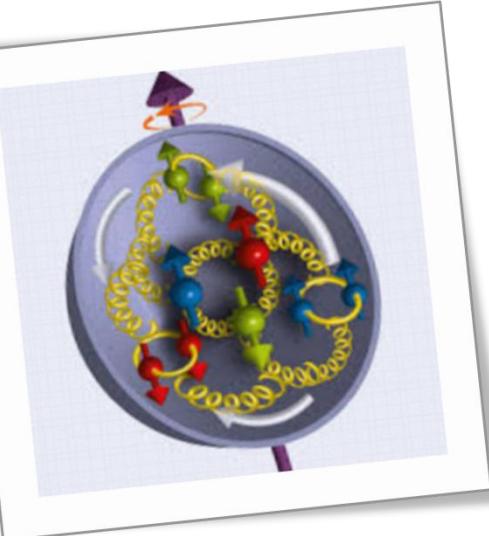
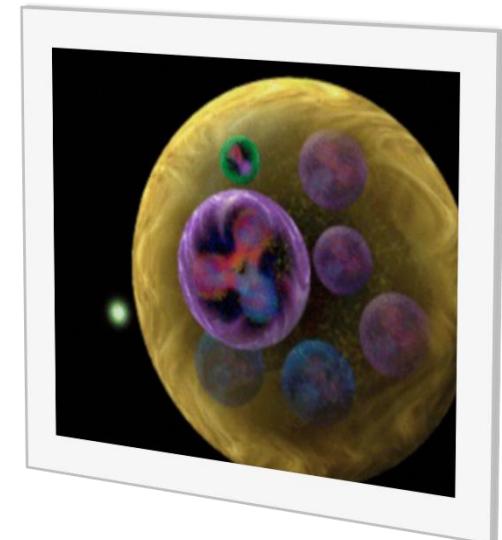


FISICA NUCLEARE ED ADRONICA A PERUGIA

Matteo Rinaldi - Sergio Scopetta

Perugia, Dipartimento di Fisica e Geologia
11/03/2021



INDICE

1

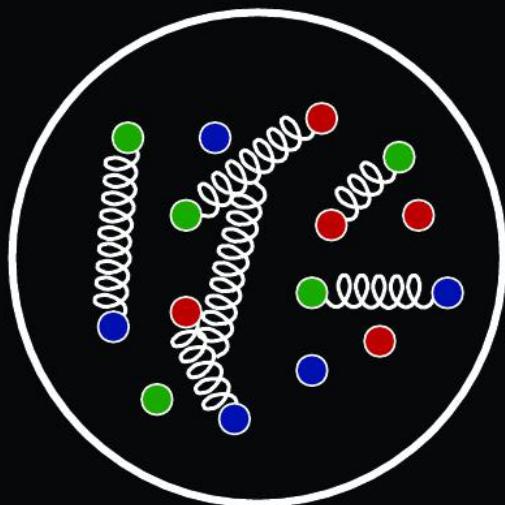
- La struttura 3D partonica
(quark e gluoni legati dall'**interazione forte**)
di adroni e nuclei: come la studiamo nel
mondo, in Italia, a Perugia
- Una tesi magistrale in Fisica nucleare
teorica: Cosa vuol dire?
- Argomenti di tesi



PROTONI E NEUTRONI IN 3D

2

Obiettivo a lungo termine:
Capire la QCD e il confinamento



A. Bacchetta/INFN12

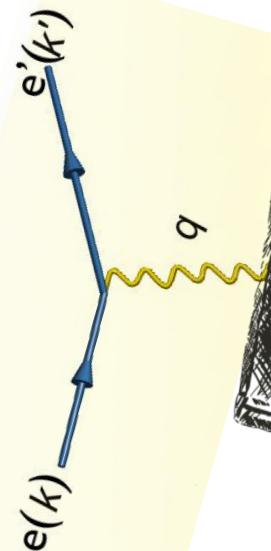
day, 13 November 12

- ※ Massa di protoni & neutroni (nucleoni)
- ※ SPIN
- ※ Come cambia la struttura quando protoni e neutroni sono legati per formare i nuclei?

PROTONI E NEUTRONI IN 3D

3

IL NOSTRO APPROCCIO:



Ottenere delle
immagini della
struttura di protoni
e neutroni!



PROTONI E NEUTRONI IN 3D

4

Consideriamo la diffusione profondamente anelastica (DIS):

$A(e,e')X$, se il bersaglio A ha spin $J_A = 1/2$, nel sistema del laboratorio (LAB) allora $\mathbf{q} = (\nu, 0, 0, -\mathbf{q})$, Nel limite di Bjorken, $Q^2 = -\mathbf{q}^2$, $\nu \rightarrow \infty$, allora il rapporto Q^2/ν finito

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

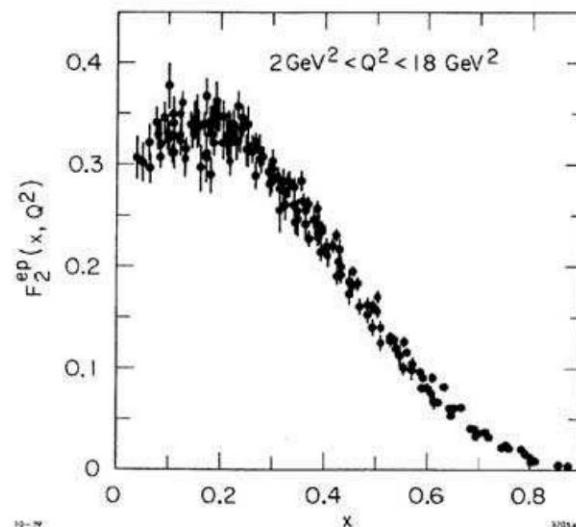
$F_2(x)$ = funzione di struttura

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

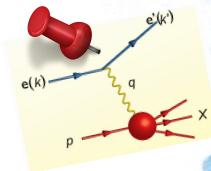
$x = \frac{Q^2}{2P_A \cdot q}$ è uno scalare:

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

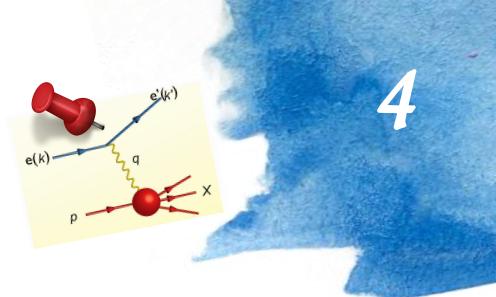


PROTONI E NEUTRONI IN 3D

4

Consideriamo la diffusione profondamente anelastica (DIS):

$A(e, e')X$, se il bersaglio A ha spin $J_A = 1/2$, nel sistema del laboratorio (LAB) allora $\mathbf{q} = (\nu, 0, 0, -\mathbf{q})$, Nel limite di Bjorken, $Q^2 = -\mathbf{q}^2$, $\nu \rightarrow \infty$, allora il rapporto Q^2 / ν finito



$$\frac{dS}{ds}$$

$$F_2(x) = \text{fun}$$

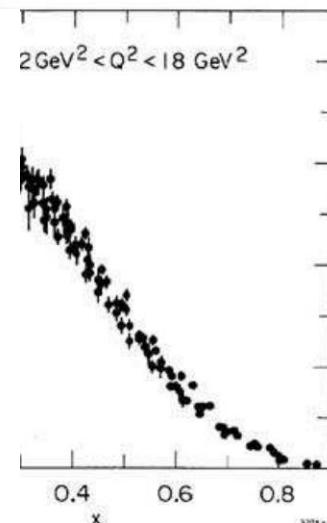
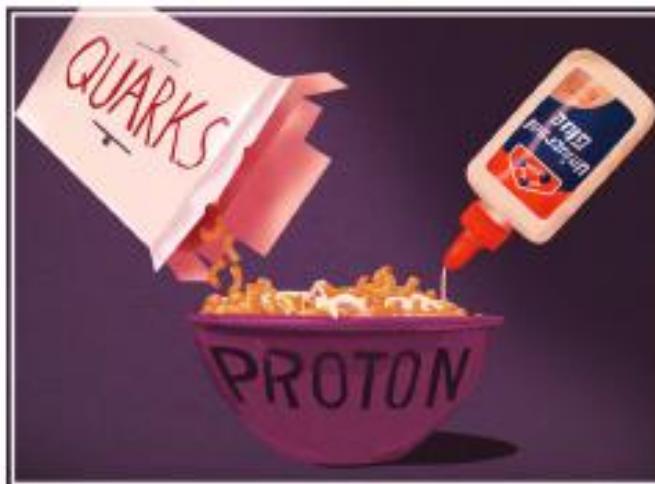
$$f_q(x) = \text{dist}$$

$$x = \frac{Q^2}{2P_A \cdot q}$$

$$\bullet \quad x = \frac{1}{2}$$

$$\bullet \quad x = \text{fr} \\ \text{portant}$$

Momentum frame (1111) ($p_z \rightarrow \infty$)



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).

EFFETTO EMC



5

Consideriamo un processo DIS su un nucleo A (EMC coll., CERN 1983) e studiamo il rapporto tra le sezioni d'urto per un nucleone legato in un nucleo e per un nucleone libero. Si vide:



Se il rapporto fosse 1, allora il nucleone libero e legato sarebbero UGUALI.

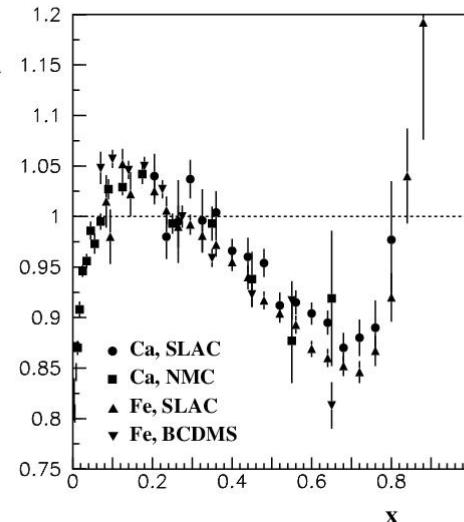
 Il rapporto....non è 1

Dopo tanti anni ancora non sappiamo perché.



Abbiamo tante ipotesi e per avere una risposta chiara servono nuovi esperimenti, NON inclusivi!

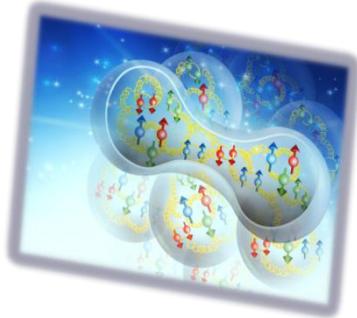
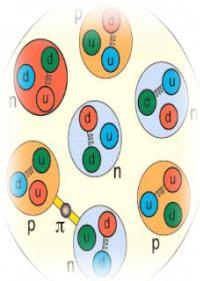
 Misure più difficili e descrizioni teoriche più complesse



EFFETTO EMC: come ne usciamo?

6

Per rispondere al problema dell'effetto EMC, dobbiamo arrivare, essenzialmente, a capire a quale dei due spaccati i nuclei assomigliano:



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



7

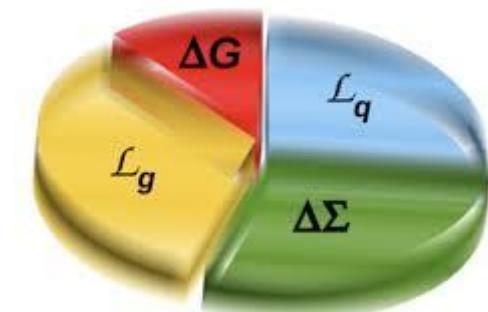
Questo è un problema è un problema aperto da più di 20 anni. Se il protone è fatto di particelle interagenti che lo costituiscono (quark & gluoni):



LO SPIN DEL PROTONE DEVE RISULTARE DALLA SOMMA DI MOMENTI ANGOLARI DELLE PARTICELLE CHE LO COMPONGONO!



■ Gluon Spin ■ Gluon angular momentum
■ Quark Spin ■ Quark Angular Momentum



LA CRISI DELLO SPIN



7

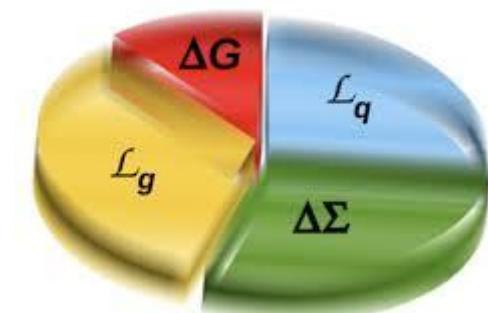
Questo è un problema è un problema aperto da più di 20 anni. Se il protone è fatto di particelle interagenti che lo costituiscono (quark & gluoni):



LO SPIN DEL PROTONE DEVE RISULTARE DALLA SOMMA DI MOMENTI ANGOLARI DELLE PARTICELLE CHE LO COMPONGONO!



■ Gluon Spin ■ Quark Spin
■ Gluon angular momentum ■ Quark Angular Momentum



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

LA CRISI DELLO SPIN



7

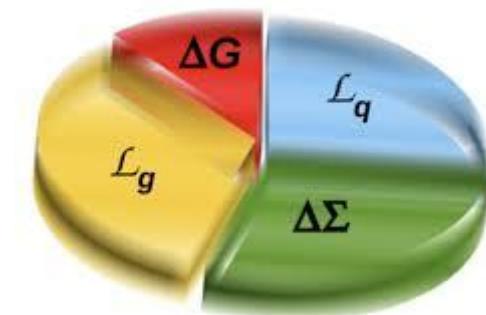
Questo è un problema è un problema aperto da più di 20 anni. Se il protone è fatto di particelle interagenti che lo costituiscono (quark & gluoni):



LO SPIN DEL PROTONE DEVE RISULTARE DALLA SOMMA DI MOMENTI ANGOLARI DELLE PARTICELLE CHE LO COMPONGONO!



■ Gluon Spin ■ Gluon angular momentum
■ Quark Spin ■ Quark Angular Momentum



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

Risulta essere circa il 30% dello SPIN del protone!!



LA CRISI DELLO SPIN



7

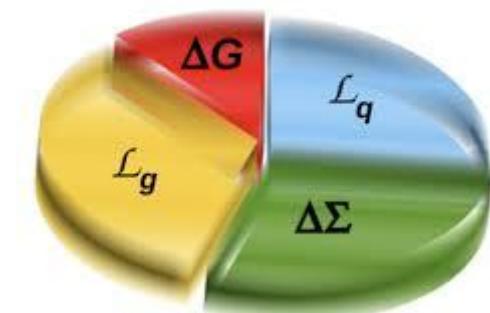
Questo è un problema è un problema aperto da più di 20 anni. Se il protone è fatto di particelle interagenti che lo costituiscono (quark & gluoni):



LO SPIN DEL PROTONE DEVE RISULTARE DALLA SOMMA DI MOMENTI ANGOLARI DELLE PARTICELLE CHE LO COMPONGONO!



■ Gluon Spin ■ Gluon angular momentum
■ Quark Spin ■ Quark Angular Momentum



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

MOMENTO ANGOLARE ORBITALE DI UN QUARK

LA CRISI DELLO SPIN



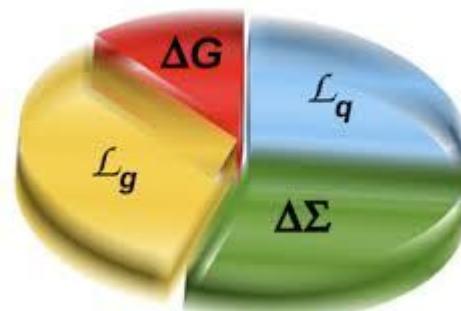
7

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 MOMENTI ANGOLARI DELLE PARTICELLE CHE LO COMPONGONO!

Gluon Spin Gluon angular momentum
Quark Spin Quark Angular Momentum



Accessibile anche questo da processi esclusivi come il DEEPLY VIRTUAL COMPTON SCATTERING

Deeply Virtual Compton Scattering

8

Jefferson Laboratory
Virginia, USA

accelerator



electron

virtual photon

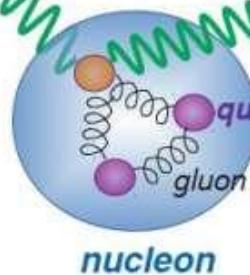
detector



real photon



detector



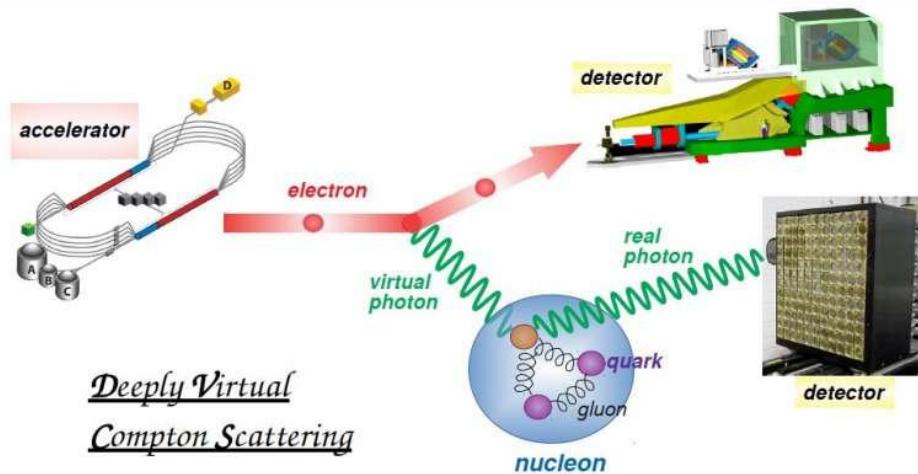
nucleon

Deeply Virtual
Compton Scattering

(DVCS)

Deeply Virtual Compton Scattering

8



La sezione d'urto dipende (in modo complicato) da nuove distribuzioni chiamate:

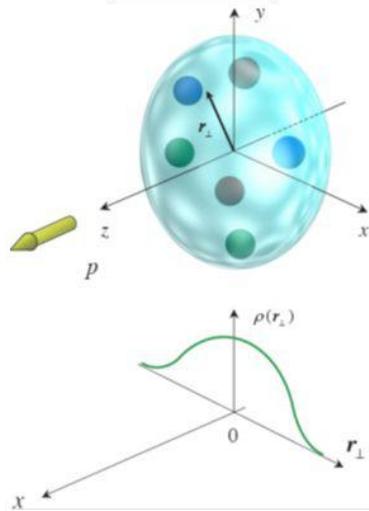
**DISTRIBUZIONI PARTONICHE GENERALIZZATE
(GPDs)**

Deeply Virtual Compton Scattering

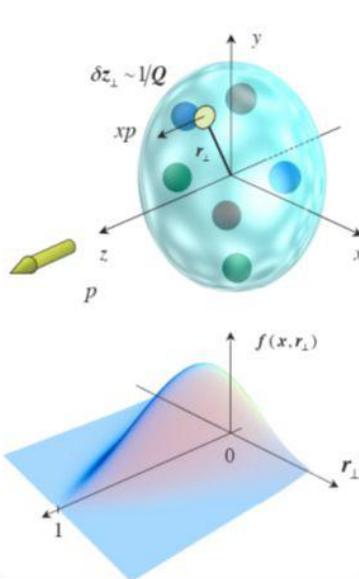
9

Tool: Generalised Parton Distributions

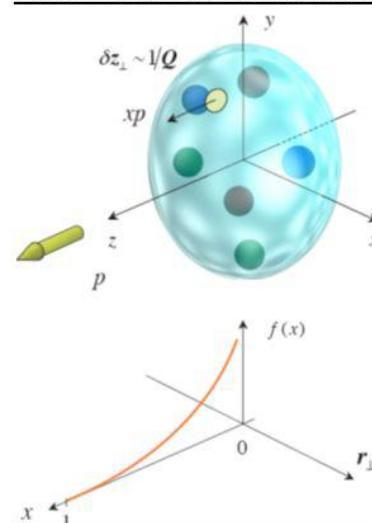
Form factors:



GPDs:



Parton Distribution Functions:



Fourier transform of e.g. a radial charge distribution

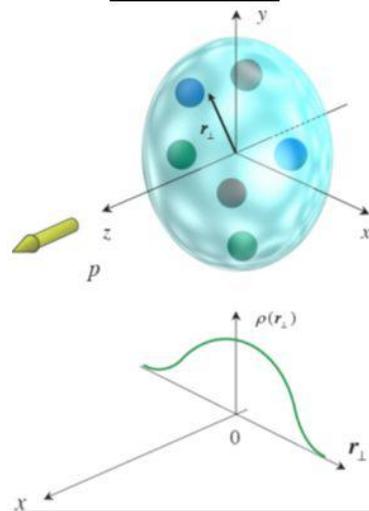
Number density of quarks with longitudinal momentum fraction x

Deeply Virtual Compton Scattering

9

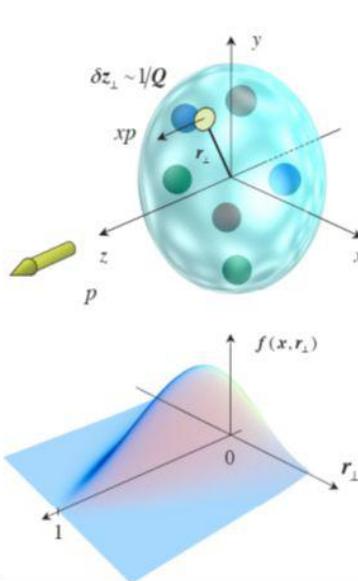
Tool: Generalised Parton Distributions

Form factors:

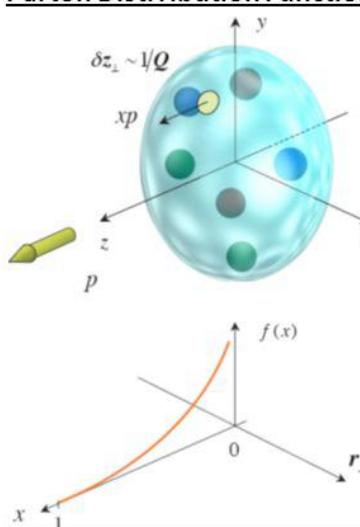


Fourier transform of e.g. a radial charge distribution

GPDs:



Parton Distribution Functions:



Number density of quarks with longitudinal momentum fraction x

Dalle GPDs è possibile ottenere una **TOMOGRAFIA** del bersaglio considerato (nuclei o nucleoni liberi)



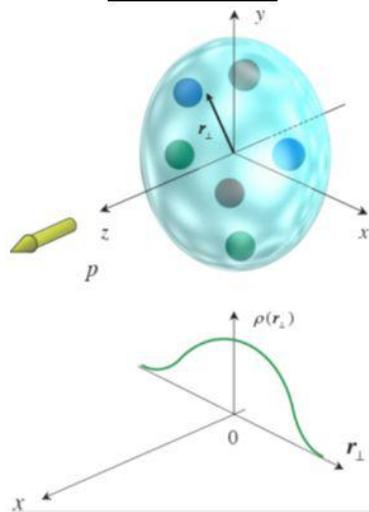
Informazione fondamentale per comprendere l'effetto EMC nucleare

Deeply Virtual Compton Scattering

9

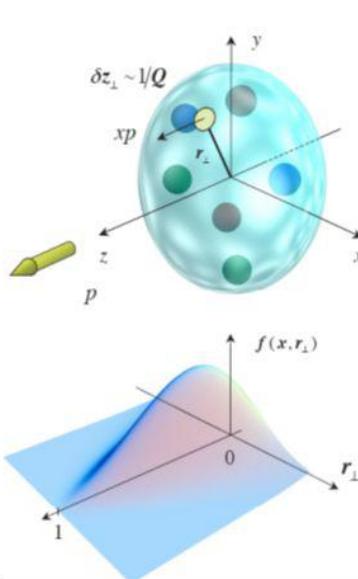
Tool: Generalised Parton Distributions

Form factors:

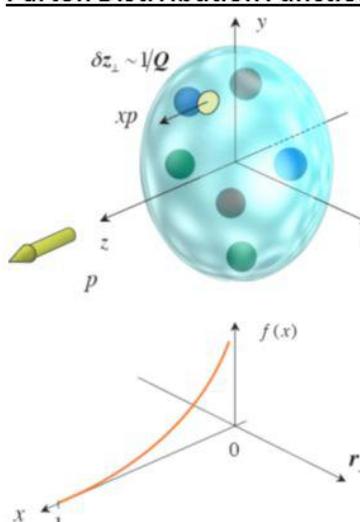


Fourier transform of e.g. a radial charge distribution

GPDs:



Parton Distribution Functions:



Number density of quarks with longitudinal momentum fraction x

Esiste una relazione (regola di somma di J_i) 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

Fisica Nucleare Teorica a Perugia

10

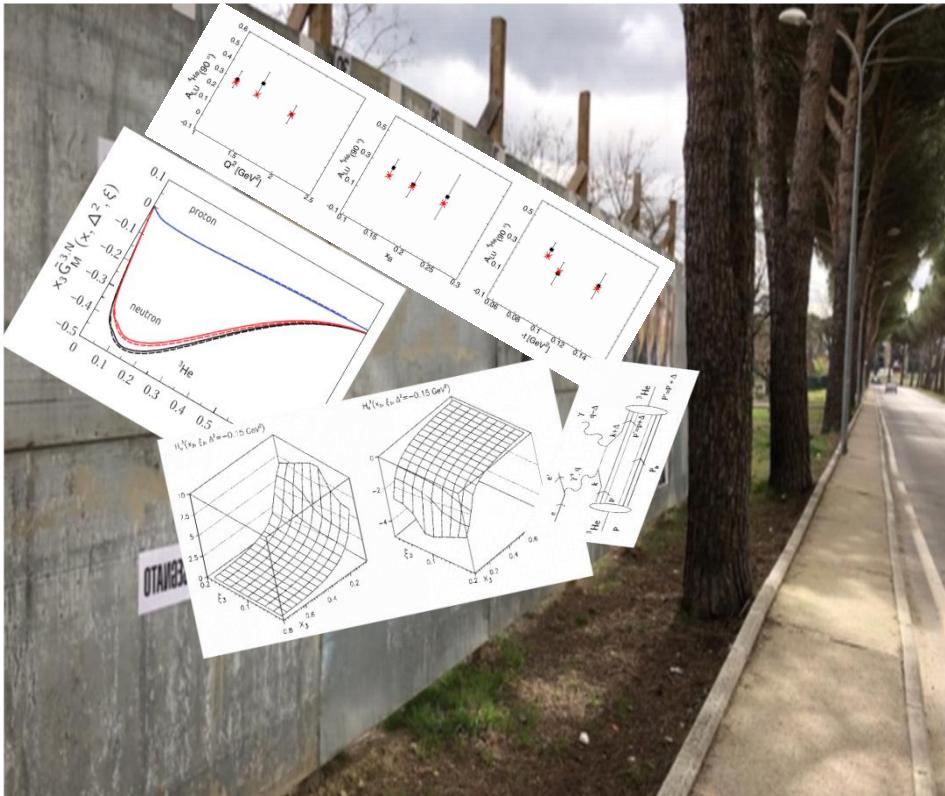


Il contributo di Perugia è divenuto negli anni un riferimento per la Fisica del DVCS su bersagli **nucleari leggeri** come:

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

Fisica Nucleare Teorica a Perugia

10



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

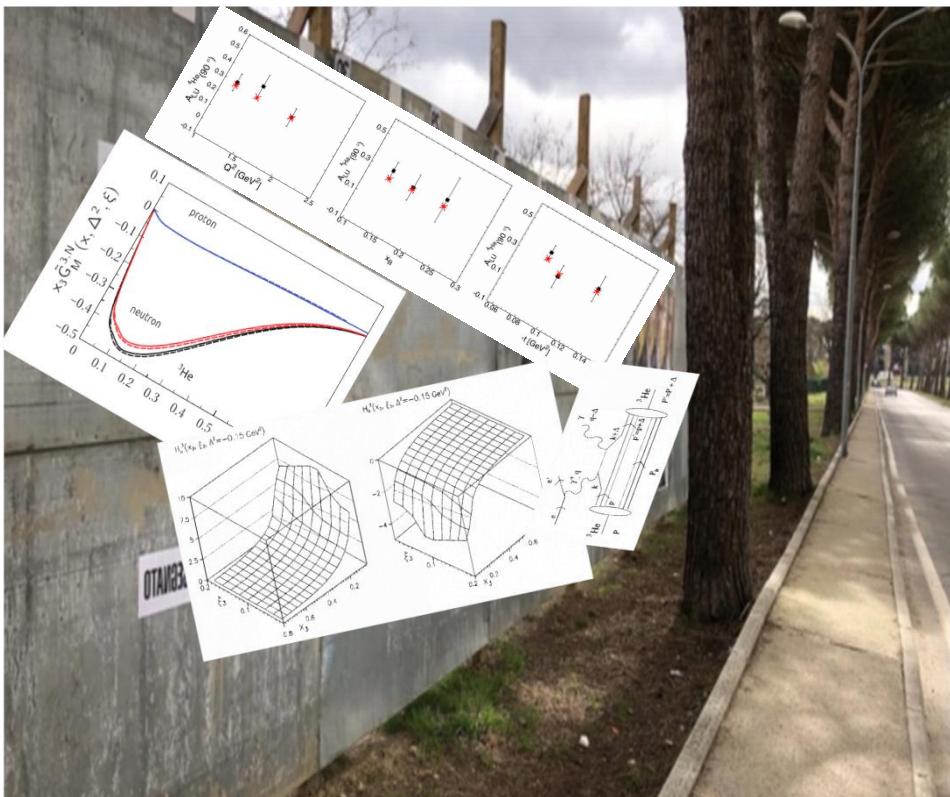
- Elio-3 (^3He) = 2 protoni + Neutrone
- Elio-4 (^4He) = 2 protoni + 2 Neutroni



Le funzioni d'onda da potenziali nucleari realistici sono calcolabili! Sappiamo quindi derivare in modo realistico le relative GPDs tenendo conto degli effetti nucleari convenzionali! Per nuclei più pesanti questa accuratezza non è possibile

Fisica Nucleare Teorica a Perugia

10



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

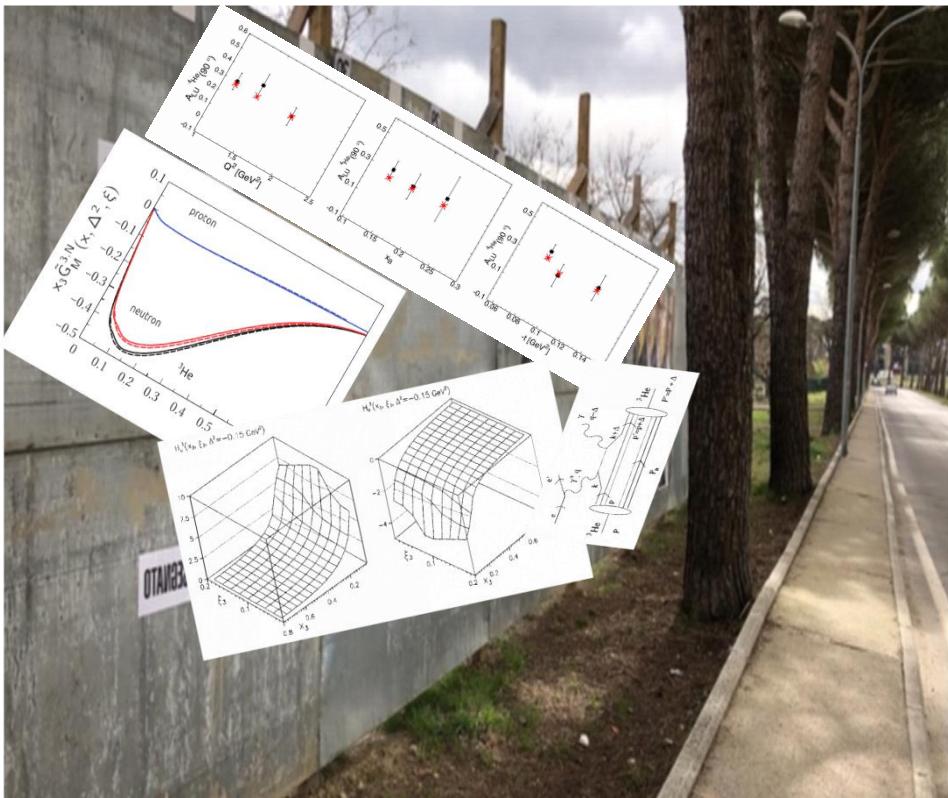
- Elio-3 (^3He) = 2 protoni + Neutroni
 - Elio-4 (^4He) = 2 protoni + 2 Neutroni



³He è fondamentale per accedere alle GPDs del **Neutrone** (particella che libera decade troppo rapidamente)

Fisica Nucleare Teorica a Perugia

10



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

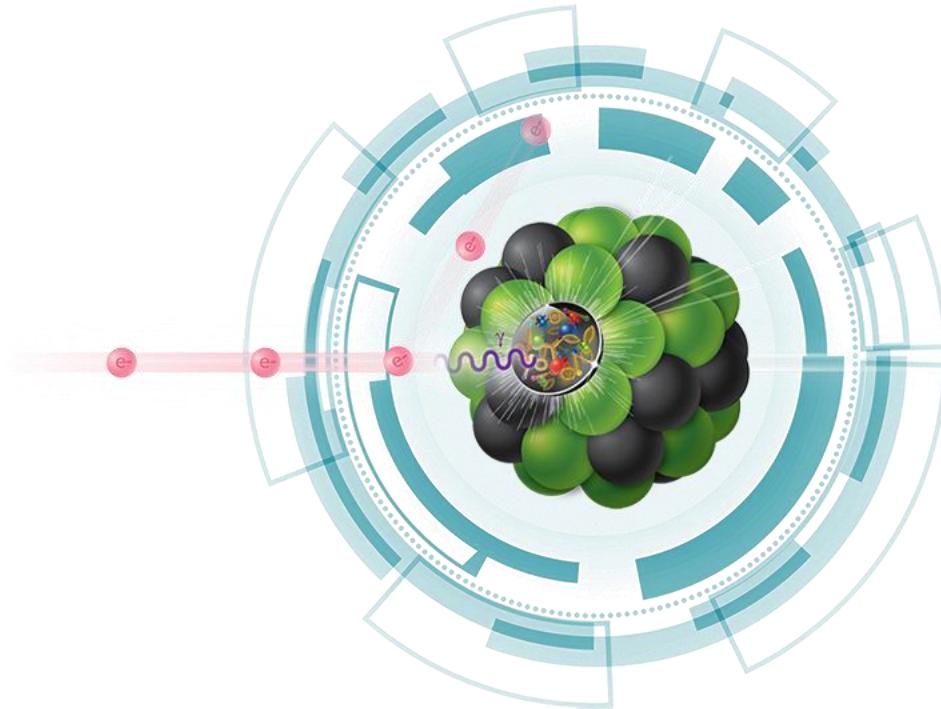


I calcoli della collaborazione sono stati usati per interpretare i dati del DVCS su ${}^4\text{He}$ e saranno usati per produrre previsioni utili per i nuovi ESPERIMENTI

Electron Ion Collider (EIC)

11

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

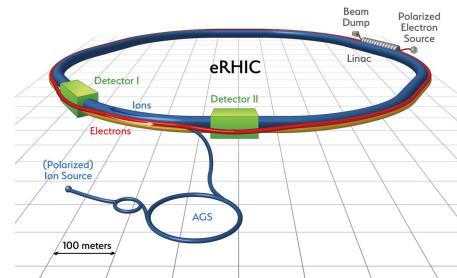


Electron Ion Collider (EIC)

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



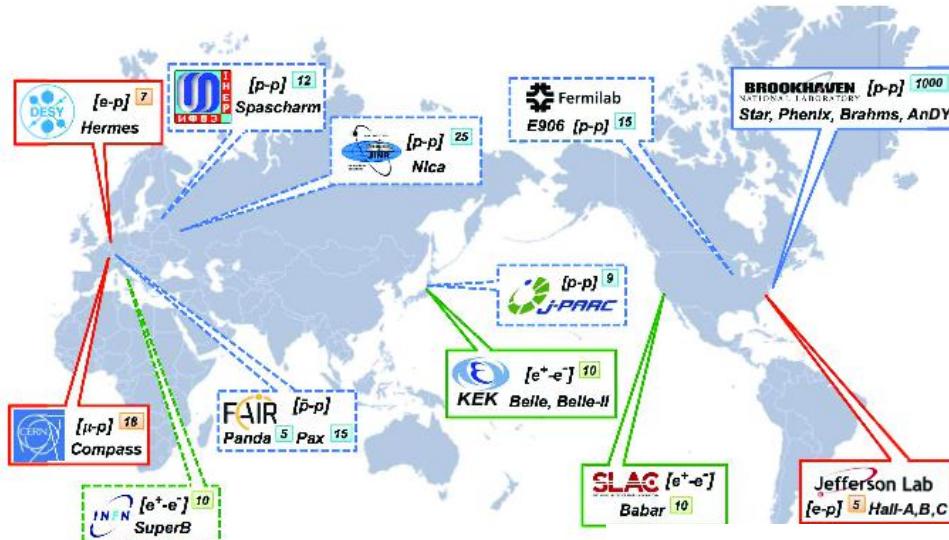
- Nel prossimo decennio, l'unico acceleratore attivo negli USA sarà l' EIC. Servirà per capire la QCD nella sua anima non perturbativa: adronizzazione, confinamento... passi fondamentali per la ricerca di nuova Fisica!
- Oltre 2 miliardi di dollari di investimento
- più di 1000 users, più di 200 istituzioni
(anche PG, rappresentata da me, Sergio Scopetta e Sara Fucini)
- 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 coinvolto nella stesura dello “Yellow report” (pubblicato questi giorni) dove si raccolgono queste idee! DOBBIAMO CONTINUARE A LAVORARE IN QUESTA DIREZIONE e ci sono molti temi caldi da studiare!



Nucleoni in 3D e dove trovarli

13

Tanti esperimenti coinvolti



si veda il talk di Marco Mirazita

Chi lavora nel campo in Italia

Teoria

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

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

-  Torino;
-  Genova
-  Perugia
-  Roma1
-  Roma2
-  Pavia
-  Cagliari
-  Milano Bicocca



Progetto Europeo
che ha ricevuto fondi da:
"European Union's Horizon 2020"

Valutazione INFN eccellente

Riguardo questi temi, a Perugia, lavoriamo io (RTD-A), Sergio Scopetta (professore associato), Sara Fucini (dottoranda in tesi) e Rajesh Sangem (post-doc INFN dal Giugno 2021).

Fisica Adronica Teorica a Perugia

16

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

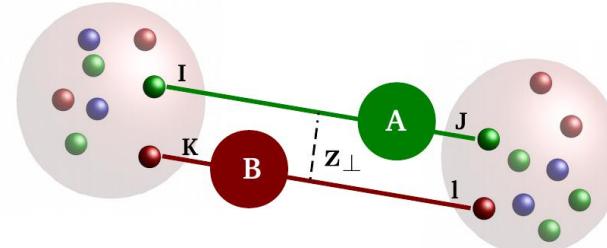


COME POSSIAMO CAPIRE SE DUE QUARK SONO CORRELATI TRA DI LORO?

Servono delle distribuzioni a due corpi, le “double parton distribution functions” (dPDFs) 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 gluon 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!



Fisica Adronica Teorica a Perugia

16

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

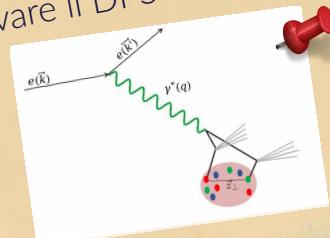
COME POSSIAMO CAPIRE SE DUE QUARKS

Servono delle distribuzioni:

- 1) le frazioni
- 2) la distanza
di un quark

Si potranno (SPERIAMO) n
che interagiscono con due

L' Università di Perugia ha finanziato un
progetto per studiare se sarà possibile
osservare il DPS all' EIC!

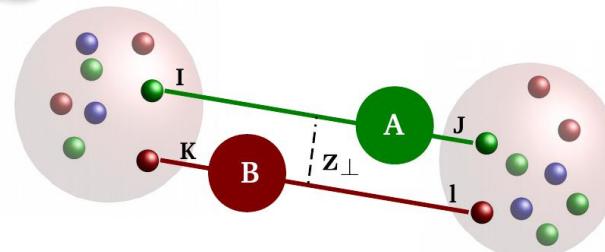


ALTRI TRA DI LORO?

Fs) che dipendono:

di un quark (diversa dalla distanza

: due partoni (quark o gluoni) di un adrone
importante ad LHC anche per lo studio di Nuova Fisica!



Fisica Adronica Teorica a Perugia

17

Cromo dinamica Quantistica in una riga!

$$\mathcal{L} = -\frac{1}{4} \text{Tr} G_{\mu\nu} G^{\mu\nu} + \sum \bar{\Psi} (i\gamma \cdot D - m) \Psi$$

$$G_{\mu\nu}^a = \partial_\mu A_\nu^a - \partial_\nu A_\mu^a + g f_{abs} A_\mu^b A_\nu^c$$

Mesons

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



Baryons

$$3 \otimes 3 \otimes 3$$



Exotic states

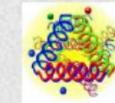
$$3 \otimes \bar{3} \otimes 8$$

$$8 \otimes 8$$

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

HYBRIDS

GLUEBALLS



Mesoni:
particelle composte
da quark+ anti-quark

Barioni:
protoni, neutroni...

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

However :

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

Why Glueballs?

3

Glueballs in AdS/QCD: The Soft-Wall II



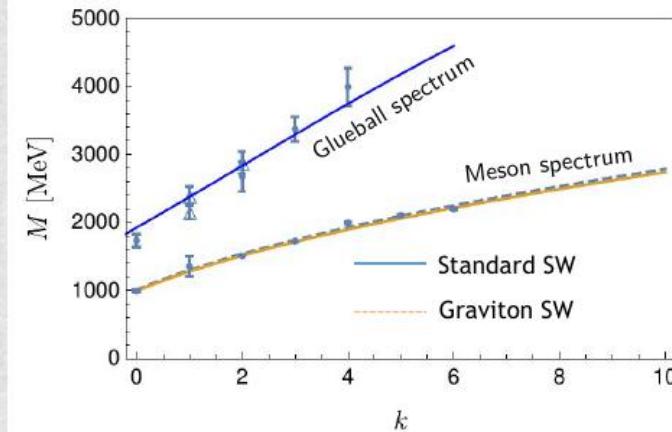
In this case we have the following AdS_5 metric : $\tilde{g}_{MN}dx^M dx^N = e^{-\alpha\varphi(z)} \frac{R^2}{z^2} (dz^2 + \eta_{\mu\nu}dx^\mu dx^\nu)$

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

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...

Non Siamo Soli

19

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

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



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), Sergio Scopetta (e collaboratori esterni)

Alcuni argomenti di Tesi Magistrali

21

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):

-  **TRATTAZIONE RELATIVISTICA DI SISTEMI LEGATI A 3 CORPI**
(collaborazione con Pisa, Roma 1 e 2, Valencia (Spagna))
-  **STRUTTURA 3D DEL NUCLEONE LEGATO DA ESPERIMENTI SU NUCLEI DI ^2H , ^3He e ^4He**
(collaborazione con Pisa, Roma 1 e 2, JLab (USA), Parigi (Francia), Dubna (Russia), Varsavia (Polonia))
-  **CALCOLO DELLE DISTIBUZIONI PARTONICHE MULTIPLE MISURATE AD LHC E PROPOSTA DI MISURA PER L'EIC**
(collaborazione con Trento, Trieste, Valencia (Spagna) e colleghi locali)
-  **CALCOLI DI OSSERVABILI SPERIMENTALI CON MODELLI OLOGRAFICI (Soft-wall Ads/QCD), PER STUDIARE MESONI, NUCLEONI E GLUEBALLS**
(collaborazione con Valencia (Spagna))

Alcuni argomenti di Tesi Magistrali

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):

21

- **TRATTAZIONE RELATIVISTICA DI SISTEMI LEGATI A 3 CORPI**
(collaborazione con Pisa, Roma 1 e 2, Valencia (Spagna))
- **STRUTTURA 3D DEL NUCLEONE**
ESPERIMENTI SU NUCLEI
DI ^2H , ^3He e ^4He
(collaborazione con Pisa, Roma 1 e 2, Parigi (Francia), Dubna (Russia), Varsavia (Polonia))
- **CALCOLO DELLE DISTANZE
E PROPOSTA DI MISURA**
IMPIEGO DI METROPOLIS
SIMPLE MISURATE AD LHC
(collaborazione con Trento, Roma 1 e 2, Valencia (Spagna) e colleghi locali)
- **CALCOLI DI OSSERVABILI ELEMENTALI CON MODELLI OLOGRAFICI**
(Soft-wall AdS/QCD)
STUDIARE MESONI, NUCLEONI E GLUEBALLS
(collaborazione con Valencia (Spagna))

Per i dettagli cercateci



Esempi di pubblicazioni da Tesi

22

M.Rinaldi

Tesi, Settembre 2011

Pubblicazione Giugno 2012

F. Fratini

Tesi, Settembre 2008

Pubblicazione Agosto 2008

S. Fucini

Tesi, Settembre 2017

Pubblicazione Luglio 2018

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

Neutron orbital structure from generalized parton distributions of ^3He

M. Rinaldi^a and S. Scopetta^b

^aDipartimento di Fisica, Università degli Studi di Perugia, and Istituto Nazionale di Fisica Nucleare Sezione di Perugia,
via A. Pascoli 05100 Perugia, Italy

(Received 16 April 2012; published 27 June 2012)

The generalized parton distribution H and E of the ^3He nucleus, which can be measured in hard exclusive processes such as coherent deeply virtual Compton scattering, are thoroughly analyzed in impulse approximation, within the Av18 interaction. It is found that their sum, at low momentum transfer, is dominated to a large extent by the neutron contribution: the peculiar spin structure of ^3He makes this target unique for the extraction of the neutron information. This observation allows access, in dedicated experiments, to the orbital angular momentum of the partons in the neutron.

DOI: 10.1103/PhysRevC.85.062201

PACS number(s): 21.45.+v, 13.60.Hb, 14.20.Dh, 24.85.+p

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, Universidad de Valencia and Institut de Física Corpuscular,
Consejo Superior de Investigaciones Científicas 46100 Burjassot (Valencia), 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 manuscript received 13 June 2008; published 5 August 2008)

We develop a formalism to evaluate the Sivers function. The approach is well suited for calculations to describe the structure of the nucleon. A nonrelativistic reduction of the Igur-Karl model of hadron structure. The results obtained are in the signs for the u and d flavor contributions turn out to be in agreement with the one found analyzing, in the same model, the impact distributions. The Burkhardt sum rule turns out to be fulfilled to a good accuracy. The comparison of our results from the momentum scale of the model to the experimental ones shows a good agreement with the available data.

PACS numbers: 13.88.+e, 13.60.Hb, 13.87.Fh

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 Genio Quirurgico, 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 off the ^4He nucleus is studied in impulse approximation. A convolution formula for the nuclear generalized parton distribution (GPD) is derived in terms of the ^4He one-body nondiagonal spectral function and of the GPD of the struck nucleon. A model of the nuclear nondiagonal spectral function, based on the momentum distribution corresponding to the Argonne 18 nucleon-nucleon interaction, is used in the actual calculation. Typical impulse approximation results are reproduced, in proper limits, for the nuclear form factor and for nuclear parton distributions. The nuclear generalized parton distribution and the Compton form factor are evaluated using, as a nucleonic ingredient, a well-known generalized parton distribution model. An overall very good agreement is found with the data recently published by the E160 experiment at the Jefferson Laboratory (JLab). More refined nuclear calculations are addressed and will be necessary for the expected improved accuracy of the next generation of experiments at JLab with the 12-GeV electron beam and high luminosity.

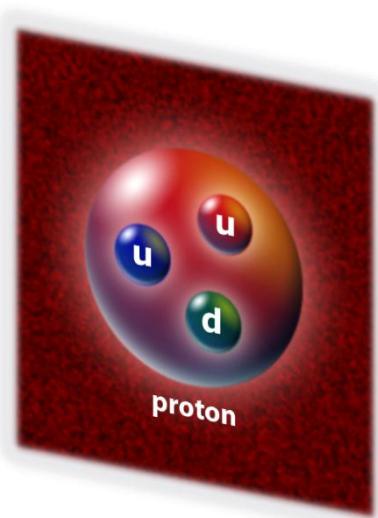
GRAZIE PER L'ATTENZIONE!!



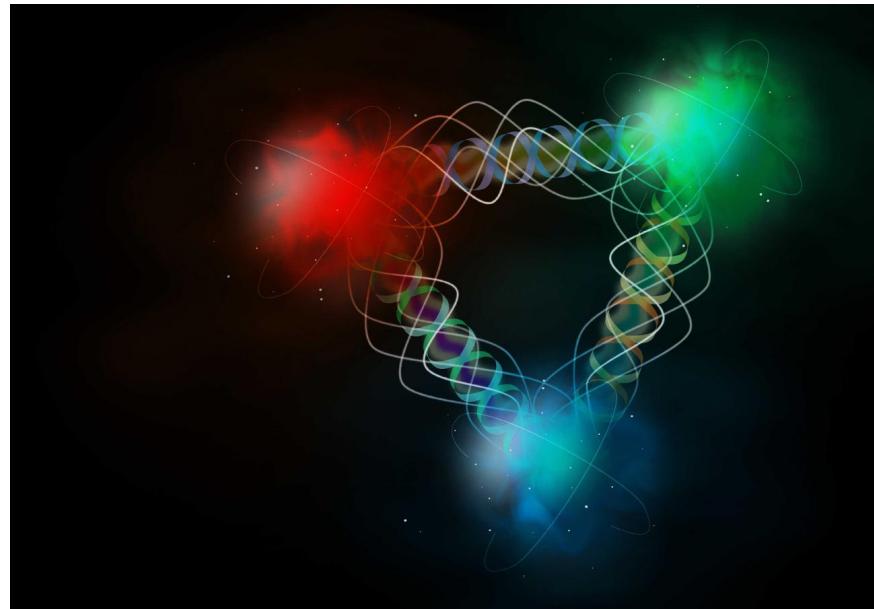
Protoni e Neutroni in 3D

2

Nel corso della storia siamo passati da:



a





1

TRANSITION SLIDE

Build better presentations in less time

BIG TITLE

The marketing mix is a business tool used in marketing and by marketers.

Content in two columns



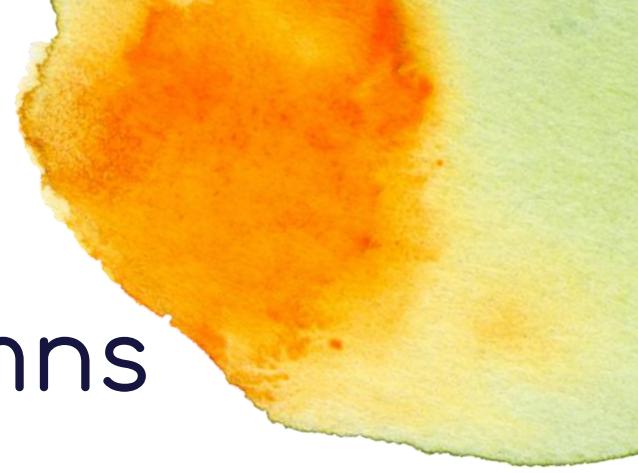
Content A

Content itself is what the end-user derives value from also can refer to the information provided through the medium, the way in which

Content B

Content itself is what the end-user derives value from also can refer to the information provided through the medium, the way in which

Content in three columns



Content A

Content itself is what the end-user derives value from also can refer to the information provided through the medium,

Content B

Content itself is what the end-user derives value from also can refer to the information provided through the medium,

Content C

Content itself is what the end-user derives value from also can refer to the information provided through the medium,



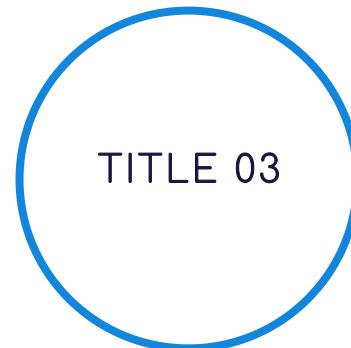
A Picture Is Worth A Thousand Words

Itself is what the end-user derives value from also.



Use Big Images
To Show
Your Ideas

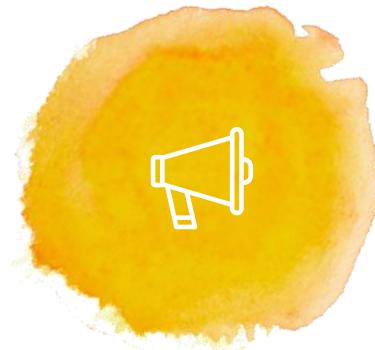
Shapes to explain ideas



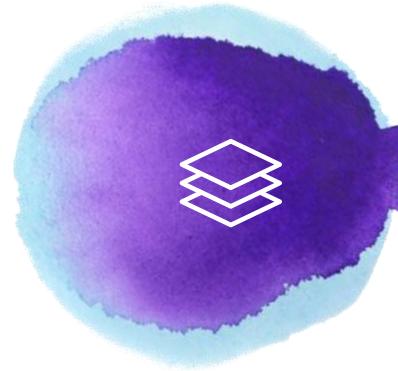
Features With icons



Service 01



Service 02



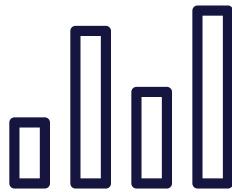
Service 03

Tables to compare data

	A	B	C
Content A	100	200	400
Content B	\$67,000	\$56,000	\$78,000
Content C	4500	60000	\$8,000

World Map

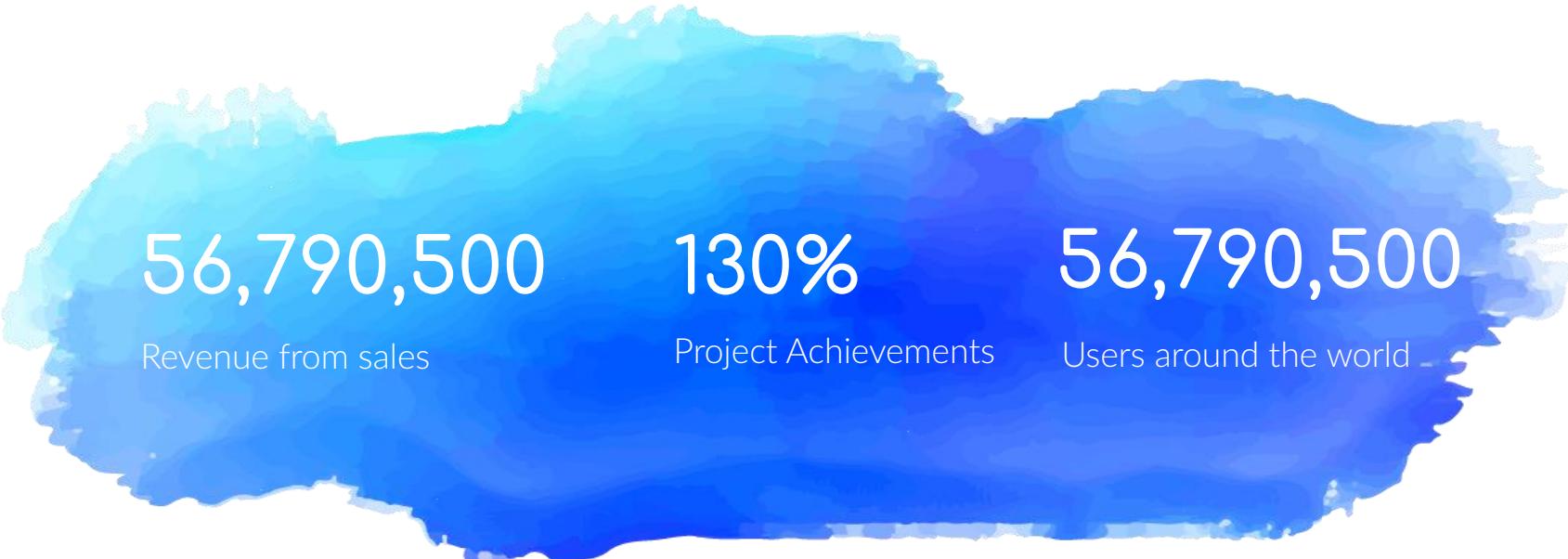




56,790,500

Write here your big numbers

Funny facts



56,790,500

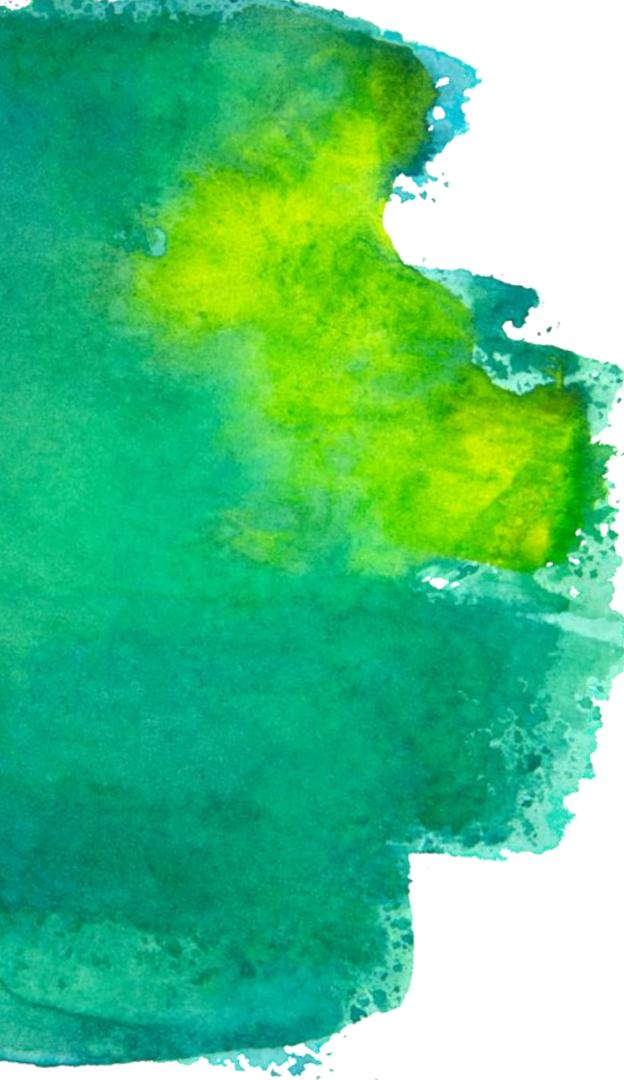
Revenue from sales

130%

Project Achievements

56,790,500

Users around the world



The process

Step 01

Step 02

Step 03

Features with icons



Content A

Itself is what the end-user derives value from also can refer to the information



Content B

Itself is what the end-user derives value from also can refer to the information



Content B

Itself is what the end-user derives value from also can refer to the information



Content C

Itself is what the end-user derives value from also can refer to the information



Content D

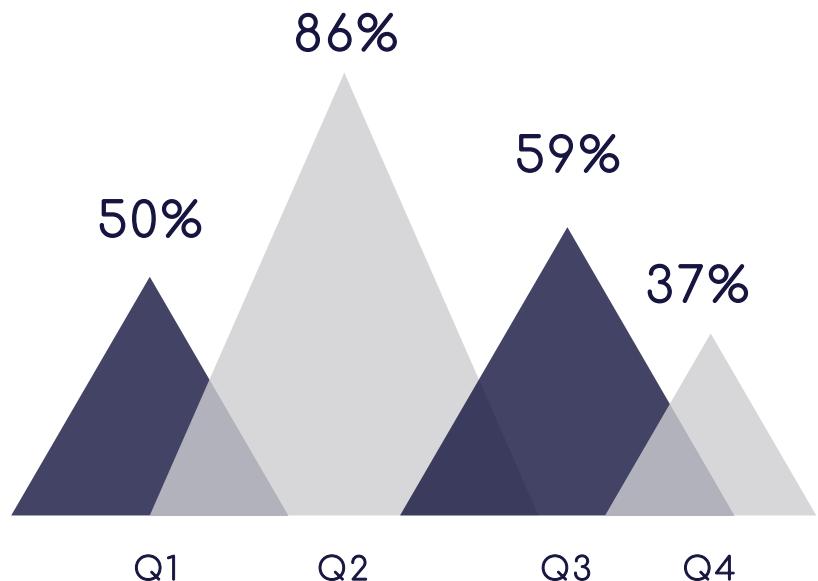
Itself is what the end-user derives value from also can refer to the information



Content D

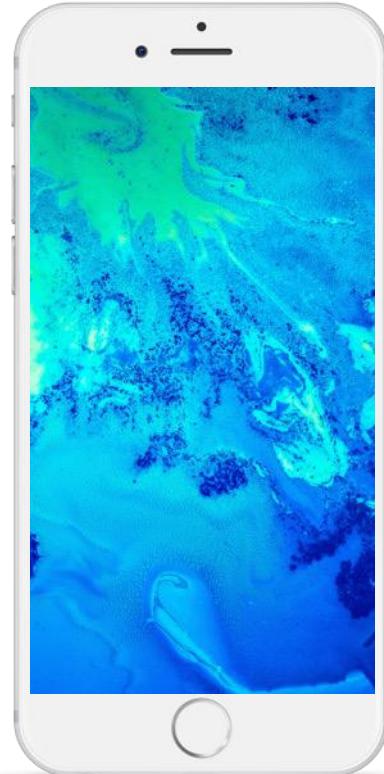
Itself is what the end-user derives value from also can refer to the information

Use Charts to Present data



Mobile Project

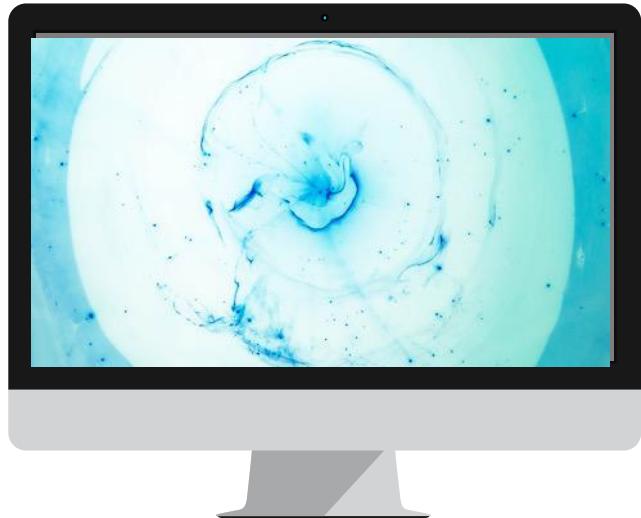
Itself is what the end-user derives value from also can refer is what





Desktop Project

Itself is what the end-user derives value from also can refer is what.



Thanks!

Any questions?

You can find me at:

@username
myemail@domain.com

Credits

Special thanks to all people who made and share these awesome resources for free:

- Presentation template designed by [Slidesmash](#)
- Photographs [unsplash.com](#)
- Watercolors by [graphicburguer.com](#)

Presentation Design

This presentation uses the following typographies and colors:

Free Fonts used:

<https://www.fontsquirrel.com/fonts/montserrat>

<https://www.fontsquirrel.com/fonts/lato>

Colors used

