

Consiglio di Sezione INFN Pavia

6 Giugno 2016

Consuntivi Scientifici Gruppo IV

Fulvio Piccinini, INFN Pavia

OUTLINE

- Resoconto riunione CSN4 13-14 Aprile 2016
——→ CdS 6 Giugno 2016
- Consuntivi 2015 Iniziative Specifiche
(grazie ai RL per la collaborazione)

Comunicazioni

- L'incontro finale di "What Next" si è tenuto all'Angelicum a Roma il 16 e 17 Febbraio 2016; importante partecipazione dei teorici della CSN4.
- Si sono svolte nei mesi scorsi riunioni del Consiglio Direttivo INFN allargate ai Presidenti di CSN (<http://web2.infn.it/rnric/>)
- A ottobre si è svolto a Trento l'incontro con il CVI:
CSN4 -- Observations

-
- ❑ global judgement very positive !!!
 - ❑ Six sectors rather well distributed:
 - ❑ Good success of the INFN theory postdocs.
 - ❑ Recognition as a leading centre by a significant donation from the Simons Foundation

Comunicazioni

- A fine novembre si è svolta a Firenze la riunione del Comitato Scientifico del GGI per l'analisi e la valutazione delle proposte di workshop per il 2017.
- Dopo ampia ed articolata discussione sono stati proposti i seguenti workshops:
 1. **From Static to Dynamical Gauge Fields with Ultracold Atoms** (early spring)
 2. **New Developments in AdS_3/CFT_2 Holography** (may-june)
 3. **Collider Physics and the Cosmos** (fall)
- Il programma "Simons@GGI" sta funzionando bene e con successo!



Comunicazioni

- Quest'anno il GGI compie 10 anni!
- Il 17 maggio ad Arcetri ci sarà un evento celebrativo con interventi di
 - F. Ferroni + A. Masiero + G. Marchesini + G. Martinelli + A. Lerda + G. Veneziano
 - S. Bertolucci
 - A. Sen
 - L. Hui
 - G. Giudice
- A seguire dal 18 al 20 maggio ci sarà il tradizionale incontro di “Cortona” che quest'anno sarà al GGI

Informazioni e iscrizioni (entro il 18 aprile):



Comunicazioni

- **Maria Paola Lombardo** coordina ancora le Giornate-Uomo per l'ECT* di Trento.
- **Francesco Murgia** ha sostituito Vittorio Lubicz nel GLV. I rappresentanti della CSN4 nel GLV sono quindi
L. Canton, D. Zappalà, F. Murgia (e A. Lerda)
- Siamo in piena VQR ... Un grazie sincero a tutto il GLV (e ad alcuni volontari...) per l'intenso lavoro fatto in questi mesi.
- **Luca Griguolo** affianca Yassen Stanev come nuovo referee interno per la Linea 4 in sostituzione di Gaetano Vilasi. La squadra dei referee interni è quindi completa in vista della valutazione esterna delle IS.
- **Fabio Zwirner** è il membro di GE che seguirà più da vicino la CSN4. Per impegni presso l'ERC, questa volta non può essere presente e viene sostituito da Antonio Masiero.

Comunicazioni

- Il CIPE ha approvato la proposta *"High Performance Data Network"* presentata dall'INFN lo scorso anno per circa 13 M€. Nell'ambito di questo progetto possono essere soddisfatte le richieste dei teorici, così come formulate nel documento *"The case for a renewed support of computational theoretical physics at INFN"*, discusso in CSN4 a fine 2014.
- A metà febbraio si è svolto alla Sapienza un incontro molto partecipato con i rappresentanti di tutte le IS interessate al calcolo e si sono discussi varie proposte operative:
 - Disponibilità di risorse di calcolo HPC (2 Pflop) (Queste risorse, che devono avere le caratteristiche di stabilità necessarie per una massiccia produzione numerica, dovrebbero essere rese disponibili a partire dall'estate 2017 e rimanere in funzione per un periodo di circa 3 anni)
 - Supporto di personale scientifico junior (un certo numero di assegni di ricerca)
 - Supporto al networking (programmi di scambi e visite)
 - Sperimentazione di algoritmi e di metodi di programmazione (In considerazione della rapida evoluzione delle tecnologie di calcolo, in particolare dell'HPC, è necessario...

Comunicazioni

- Sono arrivati i risultati sulle 2 applications COFUND di cui abbiamo parlato la volta scorsa. Purtroppo entrambe le applications non sono state accolte. Quella presentata dall'INFN ha ottenuto una valutazione piuttosto positiva ma a causa del budget limitato non è stata finanziata.
- Visto il successo del nostro programma post-doc ho chiesto alla GE un aumento delle borse teoriche.
- Per la prossima tornata ne avremo **15 !!**

Premi Fubini 2015

- Il 22 gennaio 2016 a Torino si è riunita la Commissione per l'assegnazione dei Premi Fubini 2015.
- La Commissione, formata da A. Lerda (ex-officio), M.B. Barbaro (TO), M. Pietroni (PD), A. Romanino (TS) e N. Tantalo (RM2) ha esaminato le **25 tesi** di competenza della CSN4 segnalate dai direttori (lo scorso anno le tesi presentate erano 32).

BA	BO	FE	FI	LE	MI	MI B	N A	PG	PI	P V	RM 3	T O	TS
3	1	1	1	1	3	1	1	1	1	2	1	5	3

- Il numero totale di Ph.D. students presenti nel data base dei preventivi è circa 250; quindi il numero delle tesi è circa 80 tesi/anno. Solo 1/3 hanno partecipato al premio Fubini. Da notare l'assenza di sezioni in grandi università (e.g. RM1, RM2, PD,...)

Premi Fubini 2015

estratto dal verbale della commissione:

La Commissione si compiace dell'alto livello di tutte le tesi presentate, benché questo renda assai difficile la scelta di sole tre tesi da premiare. Dopo un attento esame e un'approfondita discussione, tenendo conto della rilevanza e originalità dei risultati ottenuti, della chiarezza dell'esposizione, dell'organizzazione dei temi trattati nelle tesi, nonché di parametri oggettivi (prestigio delle riviste internazionali su cui sono stati pubblicati i relativi lavori e numero di citazioni ricevute), la Commissione seleziona le seguenti tre tesi, in ordine alfabetico di autore, per l'assegnazione del premio:

Mattia Di Mauro (Università di Torino)

"Cosmic Radiation: Unveiling Dark Matter Components Beyond The Contribution Of Astrophysical Sources"

Valentina Rolando (Università di Ferrara)

"Modeling The Heavy Ion Collisions With ECHO-QGP: A Novel Resource For A Study Of The QGP"

Andrea Tesi (Scuola Normale Superiore di Pisa)

"A Natural Higgs Boson: Models And Phenomenology"

Premi Fubini 2015

La Commissione ritiene inoltre opportuno segnalare le seguenti tesi di dottorato come meritevoli di menzione speciale:

Mauro Chiesa (Università di Pavia)

“Electroweak Sudakov Corrections To New Physics Searches At The LHC And Future Hadron Colliders”

Giulio Falcioni (Università di Torino)

“The Infrared Structure Of Gauge Theory Scattering Amplitudes”

Marta Leoni (Università di Milano)

“Scattering Amplitudes in Superconformal Gauge Theories”

David Marzocca (SISSA Trieste)

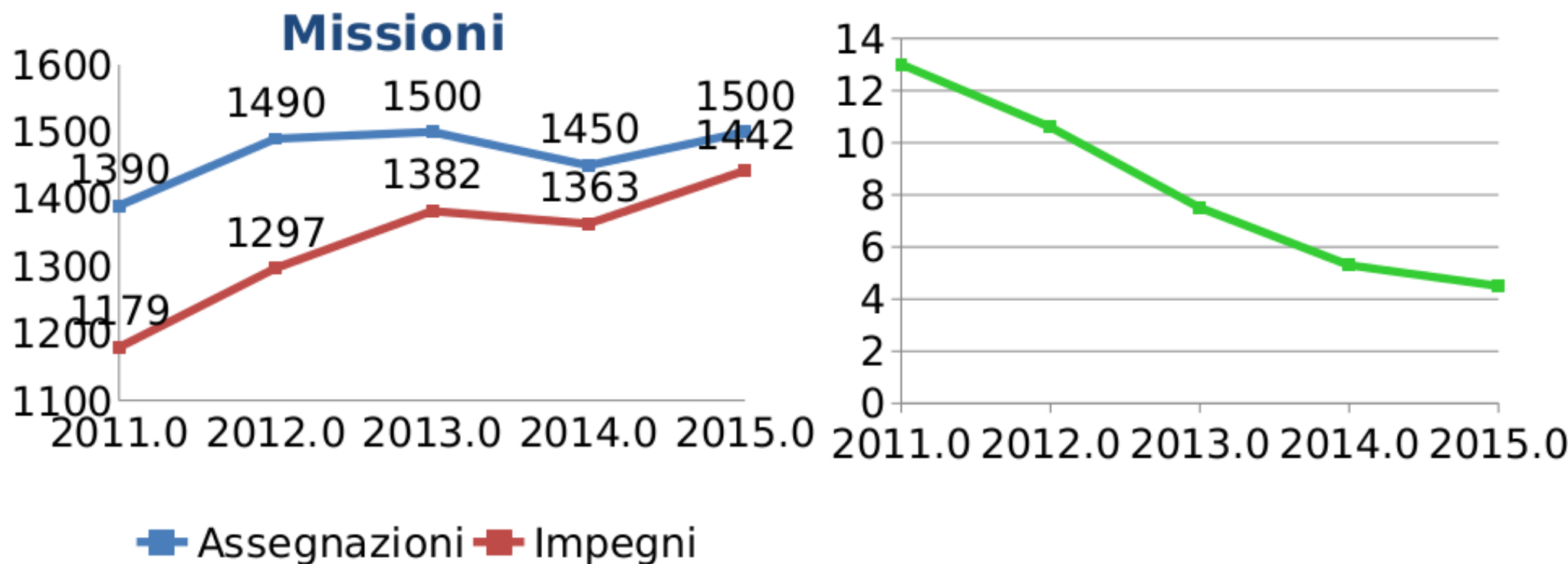
“Higgs and Beyond in the LHC Era”

- I coordinatori di Pavia, Torino, Milano e Trieste sono invitati a informare gli interessati di questa “menzione speciale”.

Consuntivi 2015

- Missioni (dai consuntivi 2015)**

	Assegnazioni (k€)	Impegni (k€)	Avanzo (k€)	% di residuo
Missioni	1500	1432	68	4.5 %

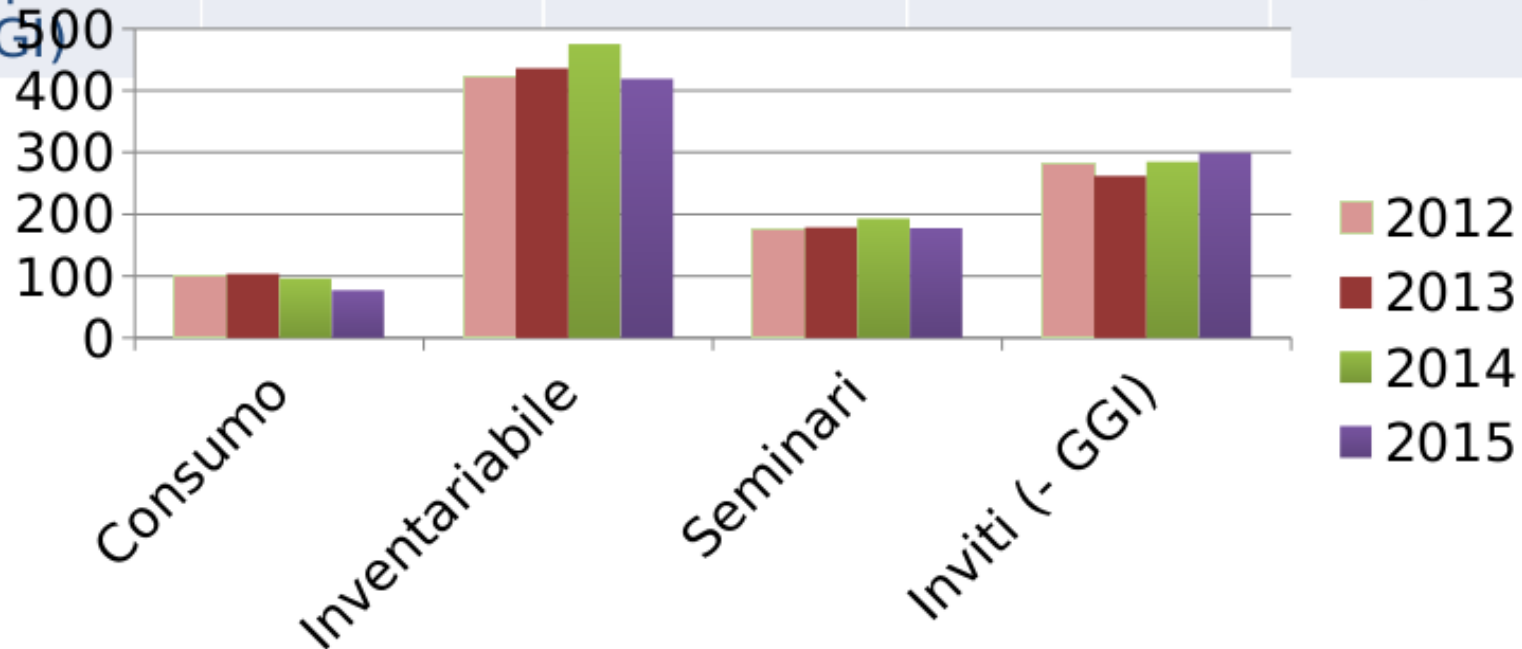


La percentuale dei residui è ancora
diminuita.

Consuntivi 2015

- **Principali voci del «fondo indiviso» (in totale**

	Assegnazioni (k€)	Impegni (k€)	Avanzo (k€)	% di residuo
Consumo	77,5	73,5	4	5,1 %
Inventariabili	415	411	4	1,0 %
Seminari	178	171	7	3,9 %
Inviti (compreso GGI)	340	336	4	1,2 %



Consuntivi 2015

Complessivamente per la CSN4

	Assegnazioni (k€)	Storni (k€)	Impegni (k€)	Avanzo (k€)	% di residuo
CSN4	2750	52	2603	95	3.5 %

Borse Post-doc 2015/16

		Line a 1	Line a 2	Line a 3	Line a 4	Line a 5		
		3	3 + 1	2	1	3		
Sede							Linea	# domande
FIRENZE	High Energy Particle Phenomenology						2	167
LNS	Nuclear Matter and Compact Stellar Objects						5	17
MILANO	Fundamental Problems in Quantum Physics						4	48
NAPOLI	Nuclear Structures and Reactions						3	27
PADOVA	Astroparticle, Dark Matter and Cosmology						5	101
PADOVA	String Theory and Supergravity						1	119
PISA	Few Body Nuclear Systems						3	18
ROMA 1	Theory of Fundamental Interactions and New Physics						2	93
ROMA 2	Lattice Field Theories						1	27
ROMA 3	Lattice Gauge Theories						2	20
TORINO	Astroparticle, Dark Matter and						5	43

Borse Post-doc 2015/16

Tutto è andato secondo le previsioni e la procedura si è conclusa nei tempi previsti.

Grazie ai Coordinatori coinvolti e alle Commissioni per la collaborazione!

Numero totale di domande per le **13 borse post-doc teoriche** del 2015/2016:

482

Questo numero rimane elevato, segno che la procedura che abbiamo individuato funziona!

Numero totale di domande per le **20 borse post-doc sperimentali** del 2015/2016 (a gestione centralizzata):

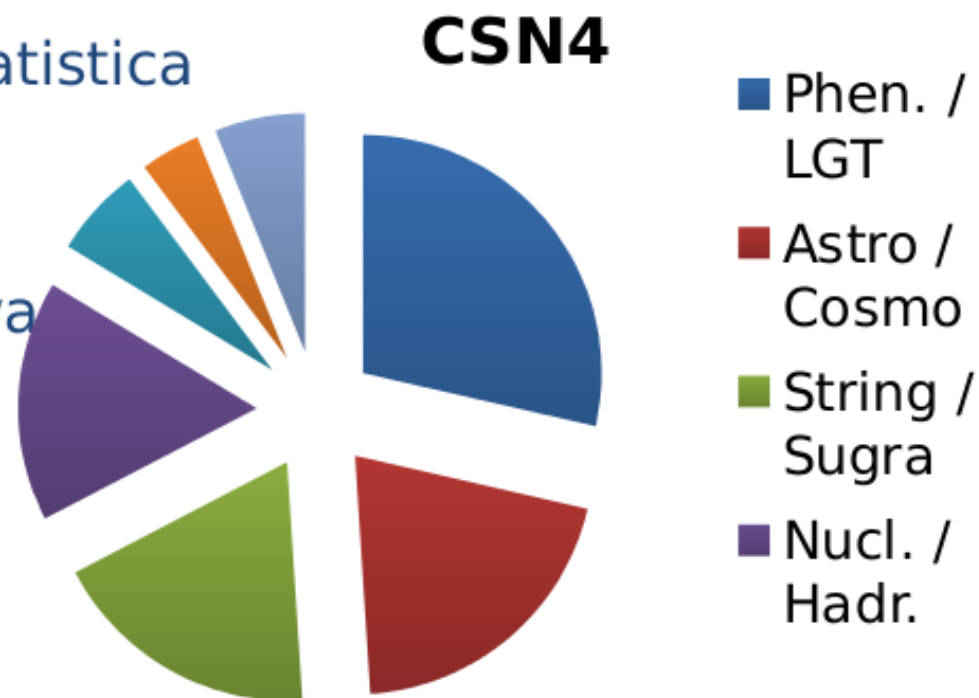
397

(C'è un fattore circa 2 nel rapporto # domande/# borse)

Borse Post-doc

49 borse teoriche negli ultimi 4 anni:

- 14 in Fenomenologia + Teorie di Gauge su Reticolo
- 10 in Astroparticle + Cosmologia
- 9 in Stringhe / Supergravità / Fisica Non-perturbativa
- 8 in Fisica Nucleare / Adronica / QGP
- 3 in Metodi Matematici
- 2 in Teoria dei Campi Statistica
- 1 in BEC (Linea 4)
- 1 in Nanostrutture
- 1 in Biofisica Quantitativa



Borse post-doc 2016/17

Ripartizione per linee:

	% FTE	# IS in fascia 1	# Borse proposte nel 2015	# Borse proposte per il 2016	# Borse proposte nel periodo 2012-2016
Linea 1	30%	6 su 10	3	4	18 (28%)
Linea 2	16%	9 su 9	4	4	16 (25%)
Linea 3	12%	4 su 5	2	2	10 (16%)
Linea 4	12%	5 su 5	1	1	5 (8%)
Linea 5	20%	5 su 5	3	4	13 (20%)
Linea 6	10%	1 su 5	0	0	2 (3%)
			13	15	64

La proposta di suddivisione tiene conto di vari fattori, tra cui il peso della linea scientifica, i risultati della valutazione esterna delle IS, il numero di domande pervenute negli ultimi anni, lo

Discussione sulle Iniziative Specifiche per il triennio 2017-19

Iniziative Specifiche

- A seguito della lettera ci sono stati numerosi contatti in queste settimane con i referee interni e i Responsabili Nazionali per esaminare la situazione e cercare dei correttivi ai casi più critici.
- Nonostante qualche rigidità e resistenza da parte di alcuni (pochi per la verità), complessivamente c'è stata una risposta soddisfacente e si sono raggiunti risultati che a me sembrano positivi.

- Molto lavoro era già stato fatto tre fa, specie nelle Linee 3, 4 e 5.

- Attualmente abbiamo **39 Iniziative Specifiche**

	# di IS
Linea 1	10
Linea 2	9
Linea 3	5
Linea 4	5
Linea 5	5
Linea 6	5

Iniziative Specifiche a PV

BELL	(4)	R.L. G.M. D'Ariano	R.N. P. Zanghì	(GE)
DYNSYSMATH	(4)	R.L. F. Borgonovi	R.N. R. Artuso	(MI)
GEOSYM_QFT	(4)	R.L. A. Marzuoli	R.N. F. Lizzi	(NA)
MANYBODY	(3)	R.L. C. Giusti	R.N. O. Benhar	(RM)
NINPHA	(3)	R.L. M. Radici	R.N. . Radici	(PV)
QFT@COLLIDERS	(2)	R.L. O. Nicrosini	R.N. F. Piccinini	(PV)
TasP	(5)	R.L. M. Roncadelli	R.N. E. Lisi	(BA)

presentate in ordine di linea



QFT@COLLIDERS



Responsabile nazionale: F. Piccinini
Responsabile locale: O. Nicrosini

Partecipanti 2015(2016)

S. Boselli, C.M. Carloni Calame
M. Chiesa, H. Martinez,
G. Montagna, M. Moretti (FE),
O. Nicrosini, F. Piccinini, V. Prospero,
A. Shivaji* (* post-doc premiale INFN)

Altre sedi: Bologna (G.P. Vacca), Cosenza (A. Papa),
Firenze (S. Catani), Milano B. (P. Nason)

Keywords: Monte Carlo generators, NLO/NNLO
QCD calculations, electroweak corrections,
perturbative resummations, QCD in the high-energy limit

Collaboratori

N. Greiner (DESY)
P. Nason (Mib)
A. Polosa (Roma La Sapienza)
F. Tramontano (Napoli)
A. Vicini (Milano)

Consiglio di Sezione INFN
Pavia, 6 giugno 2015

Physics at flavour factories

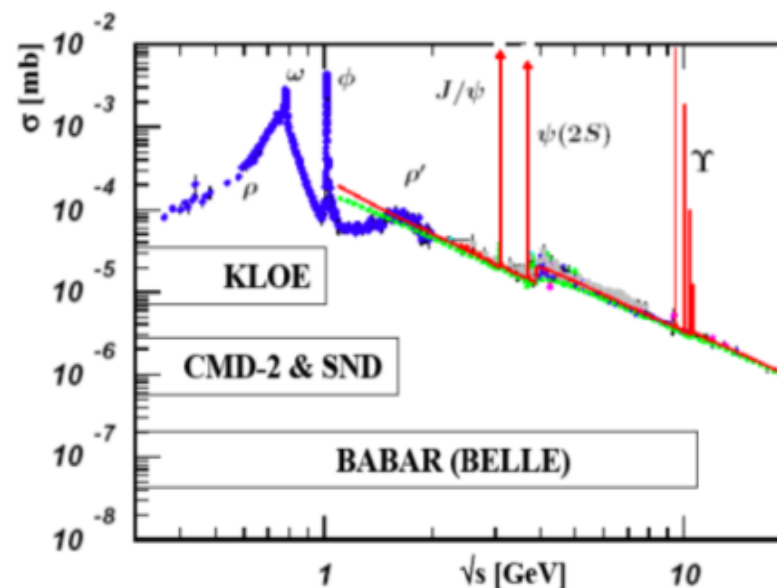
BabaYaga@NLO: reference MC used by all experimental collaborations for

- monitoring of luminosity and prediction of QED processes
- simulation of ISR emission

Theory status in:

C.M. Carloni Calame, G. Montagna,
O. Nicrosini and F. Piccinini
Acta Phys. Pol. B46 (2015) 2227

Collaboration with BESIII for inclusion of hadronic channels



A new approach to evaluate the leading hadronic corrections to the muon $g-2$ [☆]

C. M. Carloni Calame^a, M. Passera^b, L. Trentadue^c, G. Venanzoni^d

^aDipartimento di Fisica, Università di Pavia, Pavia, Italy

^bINFN, Sezione di Padova, Padova, Italy

^cDipartimento di Fisica e Scienze della Terra “M. Melloni”

Università di Parma, Parma, Italy and

INFN, Sezione di Milano Bicocca, Milano, Italy

^dINFN, Laboratori Nazionali di Frascati, Frascati, Italy

Muon $g-2$

“A new approach to evaluate the leading hadronic corrections to the muon $g-2$ ”

C.M. Carloni Calame, M. Passera,
L. Trentadue, G. Venanzoni
Phys.Lett. B746 (2015) 325-329

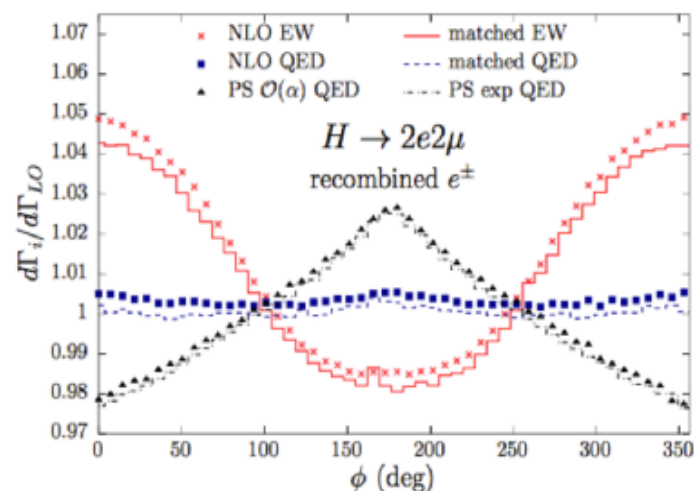
Abstract

We propose a novel approach to determine the leading hadronic corrections to the muon $g-2$. It consists in a measurement of the effective electromagnetic coupling in the space-like region extracted from Bhabha scattering data. We argue that this new method may become feasible at flavor factories, resulting in an alternative determination potentially competitive with the accuracy of the present results obtained with the dispersive approach via time-like data.

Physics at the LHC

Higgs into four leptons

- MC for $H \rightarrow 4l$ matching exact NLO EW to QED PS (HTO4L)
- Important for precision measurements of Higgs properties and as NP window (EFT approach, in progress)



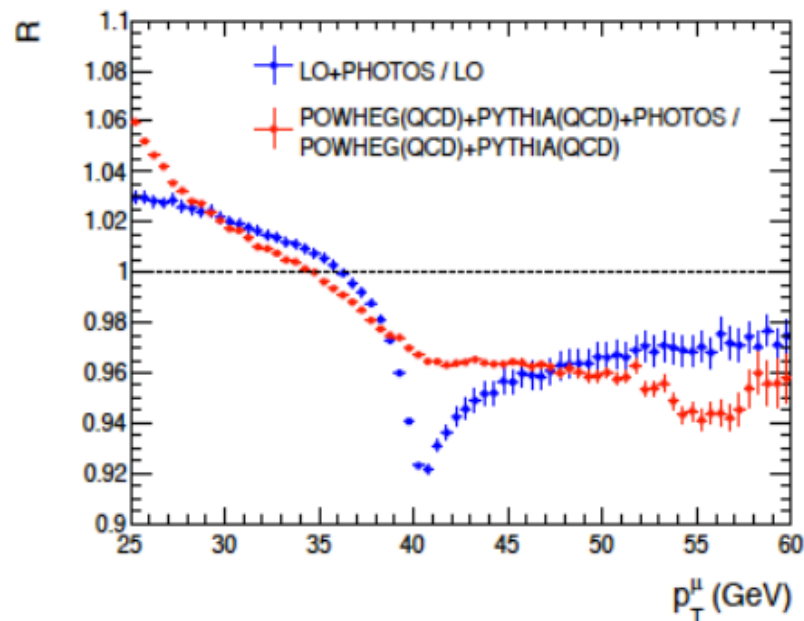
“Higgs boson decay into four leptons at NLOPS electroweak accuracy”

S. Boselli, C.M. Carloni Calame, G. Montagna, O. Nicrosini, F. Piccinini

JHEP 1506 (2015) 023 & contribution to LHCiggsXS Working Group, YR 4

Drell-Yan processes and W mass

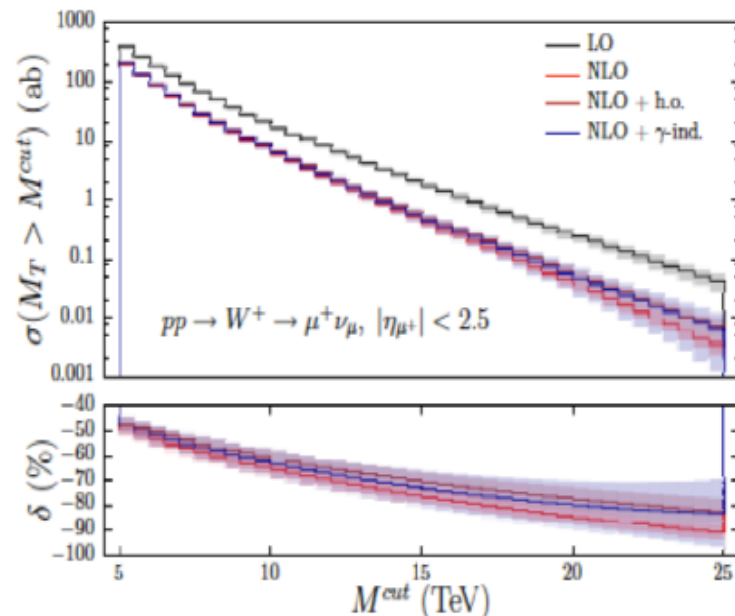
- Collaboration with ATLAS/CMS for new release of POWHEG with QCD+EW corrections
- Assessment of EW, mixed QCD/EW and higher order uncertainties in W mass measurement (W mass workshop, CERN)
- Contribution to DY WG report on precision predictions (paper to appear)



Physics at the LHC and a 100 TeV pp collider

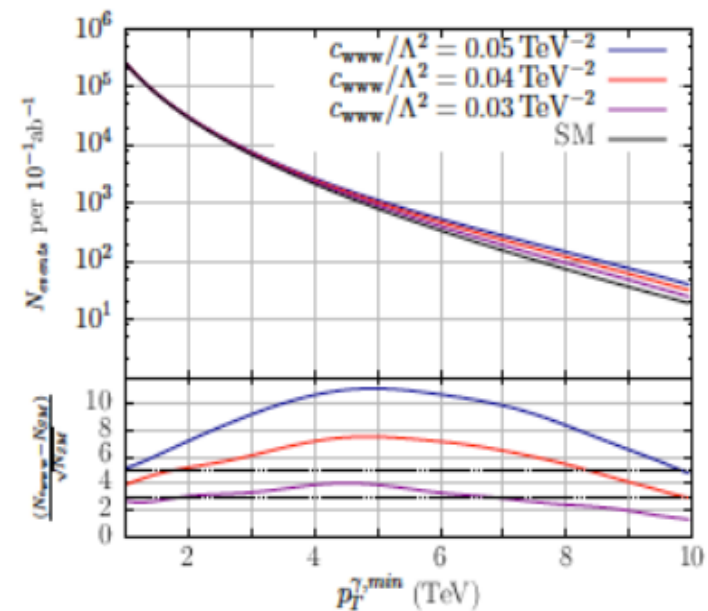
EW corrections in the Sudakov zone

- Implementation in ALPGEN of Sudakov corrections to new processes: di-jet and di-boson production, top pair + n jets...
- Phenomenological analysis at the LHC (Les Houches 2015) and a future hadron collider (100 TeV report, CERN) with HORACE and ALPGEN
- Theory review: M. Chiesa *et al.*, arXiv:1507.08579 J. Phys. G43 (2016) 554



$W\gamma$ / $Z\gamma$ & anomalous couplings

- Upgrade of POWHEG to $Z\gamma$ process, following the approach for $W\gamma$ (paper in preparation)
- Study of anomalous couplings at a future hadron collider (100 TeV report, CERN)

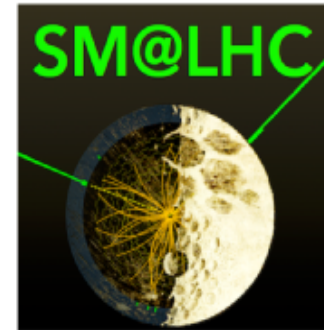


Workshops and Working Groups

FCC-ee: WG1 (Z pole) and WG2 (Di-bosons)
F. Piccinini convener

100 TeV report: F. Piccinini convener for EW
corrections

SM@LHC 2015, GGI: EW physics
G. Montagna convener



Les Houches 2015: Standard Model WG

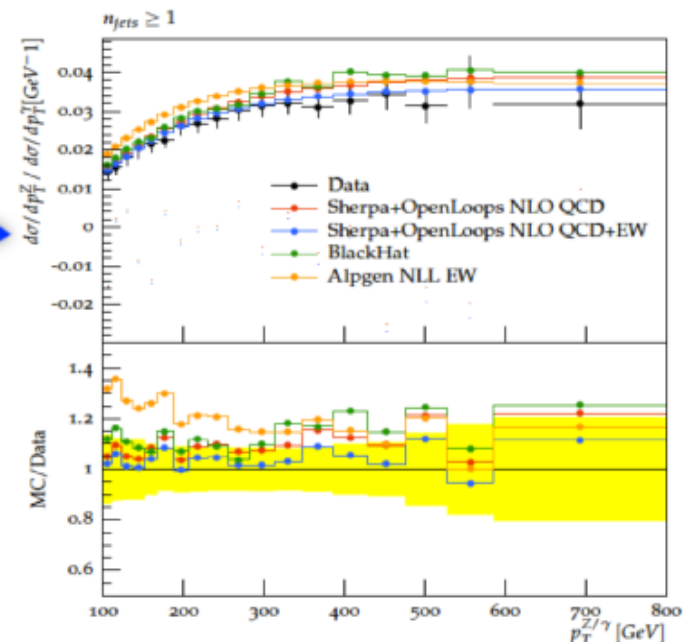
LHCHiggsXS WG

INFN What Next

“The Standard Model from the LHC
to future colliders”

S. Forte *et al.*

Eur. Phys. J. C75 (2015) 554



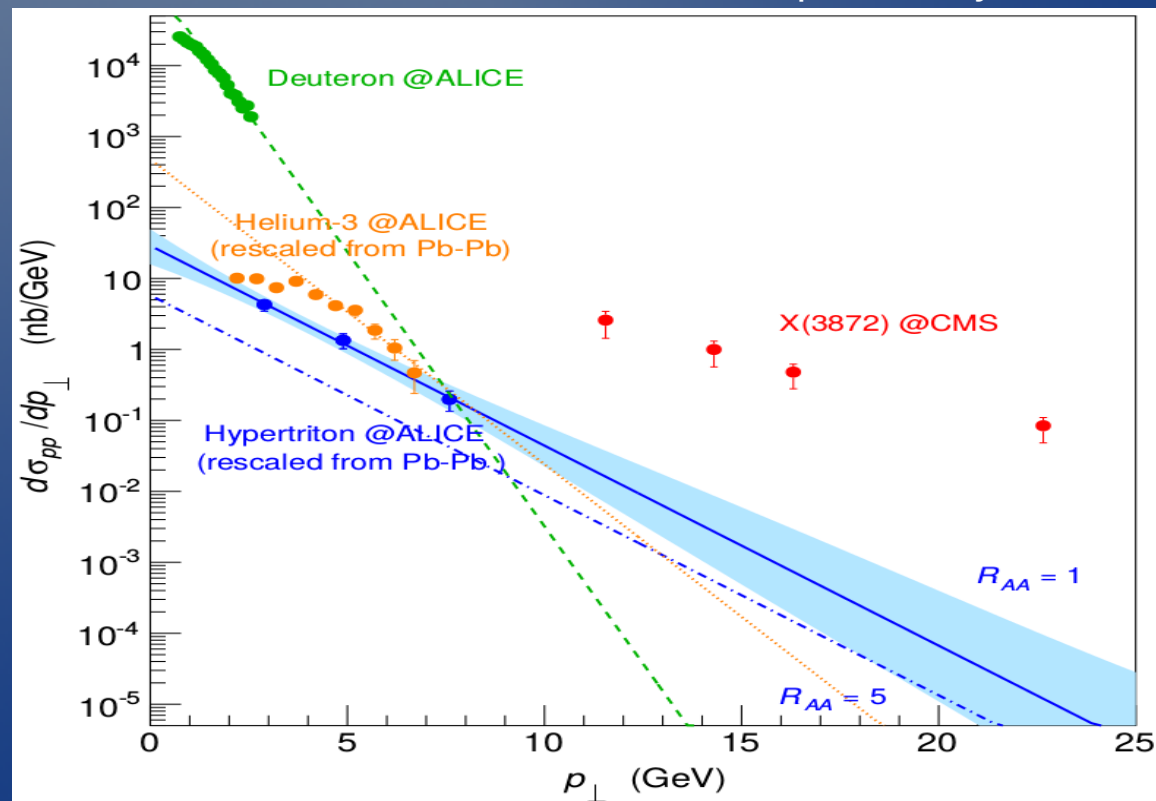
Exotic mesons

- Four-Quark Hadrons: an Updated Review

Esposito, Guerrieri, Piccinini, Pilloni, Polosa, Int. J. Mod. Phys. A30 (2015) 1530002

- Observation of light nuclei at ALICE and the X(3872) conundrum

Esposito, Guerrieri, Maiani, Piccinini, Pilloni, Polosa, Riquer, Phys. Rev. D92 (2015) 034028



MANYBODY

NEUTRINO-NUCLEUS SCATTERING: COMPARISON OF DIFFERENT MODELS

- a deep understanding of neutrino interactions with nuclei is mandatory for a precise determination of the neutrino properties
- different models have been developed to describe nuclear effects in neutrino-nucleus interactions
- the comparison of the results of different models is useful to assess the limits of applicability of the different model and reduce the theoretical uncertainties on nuclear effects in the analysis and interpretation of experimental data
- we have compared the results of our Relativistic Green's Function model for neutral current neutrino scattering with other models:

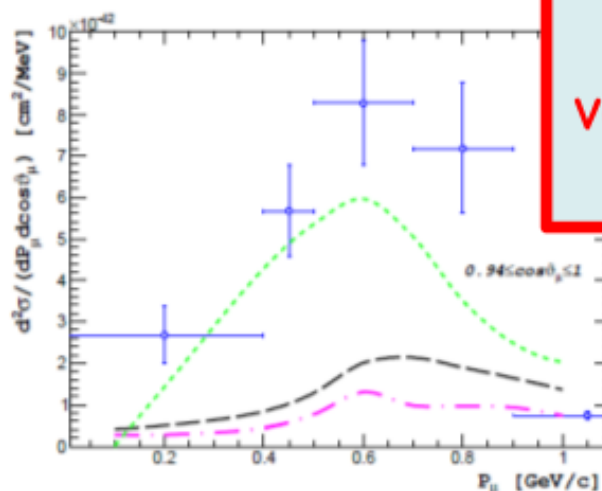
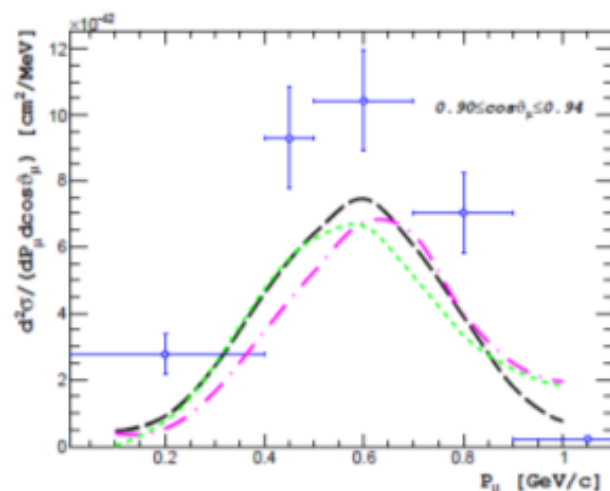
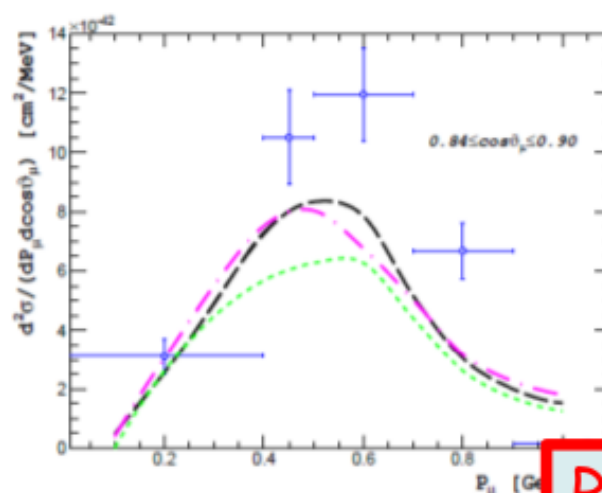
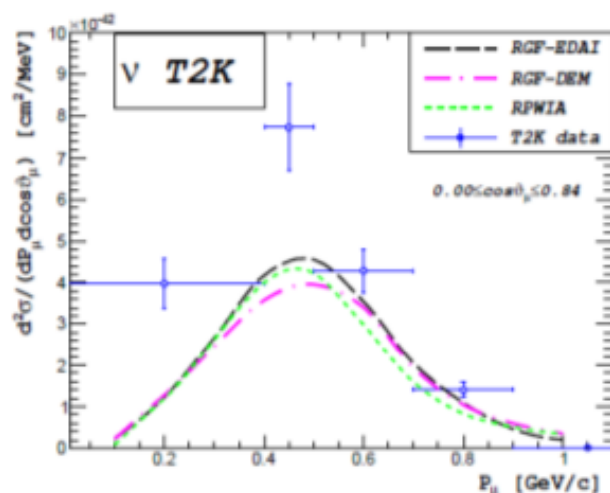
NEUTRINO-NUCLEUS SCATTERING: COMPARISON OF DIFFERENT MODELS

- Neutral current quasielastic (anti)neutrino scattering beyond the Fermi gas model at MiniBooNE and BNL kinematics: M.V. Ivanov, A.N. Antonov, M.B. Barbaro, C. Giusti, J.A. Caballero, R. Gonzalez-Jimenez, E. Moya de Guerra, J.M. Udias PRC 91 (2015) 034607
- Estimate of the theoretical uncertainty of the cross sections for neutron knockout in neutral current in neutrino-oxygen interactions: A. M. Ankowski, M.B. Barbaro, O. Benhar, J.A. Caballero, C. Giusti, R. Gonzalez-Jimenez, G. D. Megias, A. Meucci, PRC 92 (2015) 025501

RELATIVISTIC GREEN'S FUNCTION MODEL AND THE OPTICAL POTENTIAL

- describes final-state interactions (FSI) in the inclusive quasielastic (QE) scattering with a complex optical potential whose imaginary part redistributes the flux in all the final channels
- although based in the impulse approximation (IA) the model can include contributions which are not included in other models based on the IA and can give results in better agreement with the QE data for (e,e') and CCQE and NCE MiniBooNE and Minerva data
- in the calculations phenomenological optical potentials are usually adopted and we cannot disentangle and evaluate the contributions of specific channels
- does the model include pion-production processes that should have already been subtracted in the analysis of QE data? Comparison with T2K CC-inclusive data (where pion production is included)...

Comparison with T2K CC data



RGF underestimates CC data!
This result supports the
validity of the model for QE
scattering

OPTICAL POTENTIAL

- the optical potential is an important ingredient to describe elastic nucleon-nucleus scattering and to account for FSI in a wide variety of nuclear reactions
- phenomenological optical potentials are obtained through a fit to elastic nucleon-nucleus scattering data. They are able to describe those data but may have less predictive power when applied to different situations
- different available phenomenological optical potentials can give different results and introduce uncertainties in calculations of different nuclear reactions
- alternatively and more fundamentally the optical potential can be obtained from a microscopic calculation. Two basic ingredients are required: the nuclear matter distributions the NN t-matrix.....
- microscopic optical potential derived from NN chiral potentials

THEORETICAL OPTICAL POTENTIAL

PHYSICAL REVIEW C 93, 034619 (2016)

Theoretical optical potential derived from nucleon-nucleon chiral potentials

Matteo Vorabbi,¹ Paolo Finelli,² and Carlotta Giusti¹

¹*Dipartimento di Fisica, Università degli Studi di Pavia and INFN, Sezione di Pavia, Via A. Bassi 6, I-27100 Pavia, Italy*

²*Dipartimento di Fisica e Astronomia, Università degli Studi di Bologna and INFN, Sezione di Bologna, Via Irnerio 46, I-40126 Bologna, Italy*

(Received 15 October 2015; published 22 March 2016)

Background: Elastic scattering is probably the main event in the interactions of nucleons with nuclei. Even if this process has been extensively studied over the last years, a consistent description, i.e., starting from microscopic two- and many-body forces connected by the same symmetries and principles, is still under development.

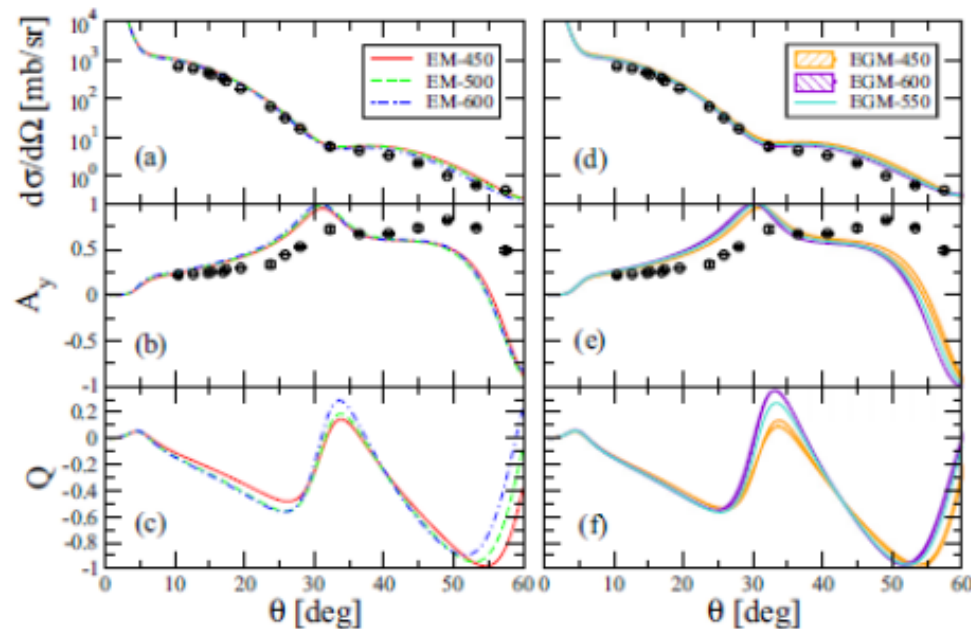
Purpose: In this work we study the domain of applicability of microscopic two-body chiral potentials in the construction of an optical potential.

Methods: We basically follow the Kerman, McManus, and Thaler approach [*Ann. Phys. (NY)* **8**, 551 (1959)] to build a microscopic complex optical potential, and then we perform some test calculations on ^{16}O at different energies.

Results: Our conclusion is that a particular set of potentials with a Lippmann–Schwinger cutoff at relatively high energies (above 500 MeV) reproduces best the scattering observables.

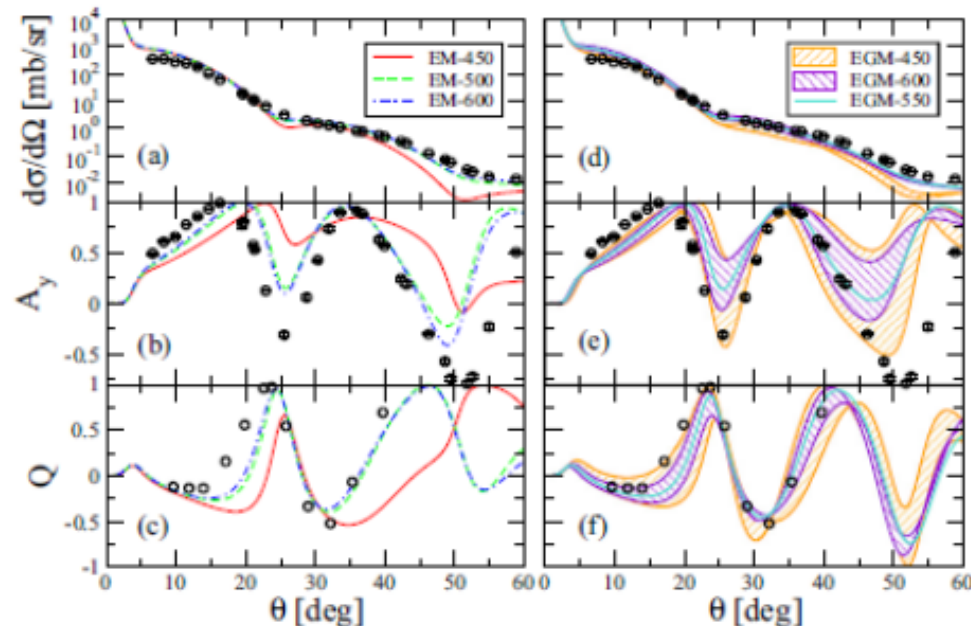
Conclusions: Our work shows that building an optical potential within chiral perturbation theory is a promising approach for describing elastic proton scattering; in particular, in view of the future inclusion of many-body forces that naturally arises in such a framework.

OPTICAL POTENTIAL FROM NN CHIRAL POTENTIAL

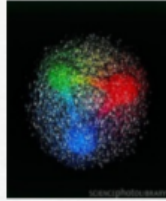


100 MeV

Differential cross section, analyzing power and spin rotation for $^{16}\text{O}(p,p)$ from different NN chiral potentials



200 MeV



NINPHA National Initiative in Physics of Hadrons

<https://web.infn.it/CSN4/IS/Linea3/NINPHA/index.html>

Responsabile nazionale: M. Radici (fino 31-12-16)

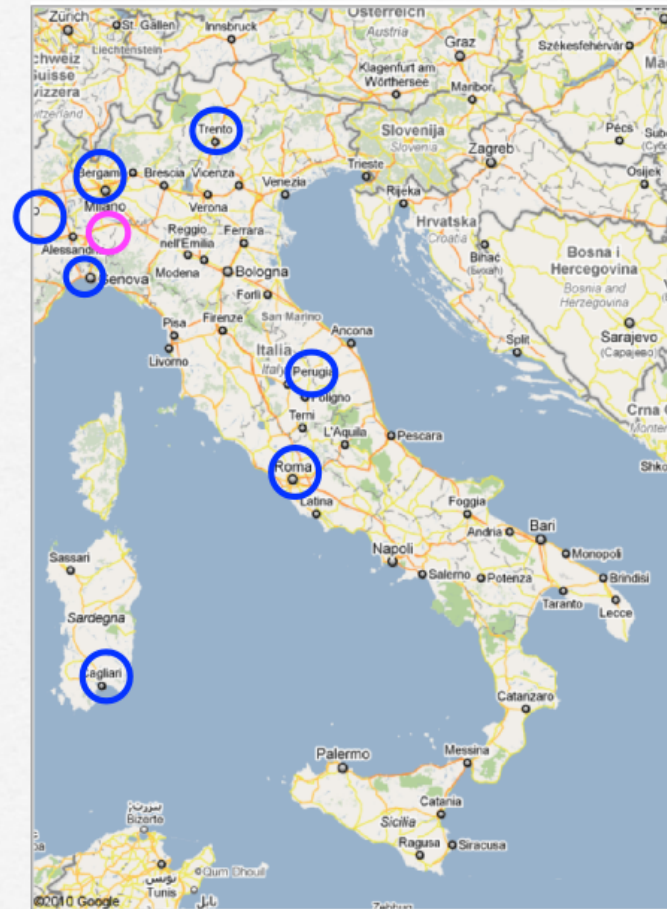
Sedi: PV, TO, CA, PG, RM1, GE, TN, MiB

PV : gruppo di Fisica Adronica
iniziativa associata ERC-funded
responsabile: M. Radici



INFN 1 I ric. M. Radici

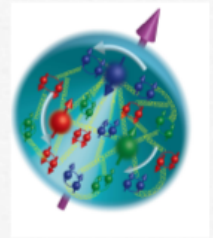
**Univ. 3 P.A. A. Bacchetta, A. Bianconi (30%),
B. Pasquini**
1 post-doc X. Xiong (fino a 30-09-16)
2 Ph.D. F. Delcarro, L. Mantovani
(+1 RTDA G. Bozzi dal 15-07-16 ?)
(+1 post-doc C. Pisano dal 01-02-16)



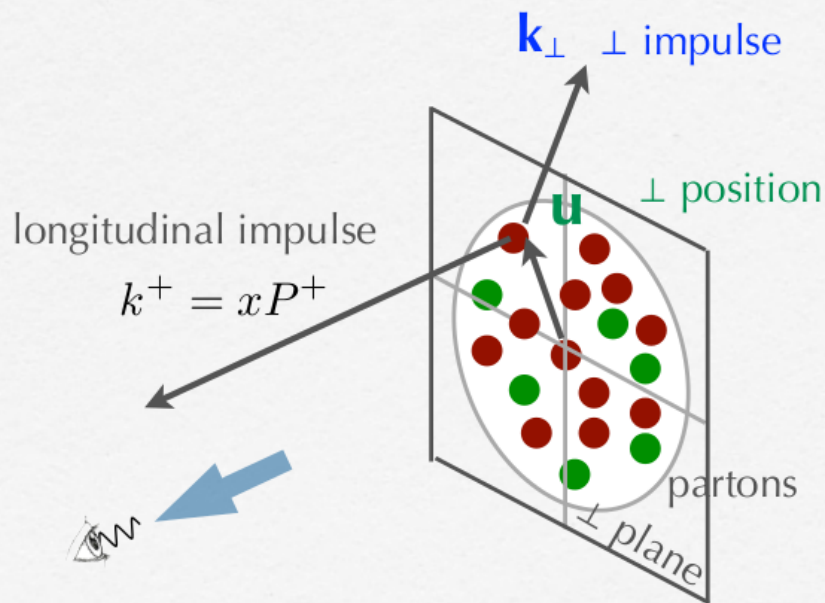
Main goal :

solving QCD confinement requires
knowing internal structure of proton

- parton contribution to proton spin?
- orbital angular momentum (**OAM**) of partons?



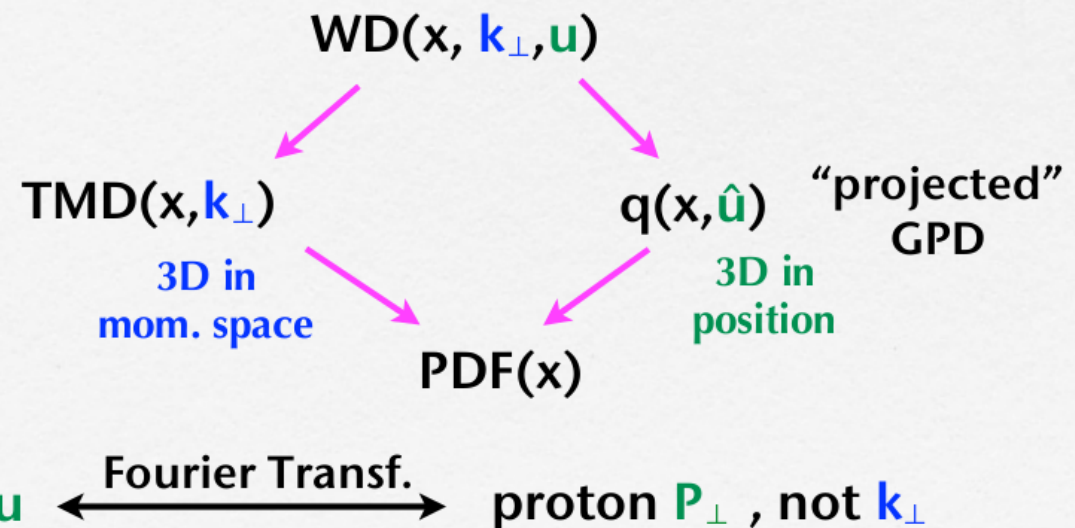
3D mapping of proton, new tools
(PDF $\rightarrow$ TMD, GPD, ...)



transition era to precision physics

factorization th.'s, evolution eqs.,
multi-dimensional binning,...

“Mother” funct.'s: Wigner distributions



Some recent achievements

complete formalism for leading-twist quark WD

for all quark/nucleon polarizations and both T-even and T-odd sector
projection on multipoles $\rightarrow$ spin-spin and spin-orbit correlations

Lorcé and Pasquini,
P.R. D93 (16) 034040

evolution equations at NNLL of Fourier Transforms of WD:
the Generalized TMD (GTMD)

Echevarria et al.,
arXiv:1602.06953

formalism for unpolarized higher-twist TMD

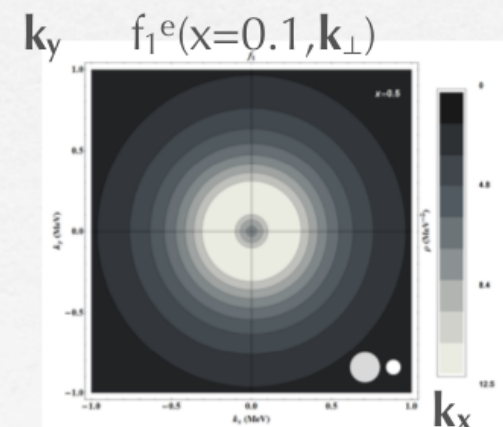
$|\text{nucleon wf}\rangle = \text{Light-Front Fock expansion on on-shell quark states}$
tests on many quark models on many measured observables

Lorcé, Pasquini, Schweitzer,
JHEP **1501** (15) 103

explore TMD of electron in QED

Bacchetta, Mantovani, Pasquini,
P.R. D93 (16) 013005

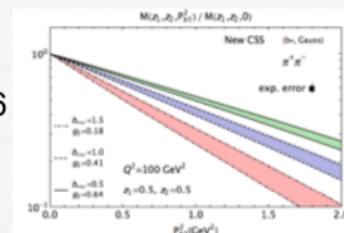
3D mapping in momentum space of dressed electron
careful discussion of Wilson lines needed to get gauge
independent results



explore sensitivity of e^+e^- to TMD evolution

Bacchetta et al.,
JHEP **1511** (15) 076

sensitivity to different schemes for nonperturbative part of
kernels for TMD evolution in $e^+e^- \rightarrow \pi^+ \pi^- X$



current best determination of valence transversity $h_1^q(x)$

combined fit of 2-hadron production in
SIDIS and e^+e^- via di-hadron fragm. funct.'s

Radici, Courtoy, Bacchetta, Guagnelli,
JHEP **1505** (15) 123

predictions for $p p^\uparrow \rightarrow (\pi^+ \pi^-) X$, encouraging agreement
with BNL data $\Rightarrow$ universality of transversity

Radici, Ricci, Bacchetta, Mukherjee,
arXiv:1604.06585

PDF, TMD, GPD,.. from quasi-PDF, quasi-TMD, quasi-GPD on Euclidean lattice

calculate time-indep. space-like q - q correlator at finite P_z on Euclidean lattice;

recover light-cone correlators (defining PDF,..)

for $P_z \rightarrow \infty$ via matching conditions (NLO, NNLO,..)

Ji, Sun, Xiong, Yuan, P.R. D91 (15) 074009
Ji, Schaefer, Xiong, Zhang, P.R. D92 (15) 014039
Xiong and Zhang, P.R. D92 (15) 054037
Jia and Xiong, arXiv:1511.044030

predict PDF(x) using quasi-PDF for $x < x_c$ and Mellin moments from lattice for large x

Bacchetta, Pasquini, Radici, Xiong, in preparation

beam-recoil polarization in low-energy VCS off proton

first extraction of specific structure funct. sensitive to
new combination of proton generalized polarizabilities

A1 Coll., Pasquini,
P.R. C92 (15) 054307

interference patterns in proton time-like form factors

phenomenological interpretation of oscillation patterns in
BaBar data for exclusive $e^+e^- \rightarrow p \bar{p}$

Bianconi, Tomasi-Gustafsson
P.R.L. 114 (15) 232301
P.R. C93 (16) 035201

Also:

- 19 invited talks (7 with proceedings)
- 3 invited papers on EPJA topical issue “3D structure of the nucleon”
- co-organization of TMDe2015, 3DFragm2015
- co-chair of Light-Cone2015
- convener at Cortona2015, CIPANP2015, TMDe2015
- member of IAC at QNP2015, ENPC2015

Collaborations

- JLab Hall A & B Coll.'s; Univ. Connecticut & Temple;
- Univ. Mainz and Tuebingen; VU Amsterdam; Ecole Polytech.

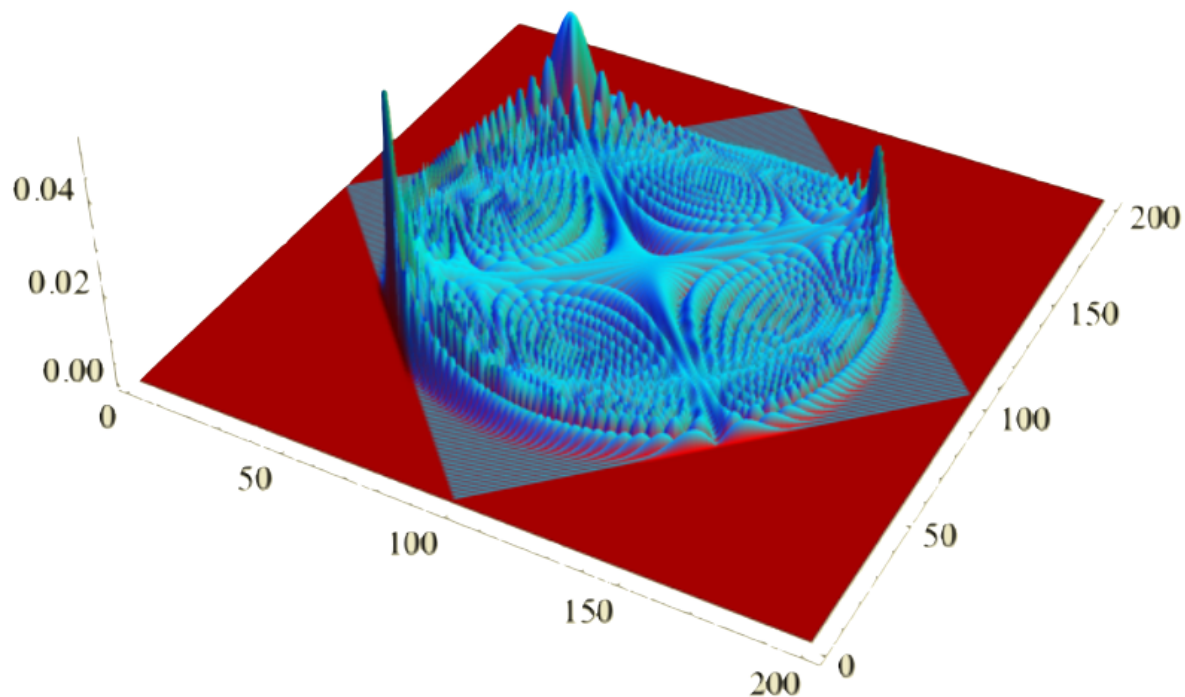
Other funds

- ERC consolidator



Quantum Cellular Automaton extension of Quantum Field Theory free field theory

Giacomo Mauro D'Ariano, PO
Lorenzo Maccone, PA
Chiara Macchiavello, PA
Paolo Perinotti, RU
Alessandro Bisio, AS
Alessandro Tosini, AS
Nicola Mosco, DOTT
Marco Erba, DOTT



Background

The Free QFT in 3 space-dimensions emerges from the large-scale dynamics of the minimal nontrivial quantum cellular automaton satisfying:

1. unitarity
2. locality
3. homogeneity
4. isotropy

without using SR, without using mechanics.

Theory quantum *ab initio* (no quantization rules).
1+2+3 lead to a quantum cellular automaton on the Cayley graph of a group G

Restrict to G Abelian (corresponding to QFT on flat space).

Restrict to linear (free theory): quantum walk .

Previous Results

- Relativistic regime (wave-vectors $k \ll 1$):
Weyl, Dirac and Maxwell recovered with high precision.
- Ultra-relativistic regime $k \sim 1$
 - Lorentz covariance is distorted in the (nonlinear Lorentz)
 - Maxwell distorted: dispersion and birefringence in vacuum, ...
 - m bounded by ± 1 with the same dynamics in $\pm 1 \rightarrow m \in S^1$
 - $m = \pm 1$: dispersion relation becoming flat interpreted as mini black-hole
 $\rightarrow |m|=1$ Planck mass
- The automaton to be regarded as a theory unifying Fermi with Planck scales.

Recent results

- Non-kinematical definition of inertial frame as representation of the eigenvalue equation of the automaton.
- $m=0$: Nonlinear Poincaré group, achieving the usual linear in the relativistic regime $k \ll 1$.
- $m>0$: Nonlinear De Sitter group.
- *Particle* as Poincaré invariant surviving the Planck scale.
- Variable conjugated to m , proper time $\tau \in \mathbb{Z}$: consistency of the theory.
- First quantum cellular automata *interacting* theory satisfying all principles: massive Hubbard model. Solved analytically by Bethe ansatz. Bounded states established.

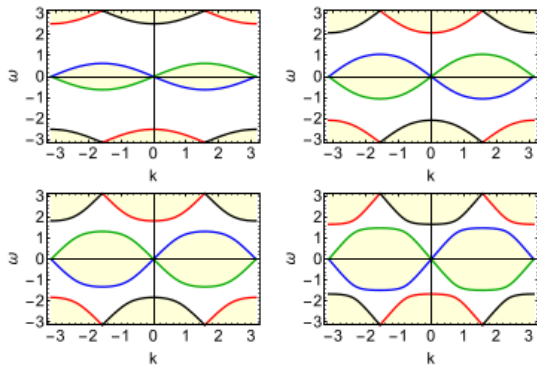


FIG. 1: Dispersion relation of the two particle Dirac Quantum Walk. The eigenvalue of the eigenstates $|++\rangle, |--\rangle, |+-\rangle$ and $|-+\rangle$ are respectively depicted in black, red, blue and green. The eigenvalues are plotted in terms of the relative momentum k , while the mass m and the total momentum p are fixes. The mass and total momentum parameters are $m = 0.9, 0.7, 0.5, 0.3$ and $p = -3\pi/4, -\pi/4, \pi/4, 3\pi/4$ from the top left to the bottom right.

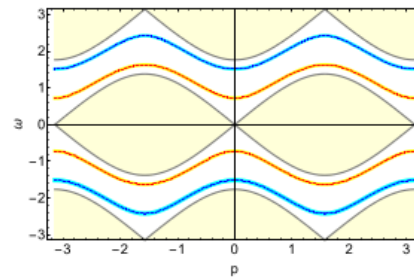


FIG. 2: Discrete spectrum of the Hubbard QCA for $\chi = 1.14$. ω_+ in red and ω_- in blue.

Publications

- 1) Alessandro Bisio, Giacomo Mauro D'Ariano, Paolo Perinotti, *Quantum walks, deformed relativity, and Hopf algebra symmetries*, Phil. Trans. R. Soc. A **374** 0232 (2016)
- 2) Alessandro Bisio, Giacomo Mauro D'Ariano, Paolo Perinotti, Alessandro Tosini, *Free quantum field theory from quantum cellular automata. Derivation of Weyl, Dirac and Maxwell Quantum Cellular Automata*, Foundations of Physics, **45** 1137-1152 (2015)
- 3) Alessandro Bisio, Giacomo Mauro D'Ariano, Paolo Perinotti, Alessandro Tosini, *Weyl, Dirac and Maxwell Quantum Cellular Automata. Analytical Solutions and Phenomenological Predictions of the Quantum Cellular Automata Theory of Free Fields*, Foundations of Physics, **45** 1203-1221 (2015)
- 4) Giulio Chiribella, Giacomo Mauro D'Ariano, Paolo Perinotti, *Quantum from principles*, book chapter in *Quantum Theory: Informational Foundations and Foils*, G. Chiribella and R. Spekkens eds., Springer (2016)
- 5) Alessandro Bisio, Giacomo Mauro D'Ariano, Paolo Perinotti, *Quantum Cellular Automaton Theory of Light*, Ann. Phys. **368** 177 (2016)
- 6) Giacomo Mauro D'Ariano and Paolo Perinotti, *Quantum theory is an Information Theory*, Foundations of Physics **46** 269-281 (2016)
- 7) A. Bibeau-Delisle, A. Bisio, G. M. D'Ariano, P. Perinotti, A. Tosini, *Doubly-Special Relativity from Quantum Cellular Automata*, EPL **109** 50003 (2015)
- 8) G. M. D'Ariano, N. Mosco, P. Perinotti, A. Tosini, *Discrete Feynman propagator for the Weyl quantum walk in 2+1 dimensions*, EPL **109** 40012 (2015)
- 9) Giacomo Mauro D'Ariano, *Quantum-Informational Principles for Physics*, in A. Aguirre et al. (eds.), *Questioning the Foundations of Physics*, The Frontiers Collection (Springer 2015)
- 10) Giacomo Mauro D'Ariano, *It from Qubit*, in A. Aguirre et al. (eds.), *It From Bit or Bit From It?*, The Frontiers Collection (Springer 2015)
- 11) Alessandro Bisio, Giacomo Mauro D'Ariano, Alessandro Tosini, *Quantum Field as a Quantum Cellular Automaton: the Dirac free evolution in one dimension*, Annals of Physics **354** 244 (2015)

Cooperative effects in complex systems

Open Quantum Systems and Quantum Biology:

Staff F. Borgonovi, G. L. Celardo, G. Giusteri

Others F. Mattiotti, Mattia Angeli, Eugenio Guarneri, Marco Gulli,
Alessia Valzelli

Interdisciplinary Laboratories for Advanced Materials Physics (i-LAMP)

Department of Mathematics and Physics (Catholic University) and I.N.F.N., Pavia, ITALY

INFN, May 2016

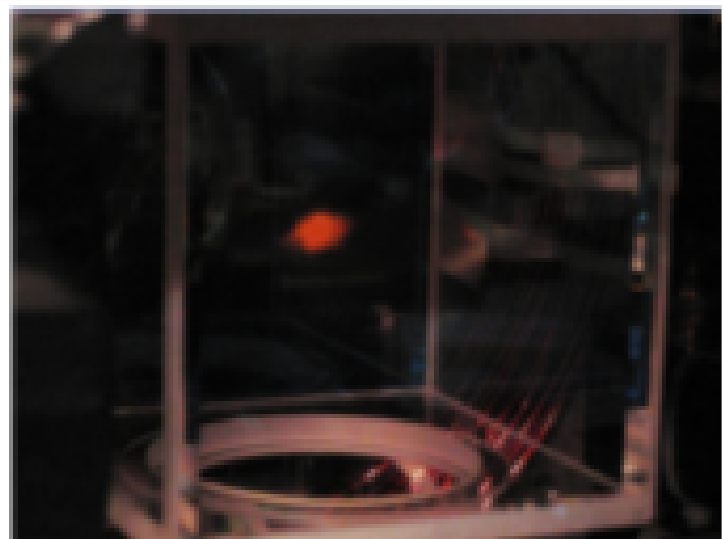
Motivations

- **Emergent Properties** in quantum systems are at the center of many research fields due to their relation with functionality and their robustness to noise.
- Technological advancement allows to engineer systems in which the role of quantum coherence is essential and it can be exploited to build quantum devices such as quantum wires, quantum computers, quantum sensors.
- Evidence of quantum coherence has been recently found in biological systems even at room temperature!
- Cooperative effects can help in finding robust quantum features.
- Study of the role of cooperative effects in many body quantum systems (relevant to ion traps, cold atoms, etc..) and in models of quantum transport relevant in natural photosynthesis and mesoscopic devices.

Relevance of cooperativity

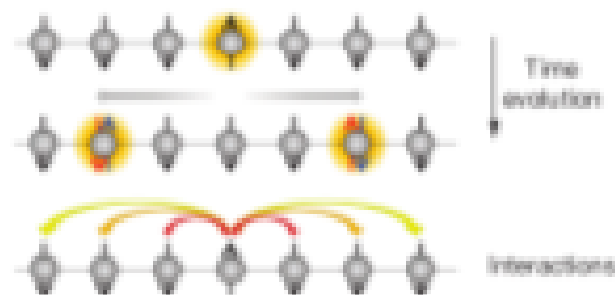
Cold Atoms

Robin Kaiser Lab



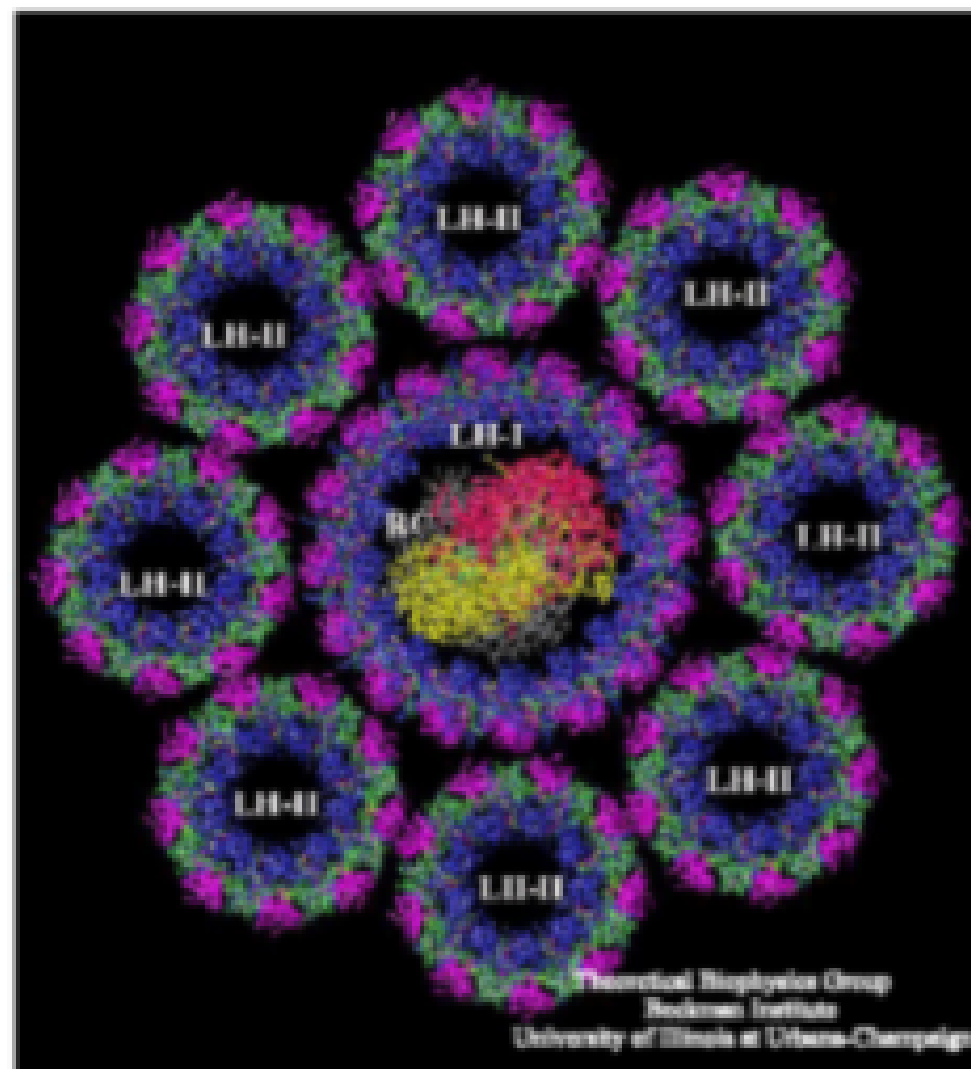
Ion Traps

Richerme et al., Nat. Lett. 511, 198 (2014)



Photosynthetic Complexes

LH1-RC complex of purple Bacteria



- 6) *Cooperative Zeno shielding in many-body spin systems with long-range interaction.*
L. Santos, **F. Borgonovi** and **G.L. Celardo**,
arXiv:1507.06649, (Phys. Rev. Lett. 2016 to appear)
- 5) *Quantum chaos and thermalization in isolated systems of interacting particles*
F. Borgonovi, F.M. Izrailev, L.F.Santos, V.G. Zelevinsky
Physics Reports, 628 (2016).
- 4) *Optimal efficiency of quantum transport in structured disordered systems with applications to light-harvesting complexes.*
G. G. Giusteri, G.L. Celardo and F. Borgonovi,
Phys. Rev. E **93**, 032136 (2016).
- 3) *Evidence of diffusive fractal aggregation of TiO₂ nanoparticles by femtosecond laser ablation at ambient conditions.*
G. L. Celardo, D. Archetti, G. Ferrini, L. Gavioli, P. Pingue and E. Cavaliere,
arXiv:1602.08515
- 2) *Collective couplings: rectification and supertransmittance.*
G. Schaller, **G. G. Giusteri, G. L. Celardo**,
arXiv:1602.02502
- 1) *Non-Hermitian Hamiltonian approach to quantum transport in disordered networks with sinks: validity and effectiveness.*
G.G. Giusteri, F. Mattioli and **G. L. Celardo**, Phys. Rev. B **91**, 094301 (2015).

International Collaborations:

Experimental:

R. Kaiser (INLS, CNRS, Nice, France) (cold atomic gases)

U. Kuhl (LPCM, CNRS, Nice, France) (microwave cavity)

Theory:

L. Kaplan (Tulane Univ., New Orleans, USA)

V. Zelevinsky (MSU, Lansing, USA)

G. Schaller (TU BERLIN, Berlin, Germany)

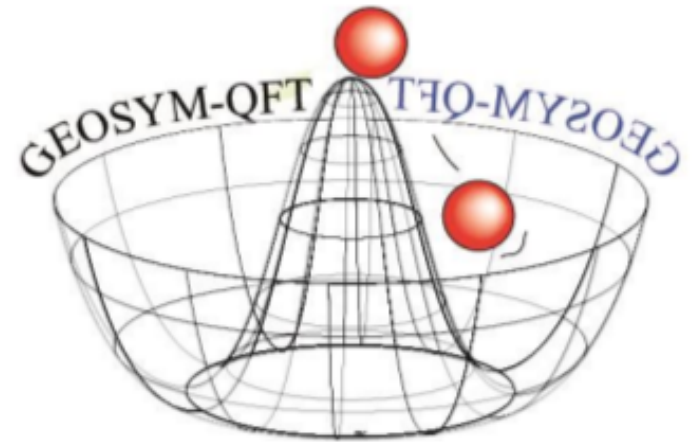
M. Sarovar (SANDIA NATL. LABS, USA)

L. Santos (Yeshiva University, New York, USA)

R. Bachelard (Univ. San Carlos, Brazil)

F.M. Izrailev (Univ. Auton. de Puebla, Mexico)

GEOmetry and SYMmetry in Quantum Field Theory



- Coordinatore nazionale: F. Lizzi (Napoli)
- Sezioni: Firenze, Napoli, Pavia, Pisa, Salerno
- **Pavia**
 - ❖ A. Marzuoli (coordinatore)
 - ❖ M. Carfora, C. Dappiaggi, G. Jug
 - ❖ Dottorandi (Fisica) : G. Nosari, S. Rutili (XXIX), F. Bussola (XXXI)
 - ❖ Post-doc: H. Ferreira (da ottobre 2015)

Consuntivo attività GEOSYM_QFT 2015

- 1 tesi di dottorato in Fisica (M. Benini XXVII)
- 4 tesi di Laurea in Fisica (2 Triennali e 2 Magistrali)
- **Attività editoriali:** M. Carfora: Editor in Chief of “Geometric Flows” (De Gruyter); C. Dappiaggi: Editor of “Advances in Mathematical Physics” (Hindawi) and “Frontiers in Mathematical Physics”
- **10 Invited talks (su un totale di 22 della IS nel suo complesso)**
- Lavori (oltre a quelli agganciati) e preprint in corso di stampa
 - M Carfora (2014), Einstein Constraints and Ricci Flow (pp.1-128), in "Aspects of Mathematical Relativity" MSRI Berkeley Publications, Cambridge Univ. Press., to appear;
 - M Carfora, The Wasserstein geometry of non-linear sigma models and the Hamilton-Perelman Ricci flow. Preprint (94 pp.), arXiv:1405.0827 [math-ph], to appear in Reviews in Mathematical Physics (2016);
 - M. Carfora and A. Marzuoli, Dilatonic non-linear sigma models and Ricci flow extensions, Nuovo Cimento C (2015) 157;

Consuntivo attività GEOSYM-QFT 2015

- C Dappiaggi, G Nosari and N Pinamonti, The Casimir effect from the point of view of algebraic quantum field theory, arXiv:1412.1409 [math-ph], to appear in Math. Phys. Anal. and Geom. (2016)
- C Dappiaggi, Hadamard states from null infinity, arXiv:1501.04808 [math-ph], contributo in volume (Birkhauser 2016)
- M Benini and C Dappiaggi, Models of free quantum field theories on curved backgrounds, arXiv: 1505.04298 [math-ph], contributo in volume (Springer 2016)
- C Dappiaggi and N Drago, A new deformation argument for Hadamard states via an extended Møller operator, arXiv:1506.09122 [math-ph].
- G Jug, S Bonfanti and W Kob, [Realistic tunnelling states for the magnetic effects in non-metallic real glasses](#), PHILOS. MAG. (2016) 648-703
- A Marzuoli and D Merzi, Conformal variations and quantum fluctuations in discrete gravity, Int. J. Geom. Meth. Mod. Phys. 13 (2016) 1650084

Tematiche di ricerca della IS a Pavia

General Relativity, Geometric flows and renormalization group techniques ;
Algebraic quantum field theory; Topological quantum field theory;
Applications to quantum many-body and condensed matter systems

- (A) Quantum field theory landscaping and geometric flows; conformal structures of metrics in discrete gravity; backreaction issues in Relativistic Cosmology ► (T Buchert, GFR Ellis, M Carfora *et al.*, Class. Quant. Grav. 32 (2015) 215021)
- (B) Quantization of linearized gravity on globally hyperbolic, asymptotically flat vacuum spacetimes and characterization of radiative observables; curvature fluctuations on asymptotically de Sitter spacetimes via the semiclassical Einstein's equations; systematic characterization of the Casimir effect from the viewpoint of algebraic QFT;
- (C) Quadratic and q -deformed symmetry algebras in topological QFT and quantum gravity models;
- (D) Applications of methods from QFT to condensed matter systems (topological effective actions and modelling of phase transitions in amorphous materials) and to quantum computing.

TASP – PAVIA – 2016

Marco Roncadelli

INFN – PAVIA

COMPOSIZIONE DEL GRUPPO

Marco Roncadelli, INFN (PV), primo ricercatore, responsabile locale, FTE = 1.0.

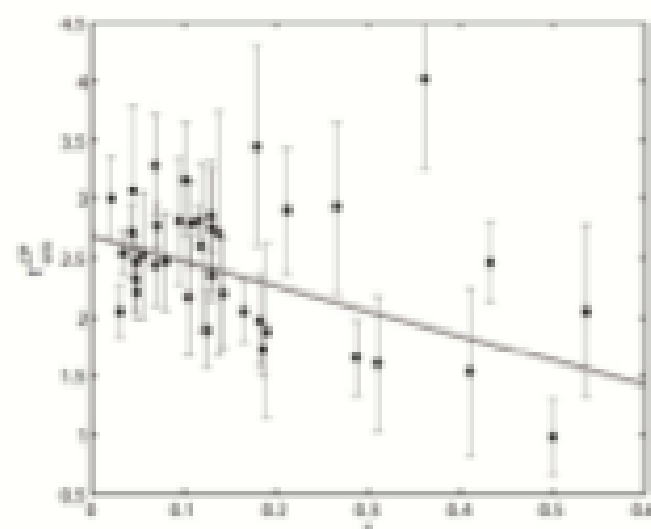
Patrizia Caraveo, IASF-INAF (MI), dirigente di ricerca, docente a contratto Università di PV, FTE = 0.5.

Andrea De Luca, IASF-INAF (MI), ricercatore, docente a contratto Università di PV, FTE = 0.5.

Andrea Tiengo, IUSS-INAF (PV), ricercatore, docente a contratto Università di PV, FTE = 0.5.

Attività di M. Roncadelli

Con G. Galanti, A. De Angelis e G. F. Bignami ho analizzato lo spettro $\text{EMESSO} \propto E^{-\Gamma_{\text{em}}}$ ad energie $E > 100 \text{ GeV}$ di un sample di 39 blazar osservati (blazar = AGN con uno dei due jet puntato verso di noi). Il plot di Γ_{em} vs. z è mostrato nella figura

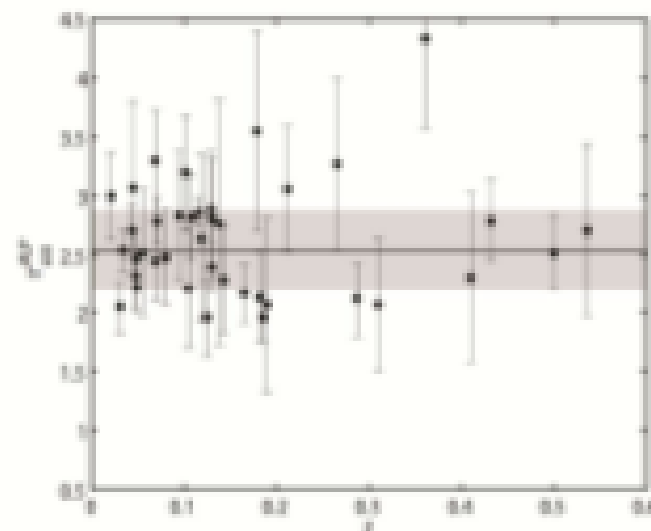


ove la retta obliqua è la *best-fit regression line*. Questo risultato non dipende nè da effetti evolutivi nè da effetti di selezione ed è CONTRARIO all'intuito fisico: come fanno i singoli blazar a sapere che in media Γ_{em} deve diminuire all'aumentare di z ?

L'aspettativa naturale è che la *best-fit regression line* sia *orizzontale*. Supponiamo invece che nello spazio extragalattico abbiano luogo *oscillazioni fotone-ALP*. Allora per gli STESSI valori realistici dei parametri che:

- ▶ predicono una molto minore opacità cosmica per $E > 100 \text{ GeV}$,
- ▶ spiegano perché i *flat spectrum radio quasar* siano osservati fino a $E = 400 \text{ GeV}$ mentre la fisica convenzionale implica che siano osservabili solo per $E < 20 \text{ GeV}$

allora si ottiene



in PERFETTO ACCORDO con l'intuito fisico. □

Attività di P. Caraveo, A. De Luca e A. Tiengo

La nostra attività si è focalizzata sull'osservazione e l'interpretazione dell'emissione a multifrequenza delle stelle di neutroni isolate e della loro interazione con il mezzo intergalattico. Uno dei risultati più recenti ed interessanti nell'astronomia gamma è la scoperta che la nebulosa del granchio possiede potenti flare, il che mette in crisi la nostra comprensione delle pulsar wind nebulae ed dei relativi meccanismi di accelerazione. Abbiamo effettuato un'analisi molto dettagliata sui possibili siti dei flare, usando dati d'archivio di HST, Chandra e KEK. La molto breve scala temporale caratteristica dei flare implica una piccola regione d'emissione, per cui ci siamo concentrati sugli *nodi interni*, strutture emittenti compatte e brillanti a soli 0.6 arcosecondi dal pulsar. Abbiamo scoperto diversi modelli che spiegano il comportamento dei nodi, ma non siamo stati in grado di identificare una relazione univoca con i flare. Comunque il nostro risultato mette in crisi l'interpretazione standard dei nodi come dovuti a shock.

Abbiamo effettuato un'analisi temporale dettagliata basata su un'osservazione di XMM-Newton del doppio pulsar PSR J0737-3933. Indichiamo con A e B le due componenti di tale sistema. Il profilo di luminosità X di A è molto stabile, nonostante una significativa precessione relativistica dello spin durante il tempo d'osservazione. Si ottiene un vincolo sul disallineamento fra lo spin ed il momento orbitale, che è consistente con le osservazioni radio. Riguardo a B, abbiamo confermato l'esistenza di un'emissione pulsata nella banda X anche dopo la sua sparizione nella banda radio. L'unusuale fenomenologia di B nella banda X comprende un flusso la cui pulsazione è dovuta al moto orbitale ed una perdita di coerenza della fase su tempi dell'ordine di anni. La nostra ipotesi è che tutto ciò sia dovuto all'interazione del vento di plasma di A con la magnetosfera di B. Più in particolare, alla penetrazione del vento di A sulle linee magnetiche chiuse di B, fenomeno che dipende dalla posizione orbitale di A e B. Infine, abbiamo mostrato che dall'analisi dei dati di XMM-Newton segue una variazione orbitale del flusso totale del 7 %, probabilmente dovuta ad un *bow-shock* fra il vento di A e la magnetosfera di B.