzioni d'onda da
potenziali nucleari realistici
sono

Cosa facciamo a Perugia?

Il contributo di Perugia è divenuto negli anni un riferimento per la Fisica del DVCS su bersagli nucleari leggeri come:

- Elio-3 (^3He) = 2 protoni + Neutrone
- Elio-4 (^4He) = 2 protoni + 2 Neutroni

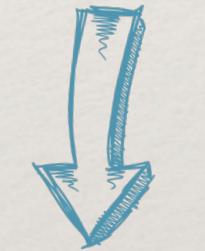
Le funzioni d'onda da potenziali nucleari realistici sono



^3He è fondamentale per accedere alle GPDs del **Neutrone** (particella instabile se libera)

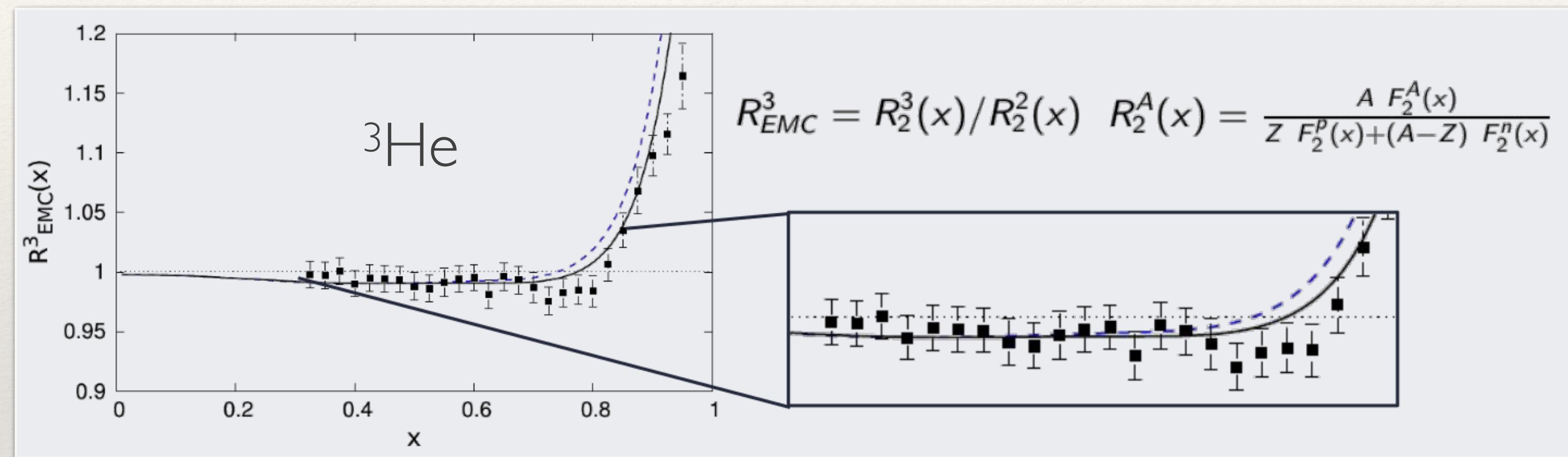
I calcoli della collaborazione sono stati usati per interpretare i dati del DVCS su ^4He sono usati per produrre previsioni utili per i nuovi ESPERIMENTI:

TO-PEG
The Orsay-Perugia
Event Generator



Cosa facciamo a Perugia?

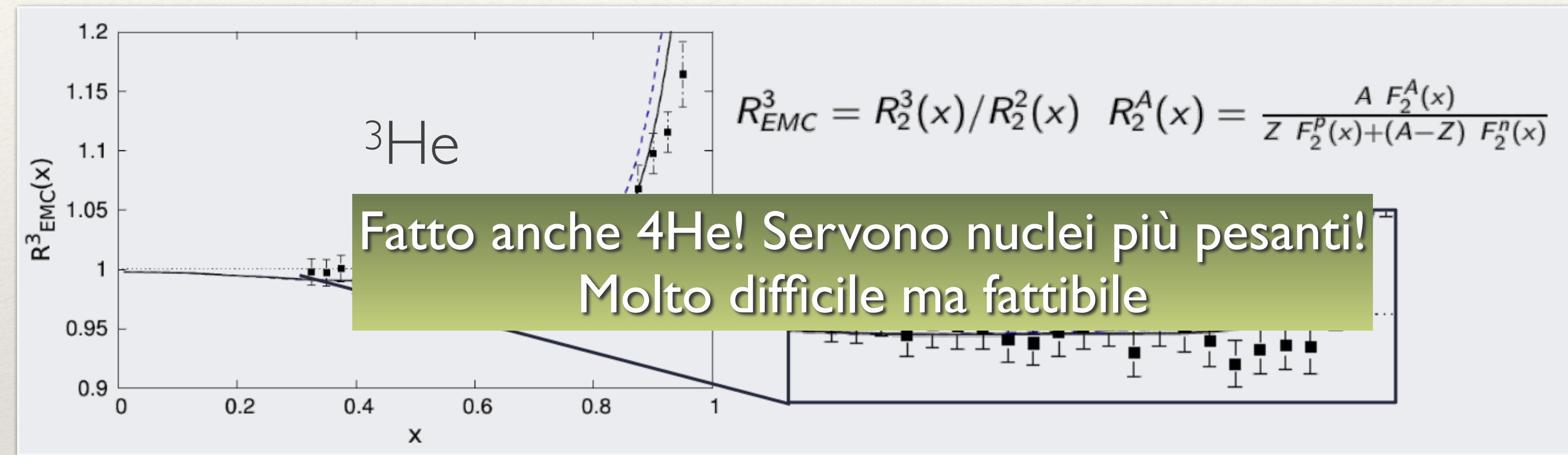
Primo calcolo completamente relativistico e Poincaré covariante dell' Effetto EMC
con ingredienti nucleari convenzionali!



- 1) Risultato promettente
- 2) Risultato basilare per future inclusioni di effetti oltre la Fisica Nucleare convenzionale
- 3) Risultato importante per la Fisica del futuro EIC

Cosa facciamo a Perugia?

Primo calcolo completamente relativistico e Poincaré covariante dell' Effetto EMC
con ingredienti nucleari convenzionali!



- 1) Risultato promettente
- 2) Risultato basilare per future inclusioni di effetti oltre la Fisica Nucleare convenzionale
- 3) Risultato importante per la Fisica del futuro EIC

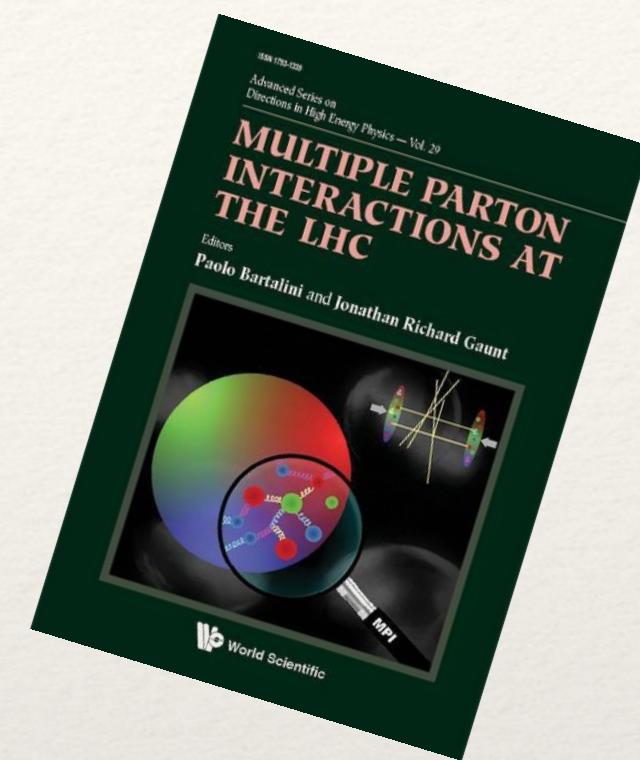
Cosa facciamo a Perugia?

Le distribuzioni finora elencate (PDF e GPDs) sono quantità ad un corpo: “la probabilità di trovare un quark o un gluone nel protone con....”

COME POSSIAMO CAPIRE SE DUE QUARK SONO CORRELATI TRA DI LORO?

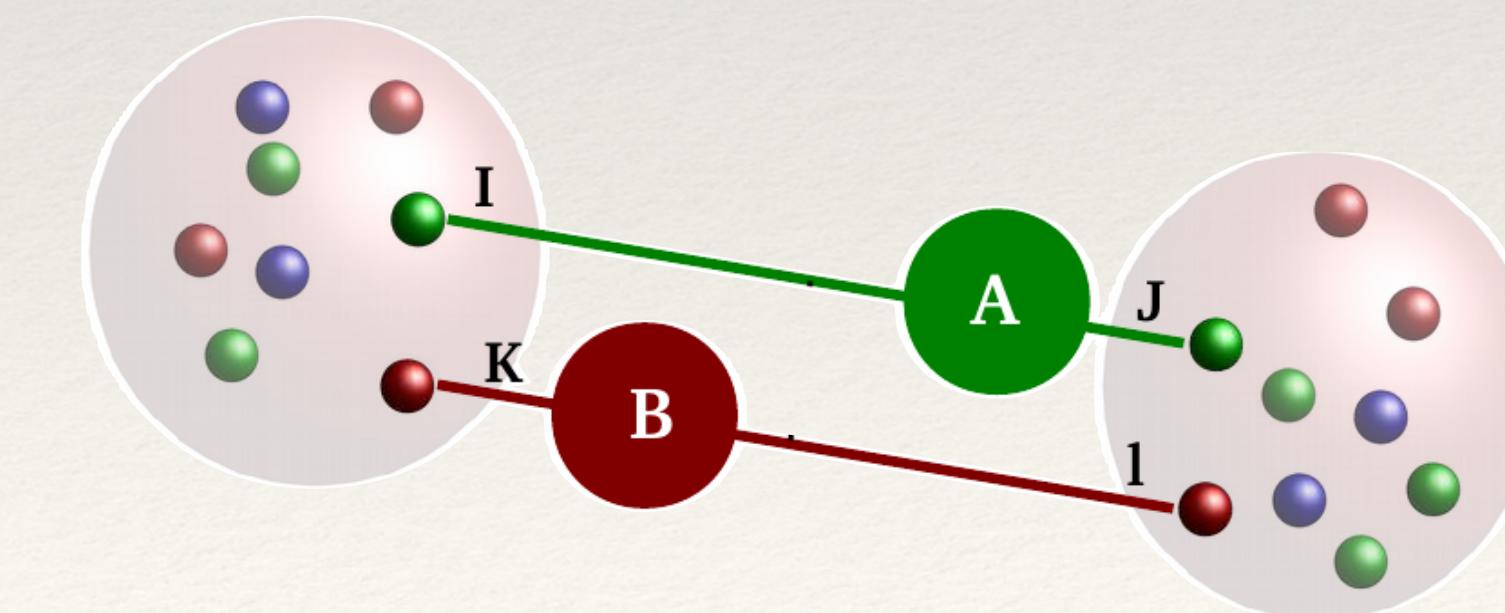
Servono delle distribuzioni a due corpi, le “**double parton distributions**” (DPDs) che dipendono:

- 1) le frazioni di momenti longitudinali di due quark o gluoni
- 2) la distanza relativa sul piano trasverso alla collisione tra i due quark o gluoni (diversa dalla distanza di un quark o un gluoni rispetto al centro del protone)



Si potranno (SPERIAMO) misurare in processi di tipo “Double Parton Scattering”: due partoni (quark o gluoni) di unadrone che interagiscono con due partoni di un altroadrone. Il DPS è molto importante ad LHC anche per lo studio di Nuova Fisica!

Collaborazione con il gruppo di CMS di Perugia!



Cosa facciamo a Perugia?

Le distribuzioni finora elencate (PDF e GPDs) sono quantità ad un corpo: "la probabilità di trovare un quark o un gluone nel protone con...."

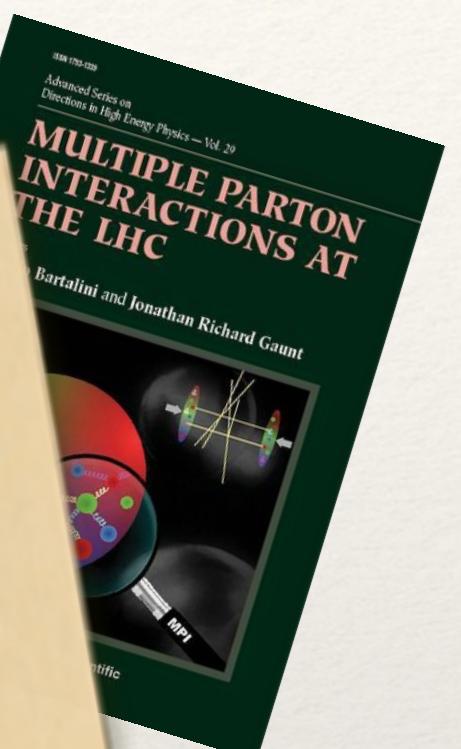
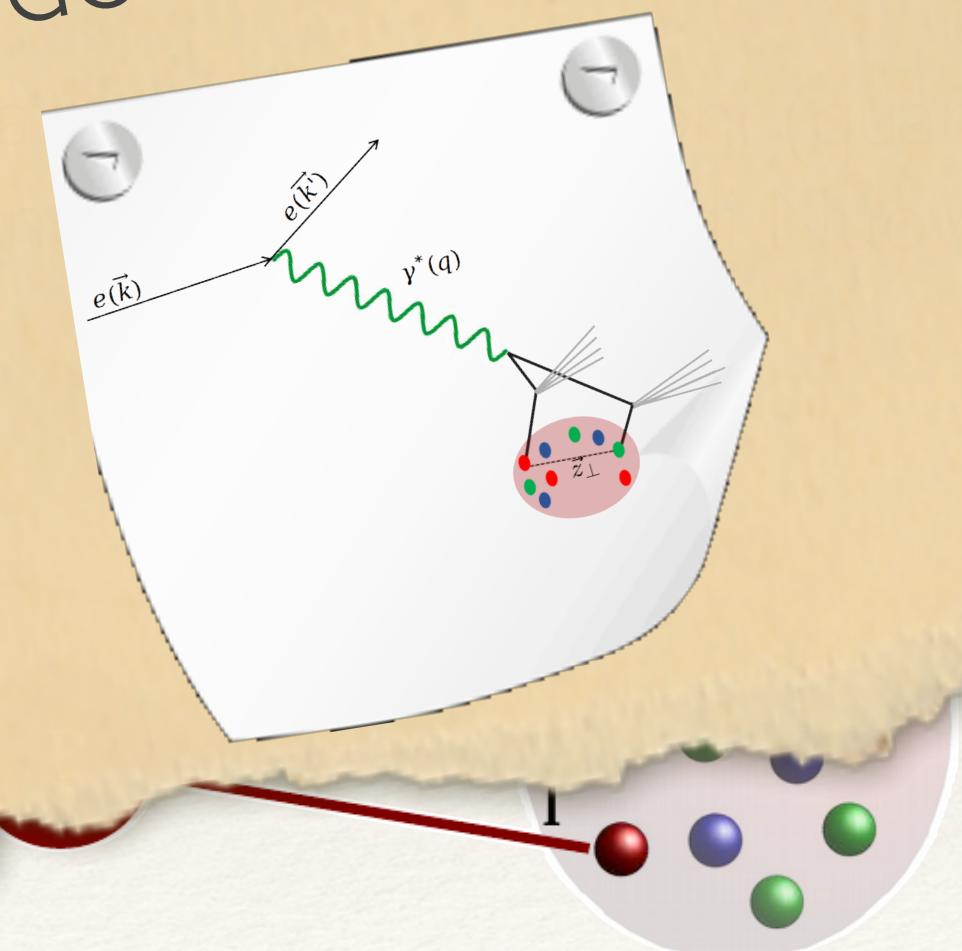
COME POSSIAMO CAPIRE SE DUE QUARK SONO CORRELATI TRA DI LORO?

Servono delle distribuzioni a due corpi, le "**double parton distributions**"

- 1) le frazioni di momenti longitudinali
- 2) la distanza relativa sul piano trasverso (rispetto al centro del protone)

Si potranno (SPERIAMO) misurare in processi con due partoni di un altro adrone. Il DPS
Collaborazione con il gruppo di CMS di Perugia

Stiamo:
1) proponendo il DPS ad EIC
2) studiando il DPS su nuclei leggeri
(effetto EMC double!)



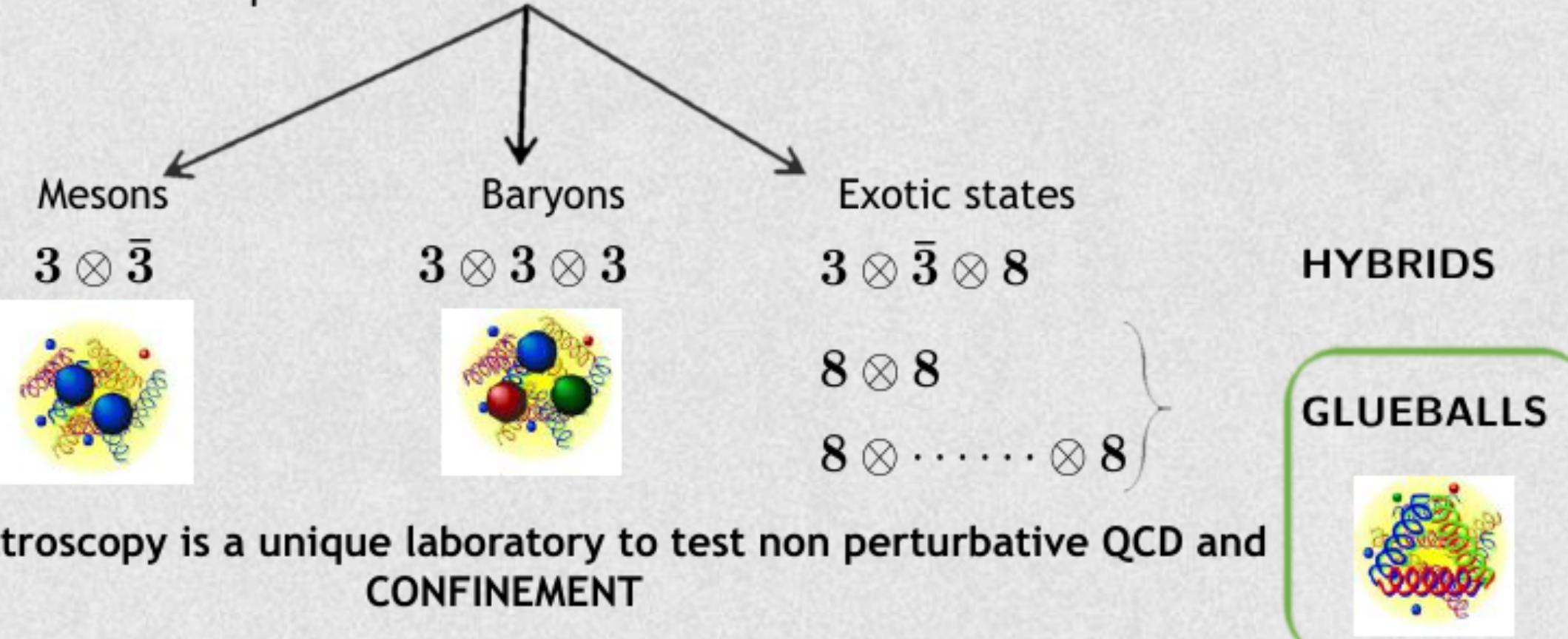
un gluoni

zione che interagiscono

Cosa facciamo a Perugia?

Cromo dinamica Quantistica in una riga!

$$\mathcal{L} = -\frac{1}{4} \text{Tr} G_{\mu\nu} G^{\mu\nu} + \sum \bar{\Psi} (i\gamma \cdot D - m) \Psi \quad G_{\mu\nu}^a = \partial_\mu A_\nu^a - \partial_\nu A_\mu^a + g f_{abc} A_\mu^b A_\nu^c$$



However :

- 1) several mesons have similar mass and quantum number → MIXING
- 2) Their measurements represent a very hard task
- 3) Theoretical calculations of decay are very difficult! Models could help!

Why Glueballs?

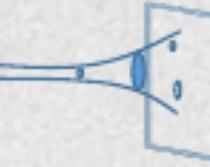
Meson:
particelle composte
da quark+ anti-quark

Barioni:
protoni, neutroni...

Cosa facciamo a Perugia?

3

Glueballs in AdS/QCD: The Soft-Wall II



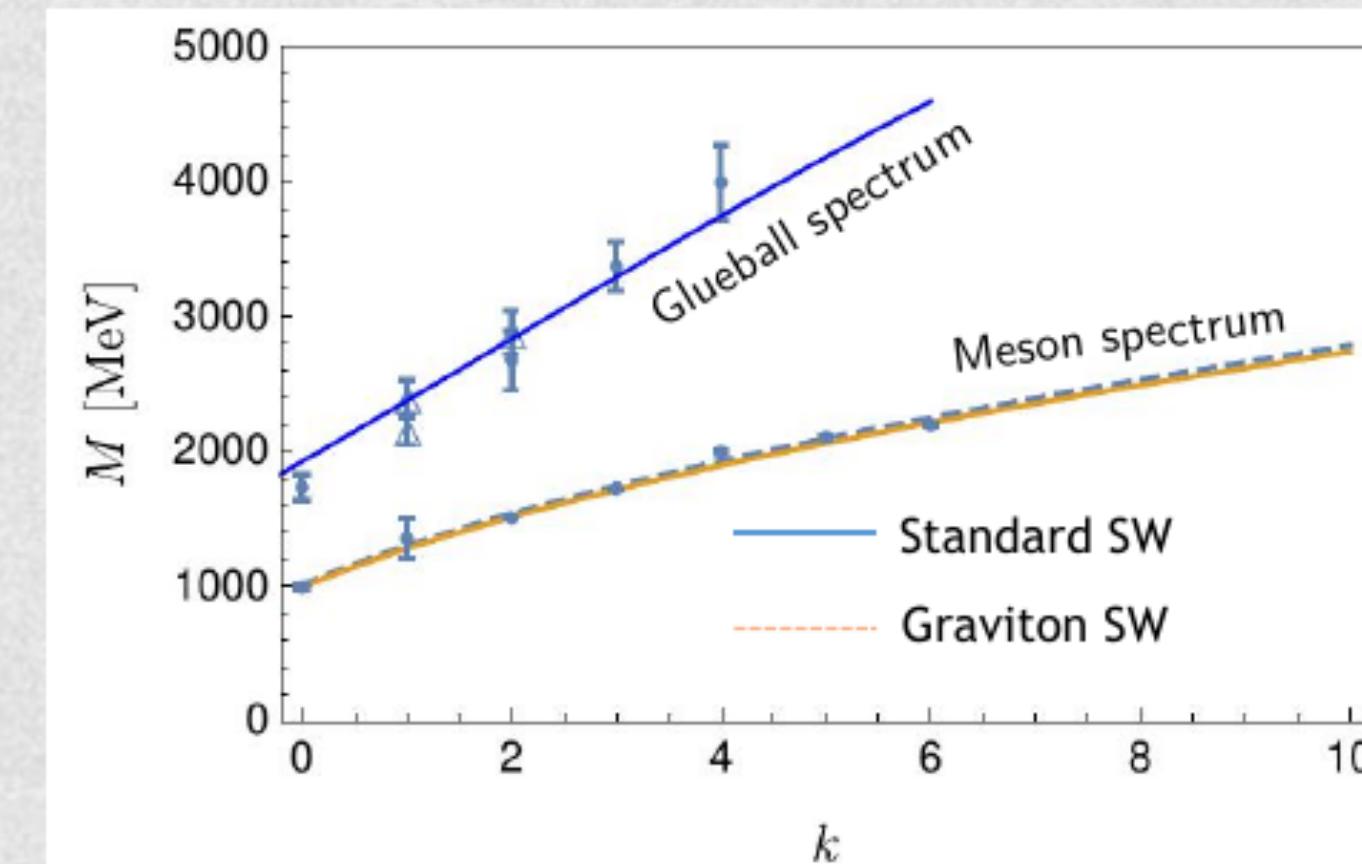
In this case we have the following AdS_5 metric : $\tilde{g}_{MN}dx^M dx^N = e^{-\alpha\varphi(z)} \frac{R^2}{z^2} (dz^2 + \eta_{\mu\nu} dx^\mu dx^\nu)$

In M.Rinaldi and V.Vento EPJA 54 (2018) we consider $\alpha\kappa^2$ as the only one parameter!

$$-\frac{1}{2}\tilde{h}_{ab;c} - \frac{1}{2}\tilde{h}_{c;ab} + \frac{1}{2}\tilde{h}_{ac;b} + \frac{1}{2}\tilde{h}_{bc;a} + 4\tilde{h}_{ab} = 0$$

Also in this case we have a good description of data, but now (w.r.t. the HW model):
we have a complete description of the meson and glueball spectra

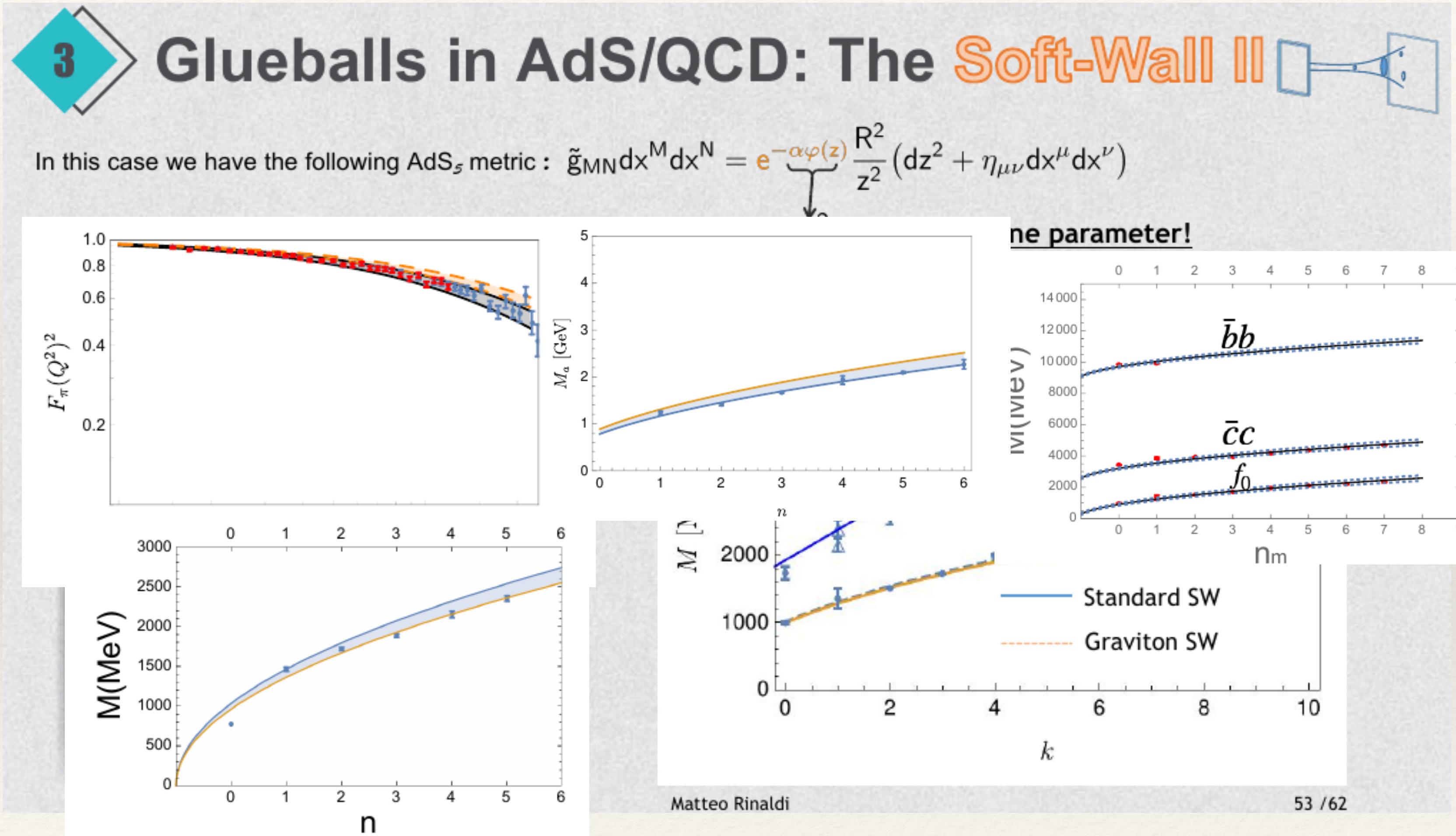
GRAVITON EoM and SPECTRUM



Mesoni:
particelle composte
da quark+ anti-quark

Barioni:
protoni, neutroni...

Cosa facciamo a Perugia?



Mesoni:
particelle composte
da quark+ anti-quark

Barioni:
protoni, neutroni...

Non siamo soli

Colleghi con i quali abbiamo collaborato e ancora collaboriamo:

Roma: Giovanni Salmè, Emanuele Pace e A. Del Dotto

Valencia (Spagna): Santiago Noguera & Vicente Vento

Dubna (Russia): Leonid Kaptari

Mexico: Aurore Courtoy

Orsay Parigi (Francia): Raphael Duprè; Samuel Wallon; J. P. Lansberg; F.A. Ceccopieri

Trento: Marco Claudio Traini, F. Pederiva, Alessandro Roggero, Alex Gnech

Trieste: Daniele Treleani

Mainz (Germania): Tomas Kasemets

Pisa: Michele Viviani

Argonne NL, Chicago (USA): Kawtar Hafidi e Whitney Armstrong

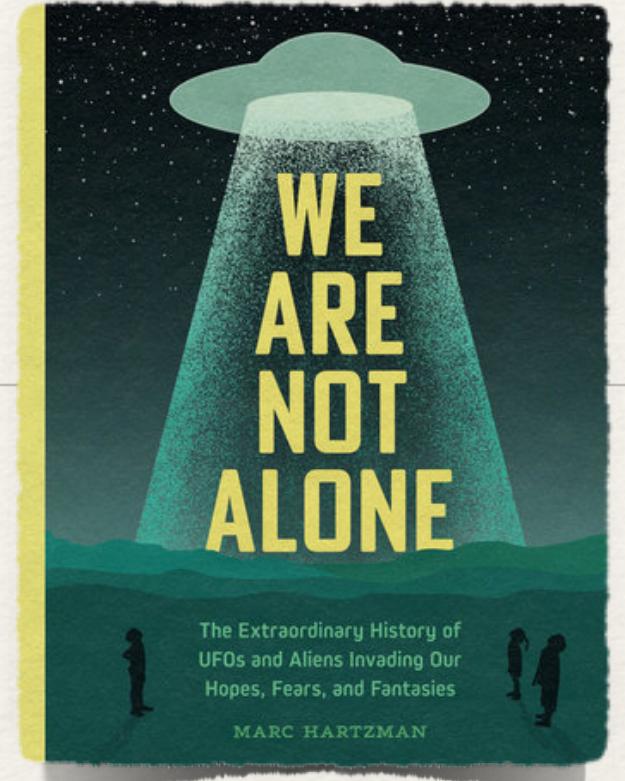
Buenos Aires (Argentina): Daniel Gomez Dumm e Norberto Scoccola

Varsavia (Polonia): Lech Szimanowsky

Penn State University (USA): Mark Strikman

San Pietroburgo (Russia): Vadim Guzey

SAO PAOLO (Brasile): Tobias Frederico



Tesi



Una tesi
magistrale
in
Fisica Nucleare
Teorica

Quali argomenti?

Struttura partonica di adroni e nuclei leggeri

Obiettivo: Interpretazione dati/proposte nuove misure.

Quanto dura?

6 mesi (a tempo pieno), da regolamento

Cosa devo sapere?

QM, RQM, QFT elementare. In aggiunta si studierà un pò di fenomenologia e tecniche di calcolo (1-2 mesi)

Cosa farò?

Calcoli analitici e numerici di osservabili (3-4 mesi). Poi c'è da scrivere (1-2 mesi)

Con chi lavorerò?

Con me (Matteo Rinaldi), Filippo Fornetti e coll.

Tesi: alcuni argomenti

Proponiamo alcuni argomenti il cui obiettivo è lo studio della struttura partonica di mesoni, nucleoni e nuclei. Faremo riferimento alla nuova generazione di esperimenti di scattering ad alta energia presso il CERN, JLab (USA), FAIR (Germania) e EIC (USA):

STRUTTURA 3D DEL NUCLEONE LEGATO DA ESPERIMENTI SU NUCLEI DI ^2H , ^3He e ^4He (DVCS, DIS...)

(collaborazione con Pisa, Roma 1 e 2, JLab (USA), Parigi (Francia),
Dubna (Russia), Varsavia (Polonia), Penn state university (USA)....)

CALCOLO DELLE DISTIBUZIONI PARTONICHE MULTIPLE MISURATE AD LHC E PROPOSTA DI MISURA PER L'EIC (bersagli nucleari e nucleonici)

(collaborazione con Orsay (Francia))

CALCOLI DI OSSERVABILI SPERIMENTALI CON MODELLI OLOGRAFICI (Soft-wall AdS/QCD), PER STUDIARE MESONI, NUCLEONI E GLUEBALLS

(collaborazione con Valencia (Spagna))

Tesi: pubblicazioni

M.Rinaldi

F.Fratini

S.Fucini

G.Perna

F.Fornetti

E.Proietti

PHYSICAL REVIEW C 85, 062201(R) (2012)

Neutron orbital structure from generalized parton distributions of ^3He

M. Rinaldi^{*} and S. Scopetta[†]

Dipartimento di Fisica, Università degli Studi di Perugia, and Istituto Nazionale di Fisica Nucleare Sezione di Perugia, via A. Pascoli 06100 Perugia, Italy

(Received 16 April 2012; published 27 June 2012)

The generalization of the quark-parton model to nuclei is based on the assumption that the nuclear structure is built up by the neutron and proton degrees of freedom. In this paper we study the neutron orbital structure of the nucleus ^3He by the analysis of the generalized parton distributions (GPDs) extracted from the available experimental data. The GPDs are obtained by fitting the structure functions of the deuteron and the triton. The results are compared with the predictions of the quark model analysis of the Sivers function.

DOI: 10.1103/PhysRevC.85.062201

PHYSICAL REVIEW D 78, 034002 (2008)

Quark model analysis of the Sivers function

A. Courtoy,¹ F. Fratini,² S. Scopetta,^{2,3,*} and V. Vento^{1,4}

¹Dipartimento de Física Teórica, Universitat de València and Institut de Física Corpuscular, Consell Superior de Investigaciones Científicas 46100 Burjassot (València), Spain

²Dipartimento di Fisica, Università degli Studi di Perugia, via A. Pascoli 06100 Perugia, Italy

³INFN, sezione di Perugia, via A. Pascoli 06100 Perugia, Italy

⁴TH-Division, PH Department, CERN, CH-1211 Geneva 23, Switzerland

(Received 28 January 2008; revised 18 May 2008; published 14 June 2008)

We develop a formalism to evaluate the Sivers function for nuclei which use constituent quark models to describe the nucleon. The scheme is performed and applied to the nucleus ^3He , which is consistent with a sizable Sivers effect for the deuteron and an opposite one for the triton. This pattern is in agreement with the parameter dependent generalized parton distributions to a large extent. We estimate the QCD evolution of the Sivers function at the experimental one and obtain reasonable results.

PHYSICAL REVIEW C 98, 015203 (2018)

Coherent deeply virtual Compton scattering off ^4He

Sara Fucini,¹ Sergio Scopetta,¹ and Michele Viviani²

¹Dipartimento di Fisica e Geologia, Università degli Studi di Perugia, and INFN Sezione di Perugia, via A. Pascoli, I-06123 Perugia, Italy

²INFN-Pisa, 56127 Pisa, Italy

(Received 18 May 2018; published 12 July 2018)

Coherent deeply virtual Compton scattering (CDVCS) off the ^4He nucleus is studied in impulse approximation. A nuclear generalized parton distribution (GPD) is derived in terms of the ^4He one-body GPD of the struck nucleon. A model of the nuclear nondiagonal spectral function corresponding to the Argonne 18 nucleon-nucleon interaction, is used. Impulse approximation results are reproduced, in proper limits, for the nuclear GPD distributions. The nuclear generalized parton distribution and the Compton form factor are calculated using a well-known generalized parton distribution model. An analysis of the data recently published by the EG6 experiment at the Jefferson Lab is performed. Calculations are addressed and will be necessary for the expected improvements at JLab with the 12-GeV electron beam and high luminosity.

PHYSICAL REVIEW C 110, L031303 (2024)

Letter

^3He spin-dependent structure functions within the relativistic light-front Hamiltonian dynamics

Eleonora Proietti^{1,2}, Filippo Fornetti^{1,3}, Emanuele Pace^{1,2}, Matteo Rinaldi^{1,3,*}, Giovanni Salmè^{1,4}, and Sergio Scopetta^{1,2,†}

¹Dipartimento di Fisica e Geologia, Università degli Studi di Perugia, INFN Sezione di Perugia, Via A. Pascoli, 06123 Perugia, Italy

²Università di Roma Tor Vergata, Via della Ricerca Scientifica 1, 00133 Rome, Italy

³Istituto Nazionale di Fisica Nucleare Sezione di Perugia, Via A. Pascoli, 06123 Perugia, Italy

⁴Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Sezione di Roma, Piazzale A. Moro 2, 00185 Rome, Italy

(Received 19 March 2024; accepted 20 June 2024; published 24 September 2024)



Contents lists available at ScienceDirect

Physics Letters B

journal homepage: www.elsevier.com/locate/physletb

Letter

The EMC effect for few-nucleon bound systems in light-front Hamiltonian dynamics

Filippo Fornetti^a, Emanuele Pace^b, Matteo Rinaldi^{a,1,*}, Giovanni Salmè^c, Sergio Scopetta^{a,1}, Michele Viviani^d

^a Dipartimento di Fisica e Geologia, Università degli Studi di Perugia and Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Sezione di Perugia, via A. Pascoli, I - 06123 Perugia, Italy

^b Università di Roma "Tor Vergata", Via della Ricerca Scientifica 1, 00133 Rome, Italy

^c Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Sezione di Roma, Piazzale A. Moro 2, 00185 Rome, Italy

^d Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Sezione di Pisa, Lungarno Pacinotti 43, 56127 Pisa, Italy

GRAZIE PER L'ATENZIONE!!

