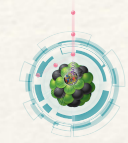


Dr. Matteo Rinaldi

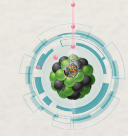
La Fisica Adronica e Nucleare a Perugia



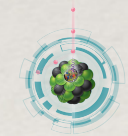
Indice



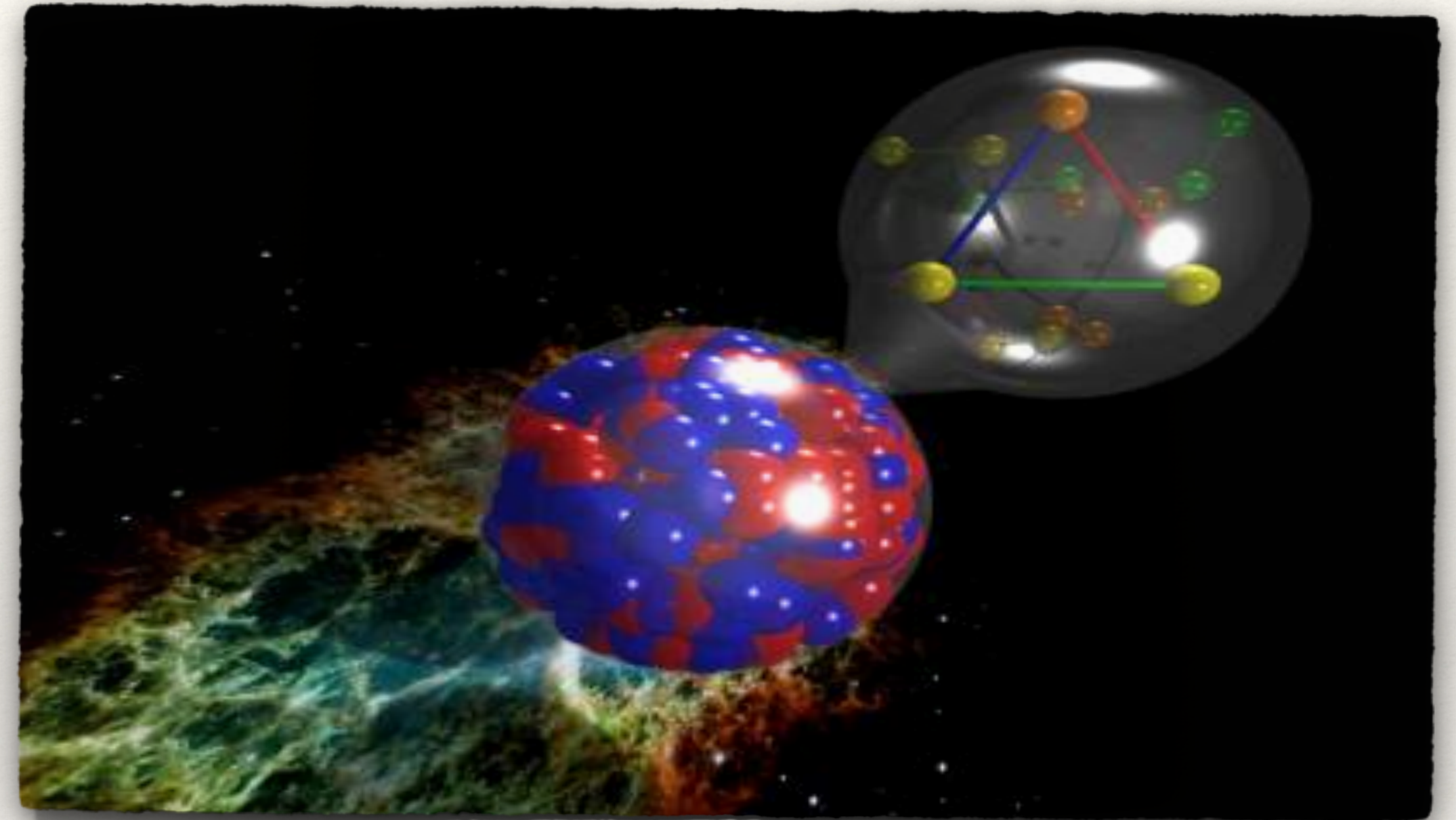
Cosa studiamo a Perugia



Cosa vuol dire una tesi in
Fisica Adronica e Nucleare (a Perugia)

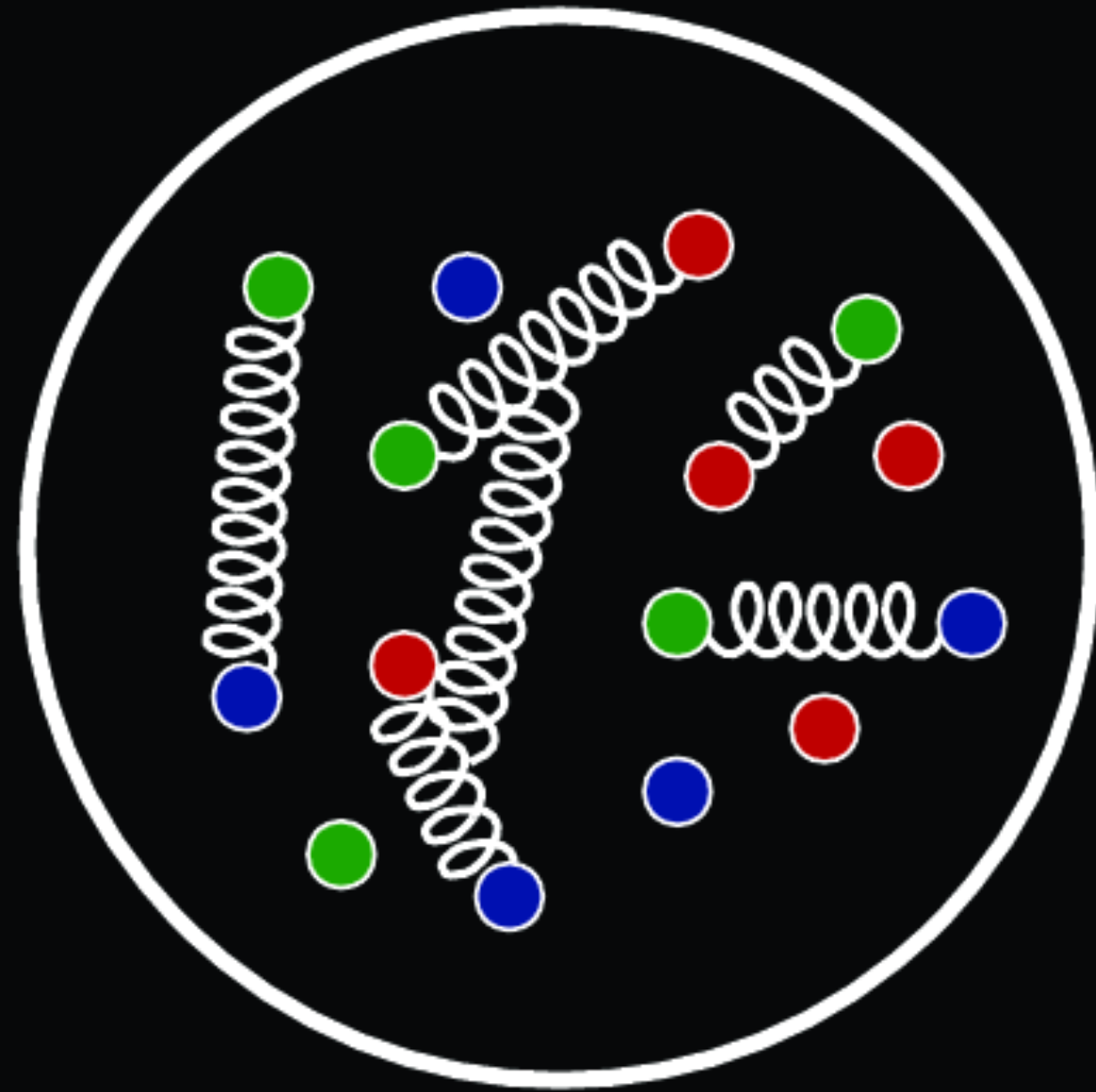


Alcuni possibili argomenti di tesi



Protoni e Neutroni in 3D

Obiettivo a lungo termine:
Capire la QCD e il confinamento



A. Bacchetta/INFN12

- ✧ 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

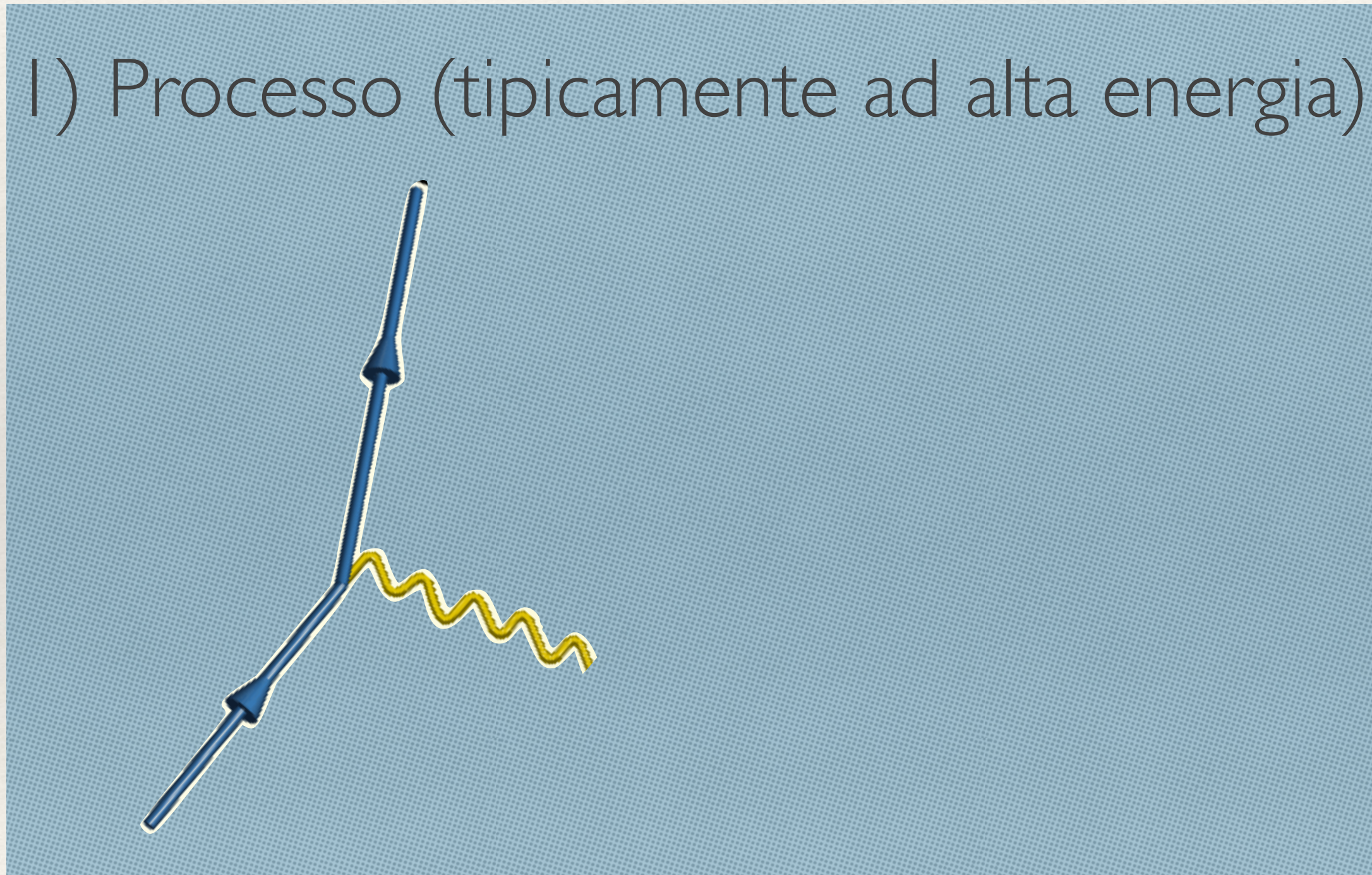
Cromo-dinamica quantistica (QCD) è (ad oggi) la teoria che meglio descrive l'interazione forte (70') **Ma** i problemi sopra elencati non possono essere descritti dalla teoria stessa a causa dell'elevata "non-linearità" della stessa!



Protoni e Neutroni in 3D

L'approccio attuale a questi problemi:

I) Processo (tipicamente ad alta energia)



Protoni e Neutroni in 3D

L'approccio attuale a questi problemi:



Protoni e Neutroni in 3D

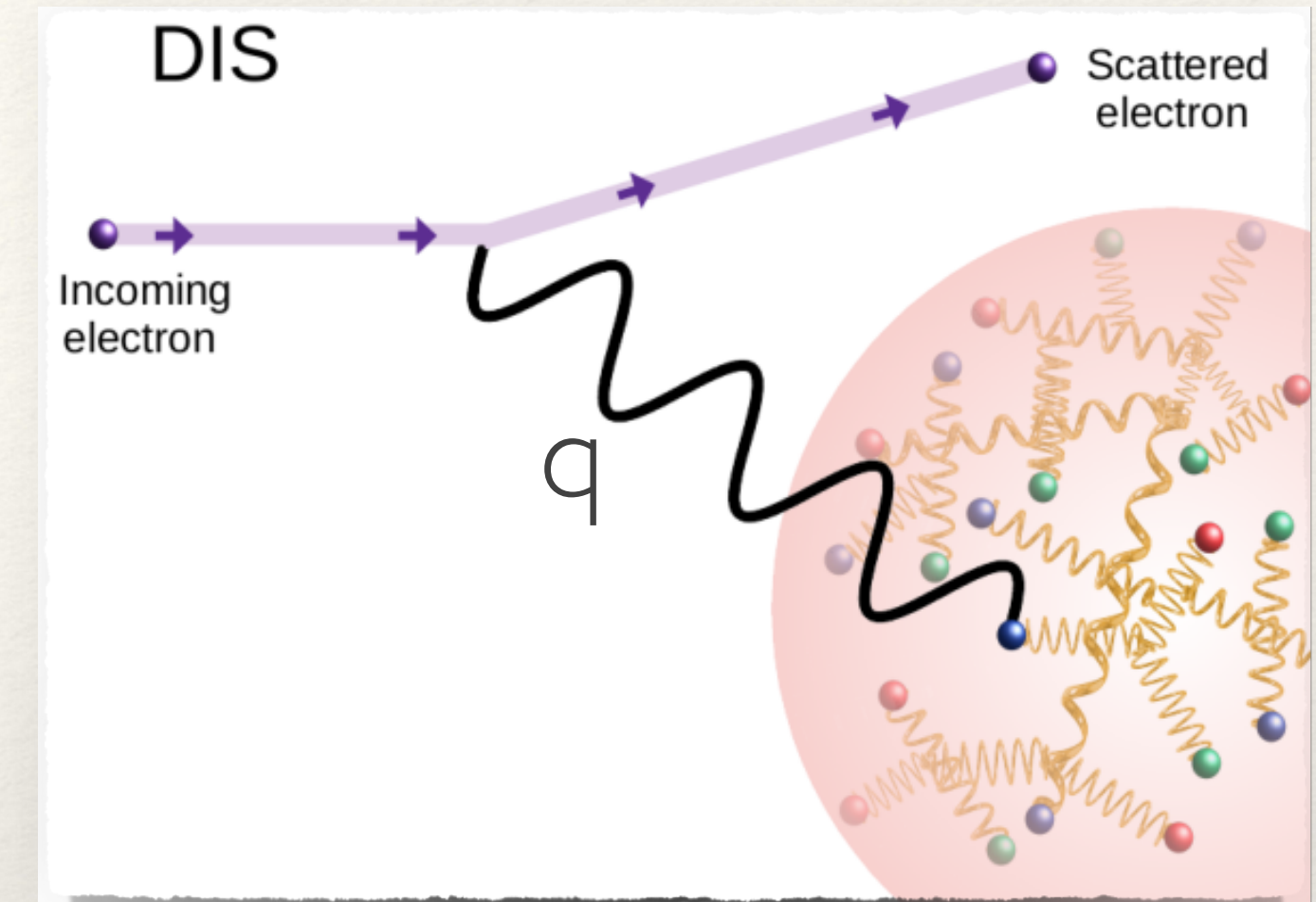
L'approccio attuale a questi problemi:



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: $q=(\nu,0,0,-q)$ 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

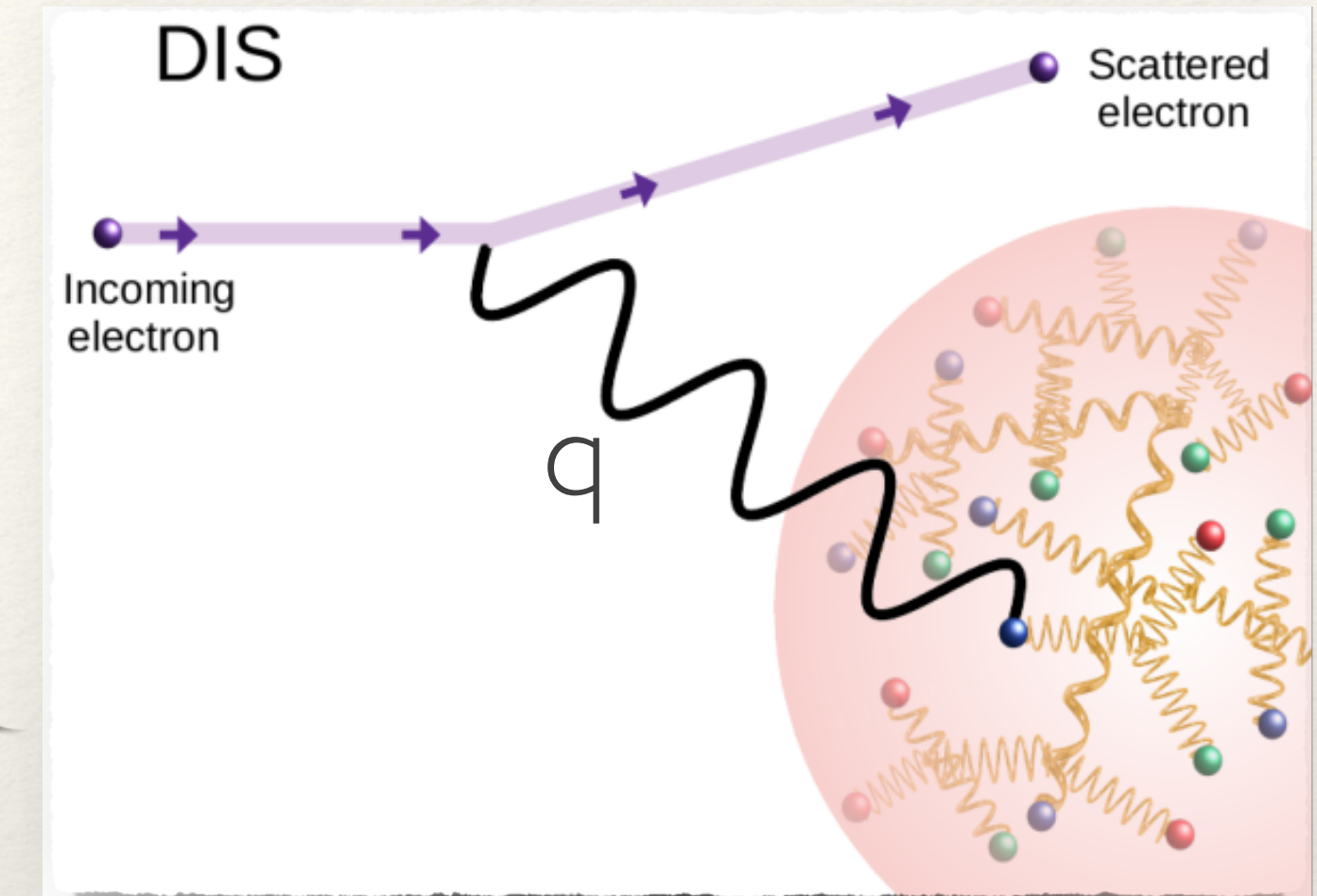
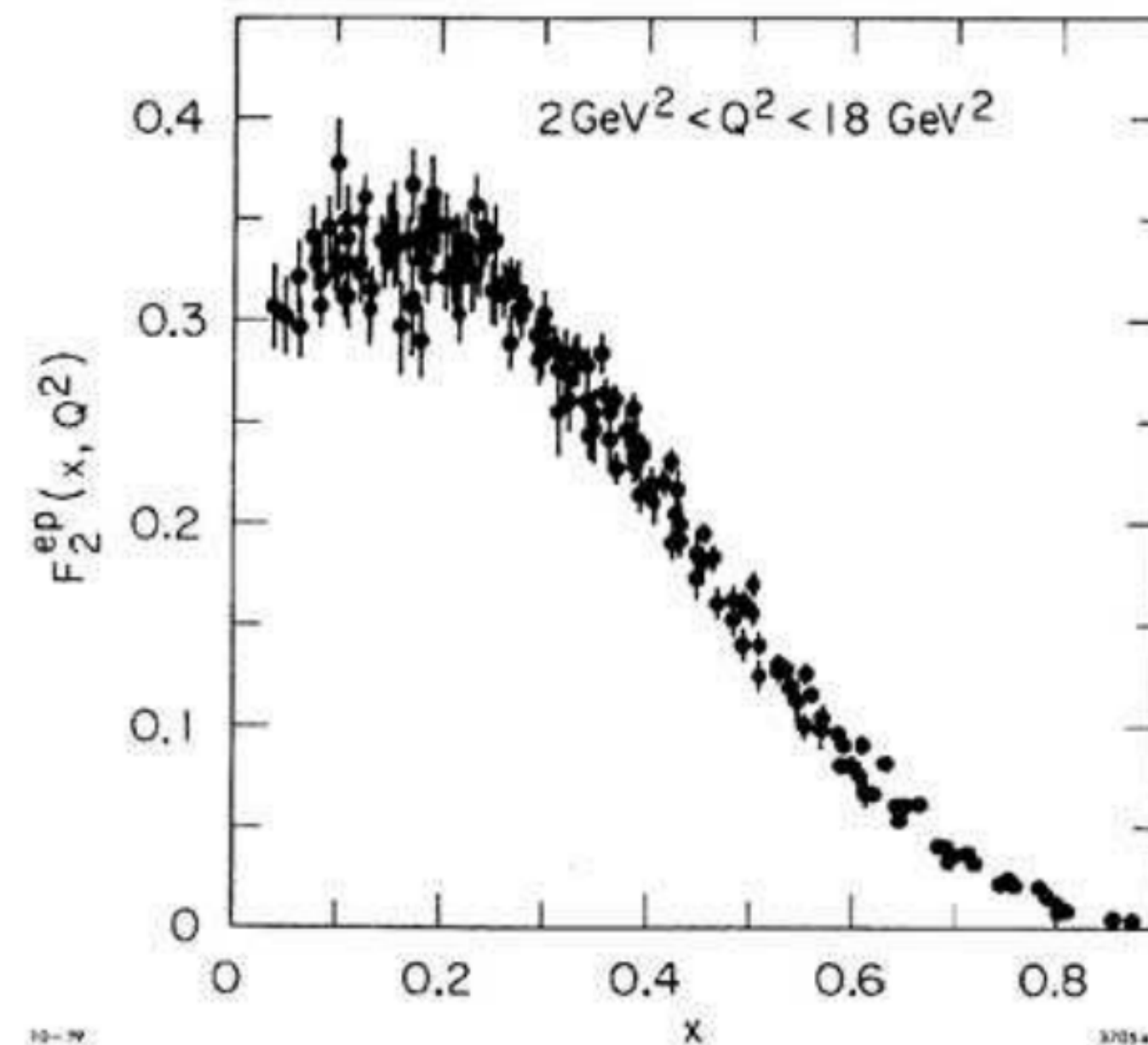
$f_q(x)$ = distribuzione partonica (PDF)

$x = \frac{Q^2}{2P_A \cdot q}$ 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: $q=(\nu,0,0,-q)$ 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

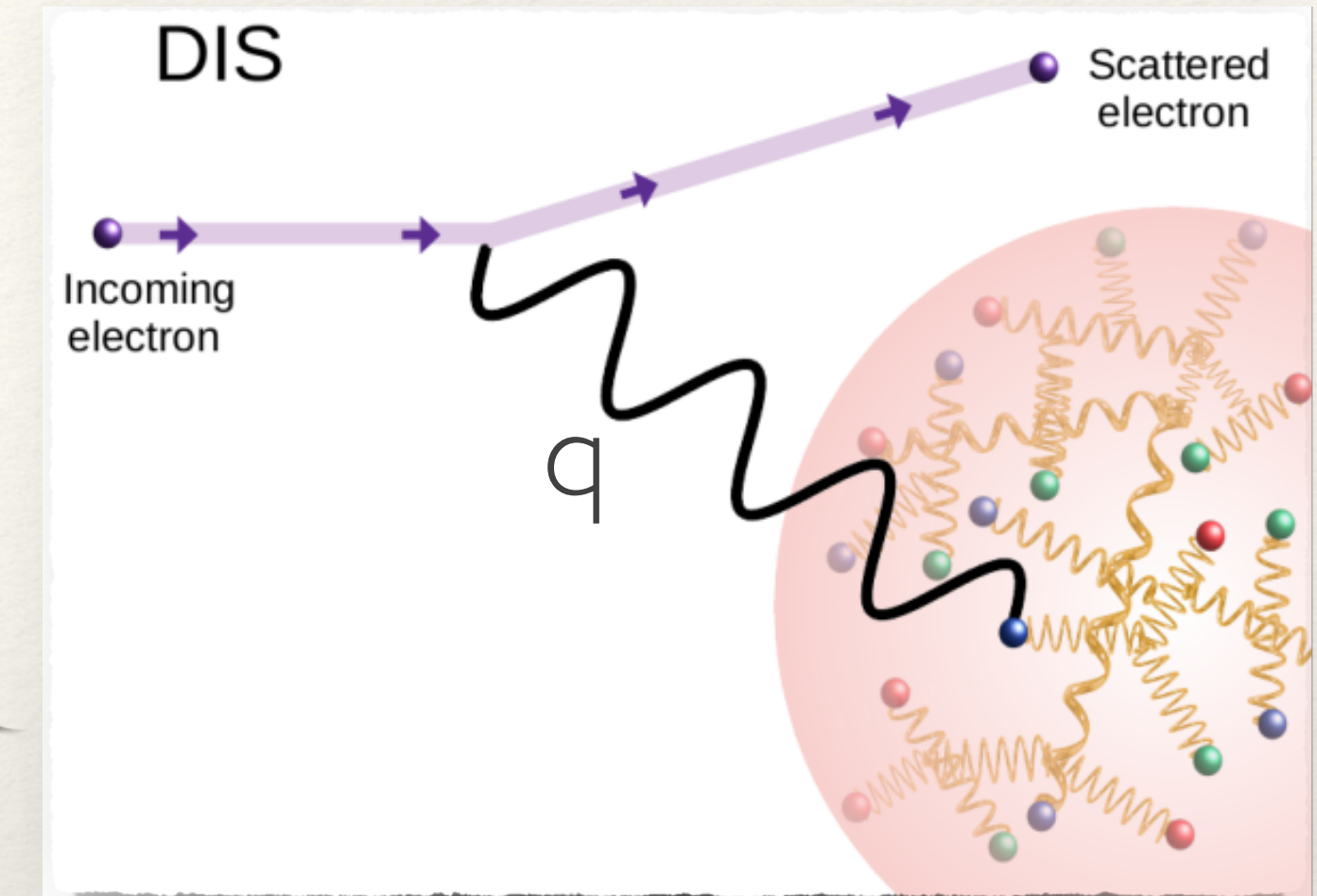
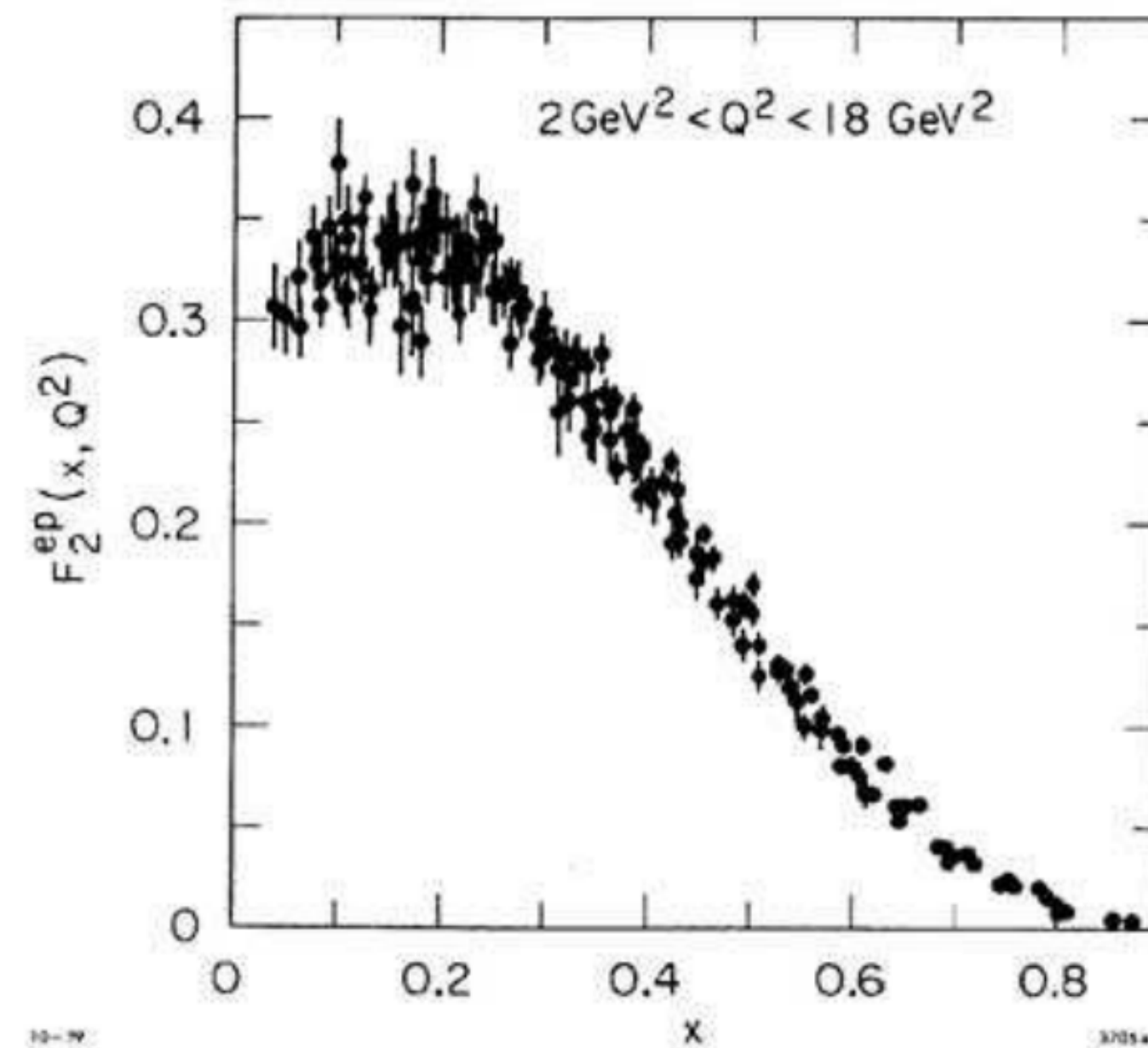
$f_q(x)$ = distribuzione partonica (PDF)

$x = \frac{Q^2}{2P_A \cdot q}$ 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: $q=(\nu,0,0,-q)$ 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

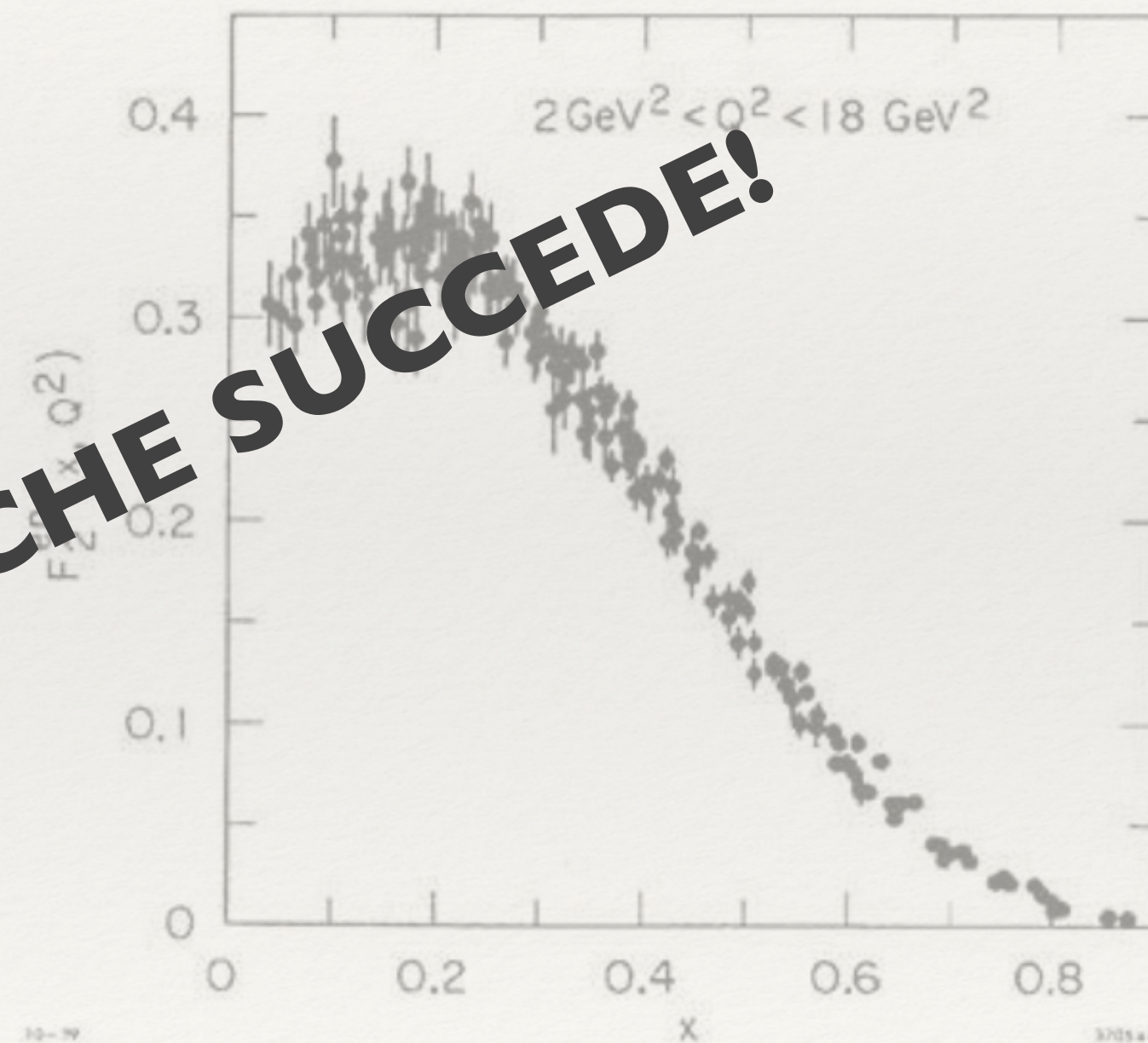
$f_q(x)$ = distribuzione partonica (PDF)

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

● $x = \frac{Q^2}{2M_A \nu}$ (LAB);

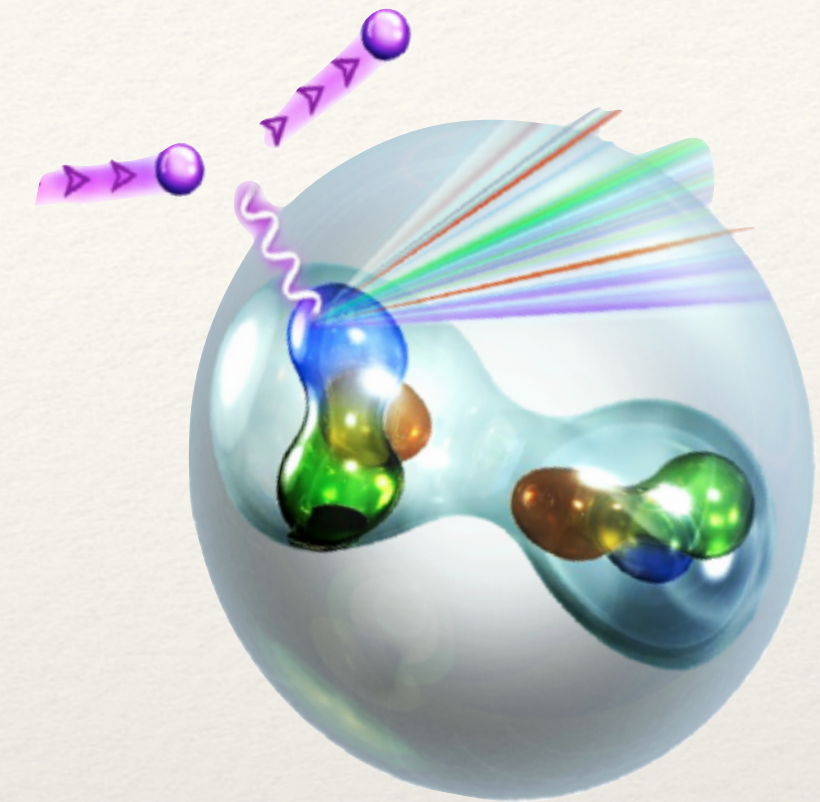
● x = frazione di momento del bersaglio portata dal quark. nell' *Infinite Momentum Frame* (IMF) ($p_z \rightarrow \infty$)

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

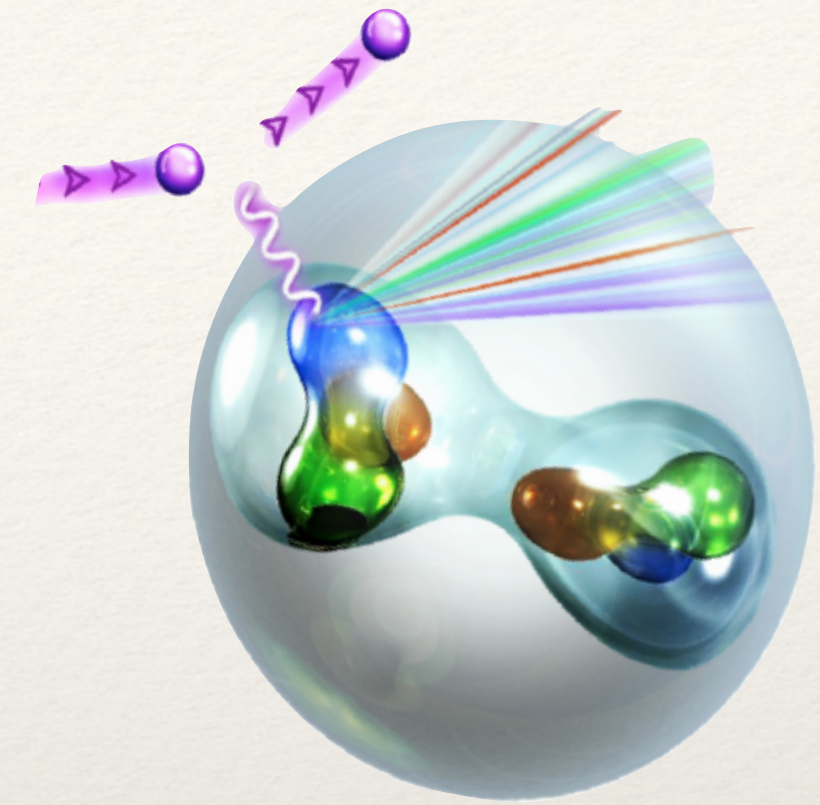
Consideriamo la **diffusione profondamente anelastica** (DIS) se il bersaglio (NUCLEO), nel sistema del laboratorio (LAB) allora il momento trasferito: $q=(v,0,0,-q)$ per grandi q :



Protoni e Neutroni in 3D: quark e gluoni

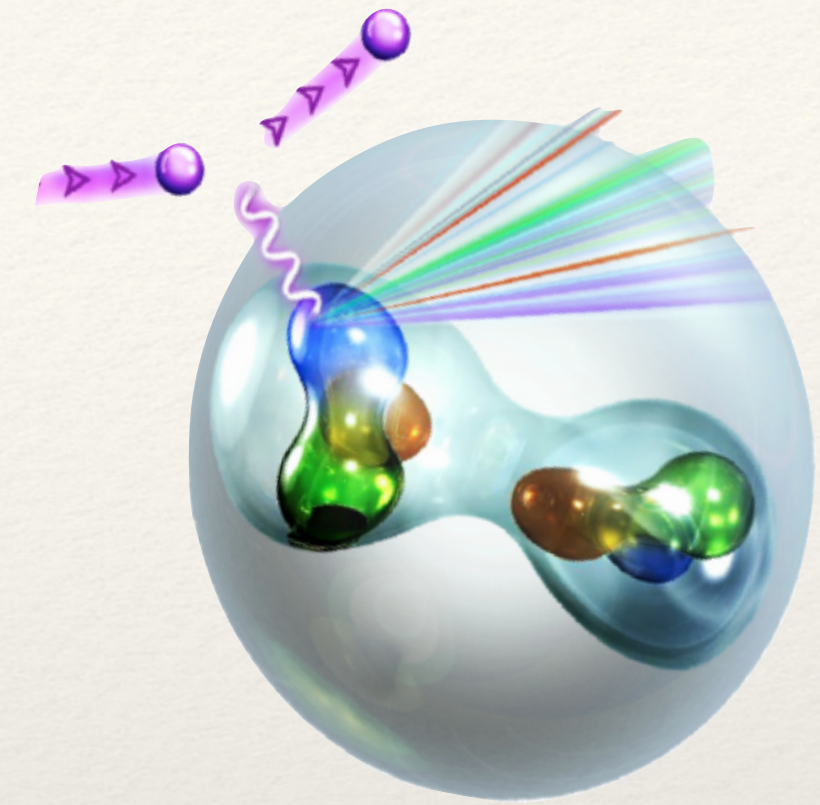
Consideriamo la **diffusione profondamente anelastica** (DIS) se il bersaglio (NUCLEO), nel sistema del laboratorio (LAB) allora il momento trasferito: $q=(v,0,0,-q)$ per grandi q :

(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!

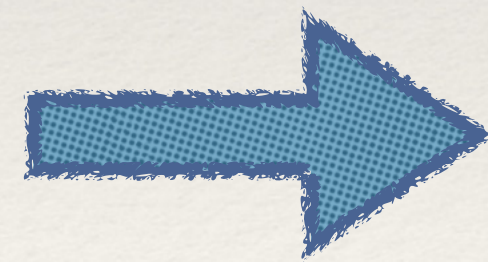
Protoni e Neutroni in 3D: quark e gluoni

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

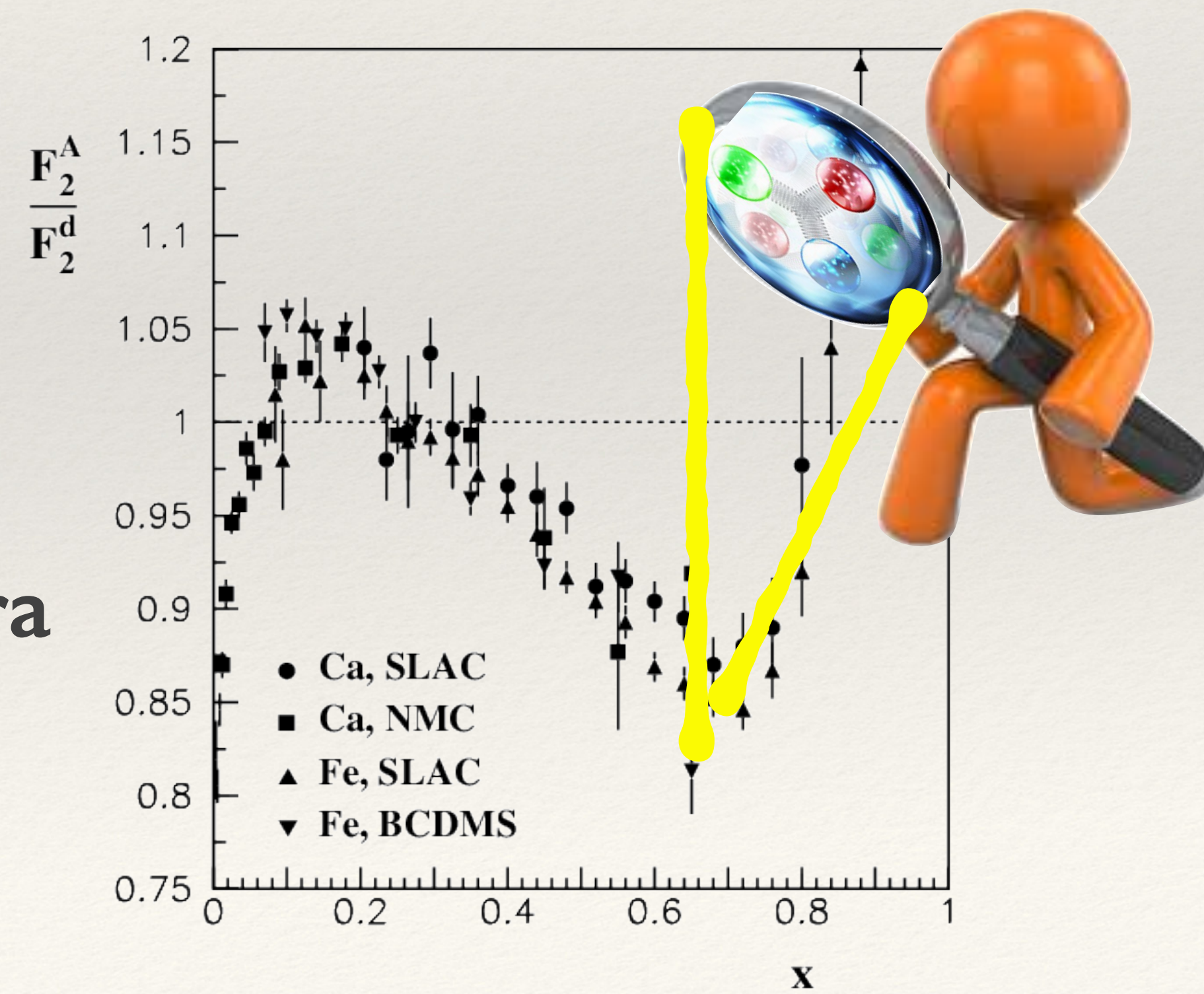
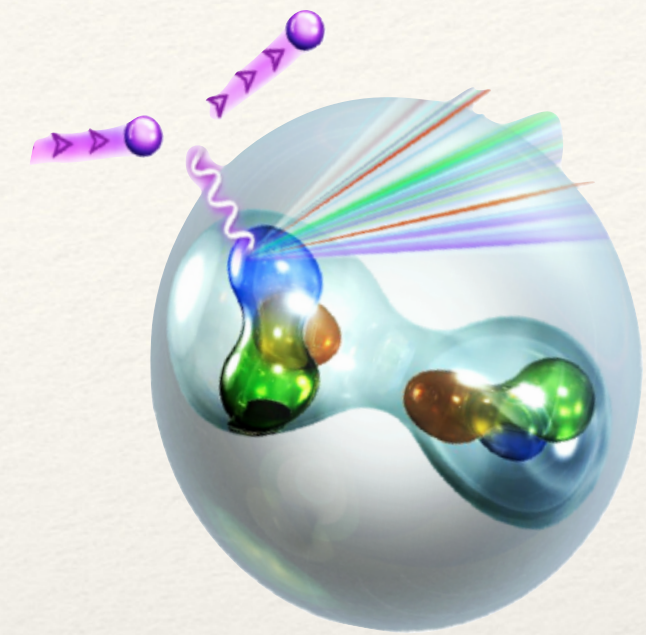
(EMC coll., CERN 1983) e studiamo il rapporto tra le sezioni d'urto per un nucleone legato in un nucleo e per il deuterio libero. **A grandi energie (più grandi di energia media di legame)** ci si aspetta che il rapporto sia 1

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 bersaglio (NUCLEO) nel sistema del laboratorio (LAB)
allora

Dopo tanti anni ancora non abbiamo una
spiegazione chiara!

(EMC) sezio
durto per un nucleone legato in un nucleo e
per il nucleone libero. A grandi energie (più grandi di

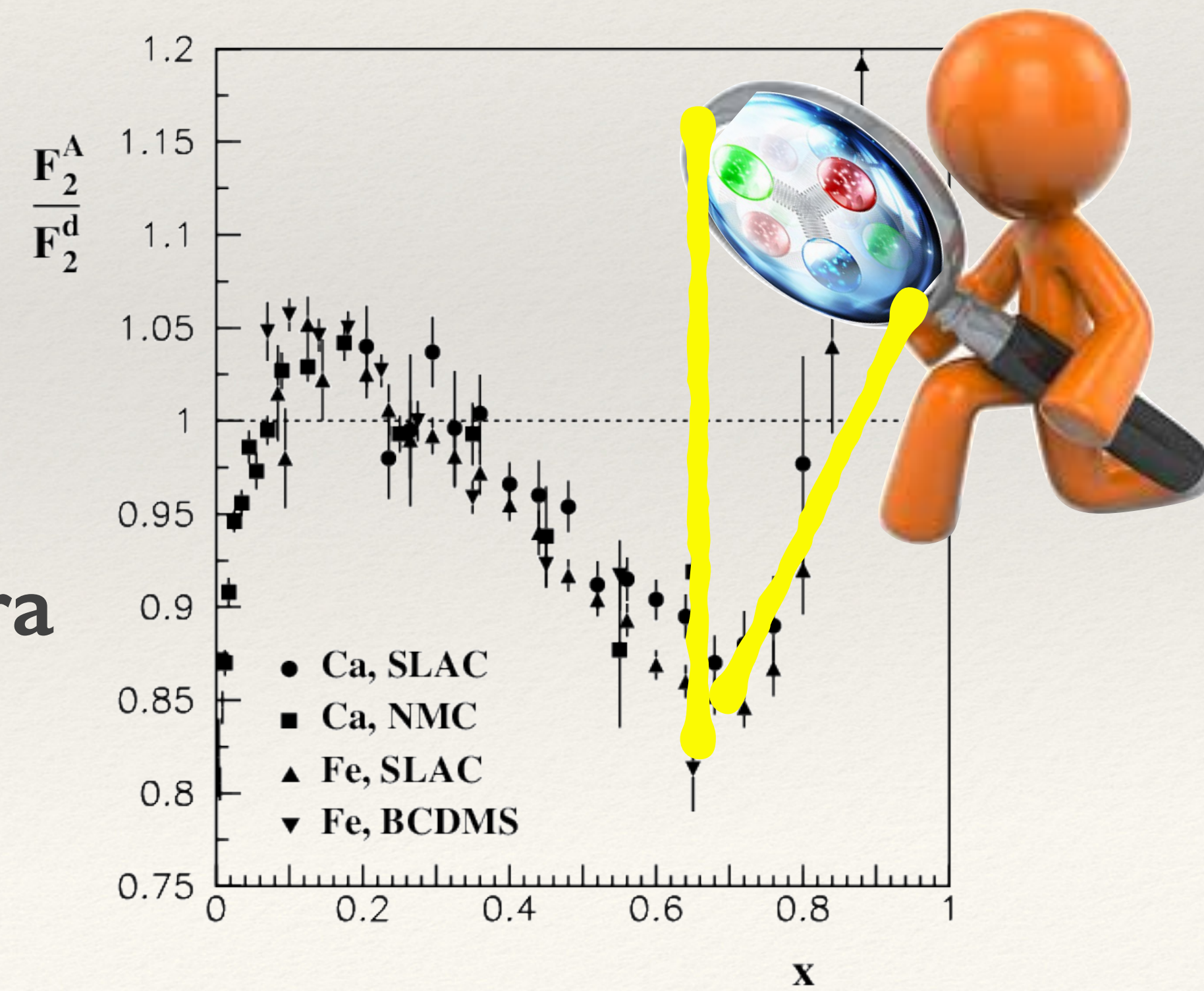
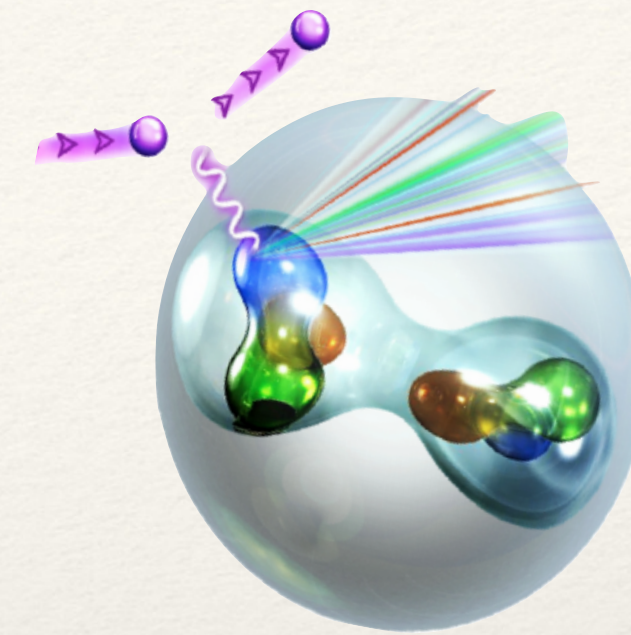
energia
sia I
Se c

modelli, ma sono molto complicati!

nei v

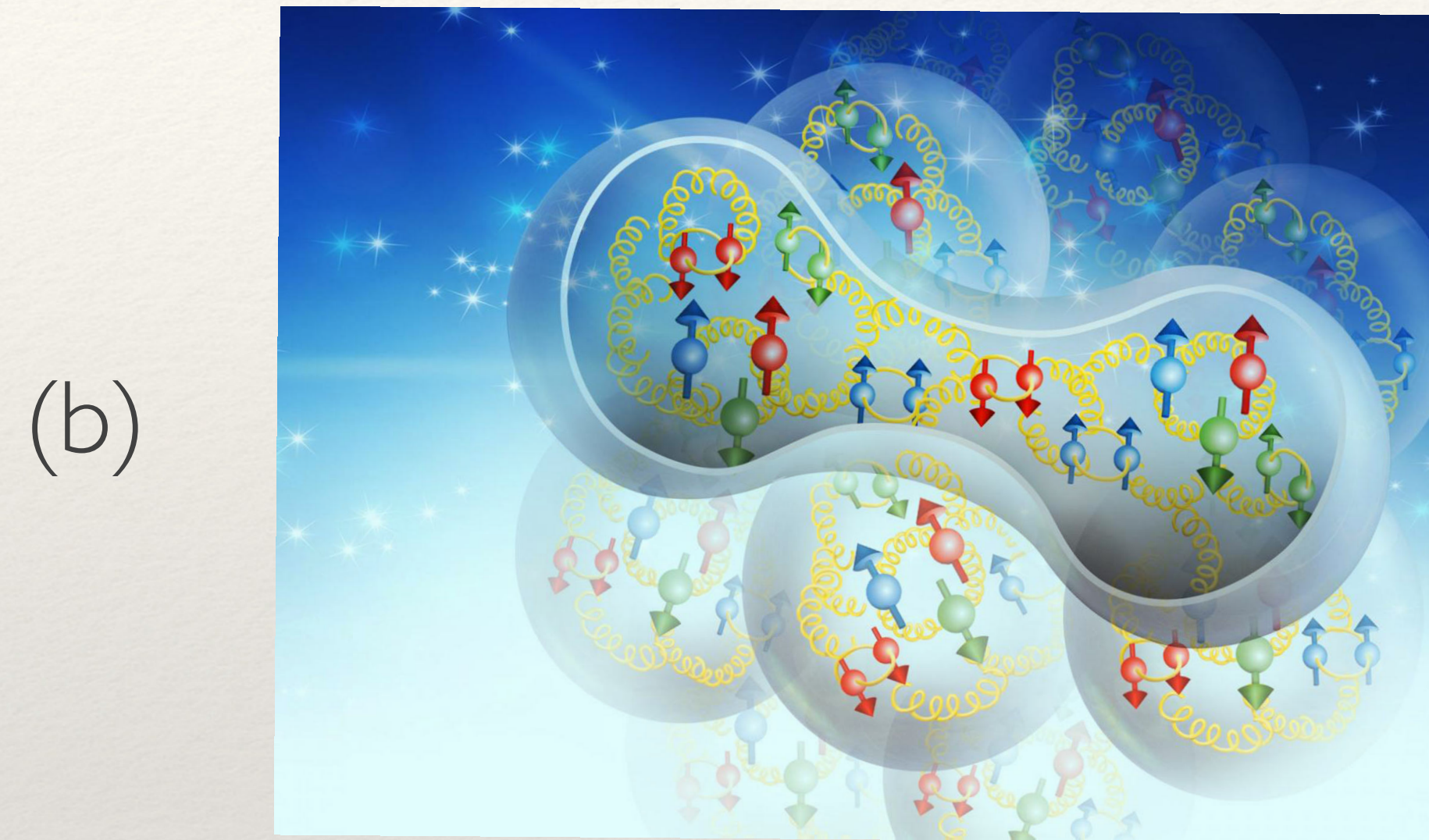
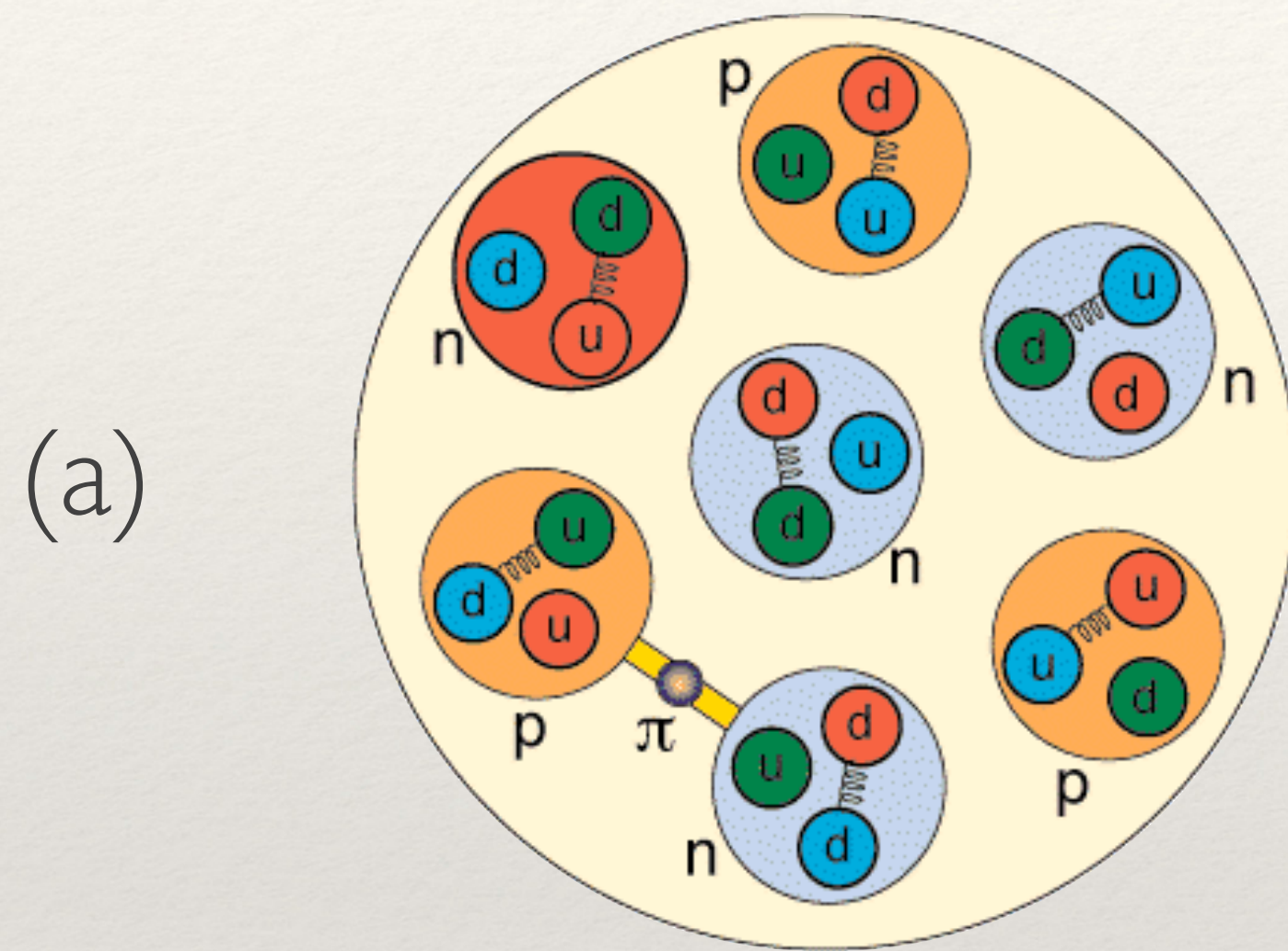
Il rapporto non fa 1!

**Modifica della struttura
dei nucleoni legati**



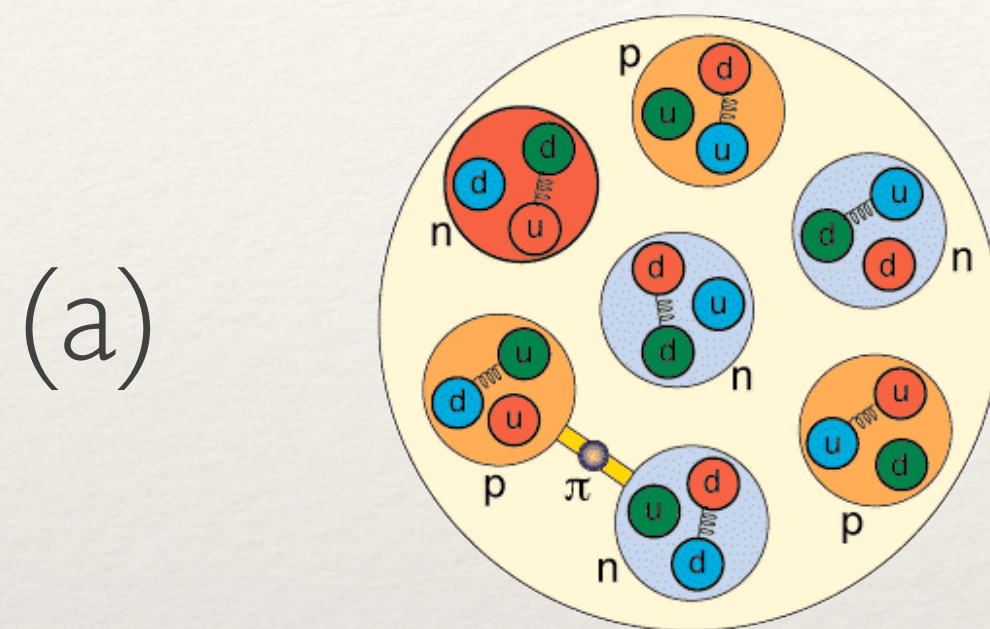
Soluzione all'effetto EMC?

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

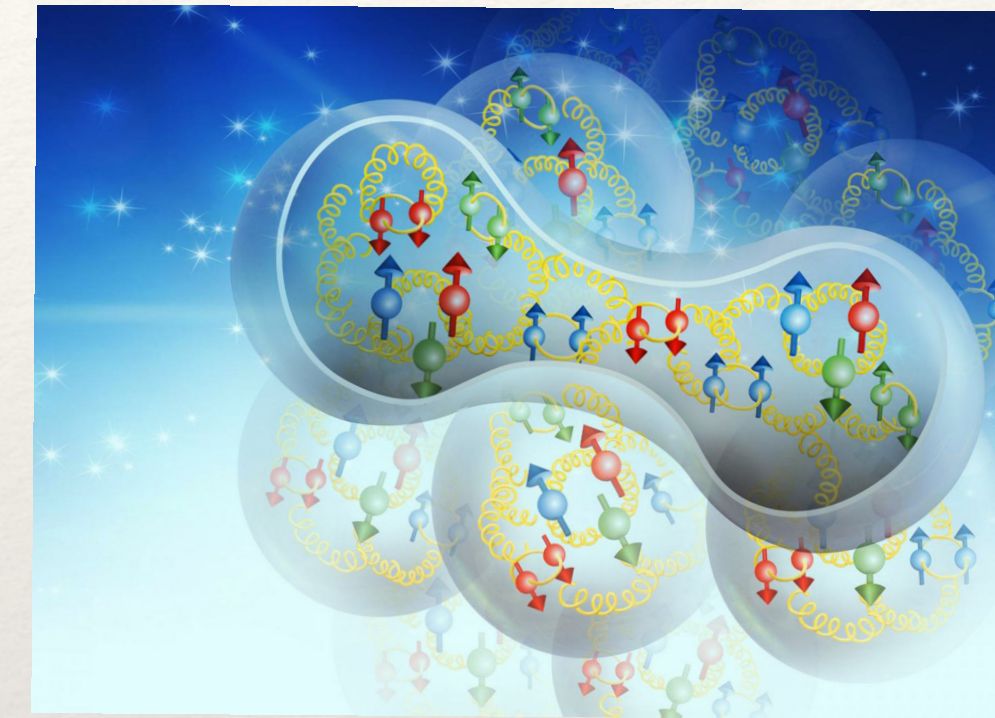


Soluzione all'effetto EMC?

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

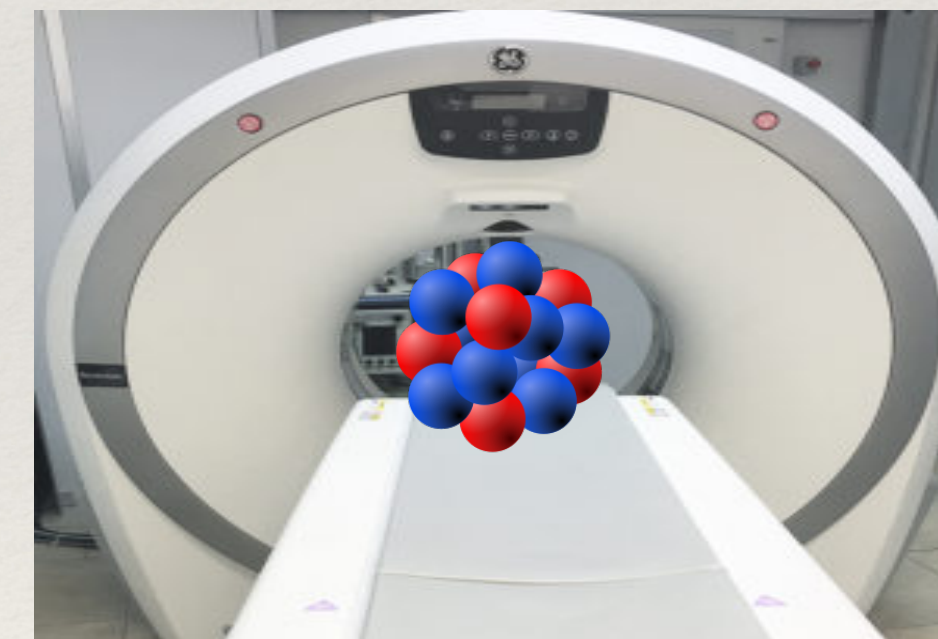


(b)



Per rispondere serve fargli una TOMOGRAFIA.

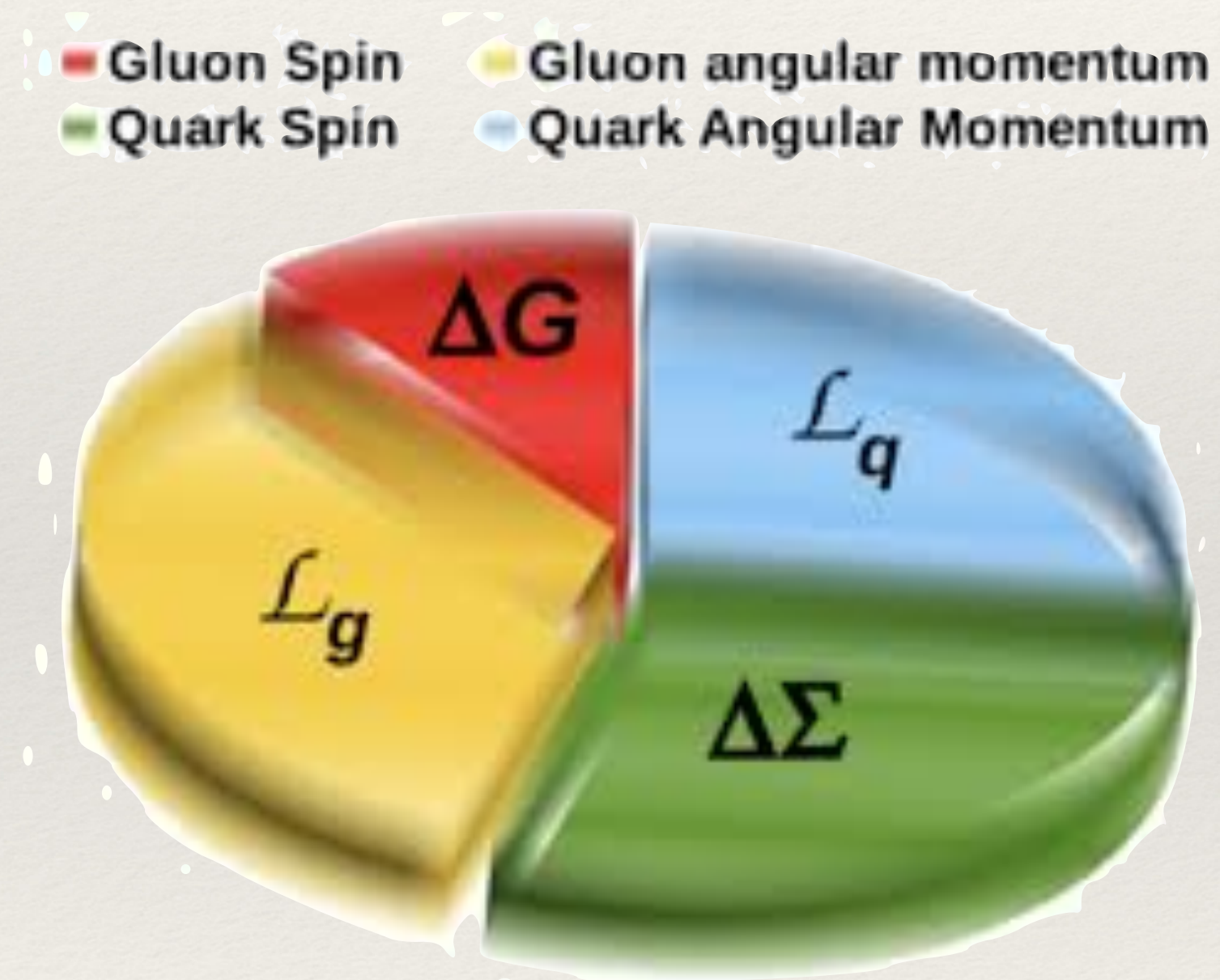
Si può fare! Possiamo studiare processi come: **Deeply Virtual Compton Scattering (DVCS)** e ottenere info riguardo le **distribuzioni partoniche generalizzate (GPDs)**. Difficili misure ed analisi ma oggi possibile in vari laboratori!



La crisi dello SPIN del protone

Questo è un problema 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!

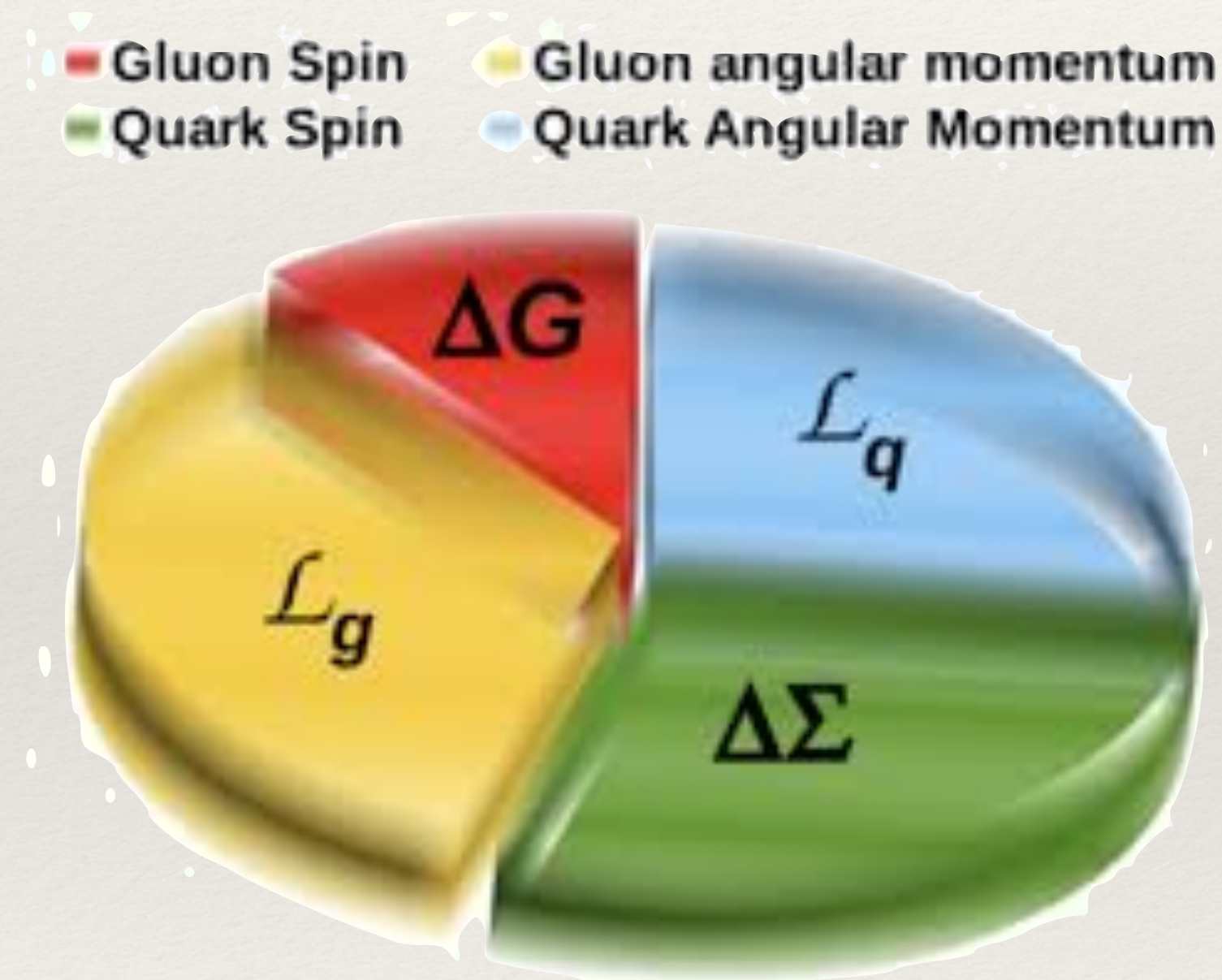


$$S_p = \frac{1}{2} = \frac{1}{2} \Delta \Sigma + \Delta G + \mathcal{L}_q + \mathcal{L}_G$$

La crisi dello SPIN del protone

Questo è un problema 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!



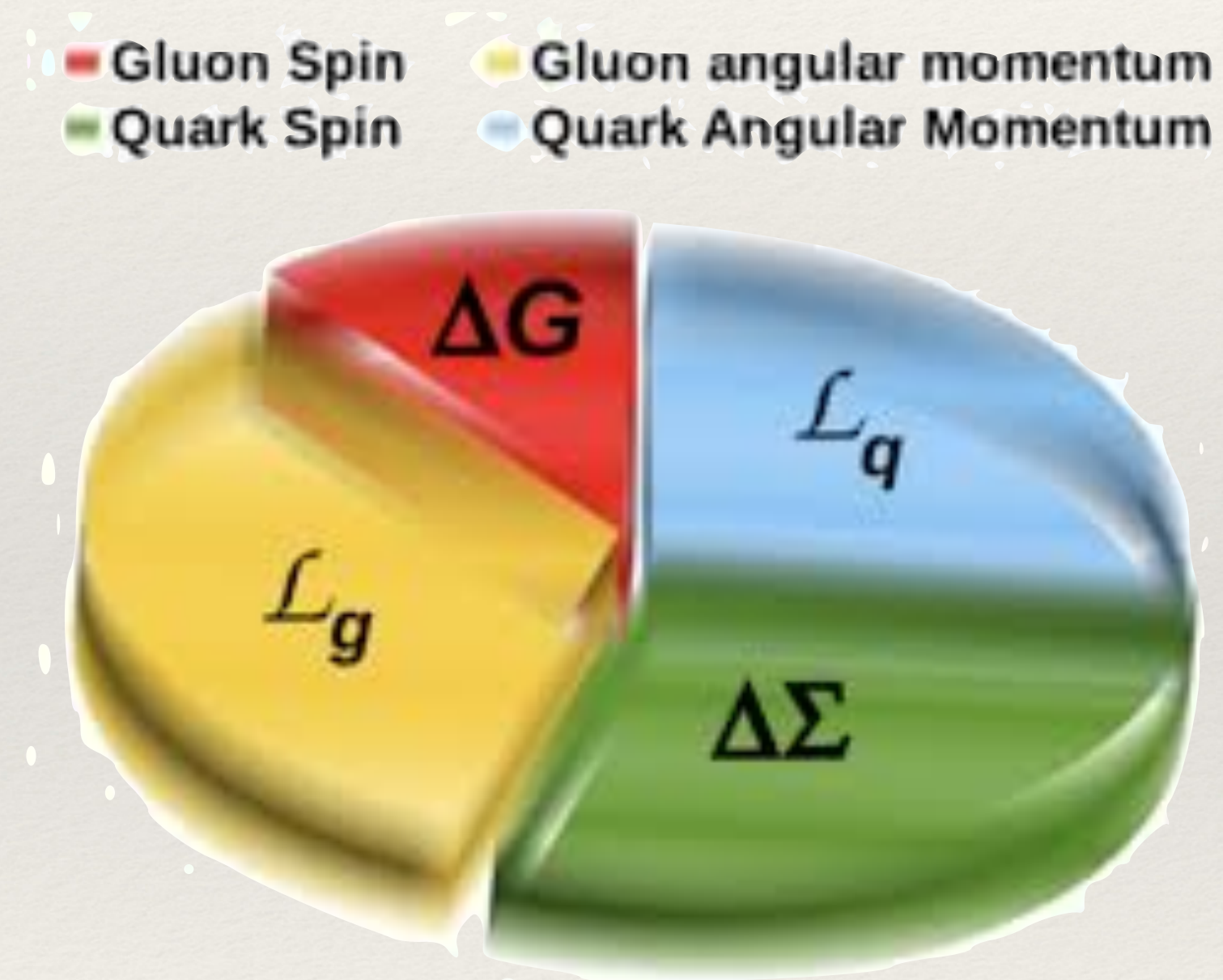
$$S_p = \frac{1}{2} = \frac{1}{2} \boxed{\Delta\Sigma} + \Delta G + \mathcal{L}_q + \mathcal{L}_G$$

Dagli esperimenti si estrae il contributo di elicità dei quark!

La crisi dello SPIN del protone

Questo 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!



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

Dagli esperimenti si estrae il contributo di elicità dei quark!

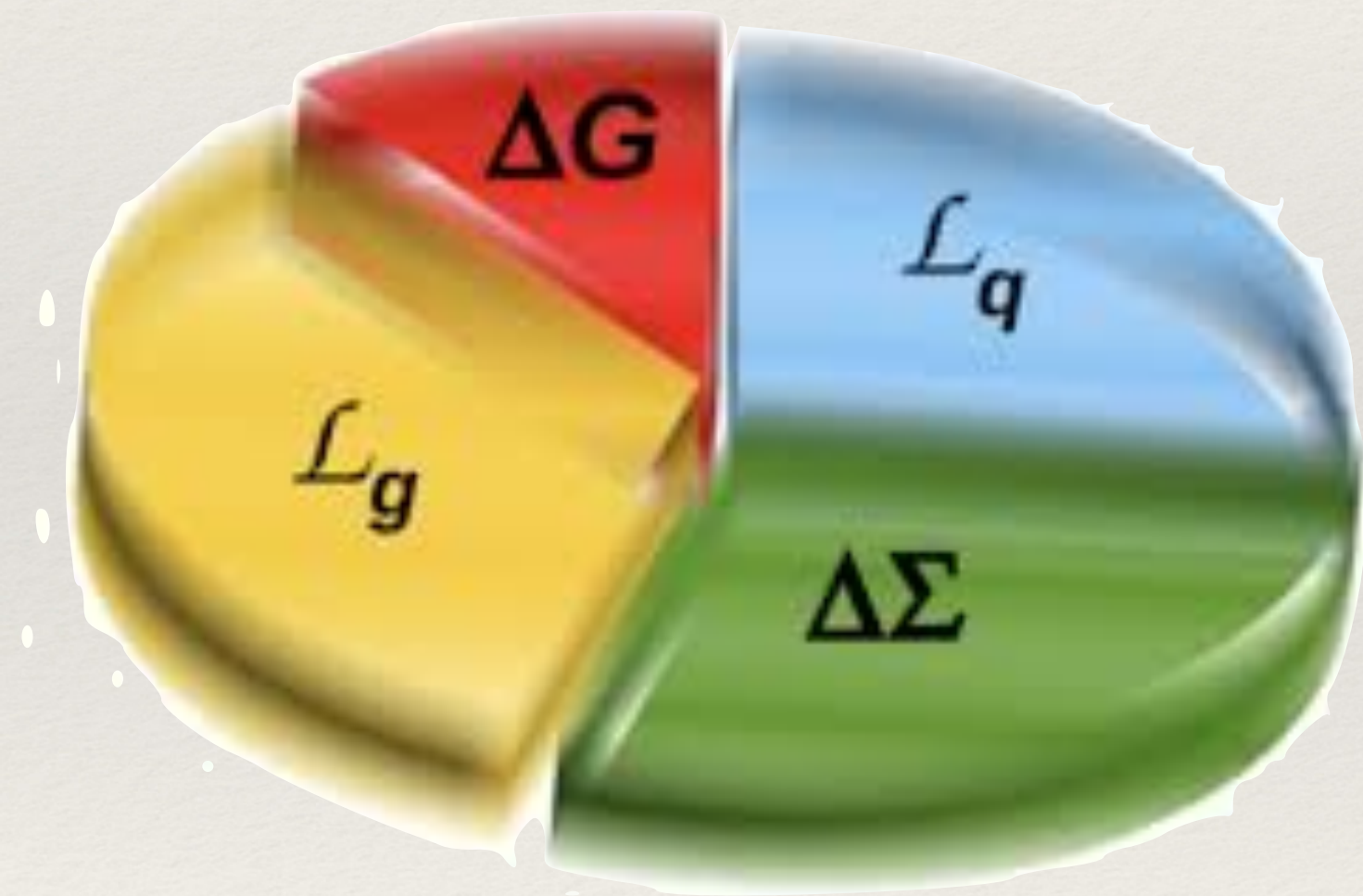
E' circa il 30% !! Il resto????

La crisi dello SPIN del protone

Questo è un problema 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 ■ Gluon angular momentum
■ Quark Spin ■ Quark Angular Momentum



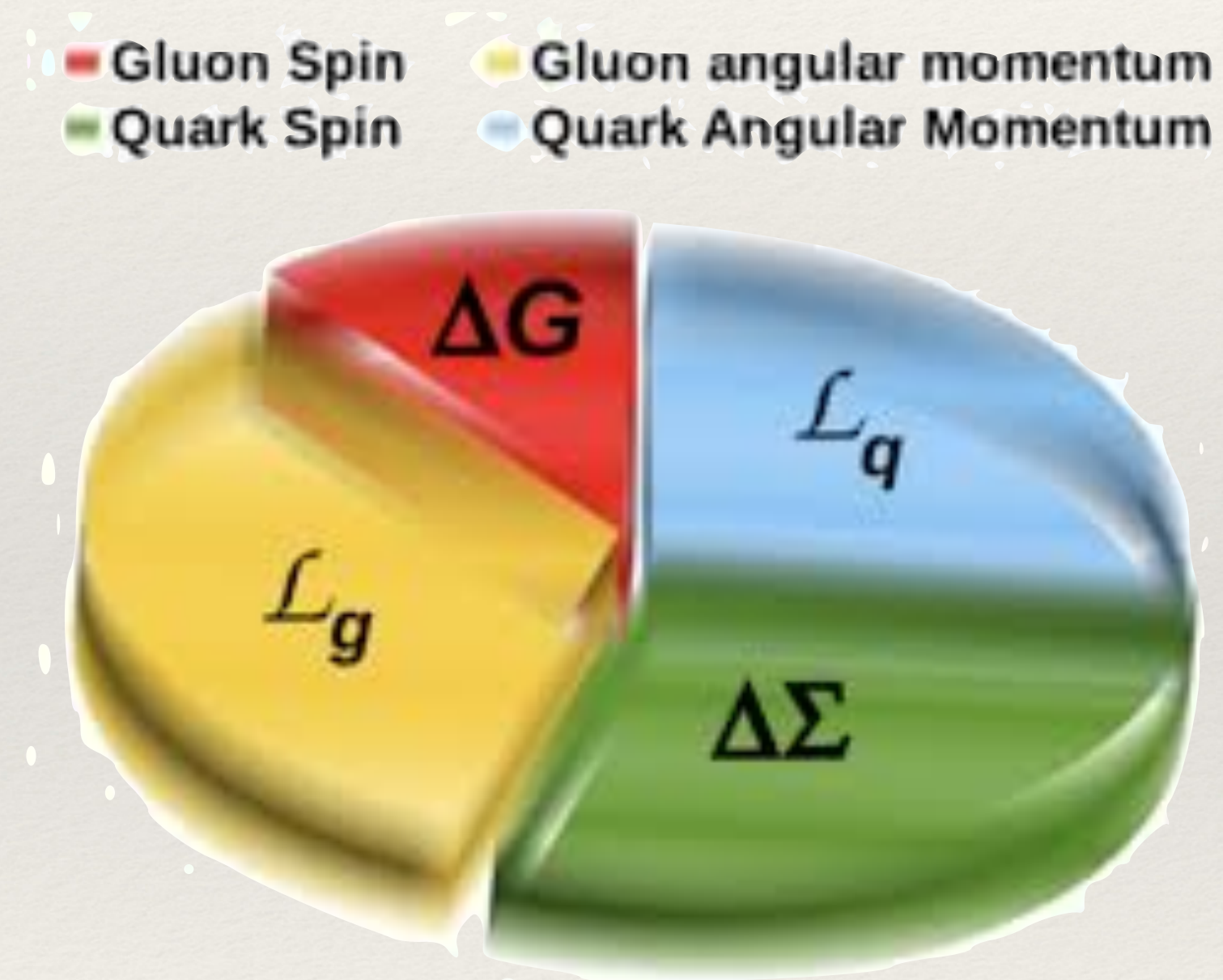
$$S_p = \frac{1}{2} = \frac{1}{2}\Delta\Sigma + \Delta G + \boxed{\mathcal{L}_q} + \mathcal{L}_G$$

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!

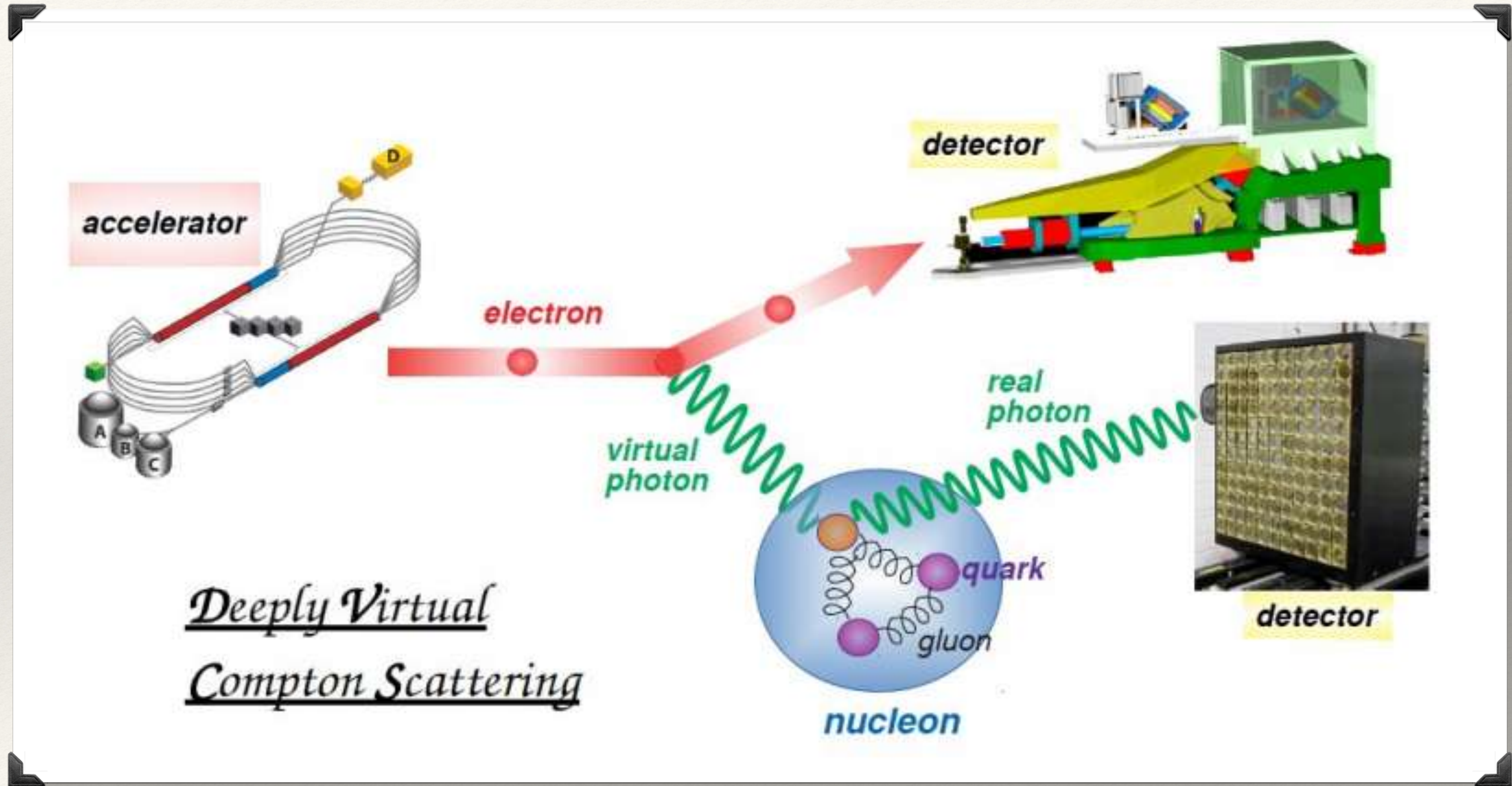


$$S_p = \frac{1}{2} = \frac{1}{2}\Delta\Sigma + \Delta G + \boxed{\mathcal{L}_q} + \mathcal{L}_G$$

Come otteniamo il momento angolare orbitale?

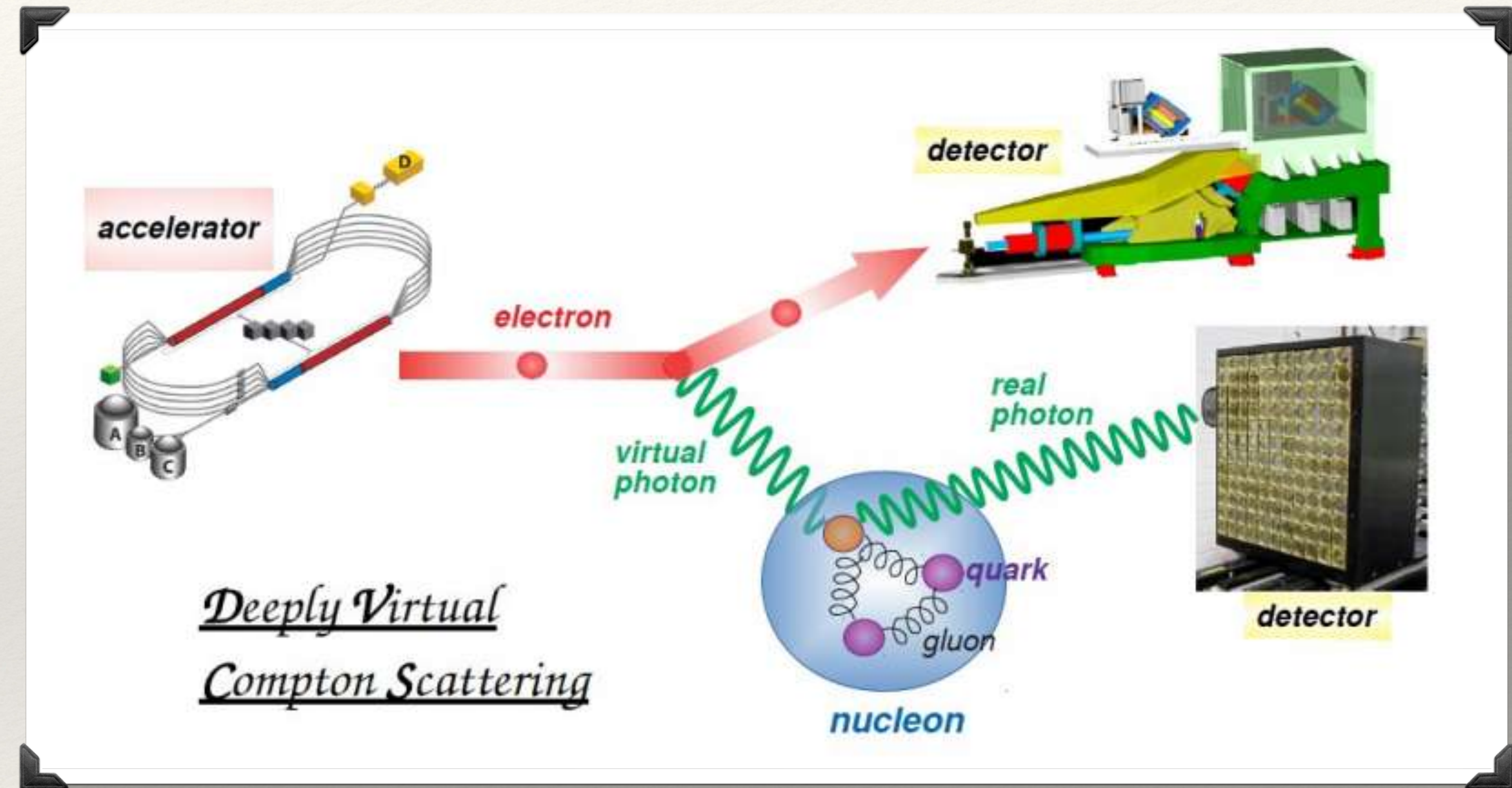
Anche qui con il DVCS

DVCS in laboratorio



DVCS in laboratorio

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

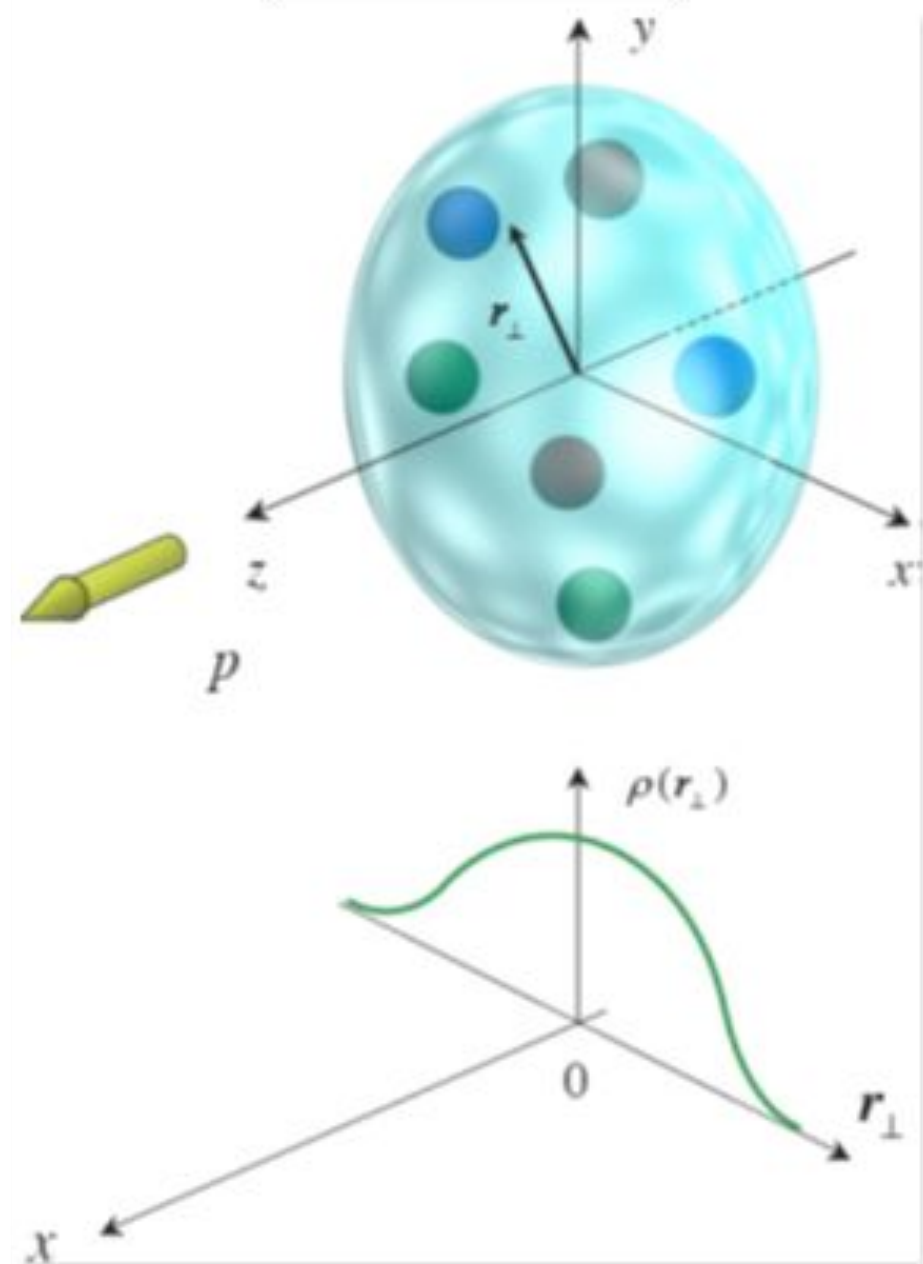


DVCS e struttura 3D degli adroni

3D imaging of the nucleon

Tool: Generalised Parton Distributions

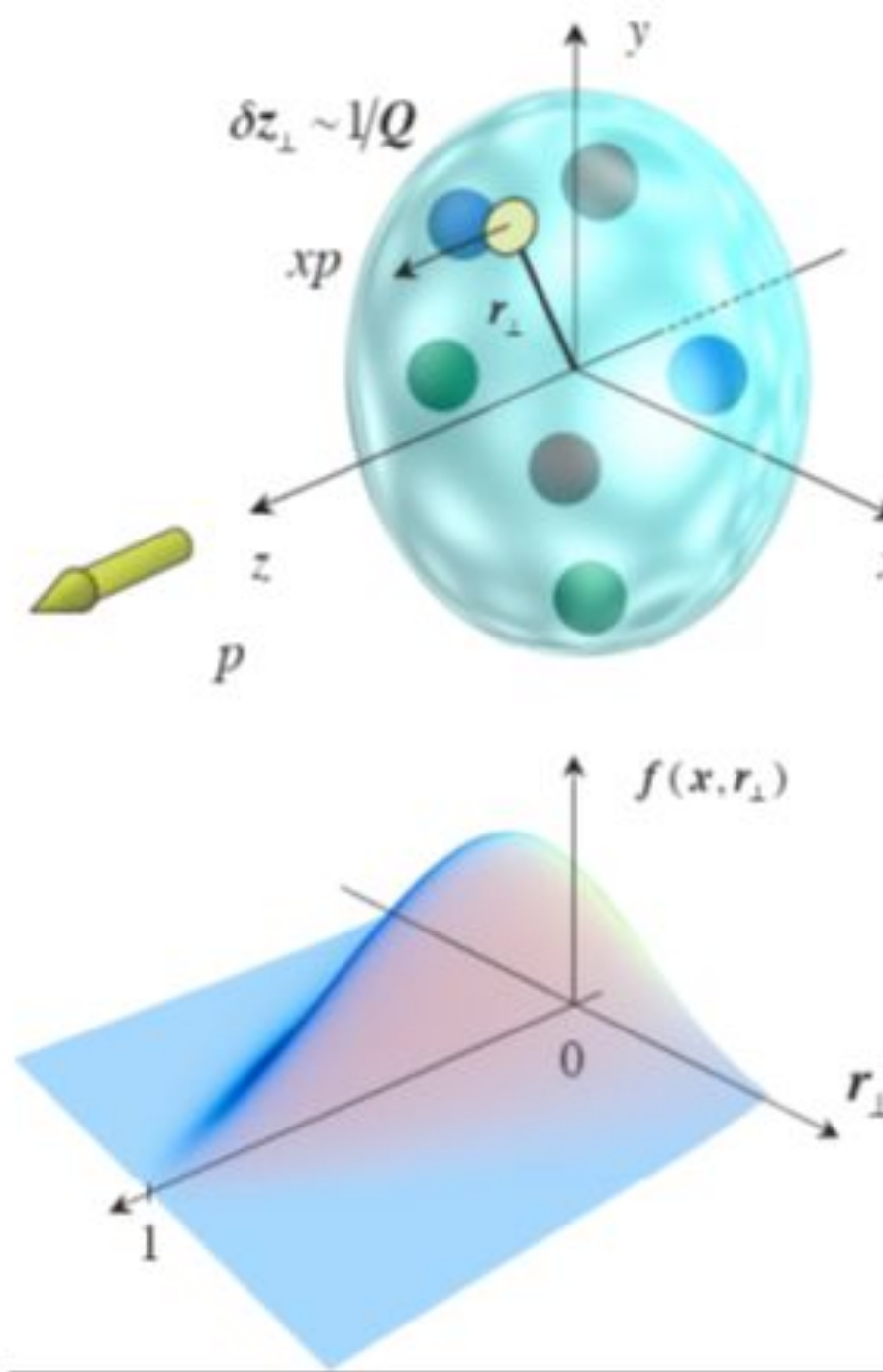
Form factors:



Fourier transform of e.g. a radial charge distribution

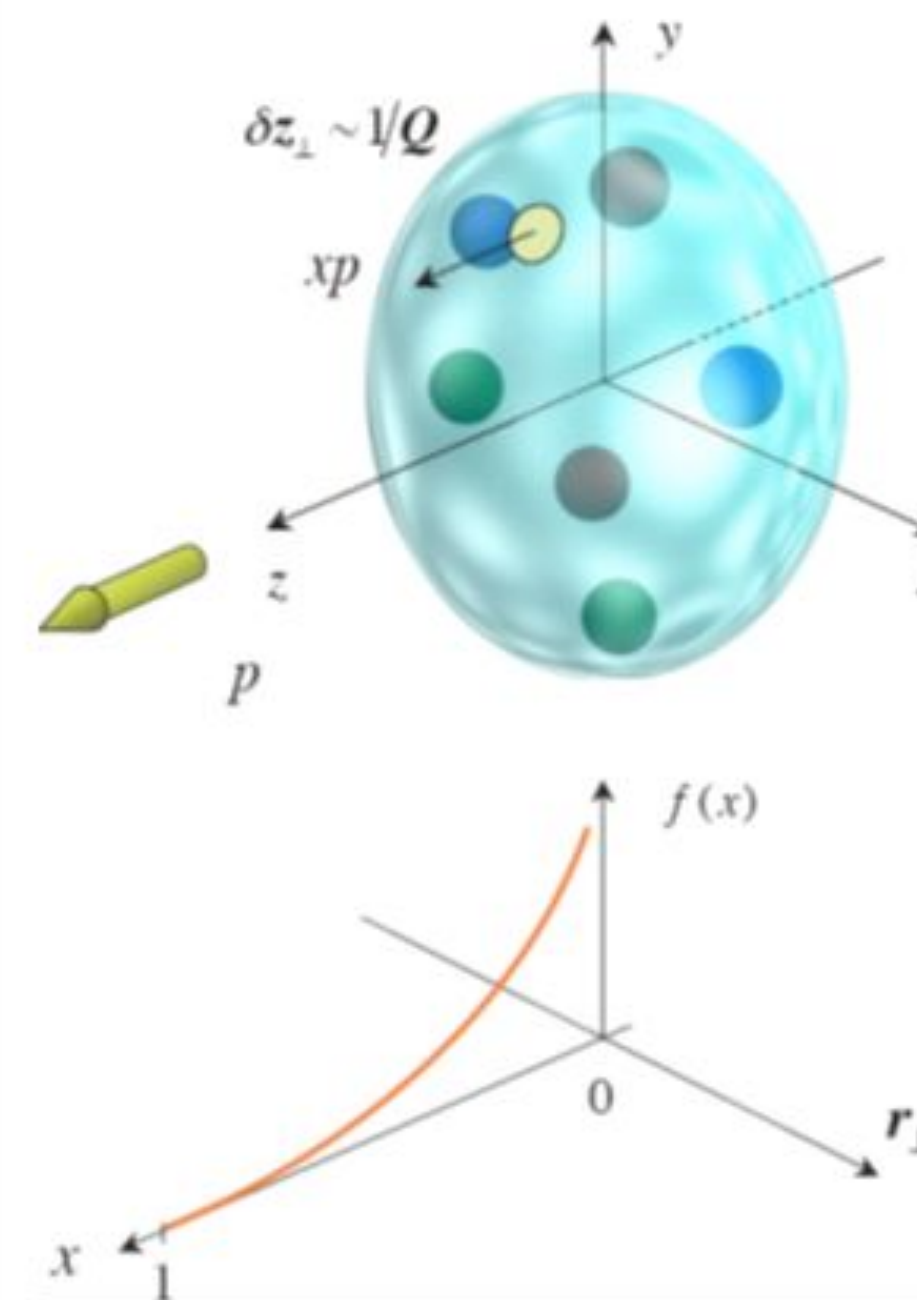
June 20-24, 2011

GPDs:



Generalized description in 2+1 dimensions
P. Spill, 2011, Cairns, QLD, Australia

Parton Distribution Functions:



Number density of quarks with longitudinal momentum fraction x

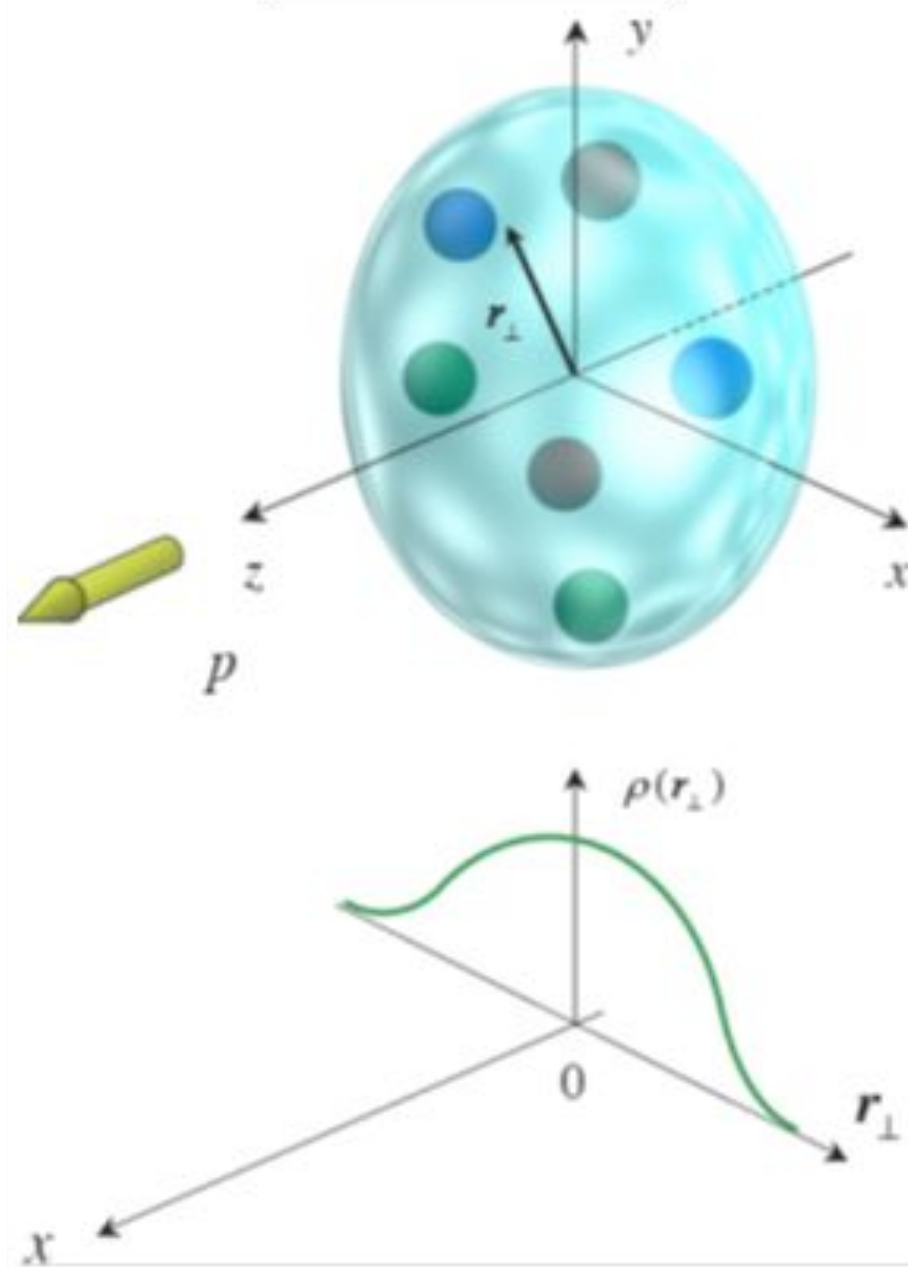
16

DVCS e struttura 3D degli adroni

3D imaging of the nucleon

Tool: Generalised Parton Distributions

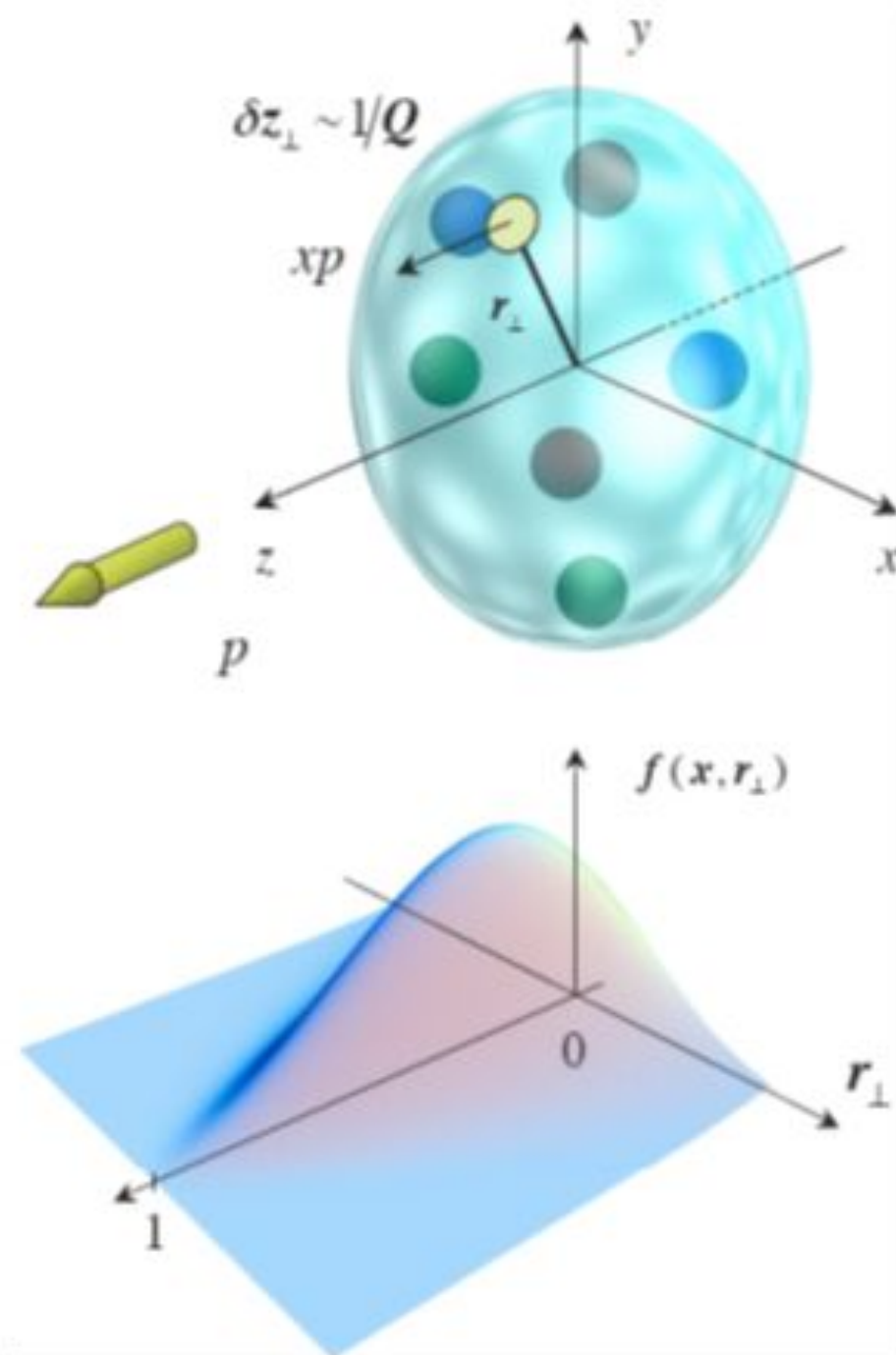
Form factors:



Fourier transform of e.g. a radial charge distribution

June 20-24, 2011

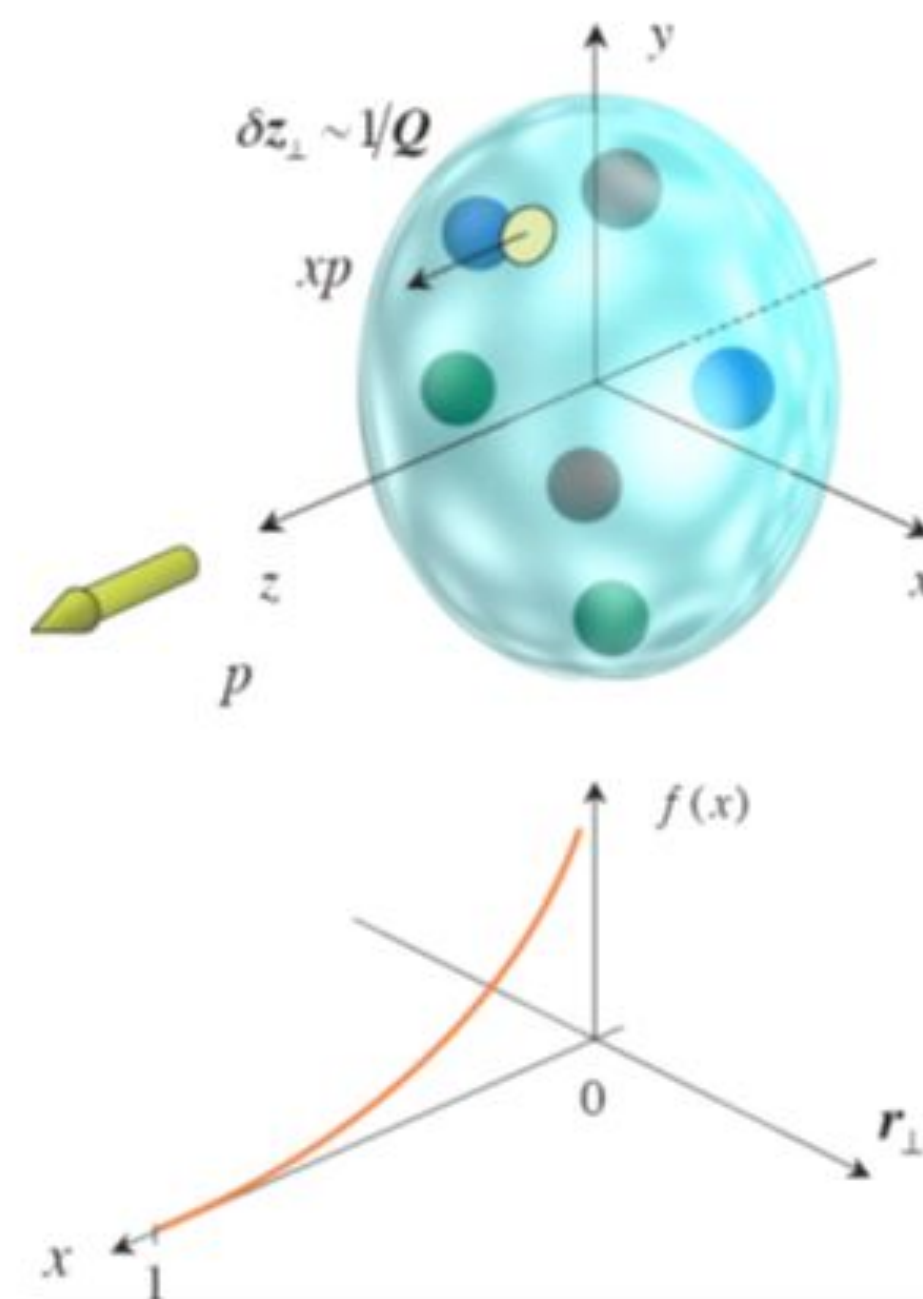
GPDs:



Generalized description in 2+1 dimensions

SciSpin2011, 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!

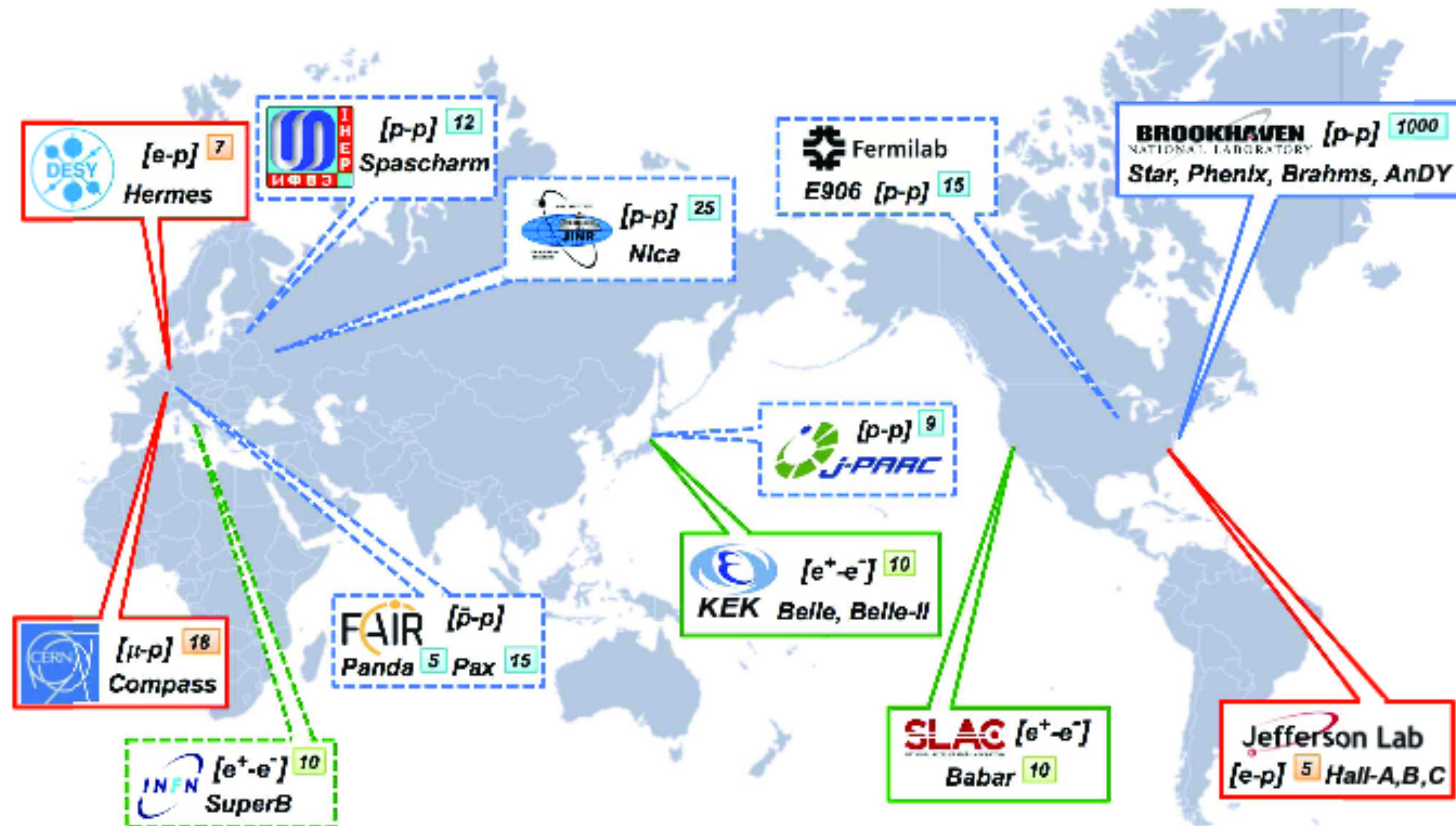
I dati sulle GPDs potranno essere usati per stimare il contributo del momento ANGOLARE orbitale dei quark



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)

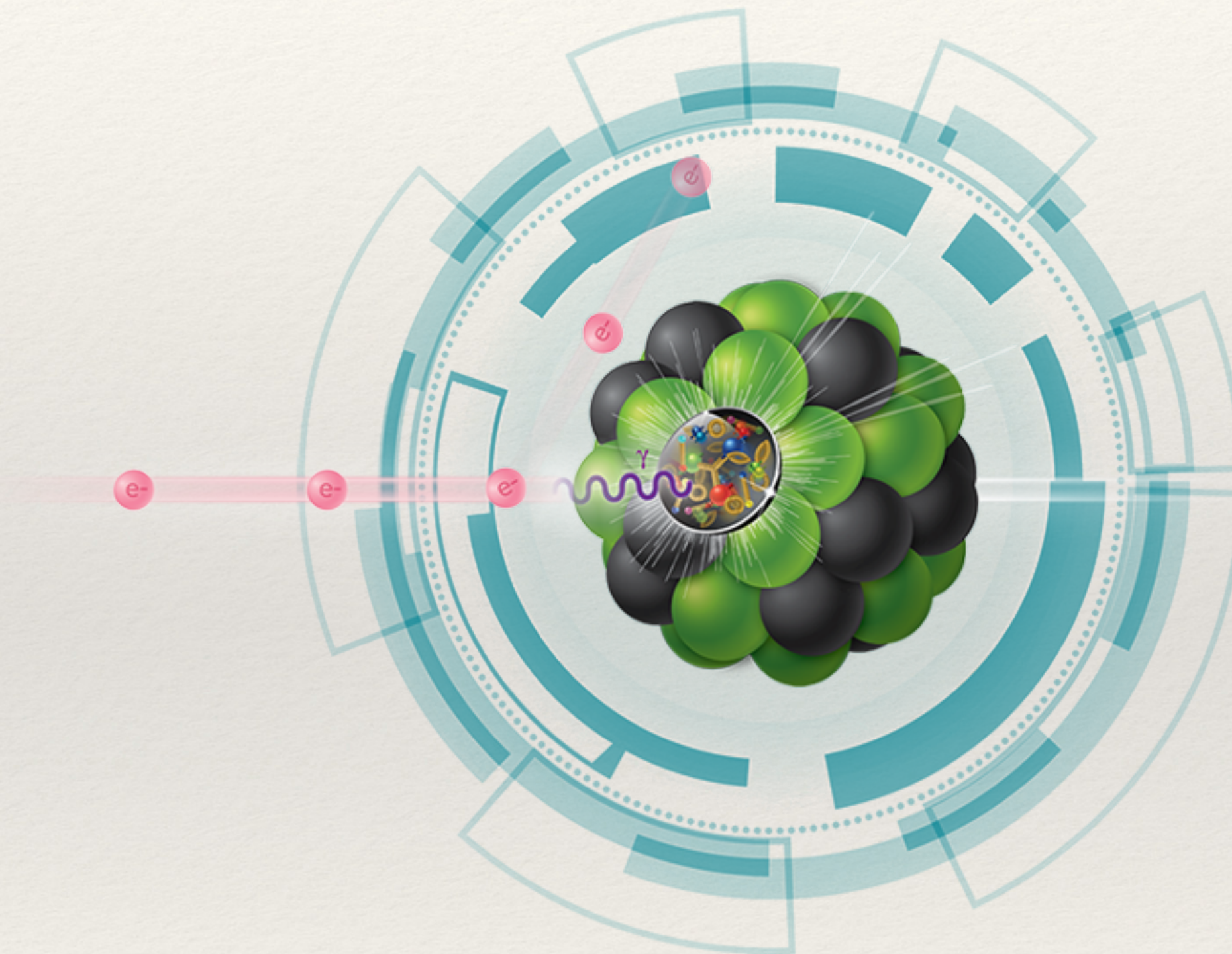
Bari
Catania
Ferrara
Frascati
ISS
Roma I e II
Torino
Trieste

Compass: esperimento
al CERN

JLab: Jefferson Laboratory
in Virginia (USA)

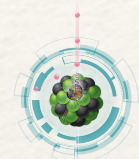
Electron Ion Collider (EIC)

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

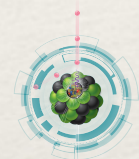


Electron Ion Collider (EIC)

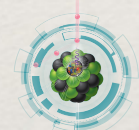
“A machine that will unlock the secrets of the strongest force in Nature”



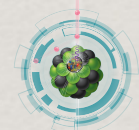
Nel prossimo decennio, l'unico acceleratore attivo negli USA sarà l' EIC. Servirà per capire la QCD nella sua anima non perturbativa: adronizzazione, confinamento... passi fondamentali per la ricerca di nuova Fisica!



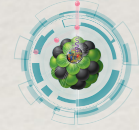
Oltre 2 miliardi di dollari di investimento



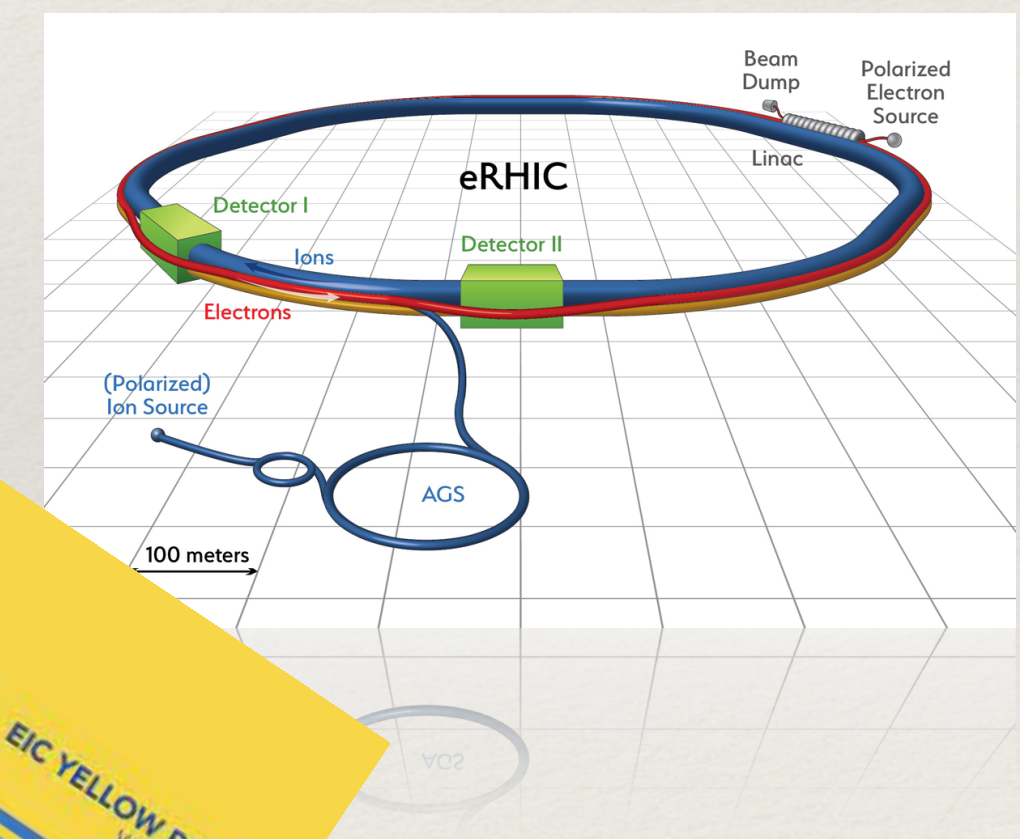
più di 1000 users, più di 200 istituzioni (anche PG, rappresentata da me, Sergio Scopetta)



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 Shekhovtsova**, (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 (${}^3\text{He}$) = 2 protoni + Neutrone
- Elio-4 (${}^4\text{He}$) = 2 protoni + 2 Neutroni

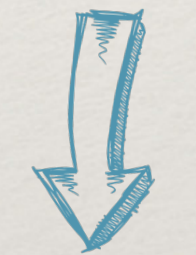
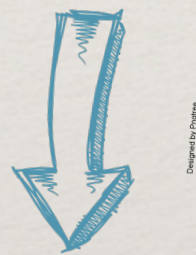
Le funzioni d'onda da
potenziali nucleari realistici
sono

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)

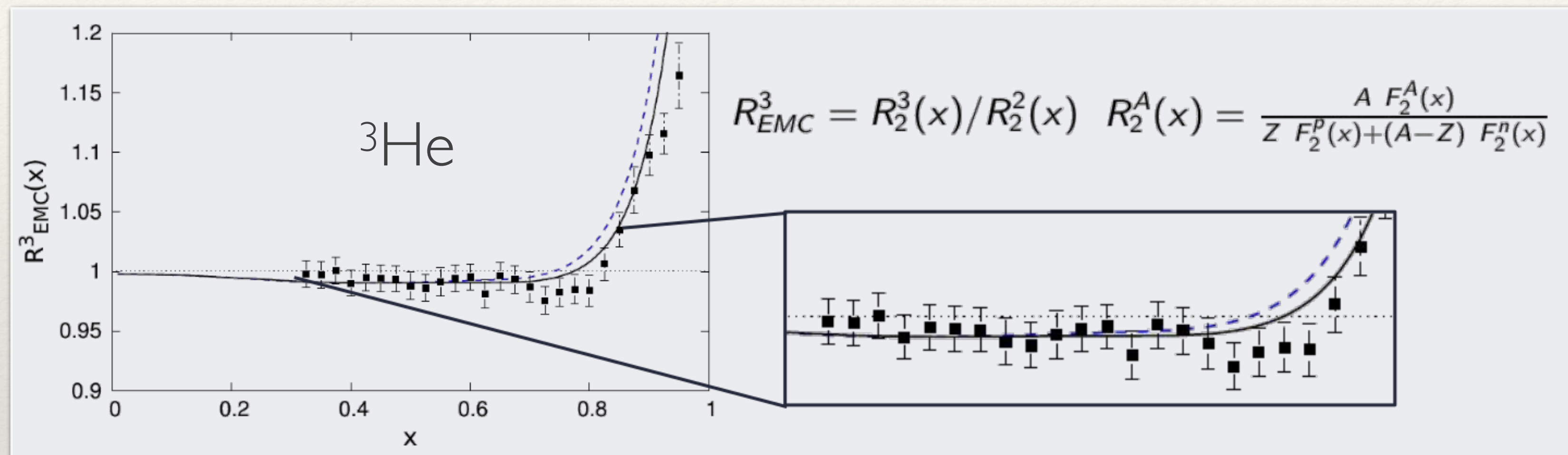
I calcoli della collaborazione sono stati usati per interpretare i dati del DVCS su
 ^4He sono usati per
produrre previsioni utili per i nuovi ESPERIMENTI:

TO-PEG

**The Orsay-Perugia
Event Generator**

Cosa facciamo a Perugia?

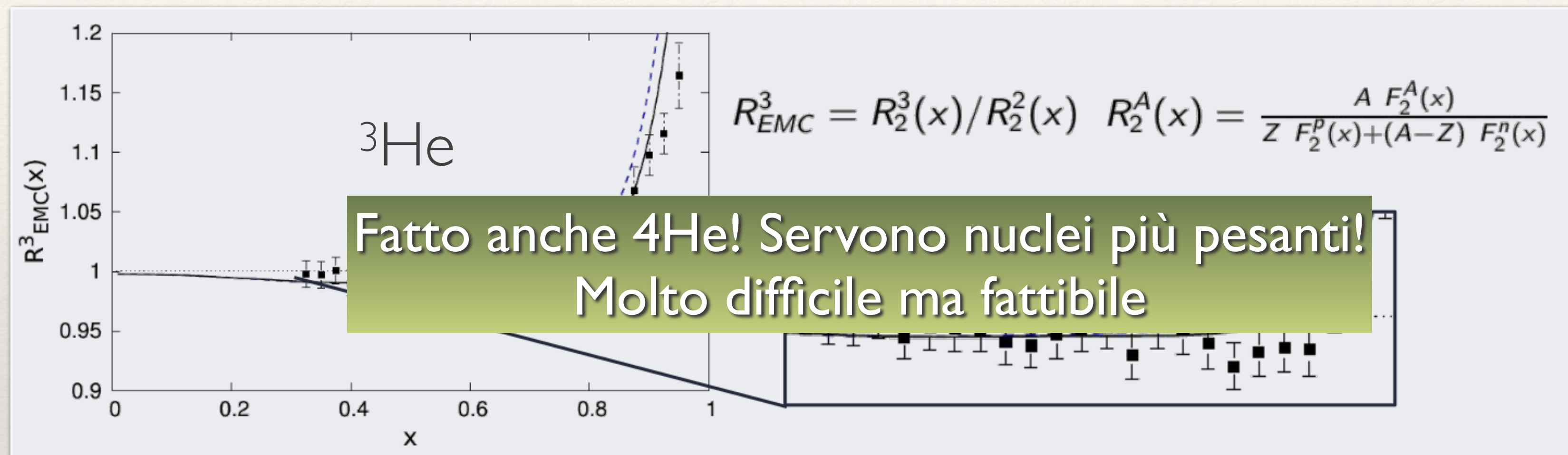
Primo calcolo completamente relativistico e Poincaré covariante dell' Effetto EMC
con ingredienti nucleari convenzionali!



- 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.....”

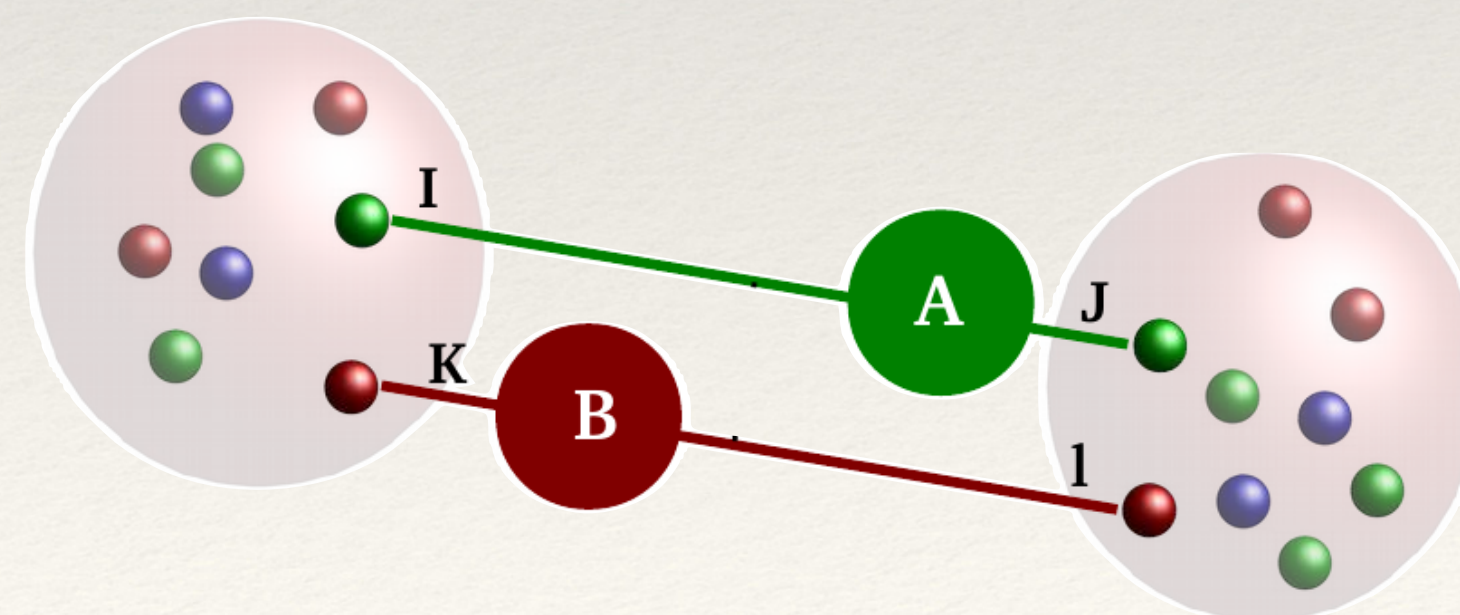
COME POSSIAMO CAPIRE SE DUE QUARK SONO CORRELATI TRA DI LORO?

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 un adrone che interagiscono con due partoni di un altro adrone. 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.....”

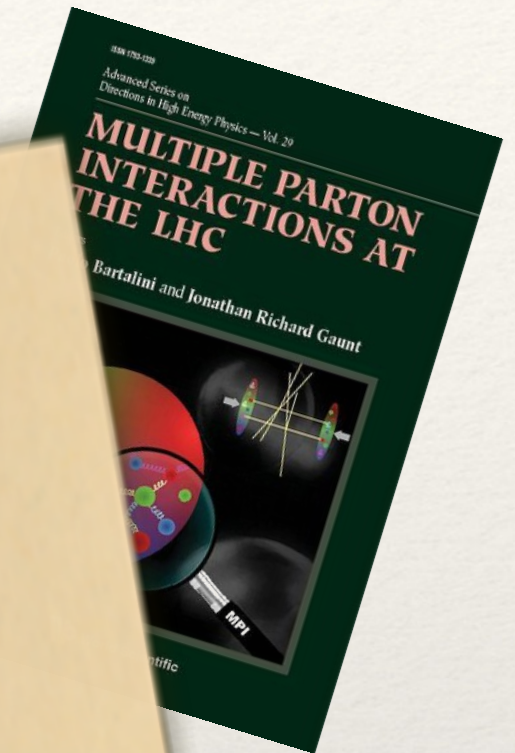
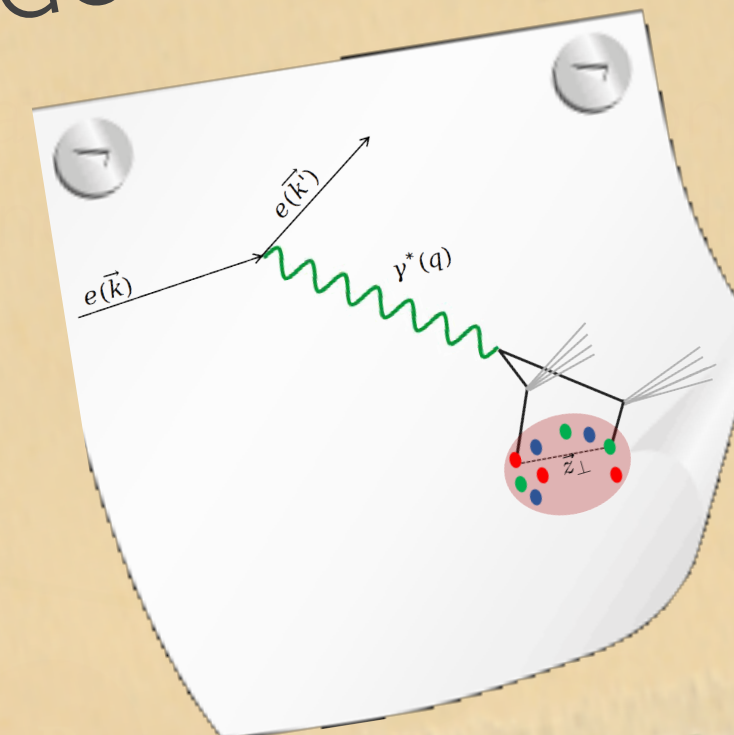
COME POSSIAMO CAPIRE SE DUE QUARK SONO CORRELATI TRA DI LORO?

Servono delle distribuzioni a due corpi, le “**double parton distributi**”

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

Si potranno (SPERIAMO) misurare in processi di scattering di due partoni di un altro adrone. Il DPS è in 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

one che interagiscono

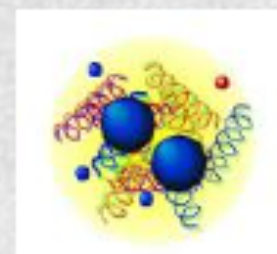
Cosa facciamo a Perugia?

Cromo dinamica Quantistica in una riga!

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

Mesons

$$3 \otimes \bar{3}$$



Baryons

$$3 \otimes 3 \otimes 3$$



Exotic states

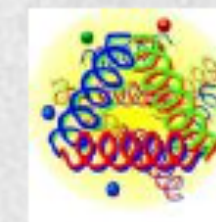
$$3 \otimes \bar{3} \otimes 8$$

$$8 \otimes 8$$

$$8 \otimes \dots \otimes 8$$

HYBRIDS

GLUEBALLS



Glueball spectroscopy is a unique laboratory to test non perturbative QCD and CONFINEMENT

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?

Mesoni:
particelle composte
da quark+ anti-quark

Barioni:
protoni, neutroni...

Cosa facciamo a Perugia?

3 Glueballs in AdS/QCD: The Soft-Wall II

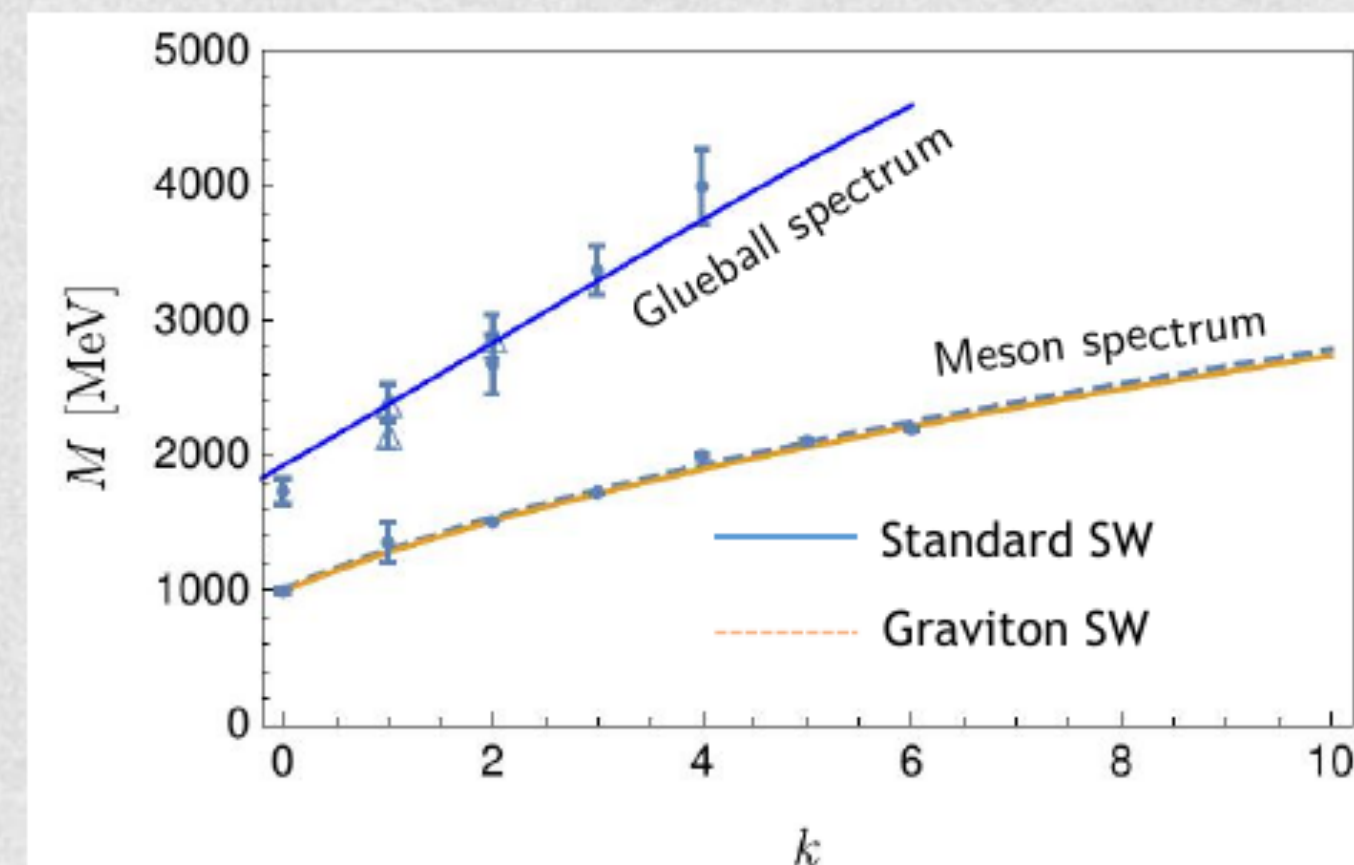
In this case we have the following AdS_5 metric : $\tilde{g}_{MN}dx^Mdx^N = e^{-\alpha\varphi(z)} \frac{R^2}{z^2} (dz^2 + \eta_{\mu\nu}dx^\mu dx^\nu)$

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

GRAVITON EoM and SPECTRUM

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

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



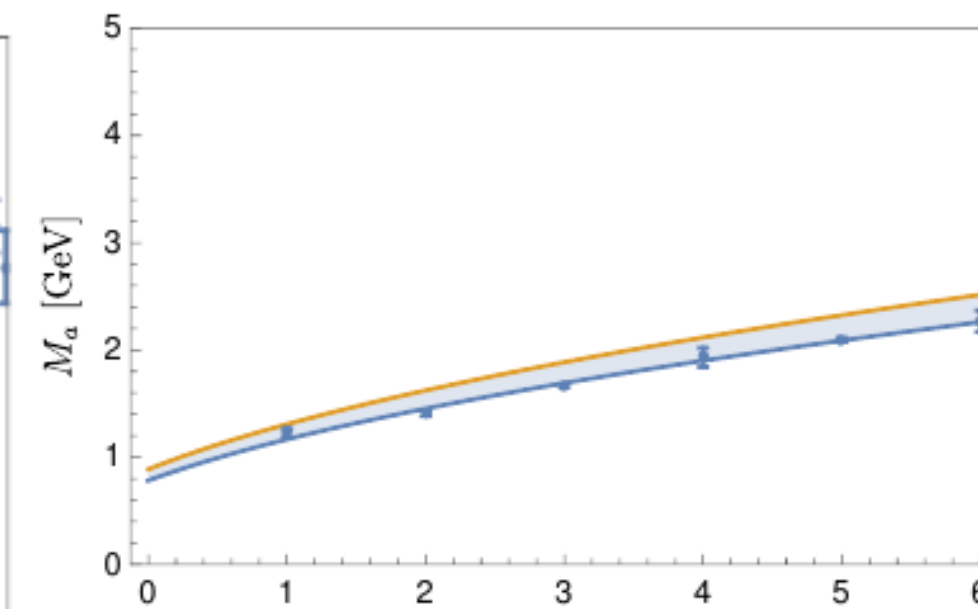
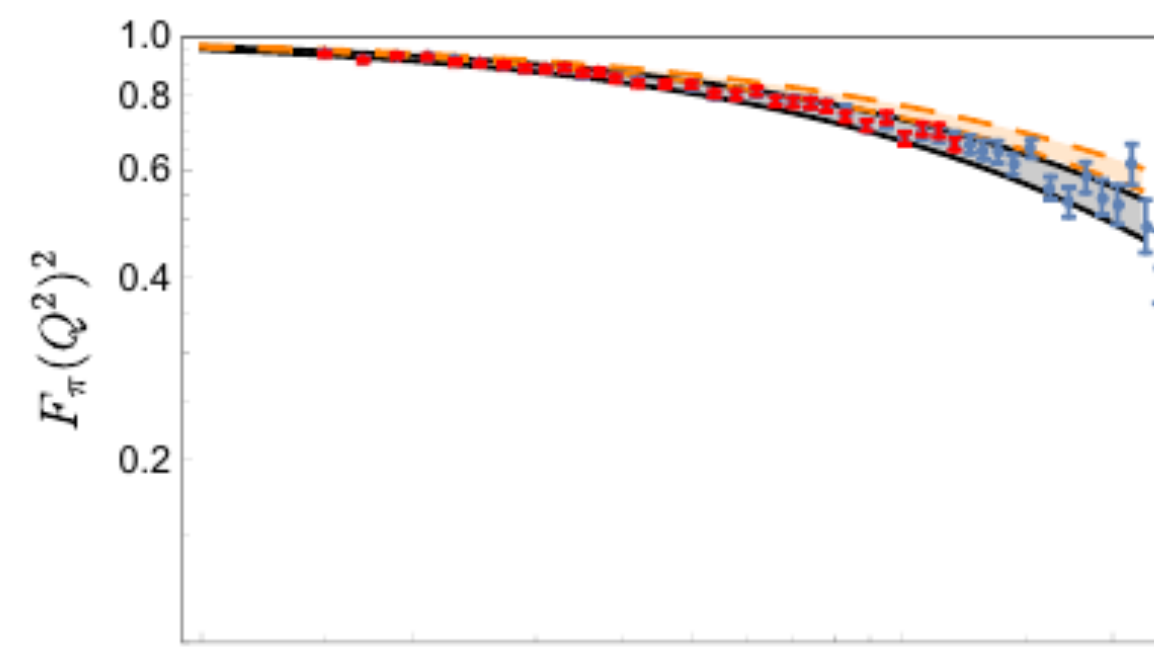
Mesoni:
particelle composte
da quark+ anti-quark

Barioni:
protoni, neutroni...

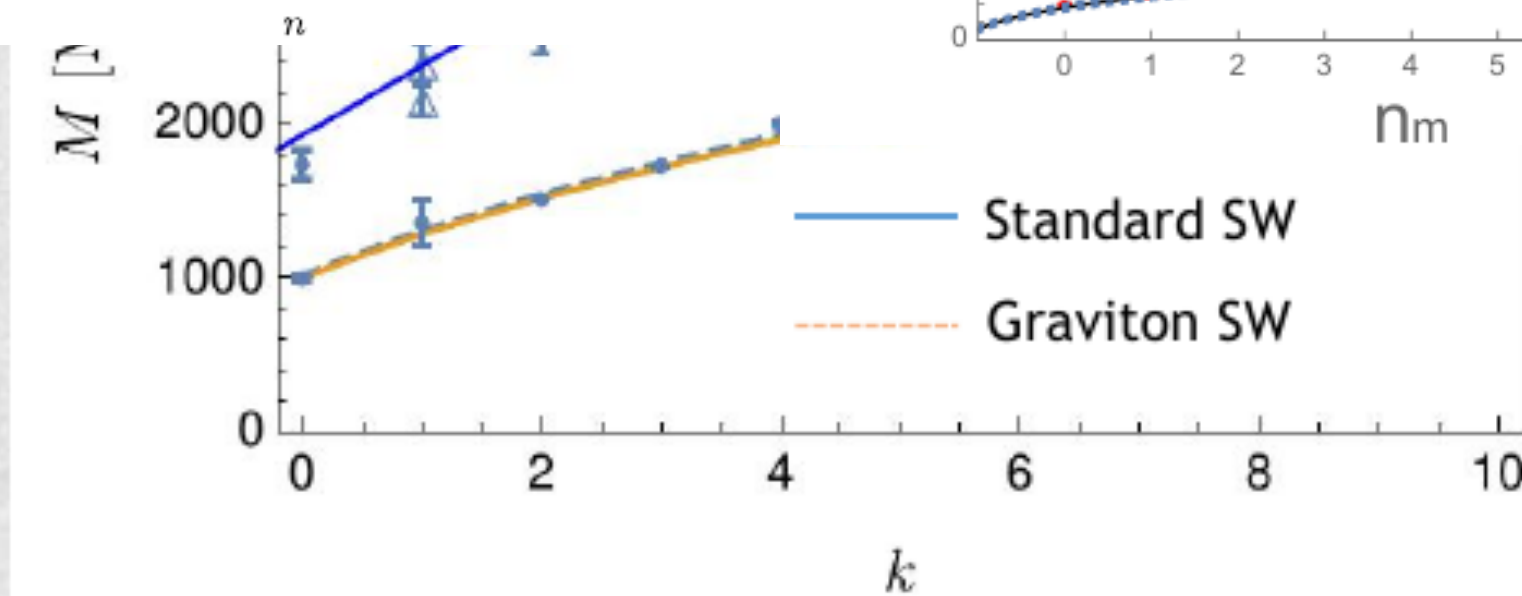
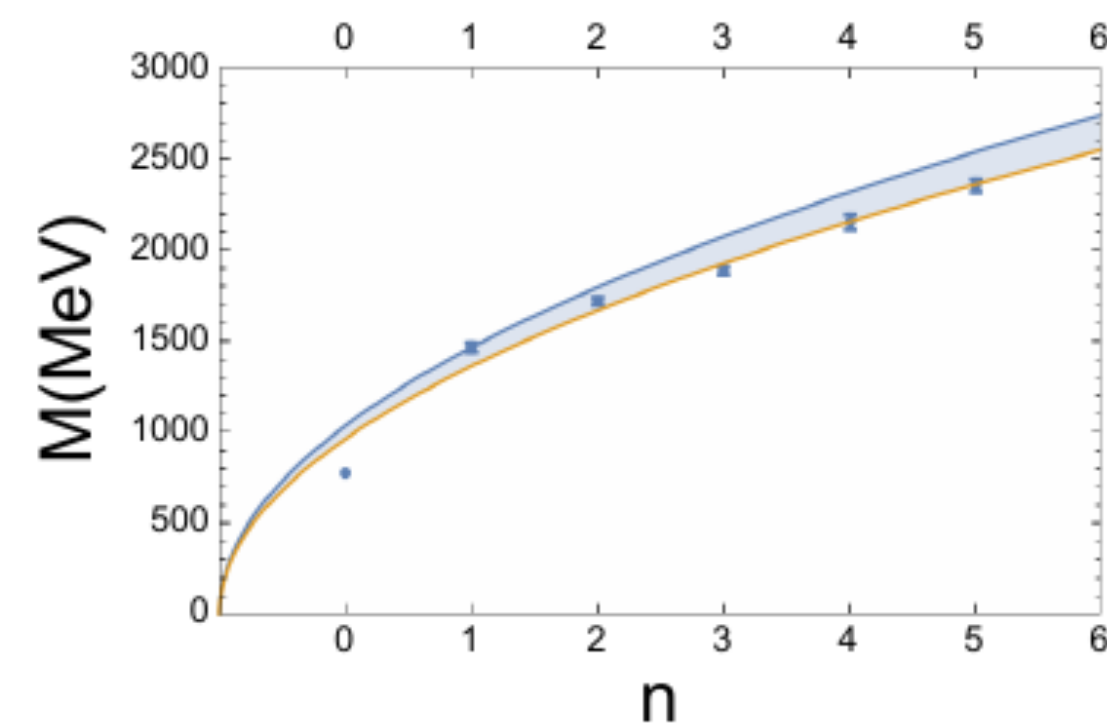
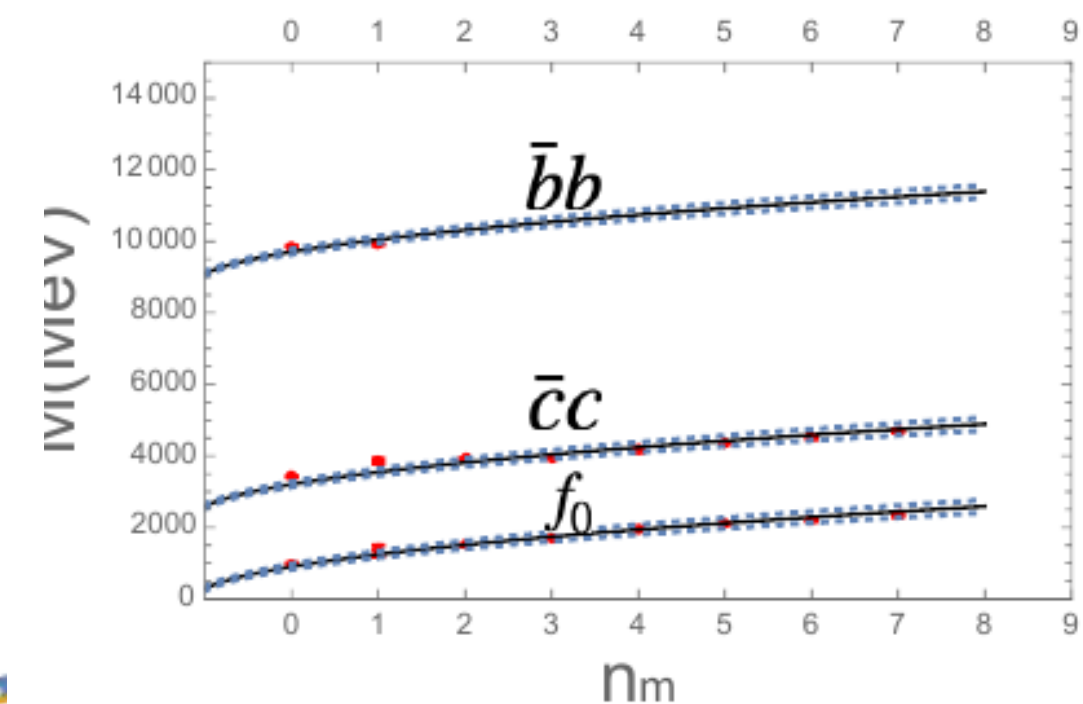
Cosa facciamo a Perugia?

3 Glueballs in AdS/QCD: The Soft-Wall II

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



one parameter!



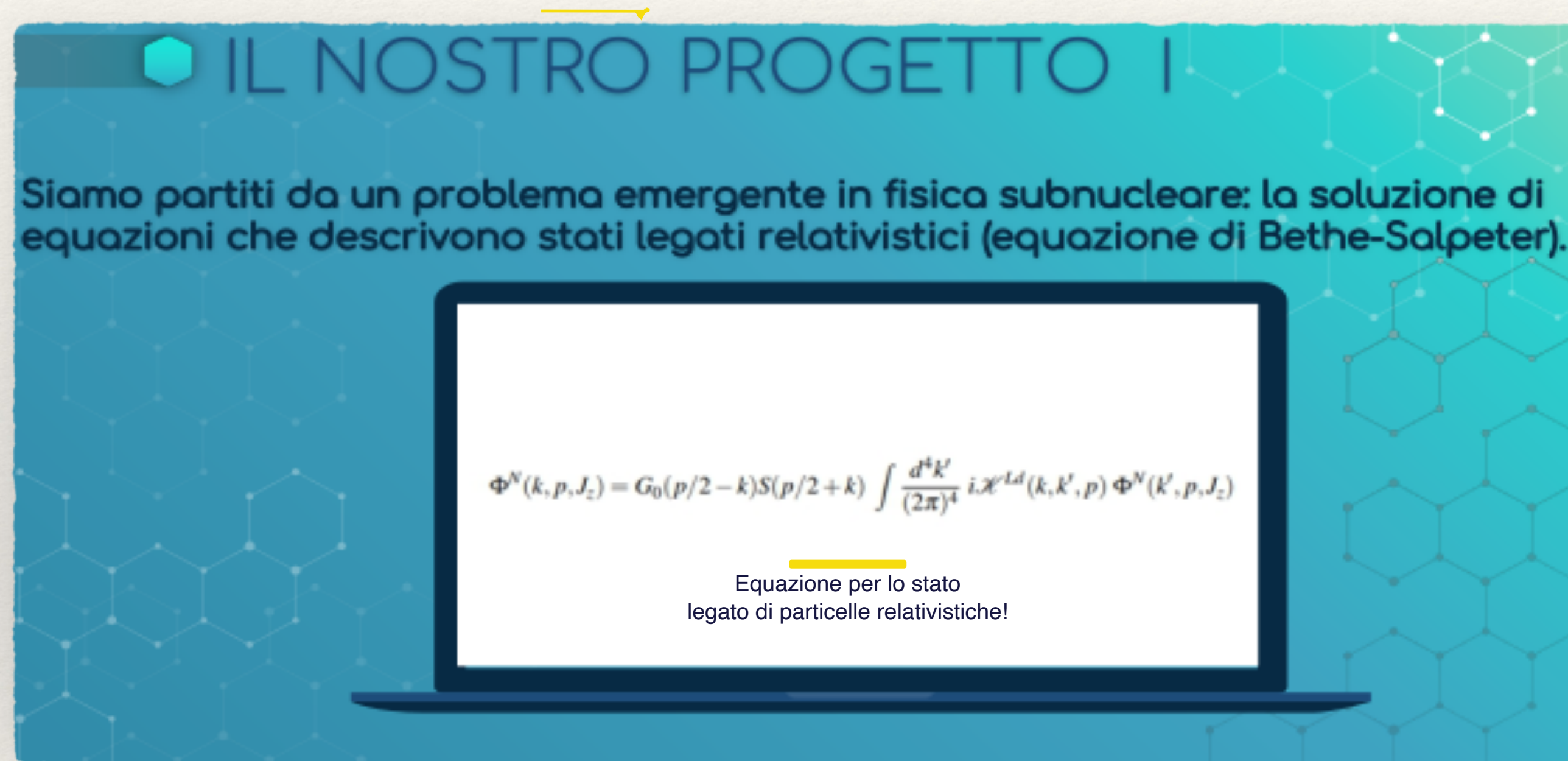
Matteo Rinaldi

53 / 62

Mesoni:
particelle composte
da quark+ anti-quark

Barioni:
protoni, neutroni...

Cosa facciamo a Perugia? Anche Quantum Computing



IL NOSTRO PROGETTO I

Siamo partiti da un problema emergente in fisica subnucleare: la soluzione di equazioni che descrivono stati legati relativistici (equazione di Bethe-Salpeter).

$$\Phi^N(k, p, J_z) = G_0(p/2 - k) S(p/2 + k) \int \frac{d^4 k'}{(2\pi)^4} i \mathcal{H}^{Ld}(k, k', p) \Phi^N(k', p, J_z)$$

Equazione per lo stato legato di particelle relativistiche!

BANDO VINTO per utilizzare un **D-wave Quantum annealer** della collaborazione del CINECA, stabilita dal consorzio Q@TN che coinvolge INFN, FBK, UNITN e CNR a Trento.

Ottenuto Ph.D con fondi PNRR per proseguire il progetto

FINALITÀ:

- importanti riscontri per la **Fisica Nucleare e Subnucleare**,
- Applicazioni per l'ottimizzazione discreta per problemi di interesse generale

Abbiamo un Quantum Computer a PG!

Non siamo soli

Collegi 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

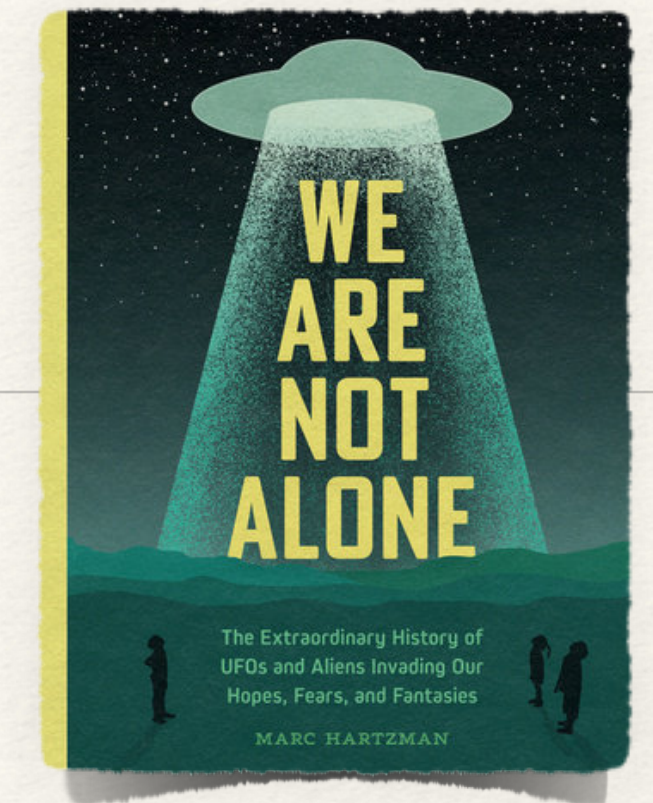
Buenos Aires (Argentina): Daniel Gomez Dumm e Norberto Scoccola

Varsavia (Polonia): Lech Szimanowsky

Penn State Univeristy (USA): Mark Strikman

San Pietroburgo (Russia): Vadim Guzey

SAO PAULO (Brasile): Tobias Frederico



Tesi



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, DPS...)

(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

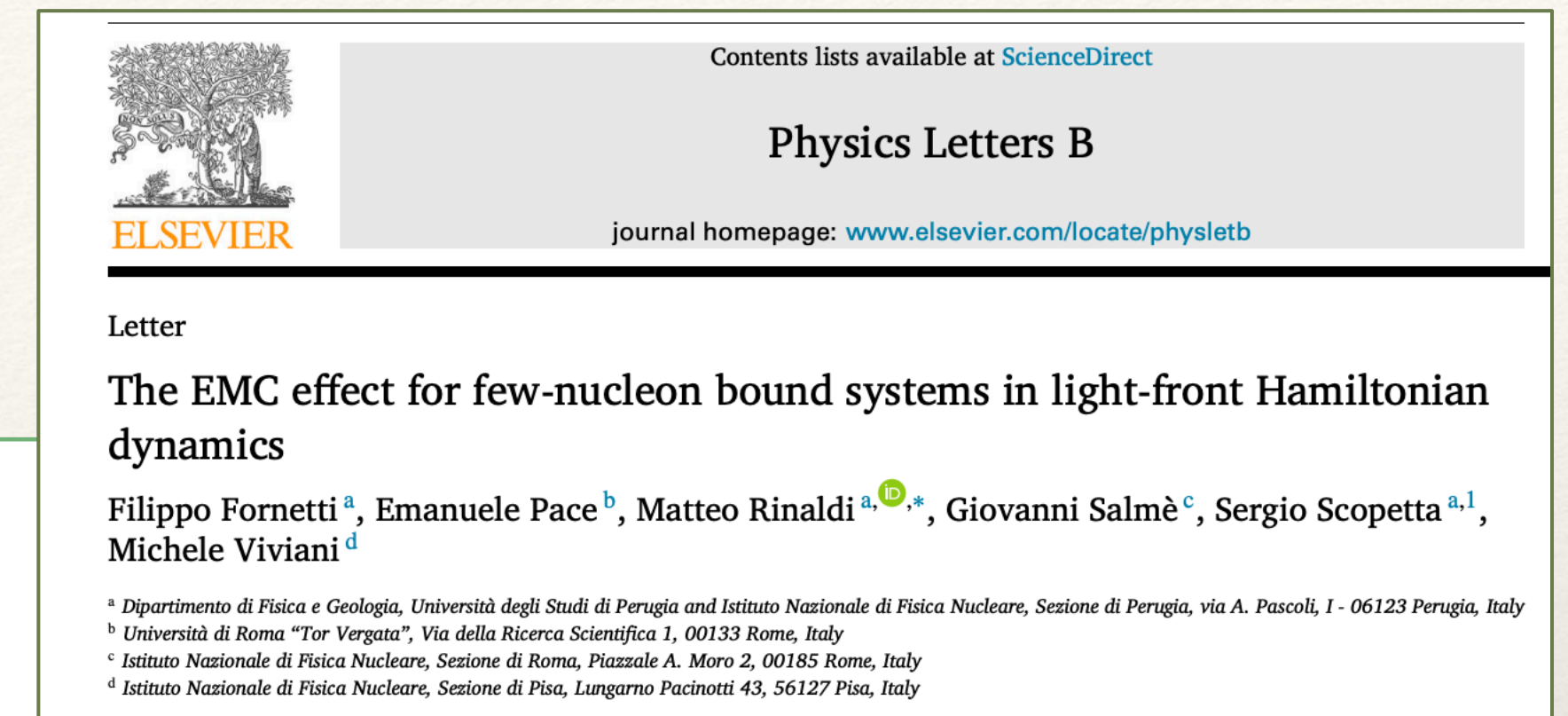
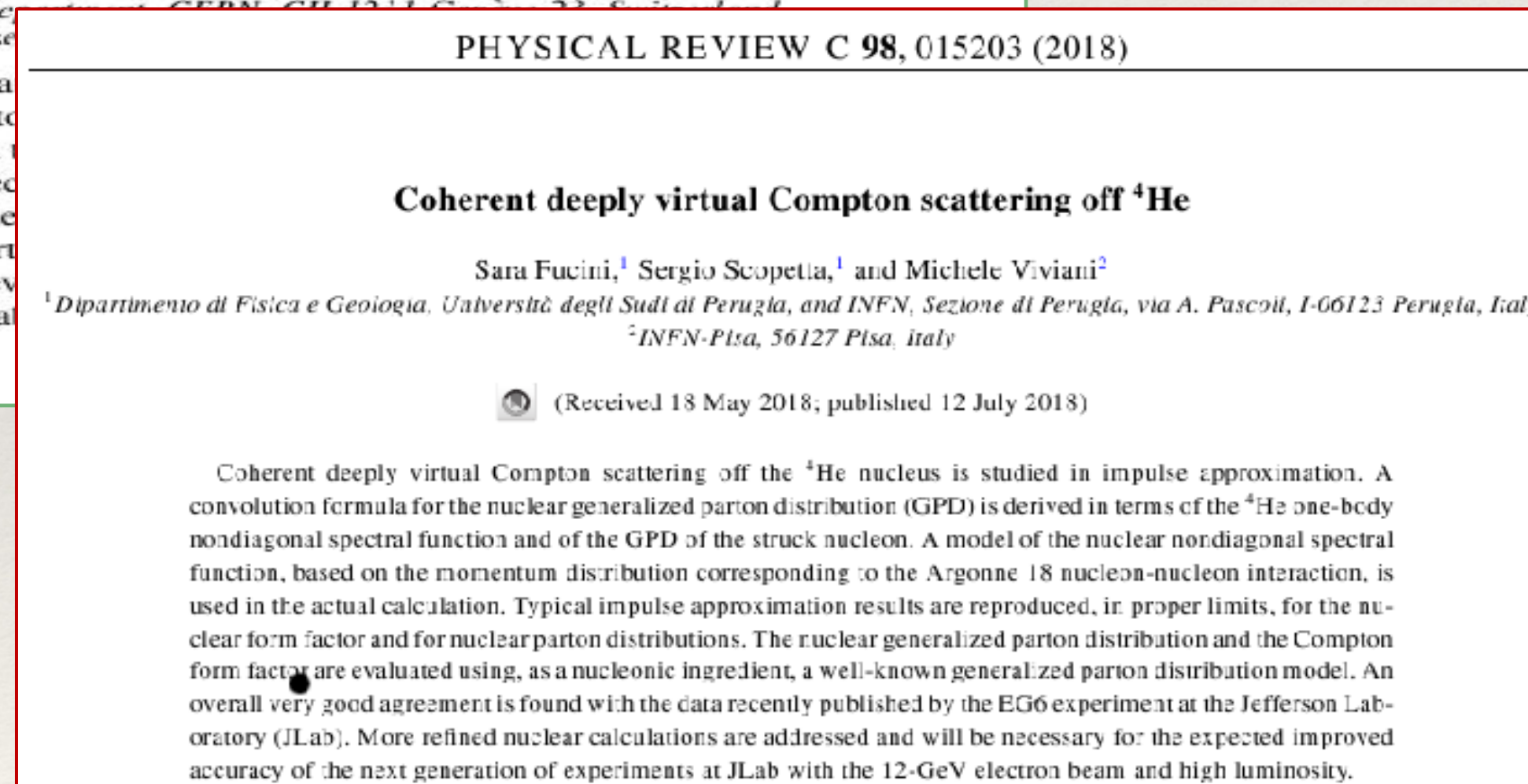
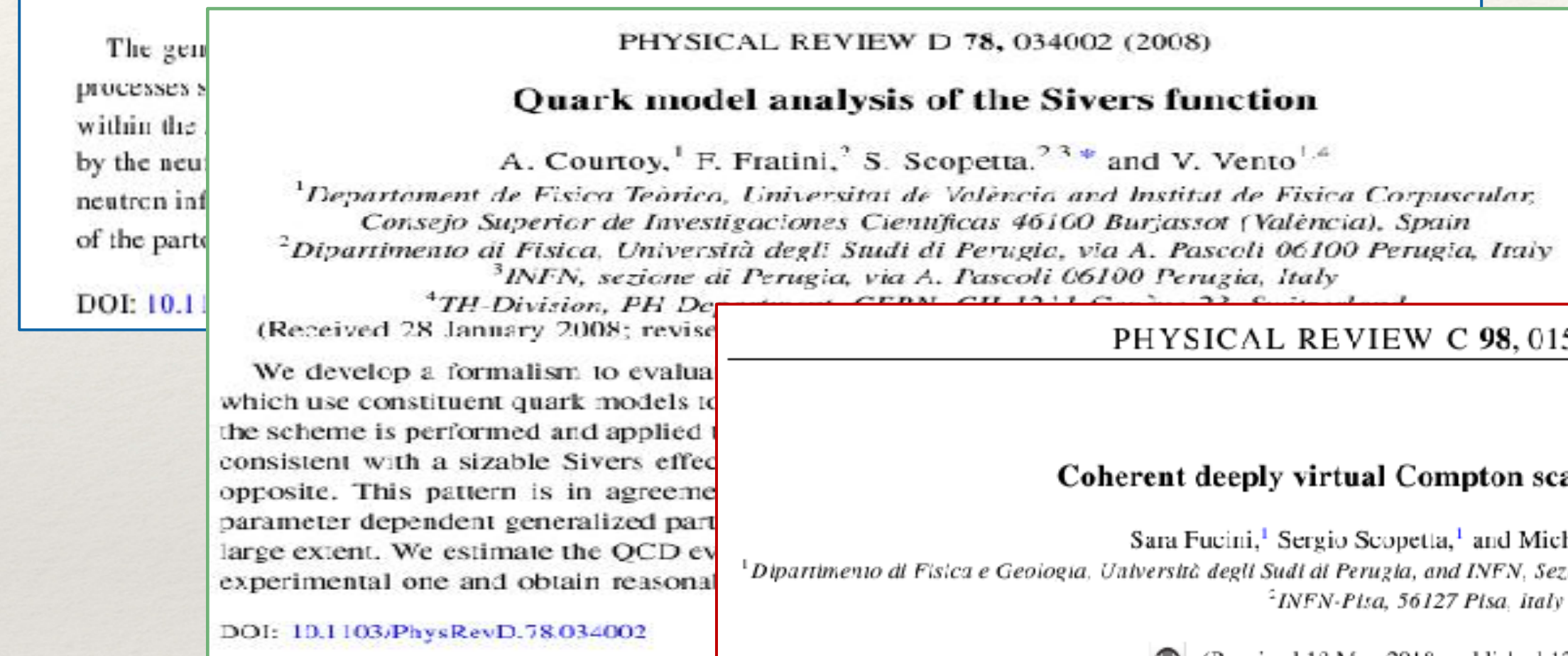
F. Fratini

S. Fucini

G. Perna

F. Fornetti

E. Proietti
(in review)



GRAZIE PER L'ATENZIONE!!

