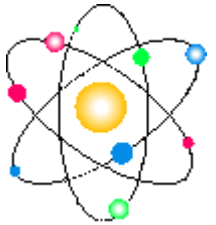
The XV-th International School-Conference "The Actual Problems of Microworld Physics" will be held at Minsk, Belarus, 27 August – 3 September, 2023



“The nonperturbative QCD problems and how to resolve them”

S.S. Shimanskiy (JINR)

Л.А. Арцимович
Воспоминания об академике Л.А. Арцимовиче
Москва, "Наука 1981

стр.9
"Сейчас уже накопился большой опыт в международном соревновании по основным направлениям физической науки и выяснилось, при каких условиях можно рассчитывать на почетную долю в мировом производстве первоклассной научной информации. Главная заповедь в этом деле — не идти вслед за сильным соперником по избранному им пути. На узкой дороге трудно обойти машину, идущую впереди. Нужно самим выбирать свой собственный путь — только так можно добиться успеха.

Для талантливых людей на нетронутых землях науки открывается сразу много разных путей. ... Если вы идете вслед за кем-нибудь, пусть даже почти по пятам, то радость первых открытий вам не удается испытать, она будет уделом тех, кто хоть немного, но впереди."

Уникальная энергетическая область, где происходит переход от адронных к кварк-глюонным степеням свободы.
Область где доминируют законы непертурбативные КХД (которые мы не понимаем) и наблюдается большое число эффектов, не имеющих десятилетия физического даже качественного объяснения.
Мы имеем возможность понять законы непертурбативной КХД и объяснить многие загадки.

- Nature and properties of the cold super dense baryonic matter in pA- and AA-interactions.
- Flavors universality violation in the light quark sector (pp, pn and nn) and ....
- Diquarks. Proof of the existence and to define properties.
- Confinement laws – interaction vertexes of the constituents and hadronization.
- Nature of the huge spin effects.
- Exotic states – H($\Lambda\Lambda$), tetra and pentaquarks, …

Там где не работает пертурбативный подход!

Let us look at the nucleon-nucleon interaction:

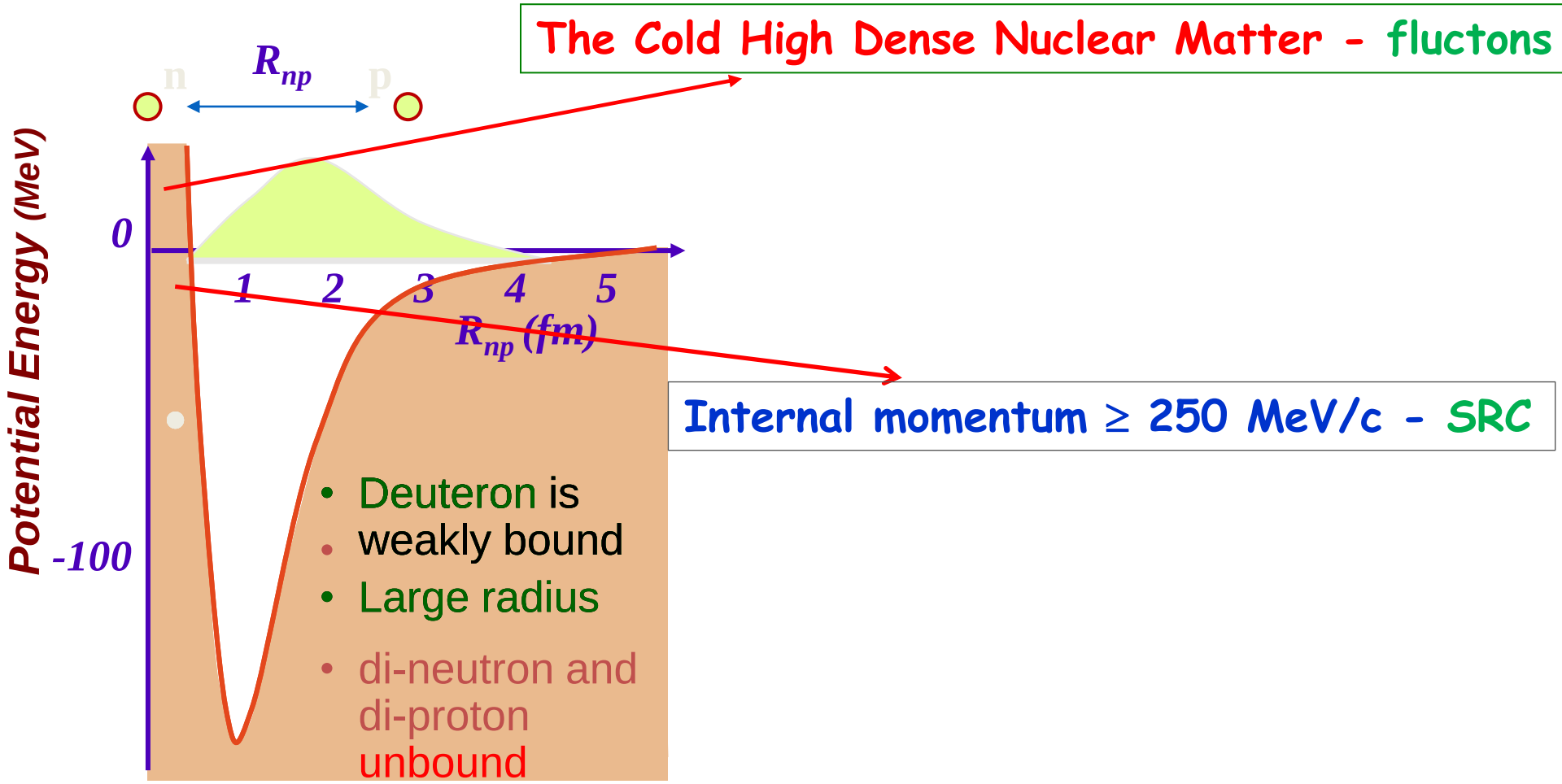


Таблица 1: Статические свойства дейтрона

	$E_D(MeV)$	$P_D(\%)$	$< r_D^2 >^{1/2}\,(fm)$	$Q(fm^2)$	$\eta = \frac{A_D}{A_S}$	$f^2_{\pi NN}$	$\mu_D(n.m)$
Exp.	2.224579(9)	—	1.9560(68)	0.2859(3)	0.0271(4)	0.0776(9)	0.857406(1)
MU	2.2246	6.78	1.9611	0.2860	0.0271	0.07745	0.843
Paris	2.2250	5.77	1.9716	0.2789	0.0261	0.078	0.853
RHC	2.2246	6.50	1.9602	0.2770	0.0259	0.0757	0.840
RSC	2.2246	6.47	1.9569	0.2796	0.0262	0.0757	0.843
Bonn	2.225	4.58	1.86	0.2856	0.0267	—	—

Table 1: Deuteron properties in the dressed bag model.

Model	E_d(MeV)	$P_D(\%)$	r_m(fm)	Q_d(fm^2)	$\mu_d\,(\mu_N)$	A_S(fm$^{-1/2}$)	$\eta(D/S)$
RSC	2.22461	6.47	1.957	0.2796	0.8429	0.8776	0.0262
Moscow 99	2.22452	5.52	1.966	0.2722	0.8483	0.8844	0.0255
Bonn 2001	2.224575	4.85	1.966	0.270	0.8521	0.8846	0.0256
DBM (1) $P_{\rm in} = 3.66\%$	2.22454	5.22	1.9715	0.2754	0.8548	0.8864	0.0259
DBM (2) $P_{\rm in} = 2.5\%$	2.22459	5.31	1.970	0.2768	0.8538	0.8866	0.0263
experiment	2.224575		1.971	0.2859	0.8574	0.8846	0.0263

Jim Baggott HIGGS
The Invention and Discovery of the ‘God Particle’
Oxford University Press, 2012
FOREWORD
by Steven Weinberg

“Like many other theorists, I did not fully accept the existence of quarks until the 1973 work of David Gross and Frank Wilczek, and David Politzer. They showed that in the theory of quarks and strong nuclear forces known as quantum chromodynamics, the strong force gets weaker with decreasing distance”.

“Как и многие теоретики, я не вполне принимал существование кварков до 1973 года, до работы Дэвида Гросса, Фрэнка Вильчека и Дэвида Политцера. Они показали, что в теории кварков и сильных ядерных взаимодействий, называемой КХД , сильное взаимодействие становиться слабее с уменьшением расстояния”.

The first QCD Phase Diagram

N. Cabibbo and G. Parisi, Phys. Lett. B59 (1975) 67

EXPONENTIAL HADRONIC SPECTRUM AND QUARK LIBERATION

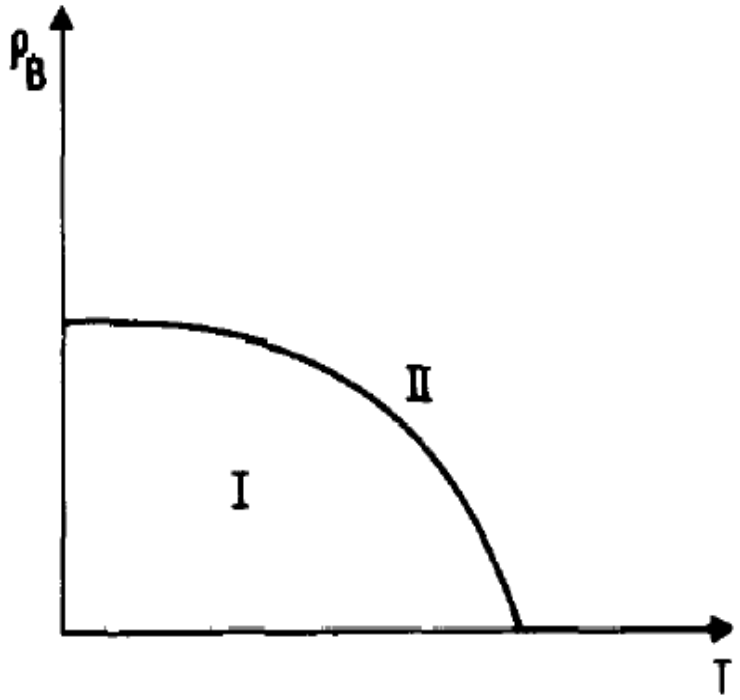


Fig. 1. Schematic phase diagram of hadronic matter. ρ_B is the density of baryonic number. Quarks are confined in phase I and unconfined in phase II.

Curious "warnings" in the paper:

These results do not take into account the presence of ghosts.

The true phase diagram may actually be substantially more complex, due to other kinds of transitions,

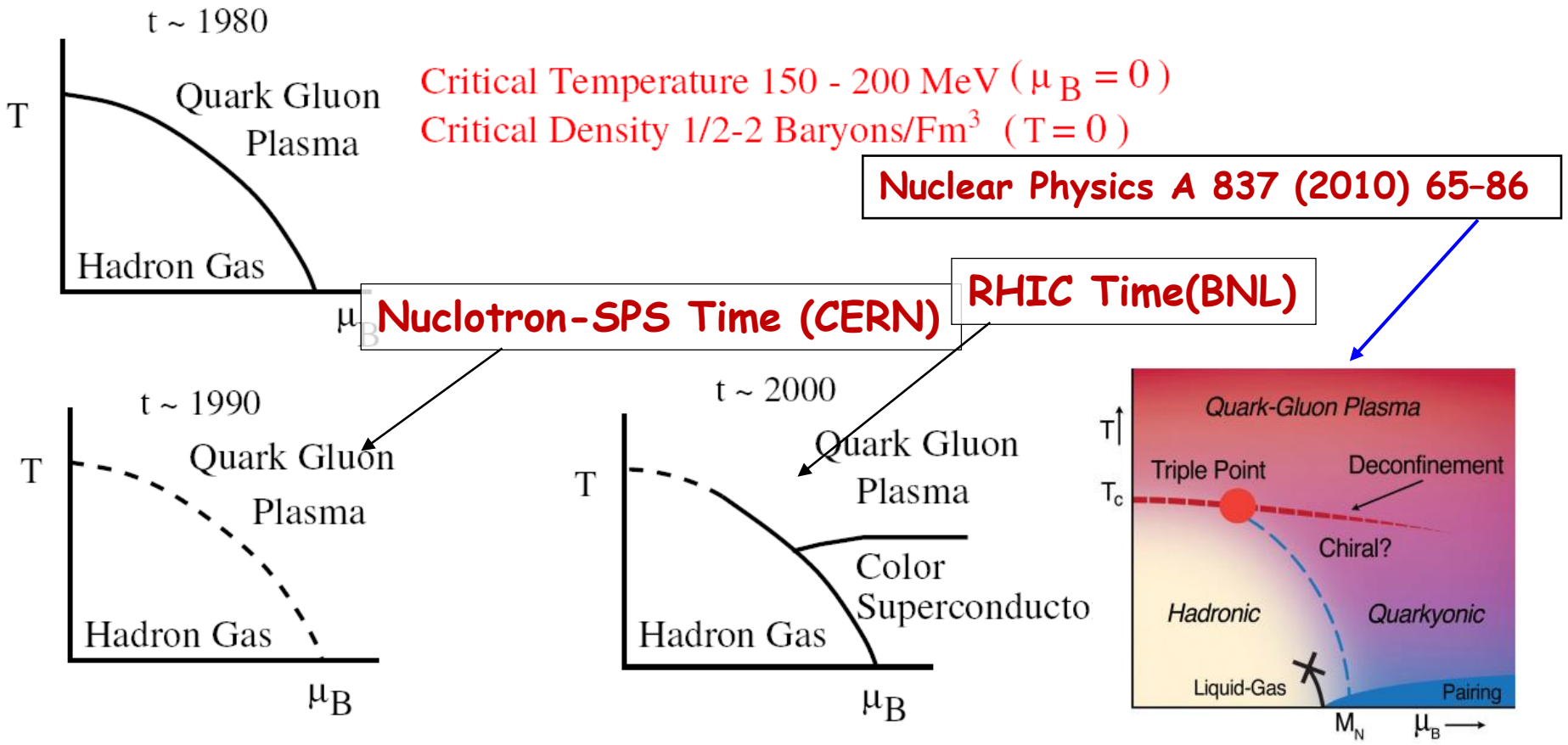
RHIC Physics: 3 Lectures*

Larry McLerran
Physics Department PO Box 5000 Brookhaven National Laboratory Upton, NY 11973 USA

September 13, 2003

+ CERN Yellow Report 2007-005, p.75
2008-005

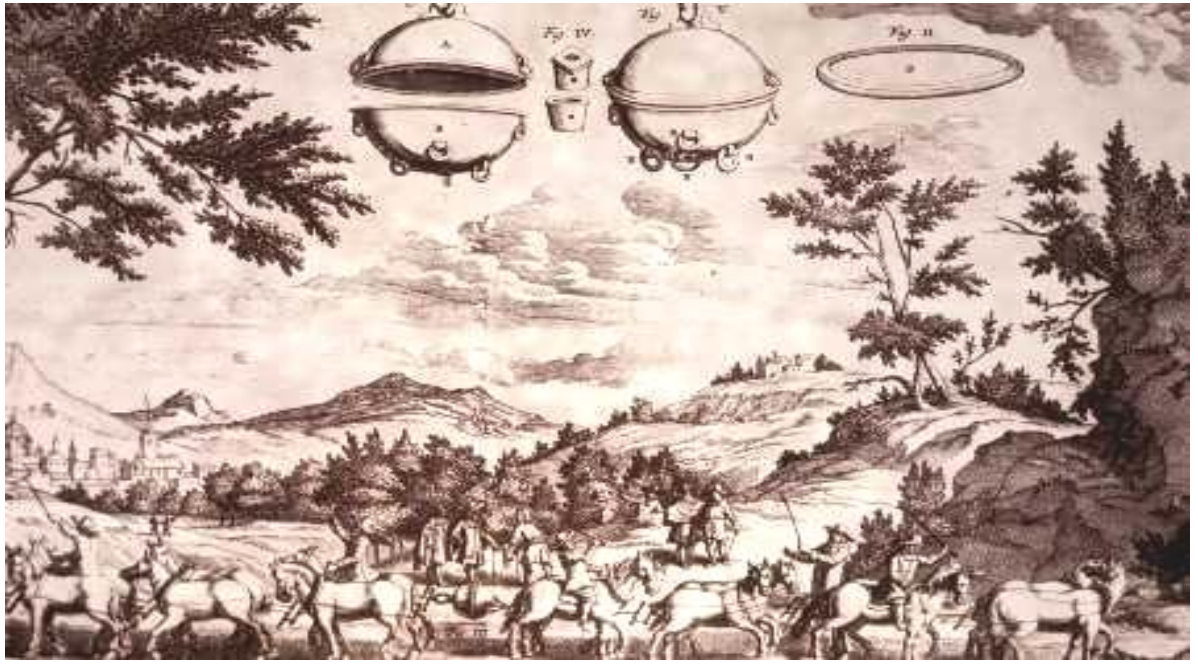
The Evolving QCD Phase Transition



Magdeburg hemispheres 1656

Edward Shuryak

ICPAQGP, Kolkata, India, February 8-12, 2005 8-12, 2005



- **We cannot pump the QCD vacuum out, but we can pump in something else, namely the Quark-Gluon Plasma –arguments from 1970's**

- **QGP was looked at as a much simpler thing, to be described by pQCD. We now see it is also quite complicated matter, sQGP…**

RHIC press release after analysis of first 3 years

BROOKHAVEN NATIONAL LABORATORY

Нет упоминания QGP!!!

Contact: Karen McNulty Walsh, (631) 344-8350 or Mona S. Rowe, (631) 344-5056

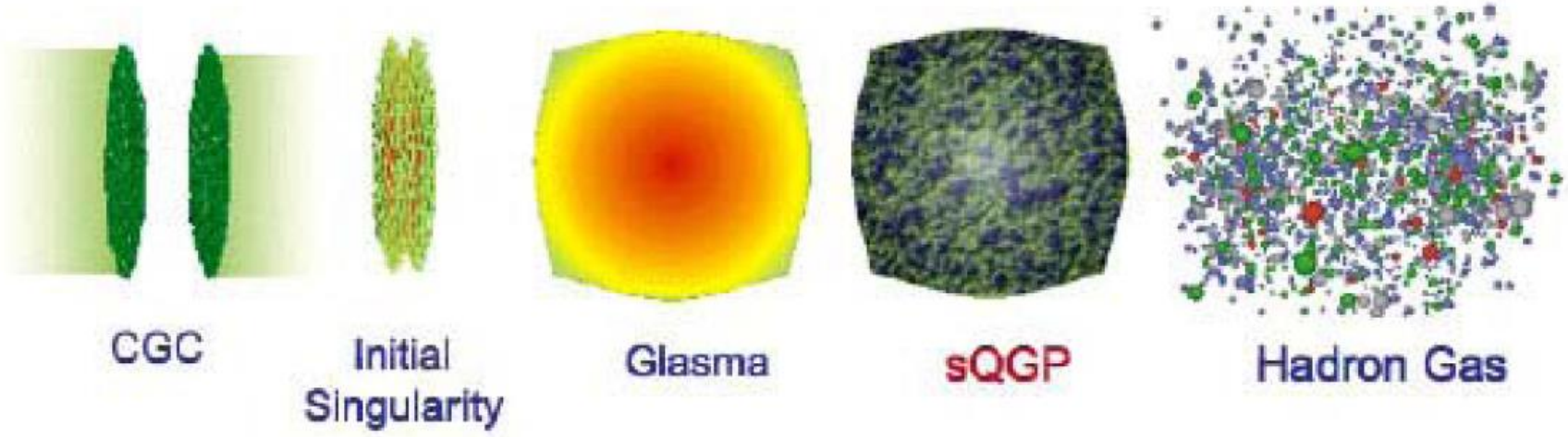
RHIC Scientists Serve Up "Perfect" Liquid

New state of matter more remarkable than predicted -- raising many new questions

April 18, 2005

TAMPA, FL -- The four detector groups conducting research at the Relativistic Heavy Ion Collider (RHIC) -- a giant atom "smasher" located at the U.S. Department of Energy's Brookhaven National Laboratory -- say they've created a new state of hot, dense matter out of the quarks and gluons that are the basic particles of atomic nuclei, but it is a state quite different and even more remarkable than had been predicted. In peer-reviewed papers summarizing the first three years of RHIC findings, the scientists say that instead of behaving like a gas of free quarks and gluons, as was expected, the matter created in RHIC's heavy ion collisions appears to be more like a liquid.

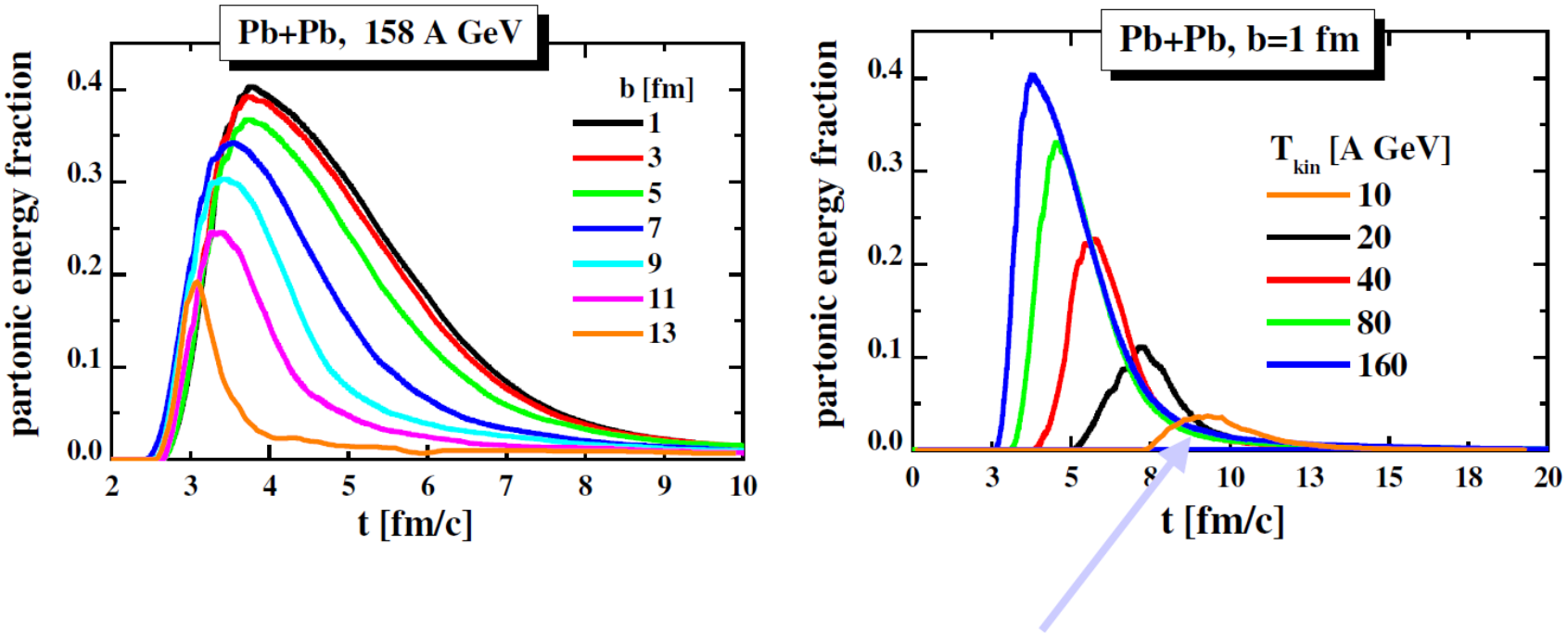
Столкновение релятивистских ядер



Краткий итог наших споров с А.М. Балдиным по поводу КГП – теория не имеет предсказания уникальных сигнатур (наблюдаемых сигналов), которые позволяют однозначно выделить сигнал горячей кварк-глюонной фазы при наших энергиях! Вторичные процессы?!

Partonic phase at SPS/FAIR/NICA energies

partonic energy fraction vs centrality and energy



Dramatic decrease of partonic phase with decreasing energy and centrality

Cassing & Bratkovskaya, NPA 831 (2009) 215

Clusters and Cumulative processes

Т. 32. Журнал экспериментальной и теоретической физики. Вып. 3

1957

УПРУГОЕ И КВАЗИУПРУГОЕ РАССЕЯНИЕ ПРОТОНОВ С ЭНЕРГИЕЙ 660 MeV НА ДЕЙТОНАХ[1]

Г. А. Лексин

При энергии падающих протонов 660 MeV методом сопряженных телескопов измерены дифференциальные сечения упругого (p—d)-рассеяния в диапазоне углов 40—150° в с. ц. и. и квазиупругого (p—p)-рассеяния в диапазоне углов 50—90° в с. ц. и. двух нуклонов. Экспериментальные данные указывают как на преимущественное взаимодействие налетающего протона с отдельным нуклоном в дейтоне, так и на существование коллективного взаимодействия трех нуклонов. Измерена также энергетическая зависимость дифференциального сечения квазиупругого (p—n)-рассеяния на угол 90° в с. ц. и. двух нуклонов в области энергий 460—660 MeV.

Т. 33. Журнал экспериментальной и теоретической физики. Вып. 5(11)

1957

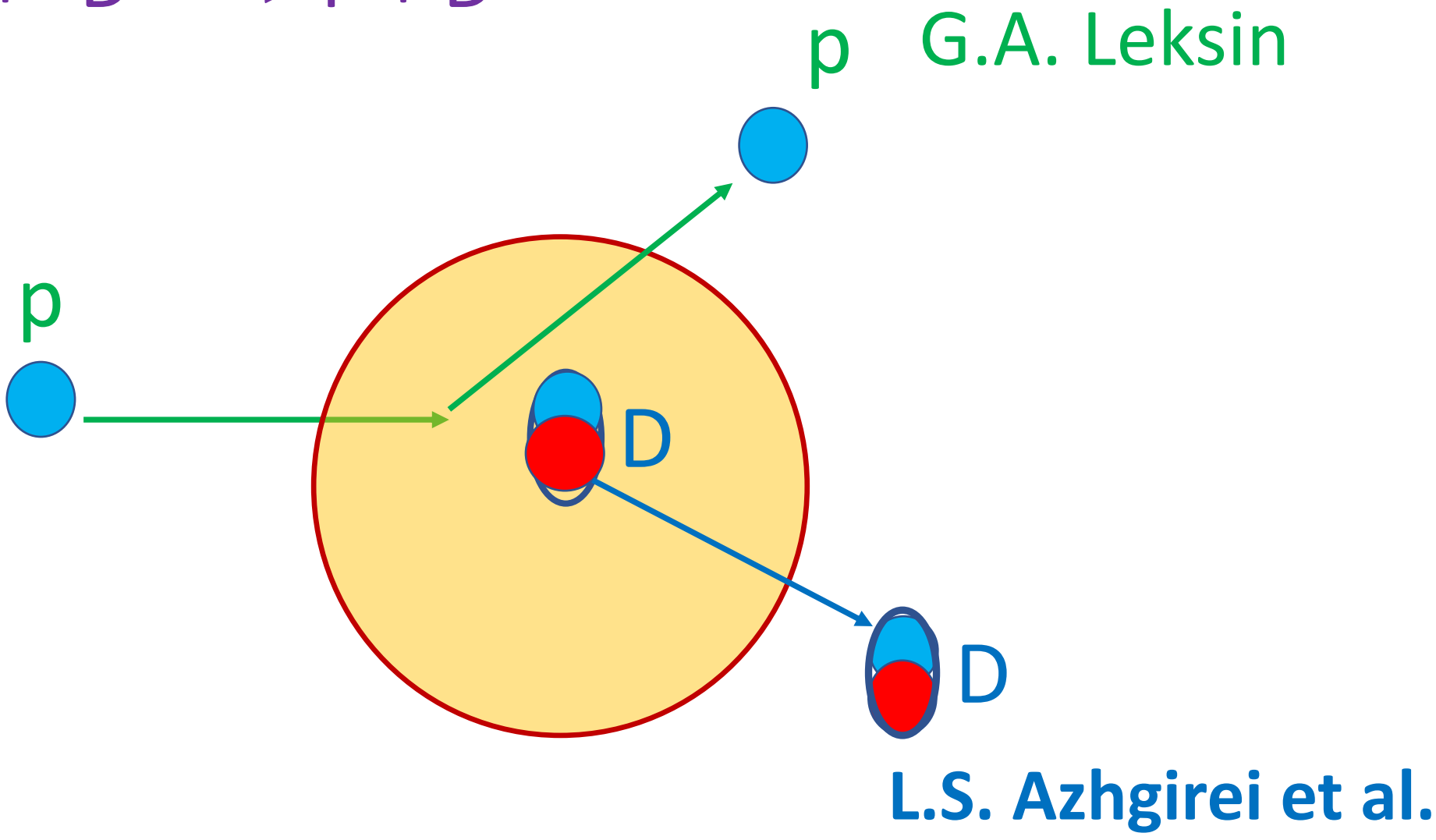
ВЫБИВАНИЕ ДЕЙТРОНОВ ИЗ ЯДЕР Li, Be, C и O ПРОТОНАМИ С ЭНЕРГИЕЙ 675 MeV [1]

Л. С. Ажгирей, И. К. Взоров, В. П. Зрелов, М. Г. Мещеряков, Б. С. Неганов, А. Ф. Шабудин

Изучены импульсные спектры заряженных частиц, испускаемых при бомбардировке дейтерия, лития, бериллия, углерода и кислорода протонами с энергией 675 MeV. Исследование производилось методом магнитного анализа под углом 7,6° относительно пучка протонов. Для всех элементов обнаружено испускание группы дейтронов с энергией около 600 MeV. В случае дейтерия источником быстрых дейтронов является упругое $(p — d)$-рассеяние; в остальных случаях испускание дейтронов происходит в реакции $p + (Z, A) \rightarrow d + p + (Z—1, A—2)$, представляющей собой рассеяние протонов на квазидейтронных группах внутри ядер. С точностью около 20% дифференциальные сечения этой реакции составляют 2,9, 2,2, 3,7 и $4{,}6 \cdot 10^{-27}$ *см²/стерад* соответственно для Li, Be, C и O. Для тех же ядер средняя энергия движения квазидейтронных групп оценена равной примерно 8, 11, 14 и 14 MeV. В высокоимпульсной части спектров не обнаружено в заметных количествах выбитых ядер трития.

Выполненные эксперименты показывают, что в соударениях нуклонов данной энергии с легкими ядрами имеют место процессы трехчастичного взаимодействия, сопровождающиеся передачей больших импульсов. Полученные результаты согласуются с представлениями, лежащими в основе высокоимпульсной модели ядра.

P + “D” ---> P + D



SOVIET PHYSICS JETP VOLUME 6 (33), NUMBER 5 MAY, 1958

ON THE FLUCTUATIONS OF NUCLEAR MATTER

D. I. BLOKHINTSEV

Joint Institute for Nuclear Research

Submitted to JETP editor July 1, 1957

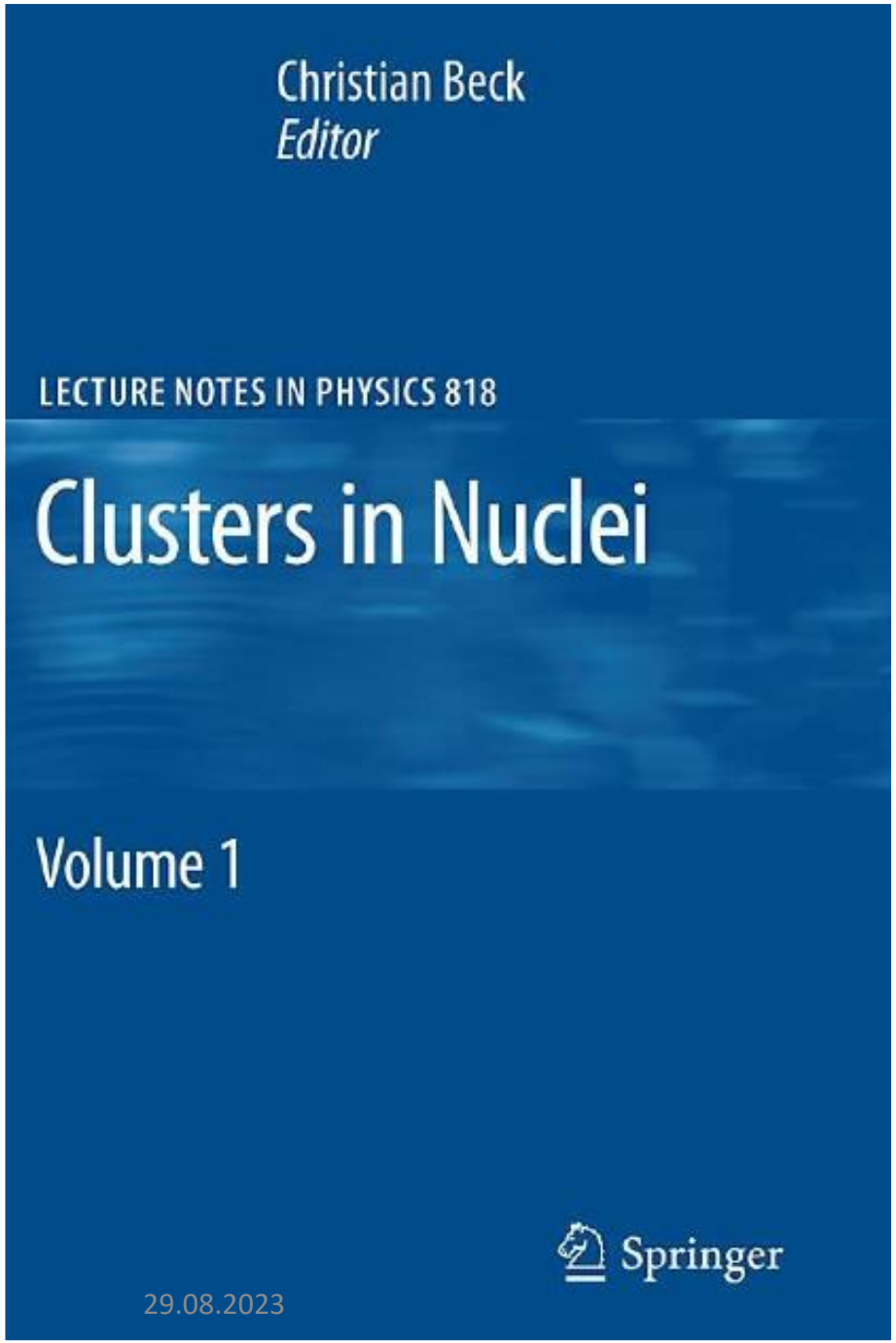
J. Exptl. Theoret. Phys. (U.S.S.R.) 33, 1295-1299 (November, 1957)

It is shown that the production of energetic nuclear fragments in collisions with fast nucleons can be interpreted in terms of collisions of the incoming nucleon with the density fluctuations of the nuclear matter.

1. INTRODUCTION

THE motion of nucleons in nuclei can result in short-lived tight nucleon clusters, in other words, in density fluctuations of nuclear matter. Since such clusters are relatively far removed from the other nucleons of the nucleus, they become atomic nuclei of lower mass in a state of fluctuating compression.

In their study of the scattering of 675-Mev protons by light nuclei, Meshcheriakov and coworkers[1,2] observed recently certain effects which confirm the existence of such fluctuations, at least for the simplest nucleon-pair fluctuations, which lead to the formation of a compressed deuteron.



Preface

A great deal of research work has been performed in the field of alpha clustering since the pioneering discovery, by D. A. Bromley and co-workers half a century ago, of molecular resonances in the excitation functions for $^{12}C + ^{12}C$ scattering.

Strasbourg, France, May 2010 Christian Beck

Cumulative processes

Краткие сообщения по физике № 1 январь 1971 ФИАН

МАСШТАБНАЯ ИНВАРИАНТНОСТЬ АДРОННЫХ СТОЛКНОВЕНИЙ И ВОЗМОЖНОСТЬ ПОЛУЧЕНИЯ ПУЧКОВ ЧАСТИЦ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ ПРИ РЕЛЯТИВИСТСКОМ УСКОРЕНИИ МНОГОЗАРЯДНЫХ ИОНОВ

А. М. Балдин

Пучки частиц высоких энергий до последнего времени получались исключительно на протонных и электронных ускорителях, т.е. при ускорении частиц, обладающих единичным зарядом. Ускорение частиц, обладающих зарядом большим единицы, как известно, в принципе дает возможность получить энергию ускоряемых частиц (при одинаковых параметрах ускорителя) большую, чем энергия протонов, в число раз, равное кратности заряда. Так, например, на Дубненском синхрофазотроне, рассчитанном на получение протонов с энергией 10 Гэв, можно получить ядра гелия с энергией 20 Гэв, а ядра неона (заряд 10 е) с энергией 100 Гэв. Возни- е получатся ли в резуль- ю ядер, например, неона, пучки вторичных частиц, ерпуховском ускорителе? г вопрос означал бы, что ядер, обладающих более о бы сравнительно деше- и получить пучки частиц

рассмотреть этот вопрос казания.

жности передачи большой ельному (например, сво-

Выражаю глубокую благодарность С. Б. Герасимову, А. Б. Говоркову и Г. Н. Флерову за обсуждение изложенных соображений. Как мне стало известно, Г. Н. Флеров еще несколько лет назад высказывал мысль о возможных кумулятивных эффектах при соударении релятивистских ядер.

Поступила в редакцию
11 ноября 1970 г.

Л и т е р а т у р а

1. Л. И. Седов. Методы подобия и размерности в механике. ГИТТЛ. Москва, 1957 г.
2. К. П. Станюкевич. Неустановившиеся движения сплошной среды. ГИТТЛ, Москва, 1958 г.
3. J. D. Bjorken. Phys. Rev., 179, 1547 (1969).
4. В. А. Матвеев, Р. М. Мурадян, А. Н. Тавхелидзе. Сообщения ОИЯИ Р2-4578, 1969 г.
5. В. А. Матвеев, Р. М. Мурадян, А. Н. Тавхелидзе. Сообщения ОИЯИ Е2-4988, 1970 г.
6. Ю. Б. Бушнин, Ю. П. Горин, С. П. Денисов и др. Ядерная физика, 10, 585 (1969).

Выражаю глубокую благодарность С. Б. Герасимову, А. Б. Говоркову и Г. Н. Флерову за обсуждение изложенных соображений. Как мне стало известно, Г. Н. Флеров еще несколько лет назад высказывал мысль о возможных кумулятивных эффектах при соударении релятивистских ядер.

Поступила в редакцию
11 ноября 1970 г.

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
Дубна

Р1 - 5819

А.М.Балдин, Н.Гиордэнеску, В.Н.Зубарев,
А.Д.Кириллов, В.А.Кузнецов, Н.С.Мороз,
В.Б.Радоманов, В.Н.Рамжин, В.А.Свиридов,
В.С.Ставинский, М.И.Яцута

НАБЛЮДЕНИЕ ПИОНОВ ВЫСОКОЙ ЭНЕРГИИ ПРИ СТОЛКНОВЕНИИ РЕЛЯТИВИСТСКИХ ДЕЙТОНОВ С ЯДРАМИ

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

1971

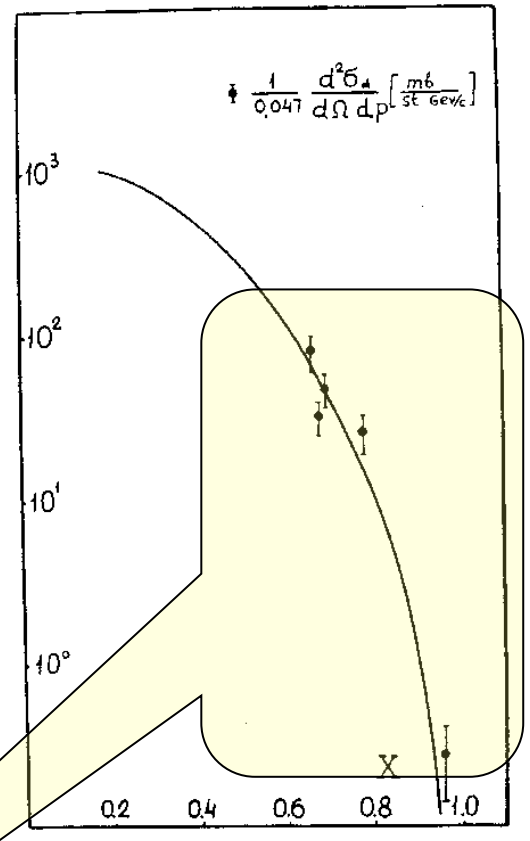


Рис. 3. Сравнение экспериментальных данных по сечению рождения пионов дейтронами с теоретической функцией, описывающей сечение рождения пионов протонами.

The first experimental data

«ФИЗИКА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ И АТОМНОГО ЯДРА», 1980, ТОМ 11, ВЫП. 3

УДК 539.171.1

РАССЕЯНИЕ ЧАСТИЦ ВЫСОКОЙ ЭНЕРГИИ КАК МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ МАЛОНУКЛОННЫХ КОРРЕЛЯЦИЙ В ДЕЙТОНЕ И ЯДРАХ

М. И. Стрикман, Л. Л. Франкфурт

Ленинградский институт ядерной физики им. Б. П. Константинова, Ленинград

малых расстояний в ядрах и о способе их описания представляет самостоятельный интерес. Цель обзора — показать, что отбор событий, содержащих кумулятивные частицы, увеличивает относительный вклад от конфигураций в волновой функции ядра, содержащих несколько нуклонов (два, три) на малых относительных расстояниях *. (Кумулятивными частицами мы, следуя [6], называем вторичные частицы, образующиеся в кинематической области, запрещенной для рассеяния на свободном нуклоне. Независимо от теоретической интерпретации этот термин удобен для обозначения указанной кинематической области.)

6. **Балдин А. М.**— Краткие сообщ. по физике, 1971, т. 1, с. 35.

МАТЕРИАЛЫ XIII ЗИМНЕЙ ШКОЛЫ ЛИЯФ 1978

КУМУЛЯТИВНЫЕ НУКЛОНЫ
И КОРОТКОДЕЙСТВУЮЩИЕ КОРРЕЛЯЦИИ В ЯДРЕ

М.И.Стрикман и Л.Л.Франкфурт

Новый этап в изучении флуктонов начался с предсказания А. М. Балдиным [4] и экспериментального обнаружения группой В. С. Ставинского [5] так называемого кумулятивного эффекта *, т. е. рождения на ядре вторичных частиц далеко за пределами кинематической области, допустимой при соударении с одним покоящимся нуклоном ядра.

---

* О том, сколь необычно это явление, свидетельствует такая аналогия. Представьте, что мотоциклист, движущийся со скоростью 60 км/ч, налетает на столб и остается цел и невредим, но зато шлем, слетевший с его головы, продолжает движение со скоростью 600 км/ч Невозможно? Законам механики это не противоречит, но такое явление невероятно для электромагнитных сил, лежащих в основе молекулярных связей. Для ядерных же сил оно наблюдалось экспериментально, когда ядра дейтерия с энергией 5 ГэВ/нуклон, сталкиваясь с водородом, рождали мезоны с энергией 8 ГэВ.

ТЕОРИЯ

LARGE MOMENTUM PION PRODUCTION IN PROTON NUCLEUS COLLISIONS AND THE IDEA OF "FLUCTUONS" IN NUCLEI

V.V. BUROV
The Moscow State University, Moscow, USSR

and

V.K. LUKYANOV and A.I. TITOV
Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, USSR

Received 27 January 1977

It is shown that in proton-nucleus collisions, the production of pions with large momenta can be explained by the assumption of the existence of nuclear density fluctuations ("fluctuons") at short distances of the nucleon core radius order, with the mass of several nucleons.

The purpose of this note is to realize the idea [4] that the cumulative effect is connected largely with a suggestion on the existence in nuclei of the so-called fluctuons. Earlier fluctuons were proposed [7] in order to understand the nature of the "deuteron peak" in the pA-scattering cross section at large momentum transfers [8] and also to interpret the pd-scattering cross section [9]. Compressional fluctuations of mass $M_k = km_p$ of nucleons in the small volume $V_\xi = \frac{4}{3}\pi r_\xi^3$ where r_ξ is the fluctuon radius were assumed.

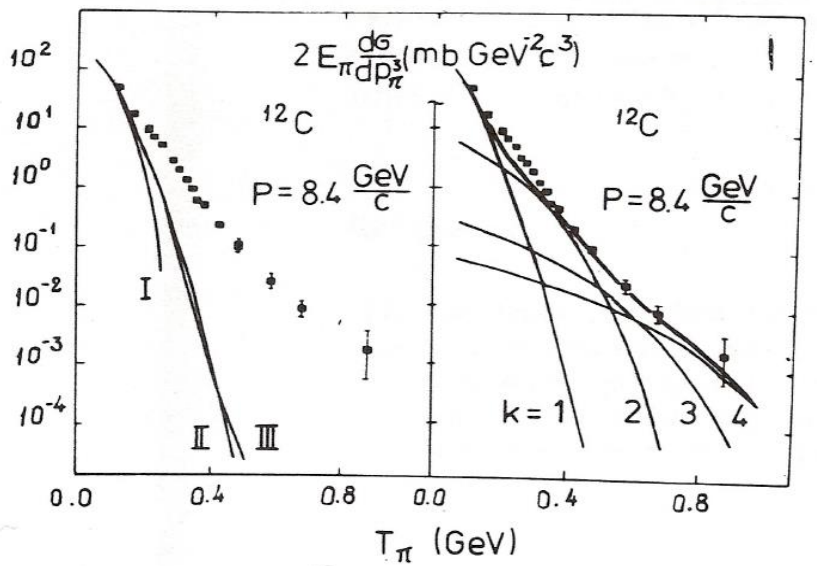
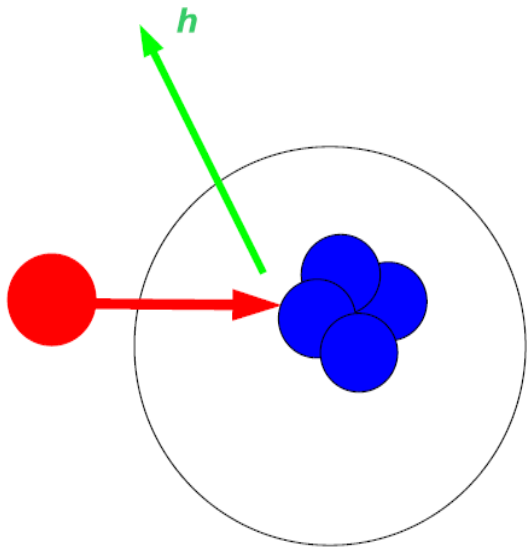
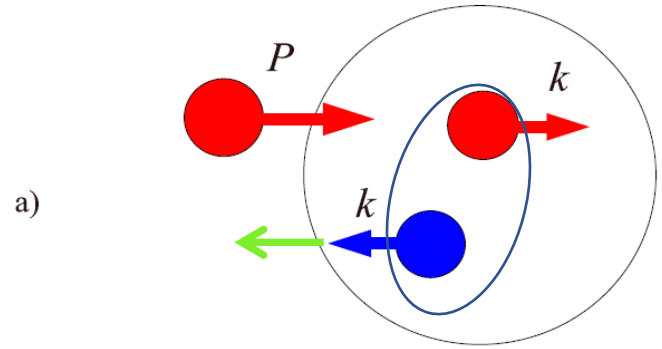


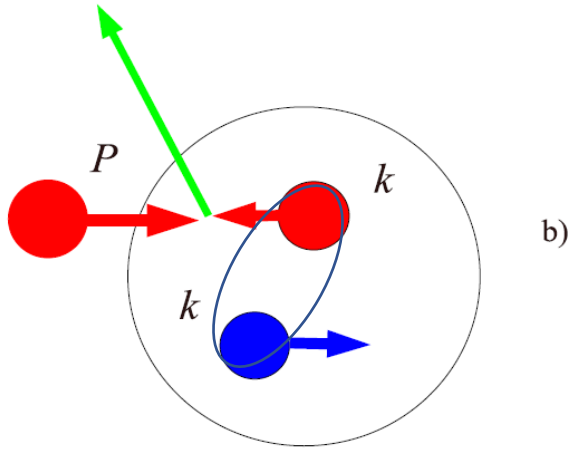
Fig. 1. (a) Calculations of the invariant pion production cross section for ^{12}C: I – for the free proton target; II – with fermi motion; III – the relativization effect. (b) The contributions of separate fluctuons with mass $M_k = km_p$ where k is the order of cumulativity.

FLUCTONS



SRC

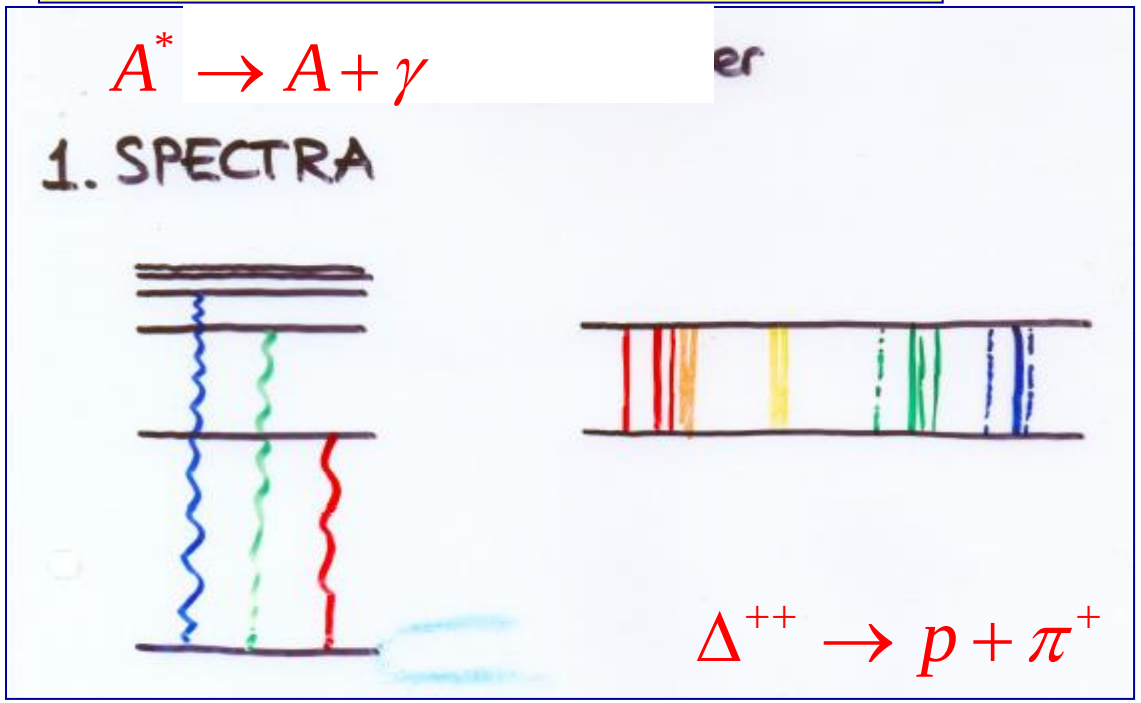


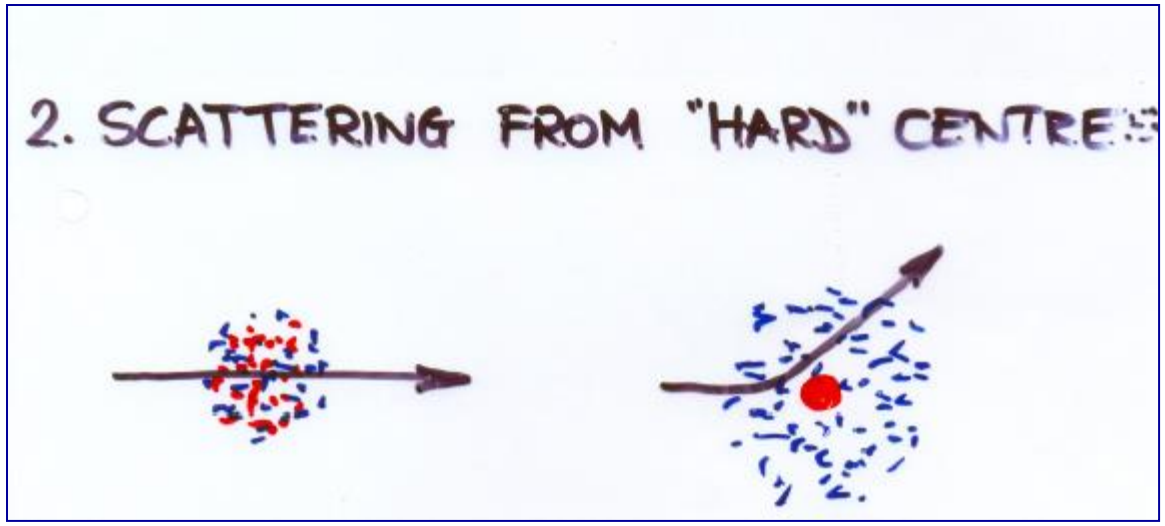


F. Close

Structure of Matter

Two ways that structure is revealed:



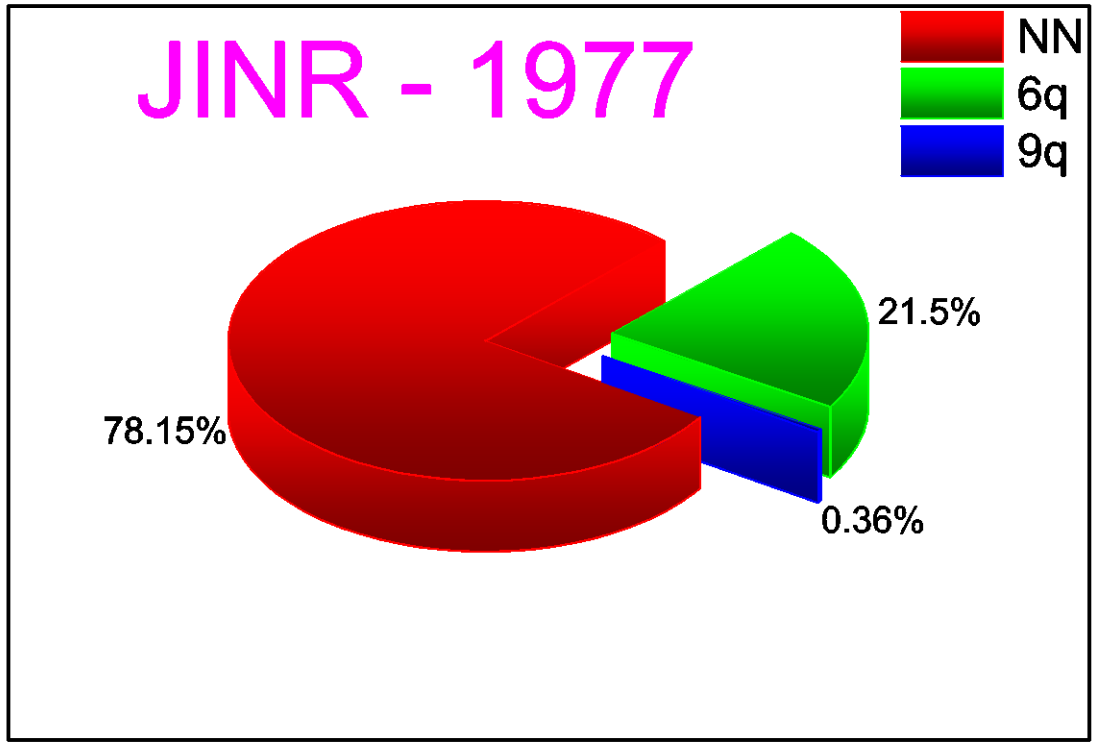


True from atoms to particles…..

^{12}C - structure

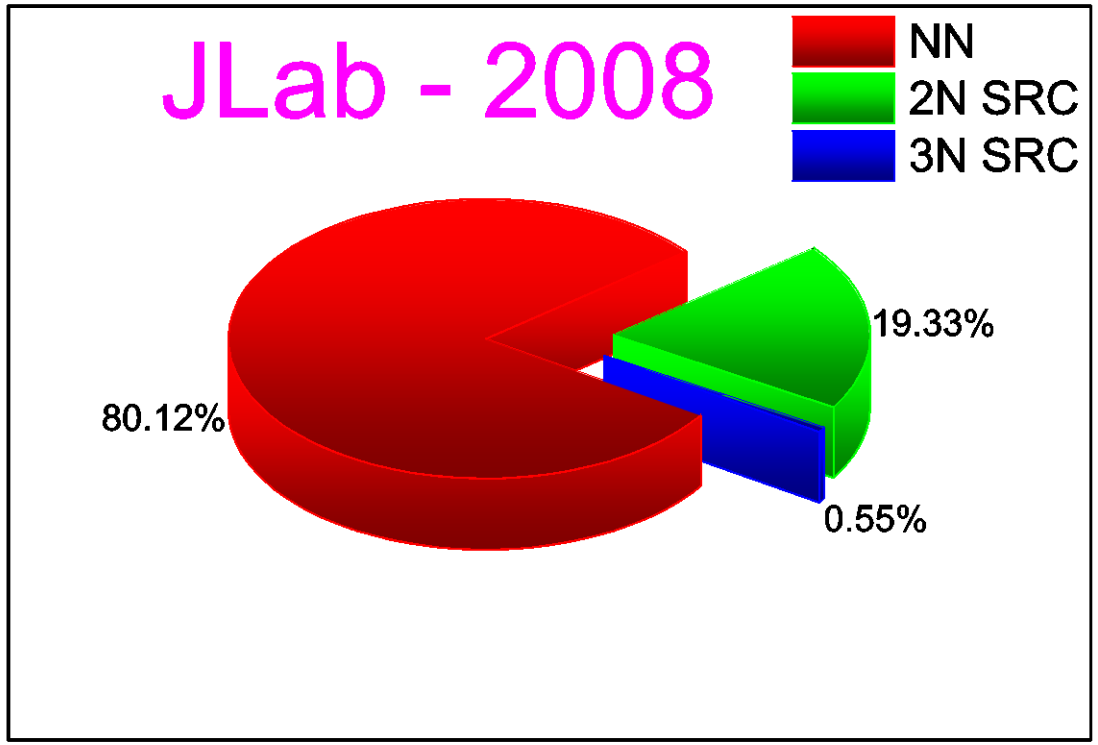
RNP – program at JINR

V.V.Burov, V.K.Lukyanov, A.I.Titov, PLB, 67, 46(1977)



eA – program at JLab

R.Subedi et al., Science 320 (2008) 1476-1478
e-Print: arXiv:0908.1514 [nucl-ex]



ОБРАЗОВАНИЕ ДЕЙТРОНОВ В ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЯХ ПРИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЯХ

В.Б.Гаврилов. Г.А.Лексин

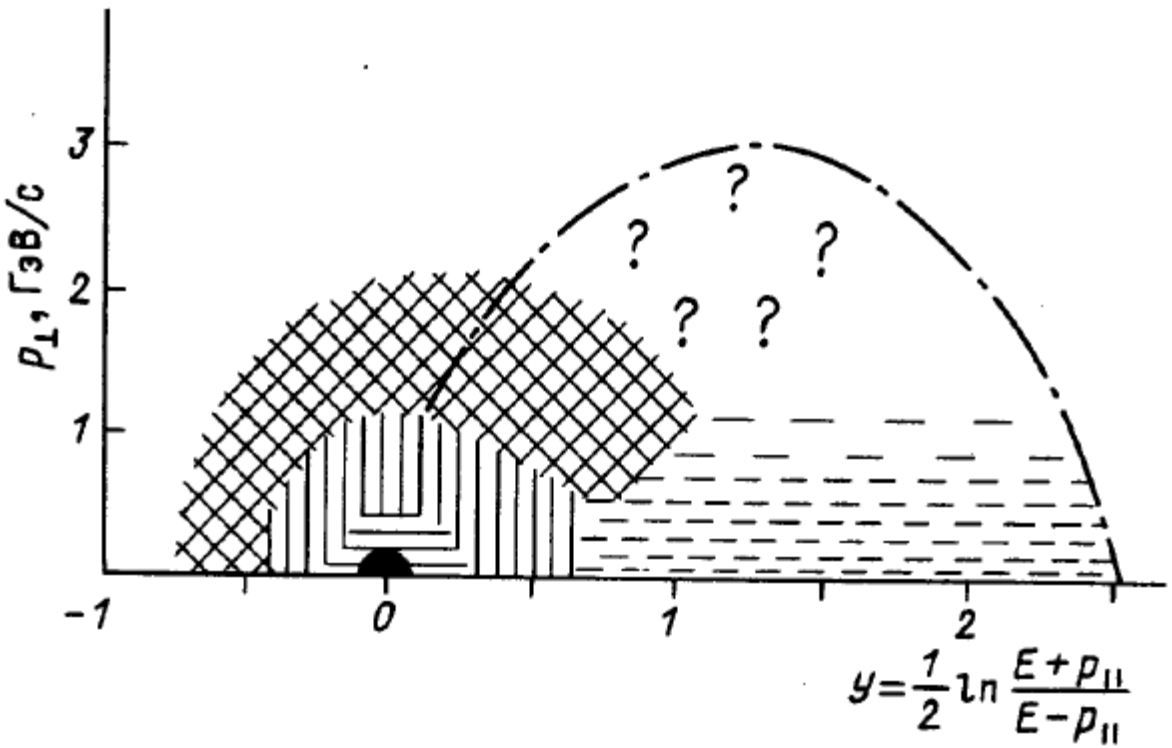
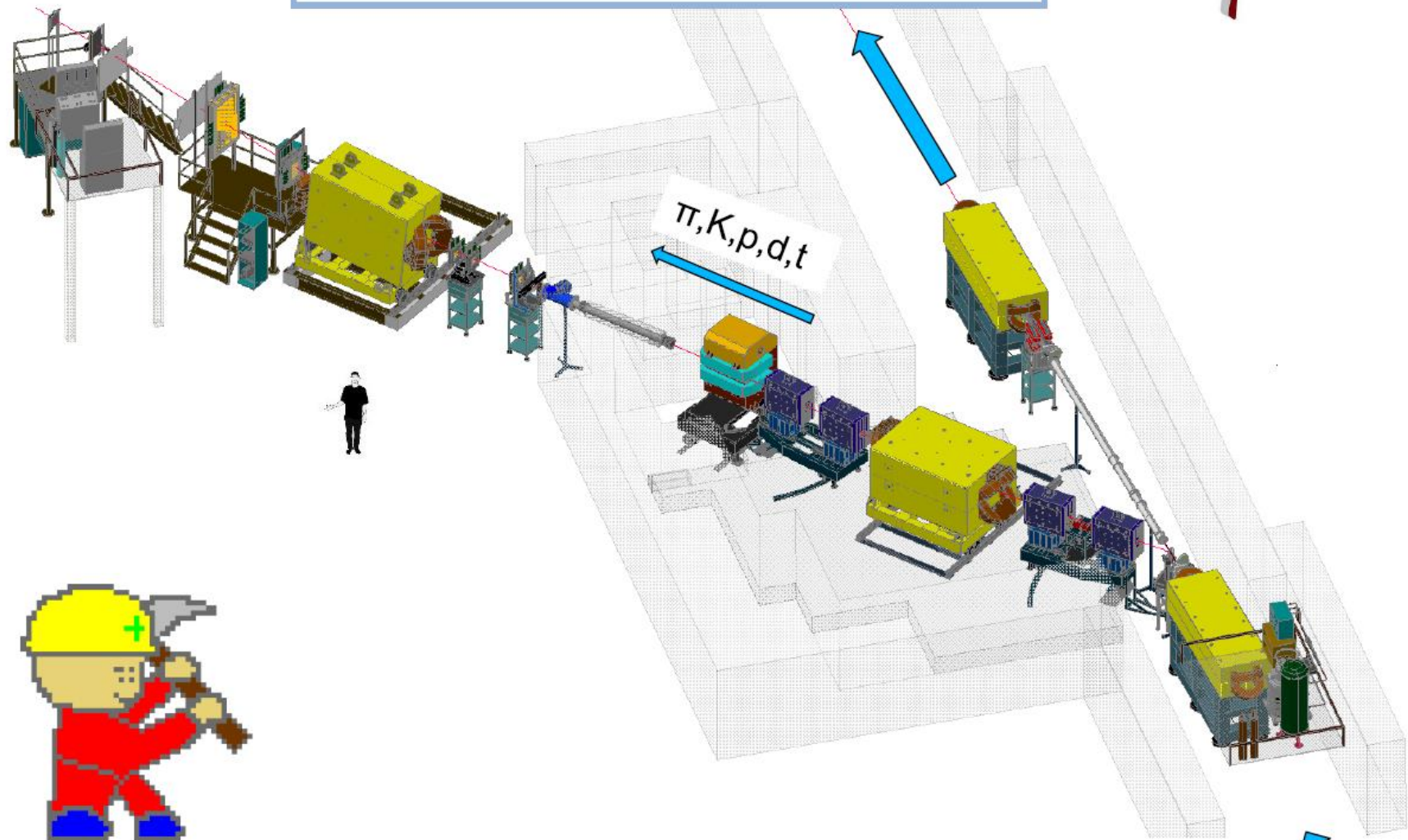


Рис. 25. Схематическое изображение кинематических областей, в которых проявляются те или иные механизмы образования дейтронов при взаимодействии протонов с энергией 10 ГэВ с тяжелым ядром:

■ – испарение; ≡ – вторичный подхват; ||| – слияние; XXX – прямое выбивание в глубоконеупругих процессах; – – – – квазисвободное выбивание (штрих-пунктирная кривая соответствует границе кинематической области для pd-рассеяния)

SPIN – narrow acceptance spectrometer, beam line #8

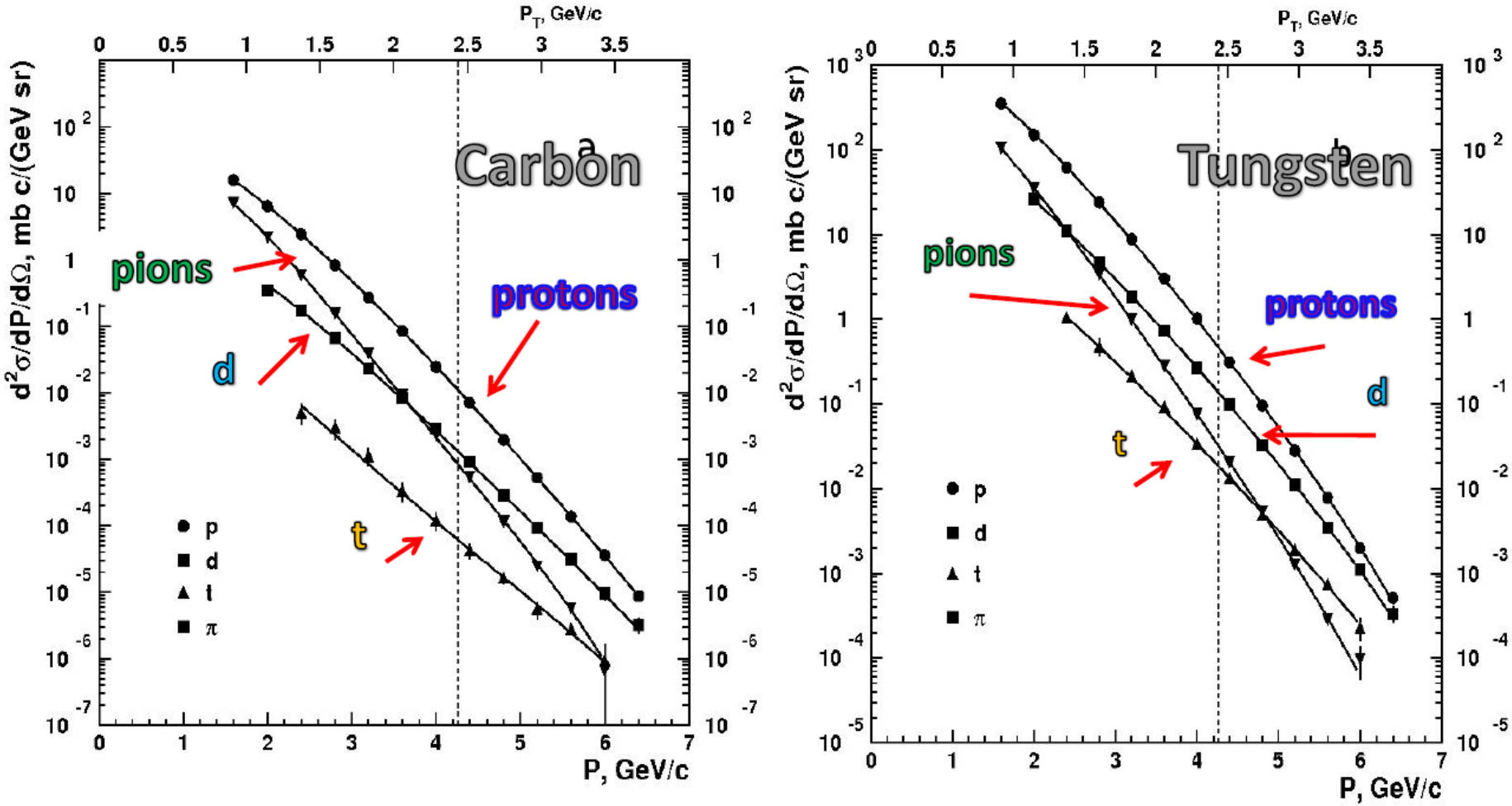
Spin



protons
10^{12} - 10^{13} /s

N.N. Antonov et al., *JETP Letters*, Vol.101, No.10, pp.670-673(2015)

p(50 GeV/c) + A(C, Al, Cu, W) -> c (35^0) +X



Invariant function found for positive pion, proton, deuteron and triton.
The vertical dashed lines indicate the kinematical limit for elastic nucleon–nucleon scattering. The upper horizontal scale shows values of the transverse momentum p_T .

PHYSICAL REVIEW VOLUME 126, NUMBER 5 JUNE 1, 1962

Particle Production at Large Angles by 30- and 33-Bev Protons Incident on Aluminum and Beryllium*

V. L. Fitch, S. L. Meyer,† and P. A. Piroué
Palmer Physical Laboratory, Princeton University, Princeton, New Jersey

(Received February 12, 1962)

+ d/p problem, cum. Region ~0.25

p/π ratio ~ 20

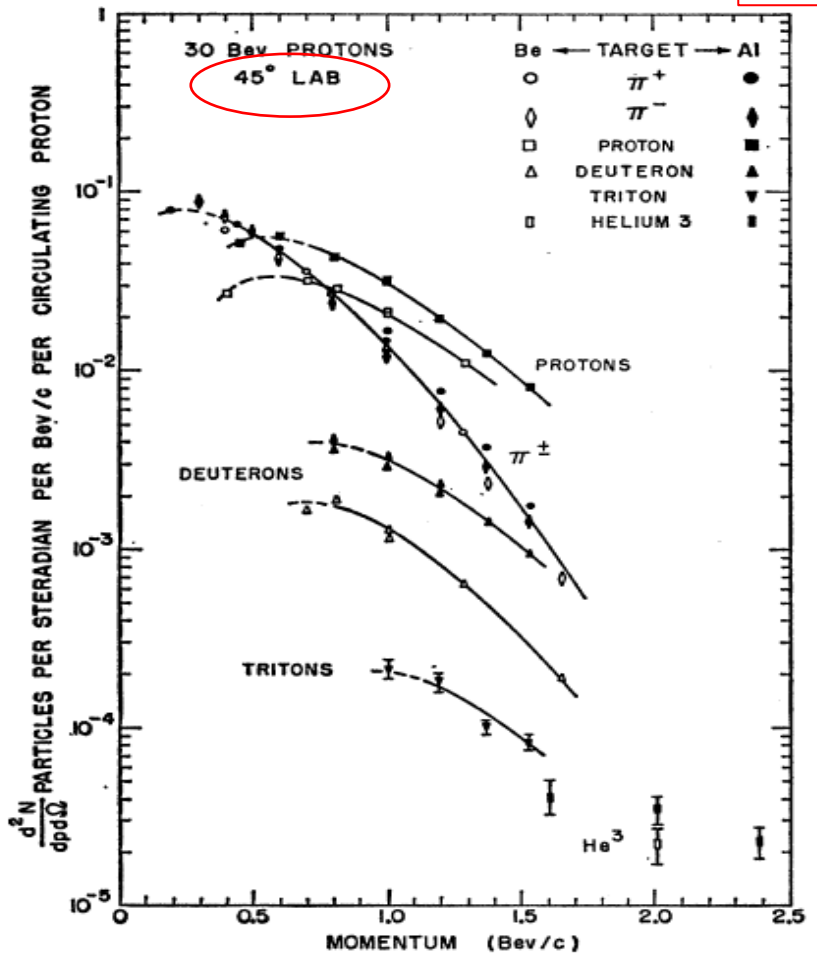


Fig. 3. Momentum spectra of particles emitted at 45° from aluminum and beryllium targets when struck by 30-Bev protons. Tritons from Be were not measured. For general remarks refer to Fig. 2 caption.

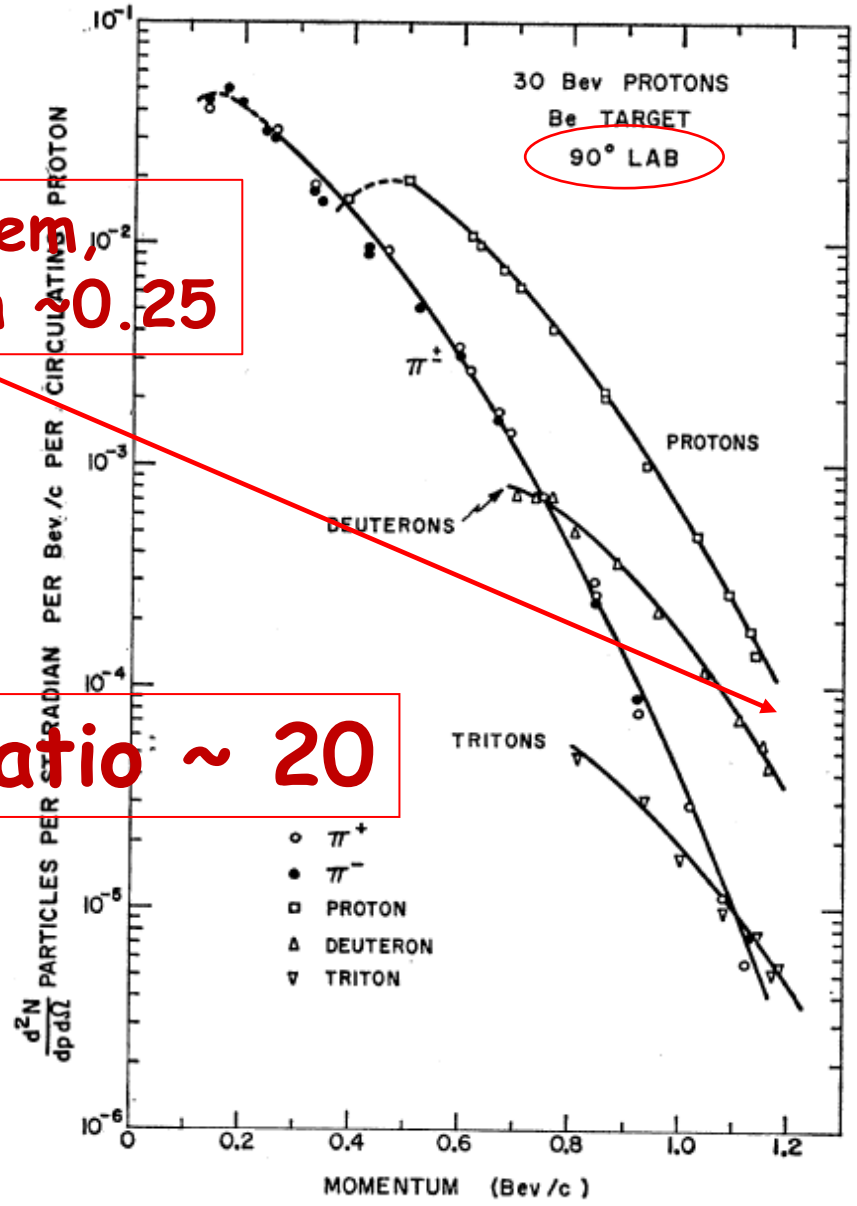
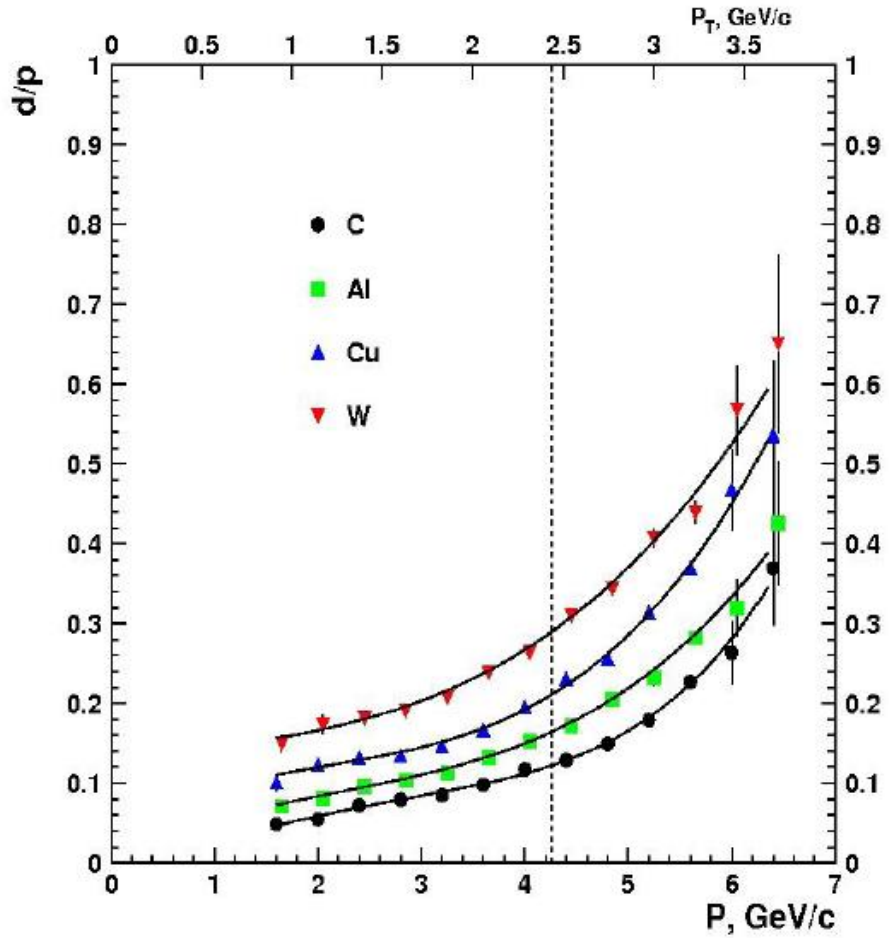


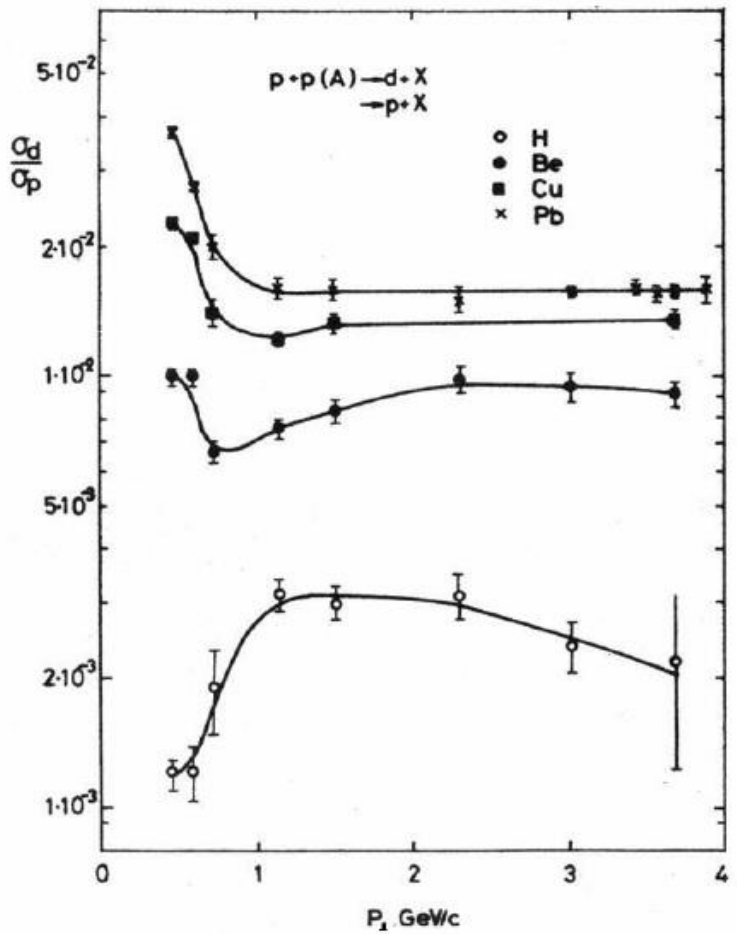
Fig. 2. Momentum spectrum of particles emitted at 90° from a beryllium target struck by 30-Bev protons. The ordinate is the number of particles produced at the target per steradian per Bev/c per circulating proton. The dashed portions of the curves indicate regions where the corrections due to multiple scattering exceed 15%. At the time these data were taken no effort was made to detect He^3.

Ratio d/p

отношение выхода дейтронов к выходу протонов как функция импульса

ФОДС **В.В.Абрамов и др., ЯФ 45(5) (1987), 845–851**





VOLUME 5, NUMBER 1 PHYSICAL REVIEW LETTERS JULY 1, 1960

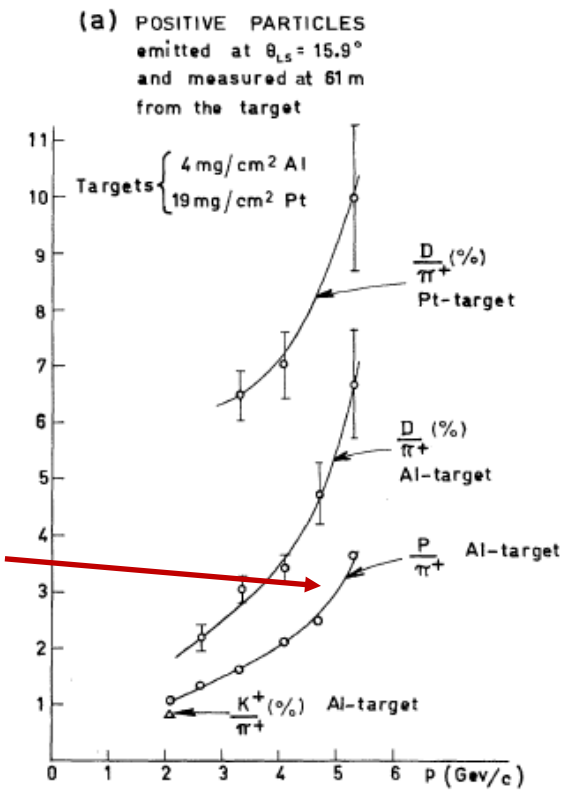
MASS ANALYSIS OF THE SECONDARY PARTICLES PRODUCED BY THE 25-GEV PROTON BEAM OF THE CERN PROTON SYNCHROTRON

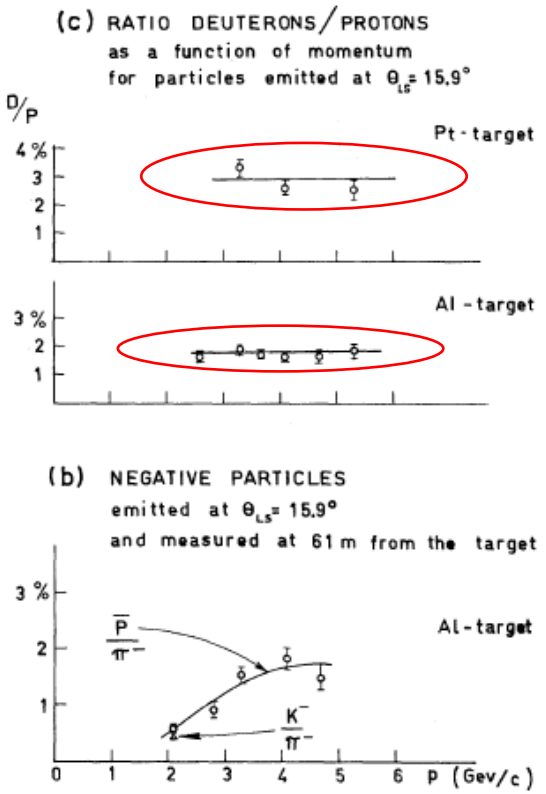
V. T. Cocconi,* T. Fazzini, G. Fidecaro, M. Legros,† N. H. Lipman, and A. W. Merrison
CERN, Geneva, Switzerland
(Received June 1, 1960)

We present here some results of a mass analysis of the secondary particles produced at 15.9° to the circulating beam in an aluminum target bombarded by 25-Gev protons in the CERN proton synchrotron.

D/p ratio

p/π ratio





ISSN 0021-3640, JETP Letters, 2020, Vol. 111, No. 5, pp. 251–254. © Pleiades Publishing, Inc., 2020.
Russian Text © The Author(s), 2020, published in Pis'ma v Zhurnal Eksperimental'noi i Teoreticheskoi Fiziki, 2020, Vol. 111, No. 5, pp. 291–294.

FIELDS, PARTICLES, AND NUCLEI

Scaling Behavior of Spectra of Protons, Deuterons, and Tritons Produced with High Transverse Momenta in pA and ^{12}CA Collisions

N. N. Antonov[a], A. A. Baldin[b], V. A. Viktorov[a], A. S. Galoyan[b], V. A. Gapienko[a, *], G. S. Gapienko[a], V. N. Gres'[a], M. A. Ilyushin[a], A. F. Prudkoglyad[a], D. S. Pryanikov[a], V. A. Romanovskii[a], A. A. Semak[a], I. P. Solodovnikov[a], V. I. Terekhov[a], M. N. Ukhanov[a], and S. S. Shimanskii[b]

The first data on the yield of the lightest nuclear fragments (protons p, deuterons d, and tritons t) with high transverse momenta p_T at an angle of 40° in the laboratory reference frame from nuclear targets bombarded by 50-GeV/c protons and 20A-GeV/c carbon nuclei obtained in the SPIN experiment (IHEP, Protvino, Russia) have been reported. It has been shown that the pA and CA data can be described within a common scaling approach, which possibly indicates that the mechanism of formation of high-p_T nuclear fragments is common for these reactions.

$$f_{A_1+A_2} = E\frac{d^3\sigma}{dp^3} = C_1 A_1^{\alpha(X_1)} A_2^{\alpha(X_2)} \exp(-\Pi/C_2)$$

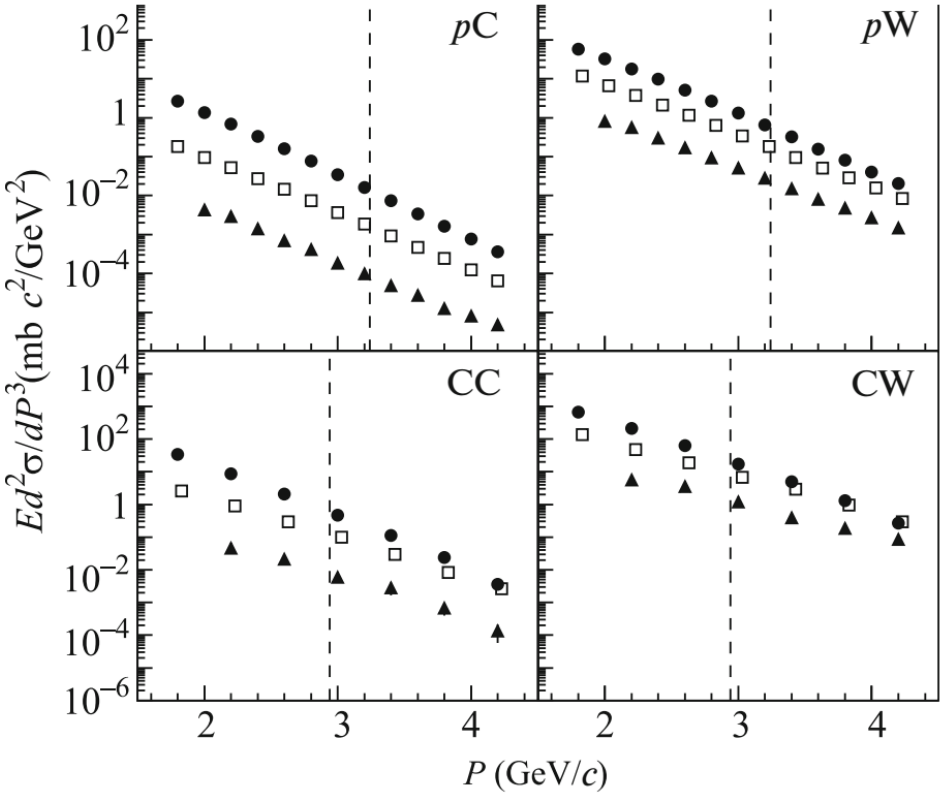


Fig. 1. Spectra of (circles) protons, (rectangles) deuterons, and (triangles) tritons in four different collisions. The vertical dashed straight lines indicate the kinematic limit of elastic nucleon–nucleon scattering at 40°.

$$g(\Pi) = E\frac{d^3\sigma}{dp^3} \Big/ \left(C_1 A_1^{\alpha(X_1)} A_2^{\alpha(X_2)}\right) \qquad \alpha(X) = (2.4 + X)/3$$

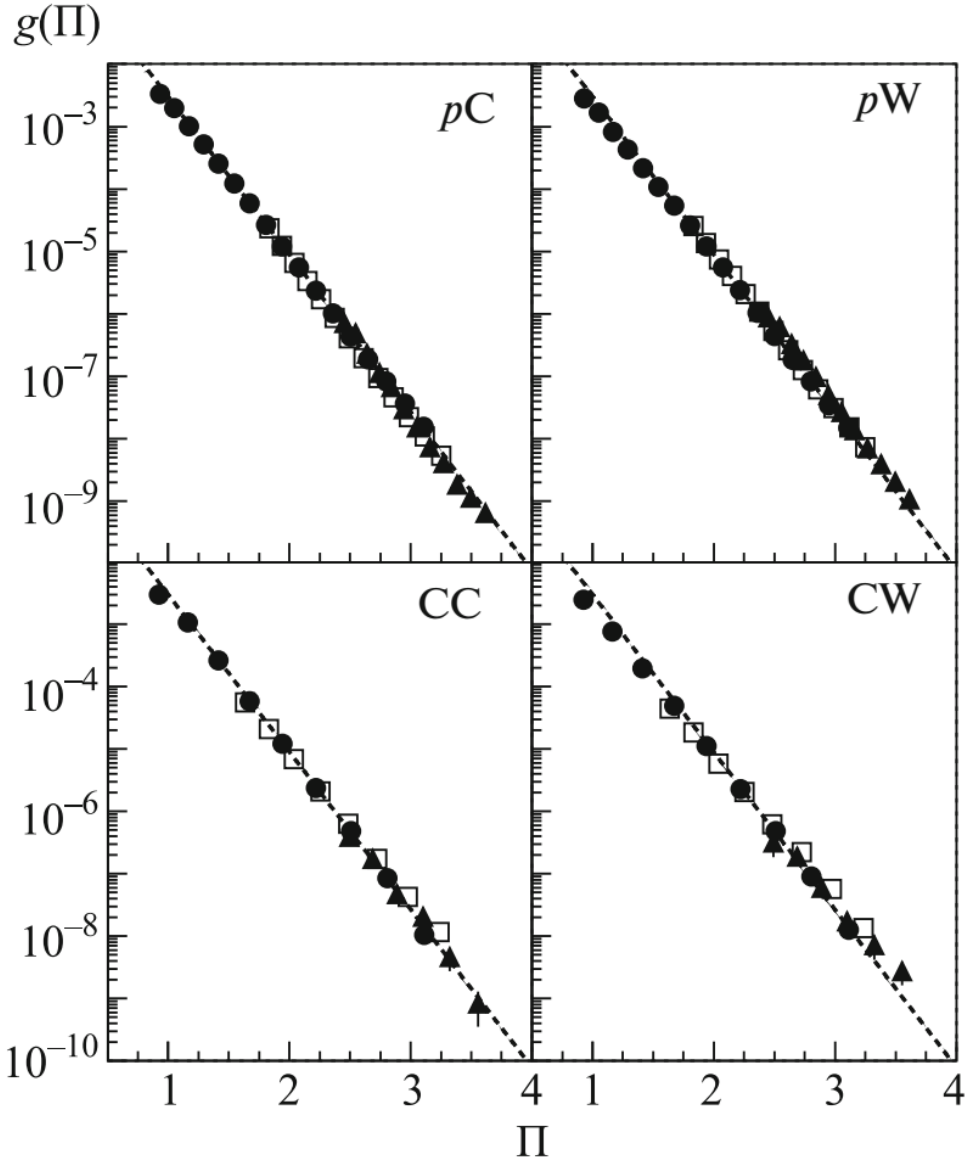


Fig. 4. Exponential dependence of the cross sections on Π for (circles) protons, (squares) deuterons, and (triangles) tritons. The dashed lines represent the function exp(–Π/0.172).

ISSN 1063-7788, Physics of Atomic Nuclei, 2022, Vol. 85, No. 3, pp. 282–288. © The Author(s), 2022. This article is an open access publication.
Russian Text © The Author(s), 2022, published in Yadernaya Fizika, 2022, Vol. 85, No. 3, pp. 209–215.

ELEMENTARY PARTICLES AND FIELDS

Experiment

Production of High-Transverse-Momentum Deuterons and Tritons at an Angle of 40° in Proton–Nucleus Interactions at a Beam Energy of 50 GeV

N. N. Antonov[1)], V. A. Viktorov[1)], V. A. Gapienko[1)*], G. S. Gapienko[1)], V. N. Gres'[1)], A. F. Prudkoglyad[1)], V. A. Romanovskii[1)], A. A. Semak[1)], I. P. Solodovnikov[1)], V. I. Terekhov[1)], M. N. Ukhanov[1)], and S. S. Shimanskii[2)]

Received December 27, 2021; revised December 27, 2021; accepted January 5, 2022

Abstract—Data on the production of positively charged particles emitted at an angle of 40° (in the laboratory frame) with transverse momenta of up to 2.7 GeV/c in the interaction of 50-GeV/c protons with carbon, aluminum, copper, and tungsten nuclear targets are presented. Particular attention is given to studying the production of light nuclear fragments, such as deuterons (d) and tritons (t). An analysis of data on d and t particles gives grounds to state that these fragments arise via a local mechanism of their direct knockout from nuclei. The results were obtained in the SPIN experiment at the Institute for High Energy Physics (IHEP, Protvino).

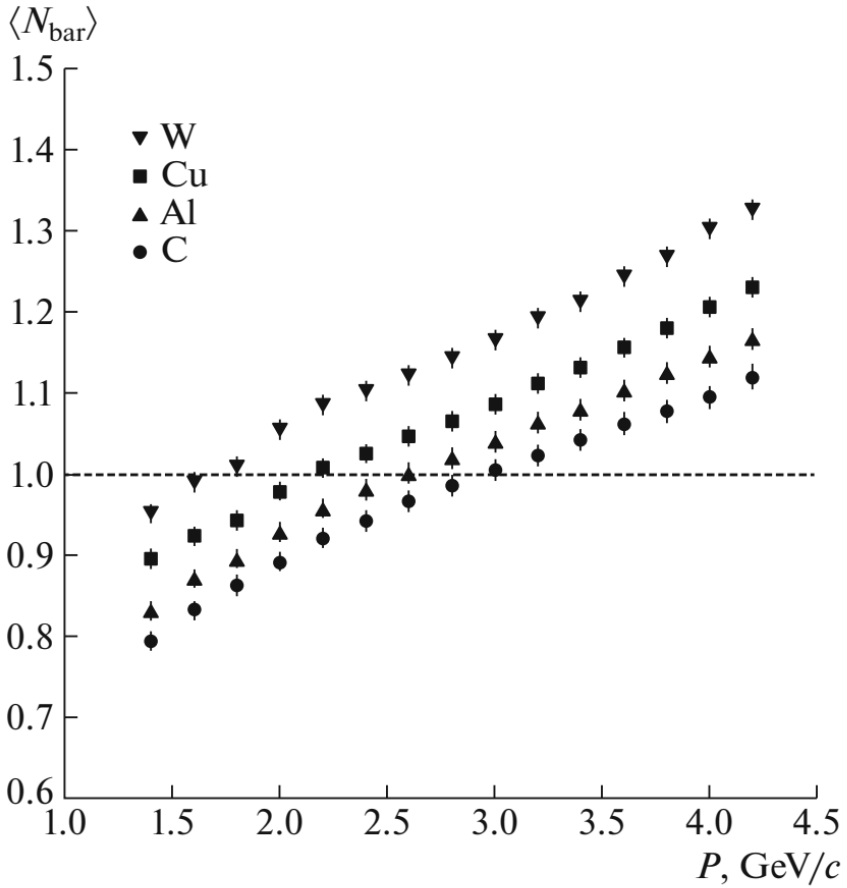
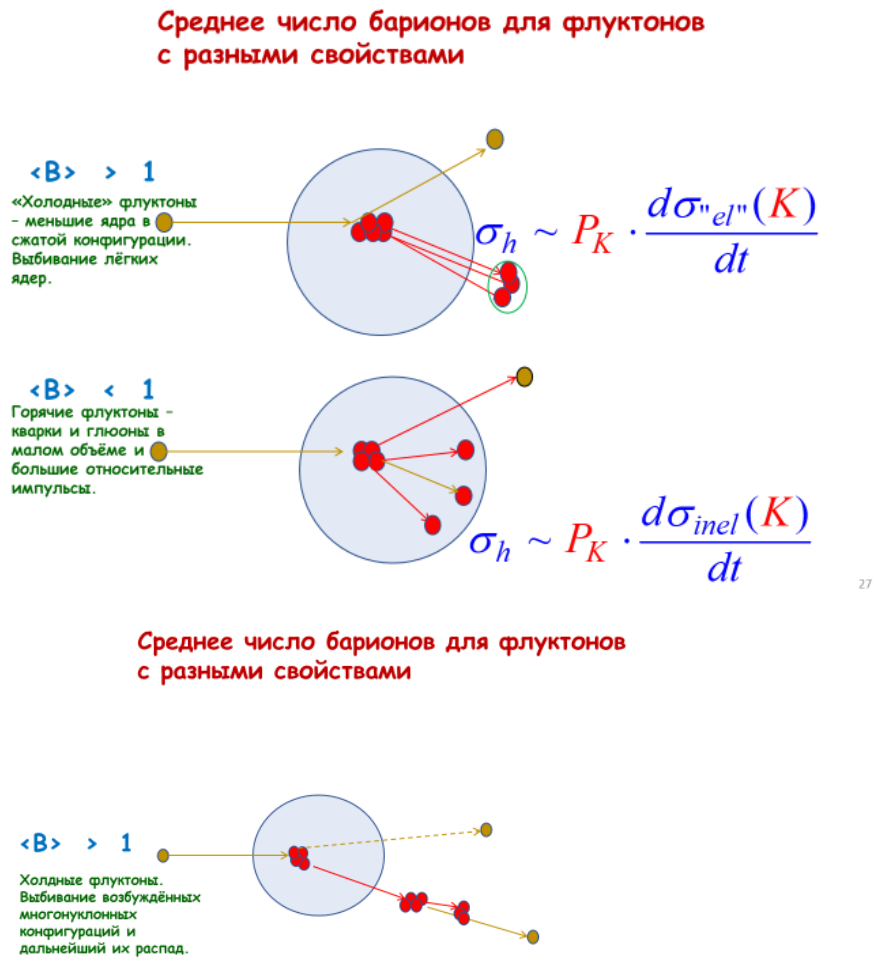


Fig. 4. Average baryon number at various momenta.



$$\frac{E_d}{\sigma_{\text{inel}}}\frac{d^3\sigma_A}{dp_d^3} = B_2 K_{np}\left(\frac{E_p}{\sigma_{\text{inel}}}\frac{d^3\sigma_p}{dp_p^3}\right)^2$$

Table 1. Average values of B_2 for $p_d = 2{-}4$ GeV/c

Target	C	Al	Cu	W
B_2, GeV$^2/c^3$	0.021 ± 0.004	0.025 ± 0.004	0.029 ± 0.005	0.022 ± 0.003

CsDBM

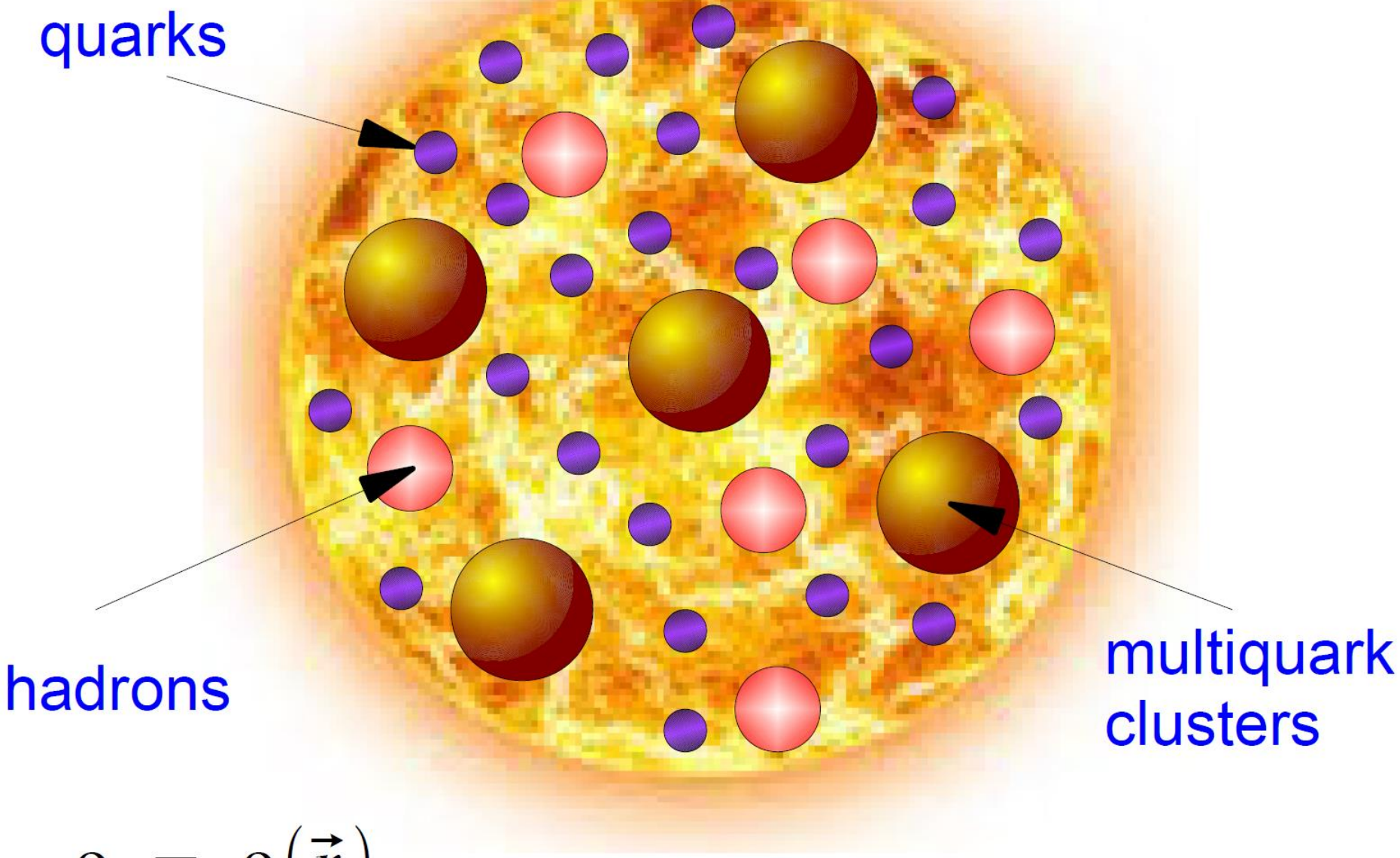
1.Cold - exists inside ordinary nuclear matter as a quantum component of the wave function (with some probability and life time).

2. superDense - several nucleons can be in a volume less than the nucleon volume. The mass will be several nucleon masses. The small size means that the multinucleon(multiquark) configuration seeing as point like objects in processes with high transfer energy.

3. Baryonic Matter – enhancement of baryonic states and suppression of sea and gluon degrees of freedom (mesons and antiparticles production).

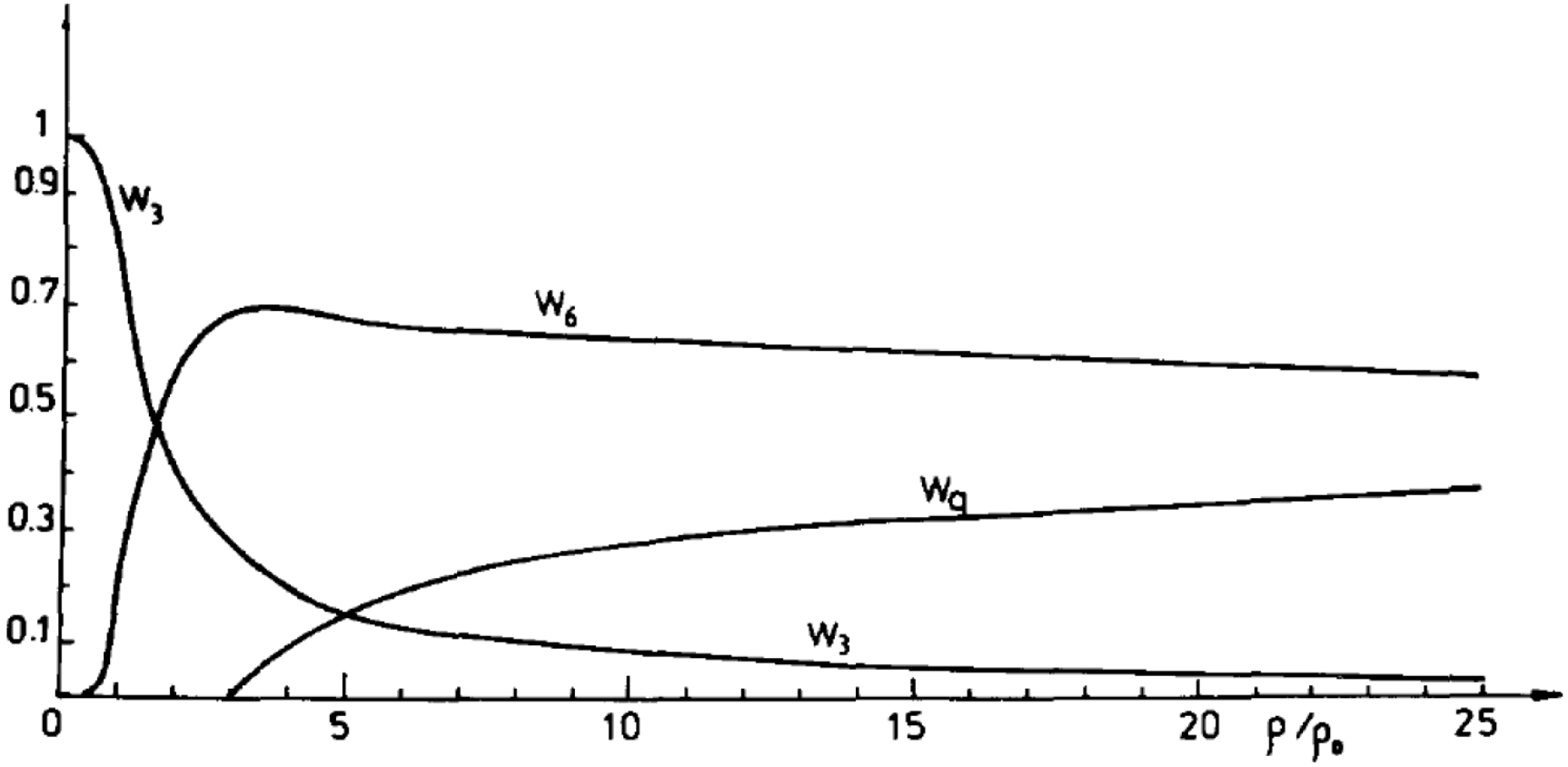
MPD !

Locally uniform mixture



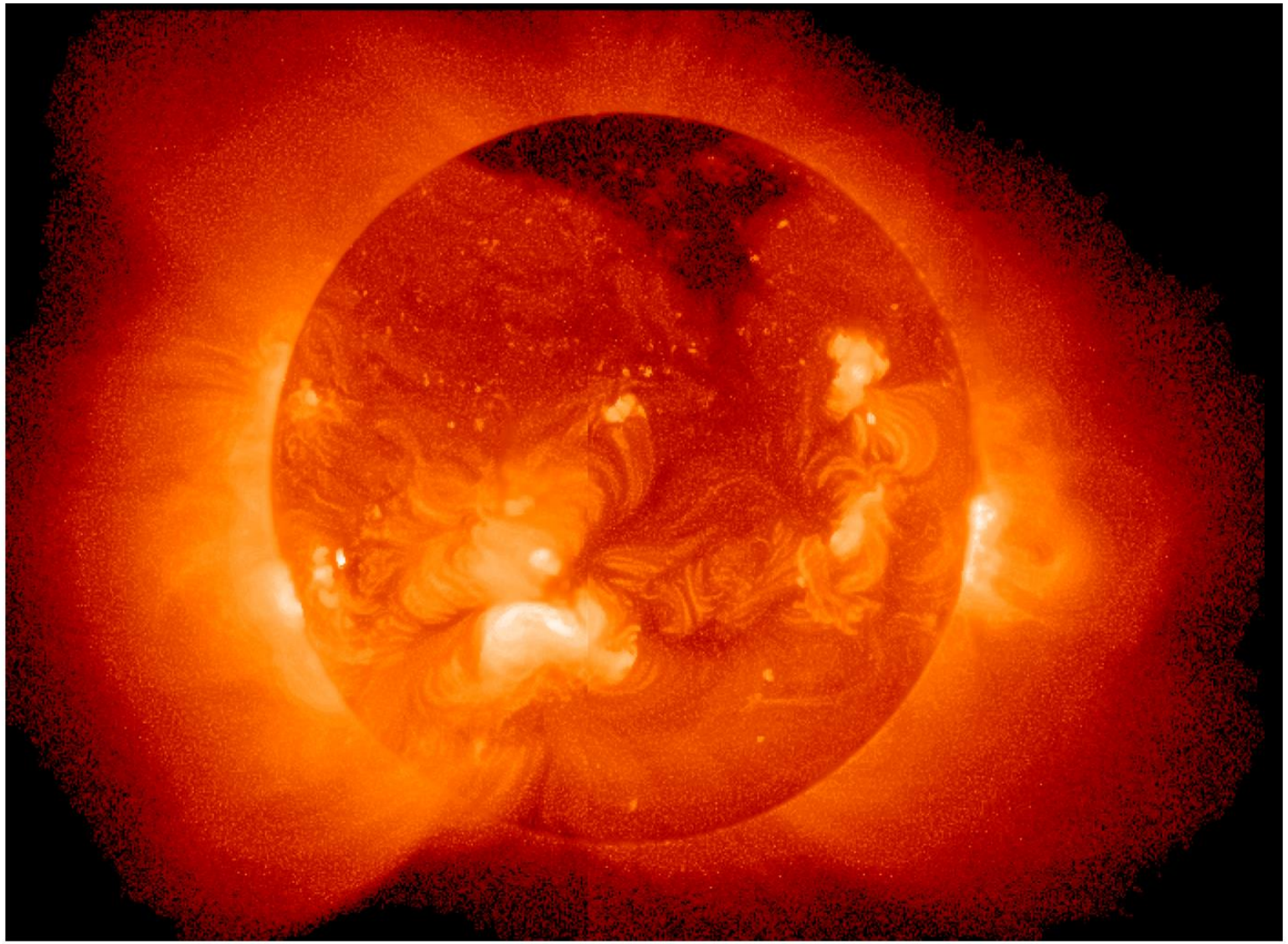
$$\rho = \rho(\vec{r})$$

Weights of quarks (w_q), nucleons (w_3), and six-quark clusters (w_6) at $T = 0$



$$w_9 < 10^{-3}, \qquad w_{12} < 10^{-5}$$

Температура в центре Солнца ~ 15 000 000 К(эВ)



Температура КГП около 170 МэВ

astro-ph/0604422 v1 20 Apr 2006

Strangeness in Neutron Stars

FRIDOLIN WEBER,* ALEXANDER HO,† RODRIGO P. NEGREIROS,‡
PHILIP ROSENFIELD§

$H \sim 10^{17}$ Gs

$E \sim 10^{19}$ V/cm

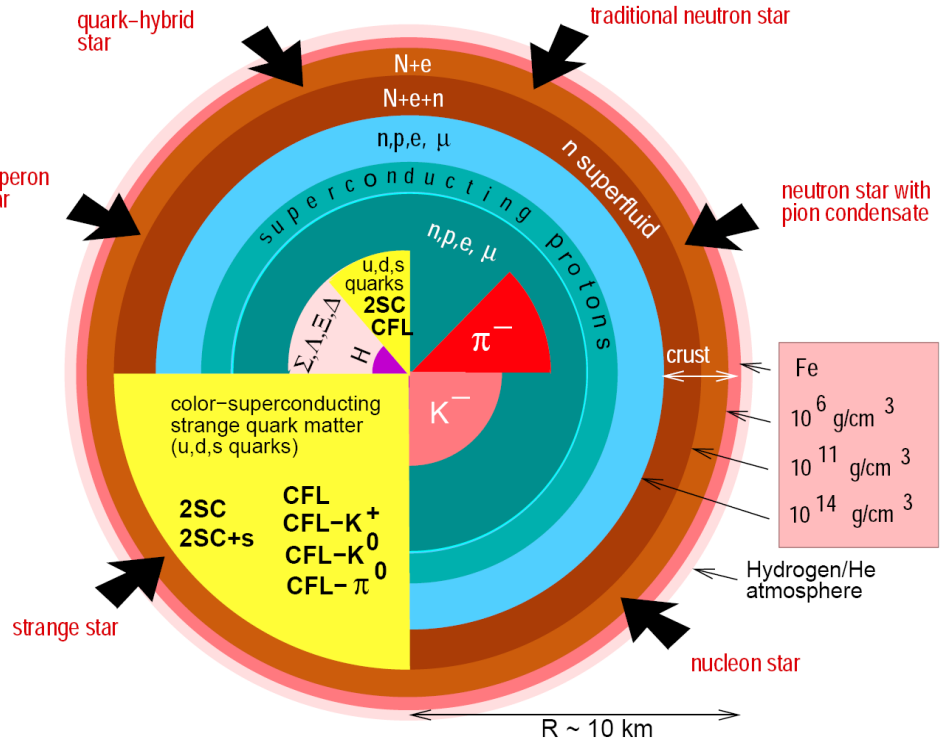


Fig. 1. Competing structures and novel phases of subatomic matter predicted by theory to make their appearances in the cores ($R \lesssim 8$ km) of neutron stars[4].

significant range of chemical potentials and strange quark masses[51]. If the strange quark mass is heavy enough to be ignored, then up and down quarks may pair in the two-flavor superconducting (2SC) phase. Other possible condensation patters

color–superconducting strange quark matter (u,d,s quarks)

K. Rajagopal and F. Wilczek, *The Condensed Matter Physics of QCD*, At the Frontier of Particle Physics / Handbook of QCD, ed. M. Shifman, (World Scientific) (2001).
M. Alford, Ann. Rev. Nucl. Part. Sci. **51** (2001) 131.

Come to quark, diquark and multiquark systems.

Правила кваркового счета

Matveev V.A., Muradyan R.M., Tavkhelidze A.N. **Lett. Nuovo Cimento 7,719 (1973);**

Brodsky S., Farrar G. **Phys. Rev. Lett. 31,1153 (1973)**

Предсказывалось, что для $p_{пучка} \geq 5$ ГэВ/с и углов $\theta_{см} > 40^{o}$

$$\frac{d\sigma}{dt}_{A+B->C+D} \sim s^{-(n_A+n_B+n_C+n_D-2)} f(\frac{t}{s})$$

Здесь n_A, n_B, n_C и n_D число составляющих кварков в адронах A, B, C и D.

$s=(p_A+p_B)^2$ и $t=(p_A-p_C)^2$,

где P_X – четырех-импульсы адронов. Например:

$$\frac{d\sigma}{dt}_{pp->pp} \sim s^{-10} \quad \text{и} \quad \frac{d\sigma}{dt}_{\pi p->\pi p} \sim s^{-8}$$

The way the differential large angle $2 \rightarrow 2$ particle scattering cross sections should scale with energy (momentum transfer) was envisaged by the so-called "quark counting rules" [26].

$$\frac{d\sigma}{dt} = \frac{f(\Theta)}{s^{K-2}}; \qquad \frac{t}{s} = \text{const},$$

with K the number of *elementary fields* (quarks, photons, leptons, etc.) among / inside the initial and final particles.

For example, in the case of the deuteron break-up by a photon, $\gamma + D \rightarrow p + n$, we have $K = 1 + 6 + 6 = 13$ (a photon and 6 quarks inside the initial deuteron and another 6 in the final proton and neutron). So, the differential cross section is expected to fall with s, *asymptotically*, as $s^{-11} = E_{\text{c.m.}}^{-22}$.

Comparison of 20 exclusive reactions at large t

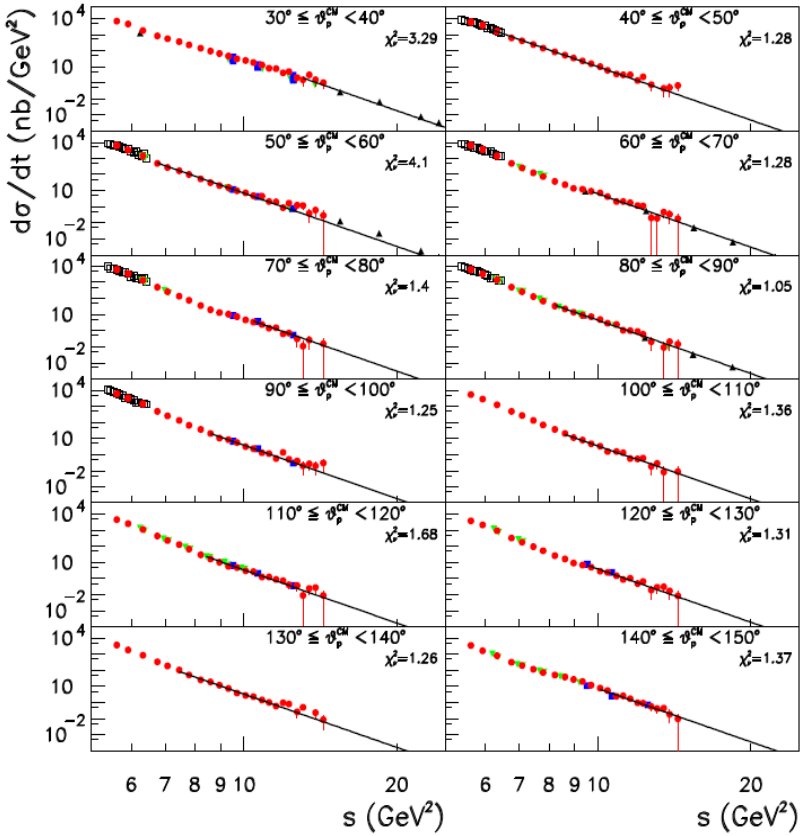
TABLE V. The scaling between E755 and E838 has been measured for eight meson-baryon and 2 baryon-baryon interactions at $\theta_{\text{c.m.}} = 90°$. The nominal beam momentum was 5.9 GeV/c and 9.9 GeV/c for E838 and E755, respectively. There is also an overall systematic error of $\Delta n_{\text{syst}} = \pm 0.3$ from systematic errors of $\pm 13\%$ for E838 and $\pm 9\%$ for E755.

		Cross section		n-2
No.	Interaction	E838	E755	$(\frac{d\sigma}{dt} \sim 1/s^{n-2})$
1	$\pi^+ p \to p\pi^+$	132 ± 10	4.6 ± 0.3	6.7 ± 0.2
2	$\pi^- p \to p\pi^-$	73 ± 5	1.7 ± 0.2	7.5 ± 0.3
3	$K^+ p \to pK^+$	219 ± 30	3.4 ± 1.4	$8.3^{+0.6}_{-1.0}$
4	$K^- p \to pK^-$	18 ± 6	0.9 ± 0.9	≥ 3.9
5	$\pi^+ p \to p\rho^+$	214 ± 30	3.4 ± 0.7	8.3 ± 0.5
6	$\pi^- p \to p\rho^-$	99 ± 13	1.3 ± 0.6	8.7 ± 1.0
13	$\pi^+ p \to \pi^+ \Delta^+$	45 ± 10	2.0 ± 0.6	6.2 ± 0.8
15	$\pi^- p \to \pi^+ \Delta^-$	24 ± 5	≤ 0.12	≥ 10.1
17	$pp \to pp$	3300 ± 40	48 ± 5	9.1 ± 0.2
18	$\bar{p}p \to p\bar{p}$	75 ± 8	≤ 2.1	≥ 7.5

Light-Front QCD*

SLAC–PUB–10871
November 2004

Stanley J. Brodsky



$$s^{11}\frac{d\sigma}{dt}(\gamma d \to pn) \sim \quad S^{-11}$$

constant at fixed CM angle

Figure 8: Fits of the cross sections $d\sigma/dt$ to s^{-11} for $P_T \geq P_T^{th}$ and proton angles between 30° and 150° (solid lines). Data are from CLAS (full/red circles), Mainz(open/black squares), SLAC (full-down/green triangles), JLab Hall A (full/blue squares) and Hall C (full-up/black triangles). Also shown in each panel is the χ^2_ν value of the fit. From Ref. [160].

Eur. Phys. J. A 8, 423–428 (2000)

THE EUROPEAN PHYSICAL JOURNAL A

© Società Italiana di Fisica
Springer-Verlag 2000

Measurement of the cross-section asymmetry of deuteron photodisintegration process by linearly polarized photons in the energy range $E_\gamma = 0.8$–1.6 GeV

F. Adamian[1], A. Aganiants[1], Yu. Borzunov[2], S. Chumakov[2], N. Demekhina[1], G. Frangulian[1], L. Golovanov[2], V. Grabski[1,a], A. Hairapetian[1], H. Hakobyan[1], I. Keropian[1], I. Lebedev[1], Zh. Manukian[1], N. Moroz[2], G. Movsesian[1], E. Muradian[1], A. Oganesian[1], R. Oganezov[1], Yu. Panebratsev[2], M. Rekalo[3], S. Shimanski[2], A. Sirunian[1], H. Torosian[1], A. Tsvenev[2], H. Vartapetian[1], and V. Volchinski[1]

[1] Yerevan Physics Institute, Armenia
[2] Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russia
[3] Kharkov Institute of Physics and Technology, Kharkov, Ukraine

Received: 3 April 2000 / Revised version: 22 May 2000
Communicated by B. Povh

Abstract. The first measurements of the cross-section asymmetry Σ for the deuteron photodisintegration process at a cm angle of 90° up to 1.6 GeV were performed at Yerevan Electron Synchrotron. These results are in reasonable agreement with previous measurements at lower energy. Our data show agreement with the asymptotic meson exchange model predictions in the energy range 0.8–1.6 GeV.

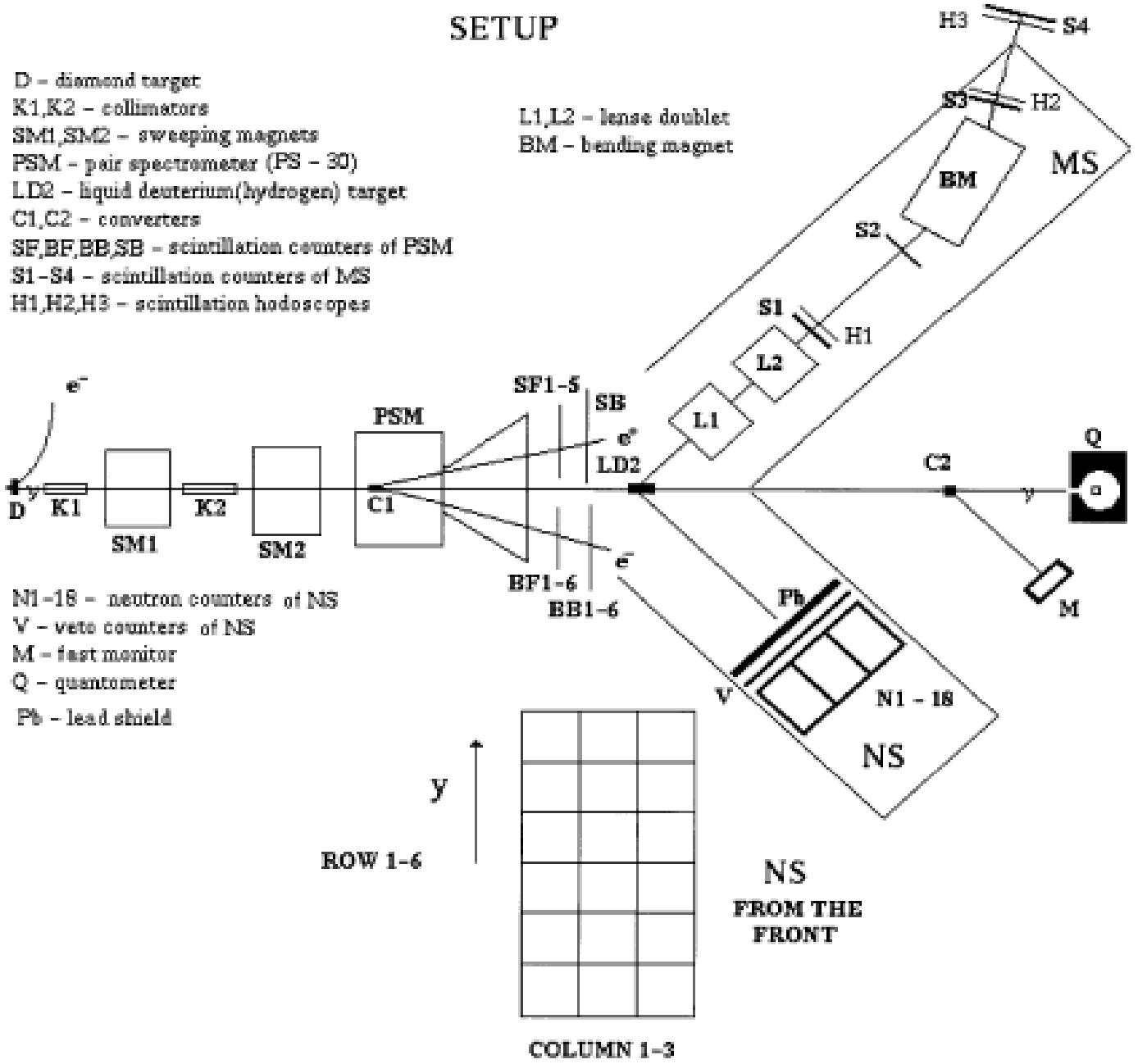


Fig. 2. Experimental Setup. In the frame, the neutron spectrometer NS-18 from the front.

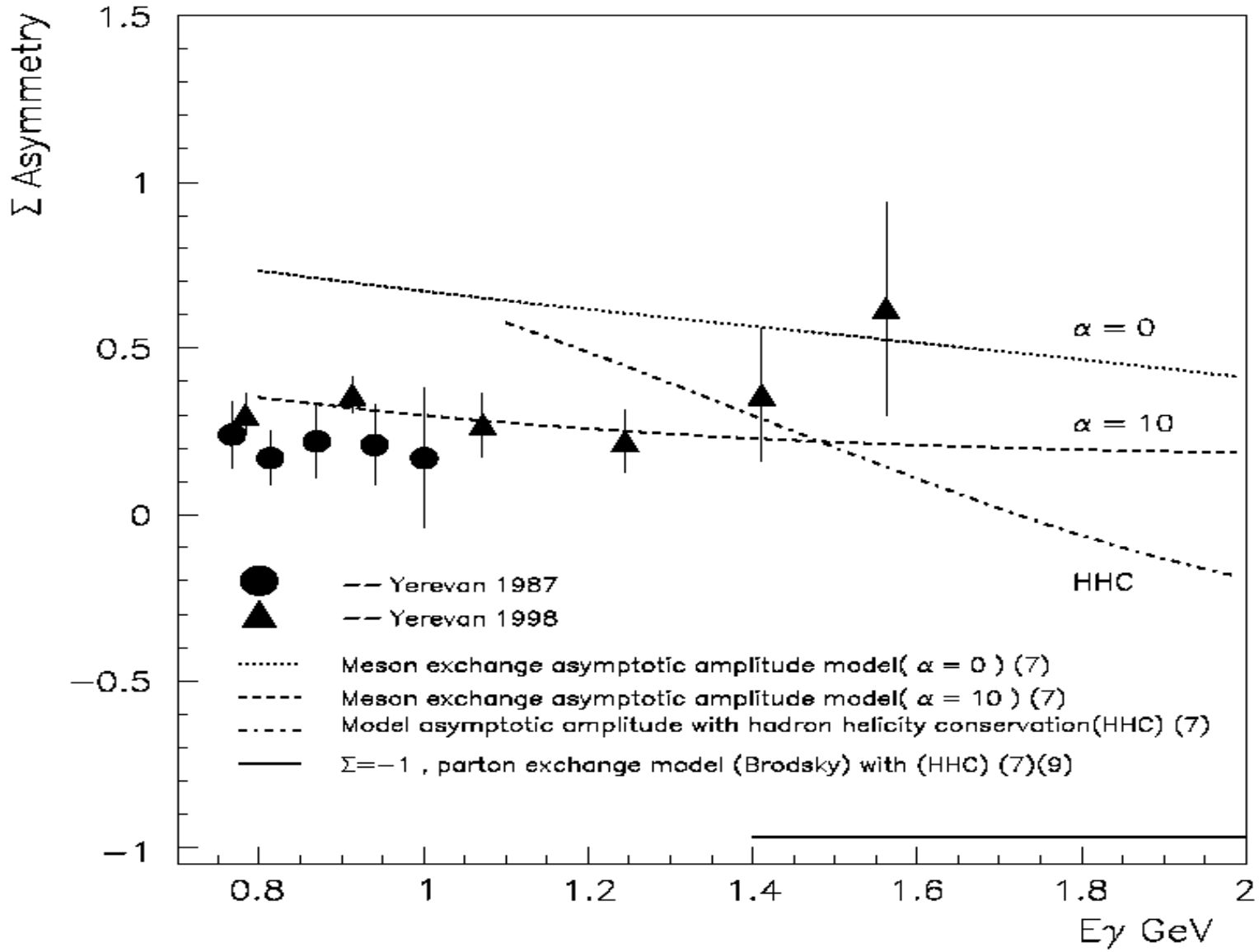


Fig. 8. The energy dependence of the cross-section asymmetry Σ for $\theta_{\mathrm{p}} = 90^{\circ}$ in the cms.

CT and …

Color Transparency

arXiv:1208.3668v1 [nucl-th] 17 Aug 2012

Gerald A. Miller

Physics Department, Univ. of Washington, Seattle, Wa. 98195-1560, USA

Abstract. Color transparency is the vanishing of nuclear initial or final state interactions involving specific reactions. The reasons for believing that color transparency might be a natural consequence of QCD are reviewed. The main impetus for this talk is recent experimental progress, and this is reviewed briefly.

The basic idea is that some times a hadron is in a color-neutral point-like configuration PLC. If such undergoes a coherent reaction, in which one sums gluon emission amplitudes to calculate the scattering amplitude, the PLC does not interact with the surrounding media. A PLC is not absorbed by the nucleus. The nucleus casts no shadow. This is a kind of quantum mechanical invisibility.

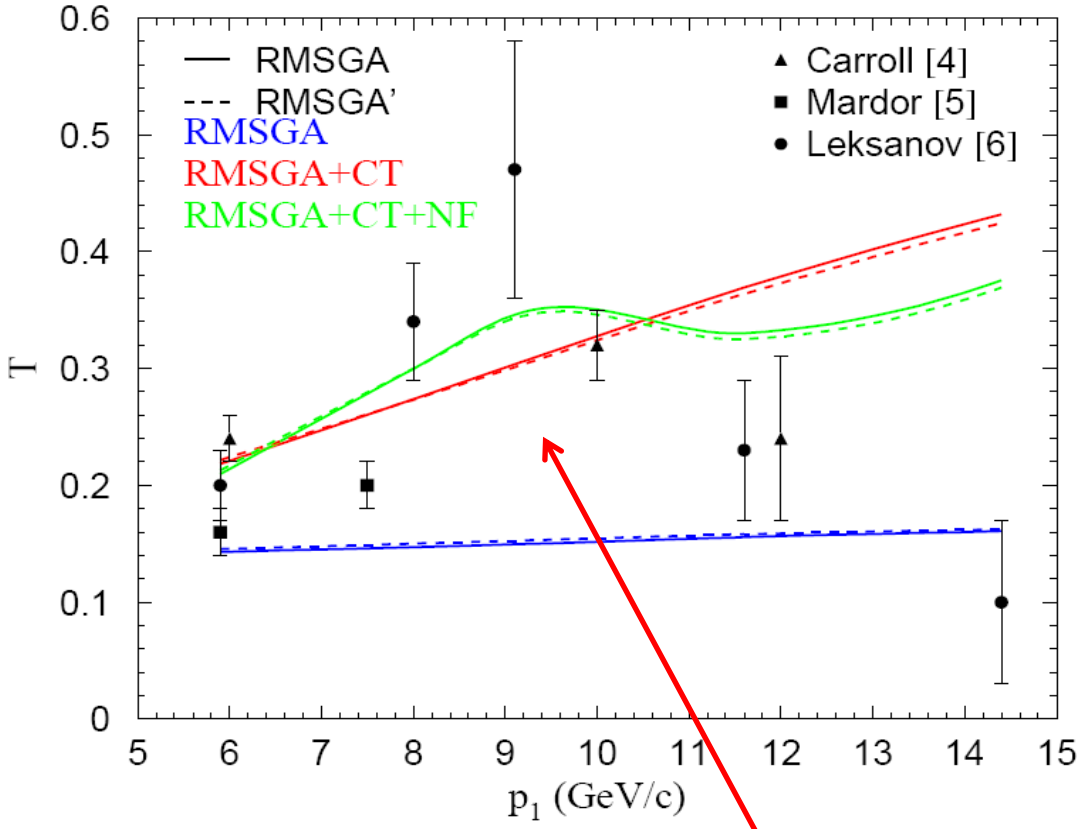
Progress in Particle and Nuclear Physics 69 (2013) 1–27

Review

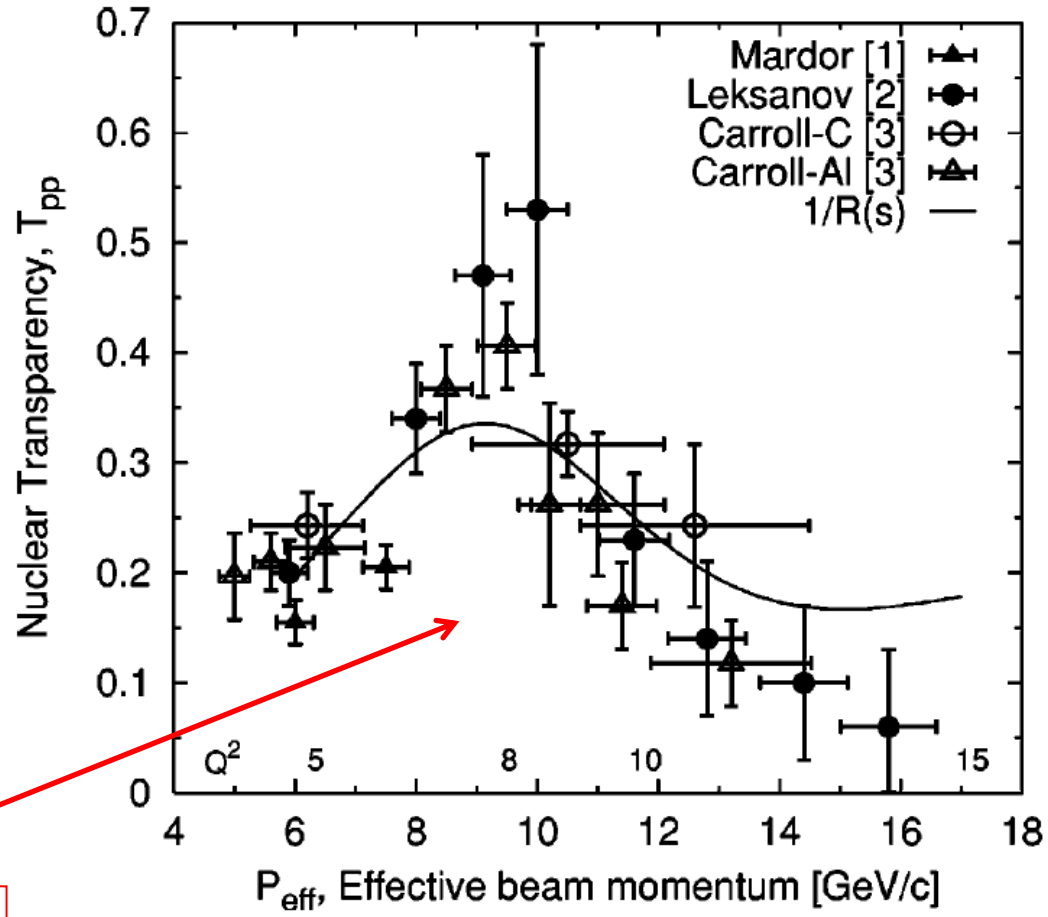
Color transparency: Past, present and future

D. Dutta [a,*], K. Hafidi [b], M. Strikman [c]

B.Van Overmeire, J.Ryckebusch, nucl-th/0608040

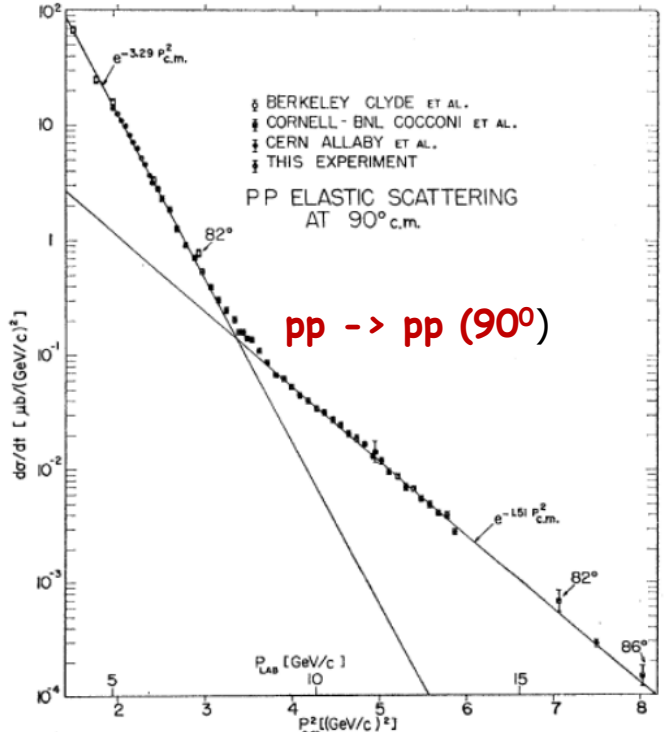


J. Aclander et al., Phys.Rev. C 70, 015208 (2004)

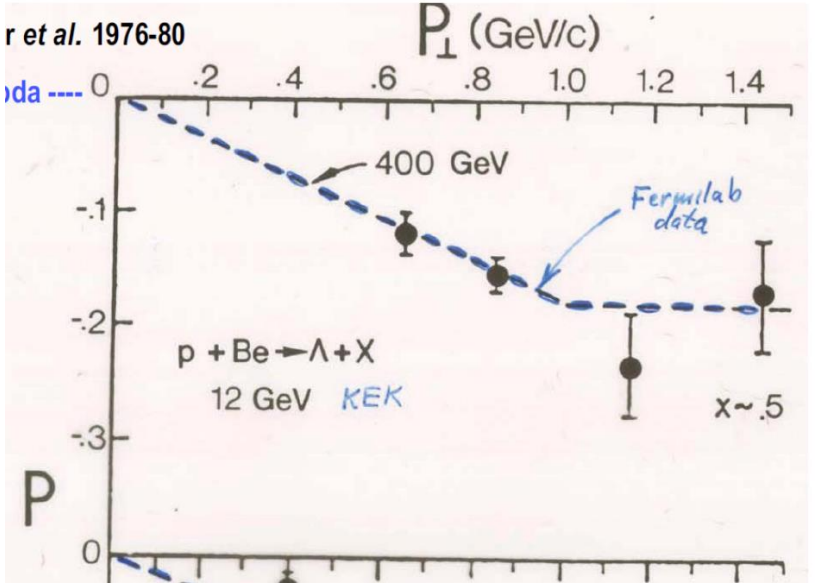


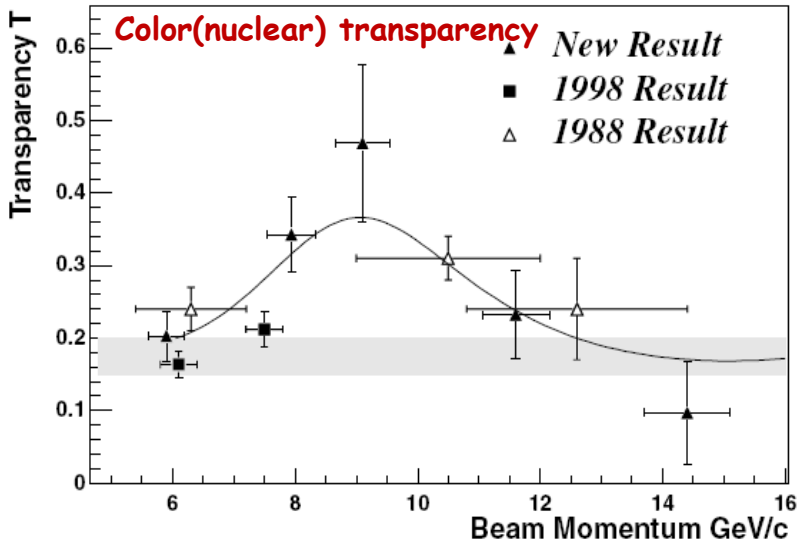
p_T ~ 2 GeV/c region

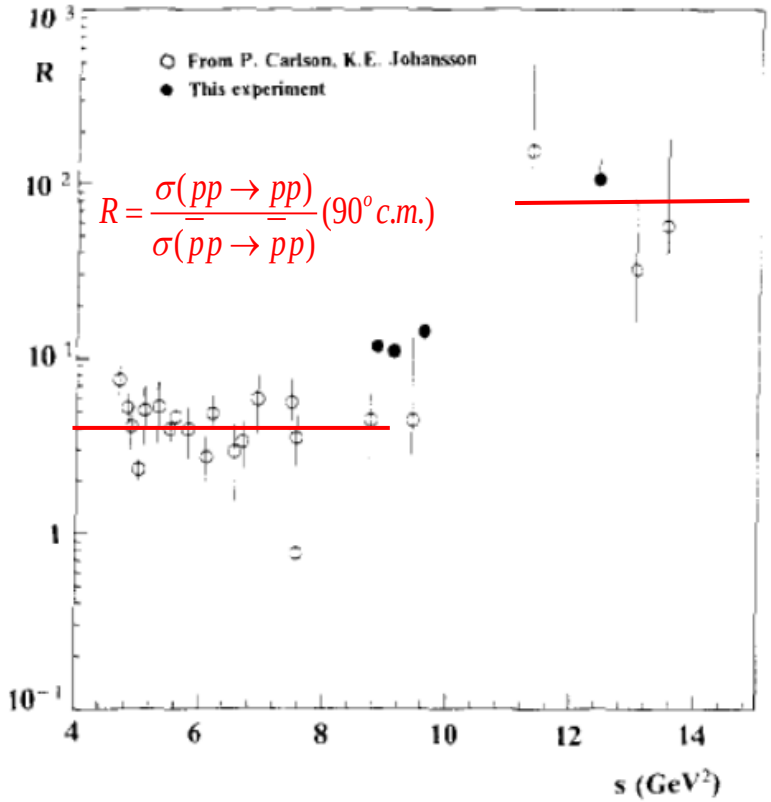
Nonpolarized beams



pp -> pp (90⁰)

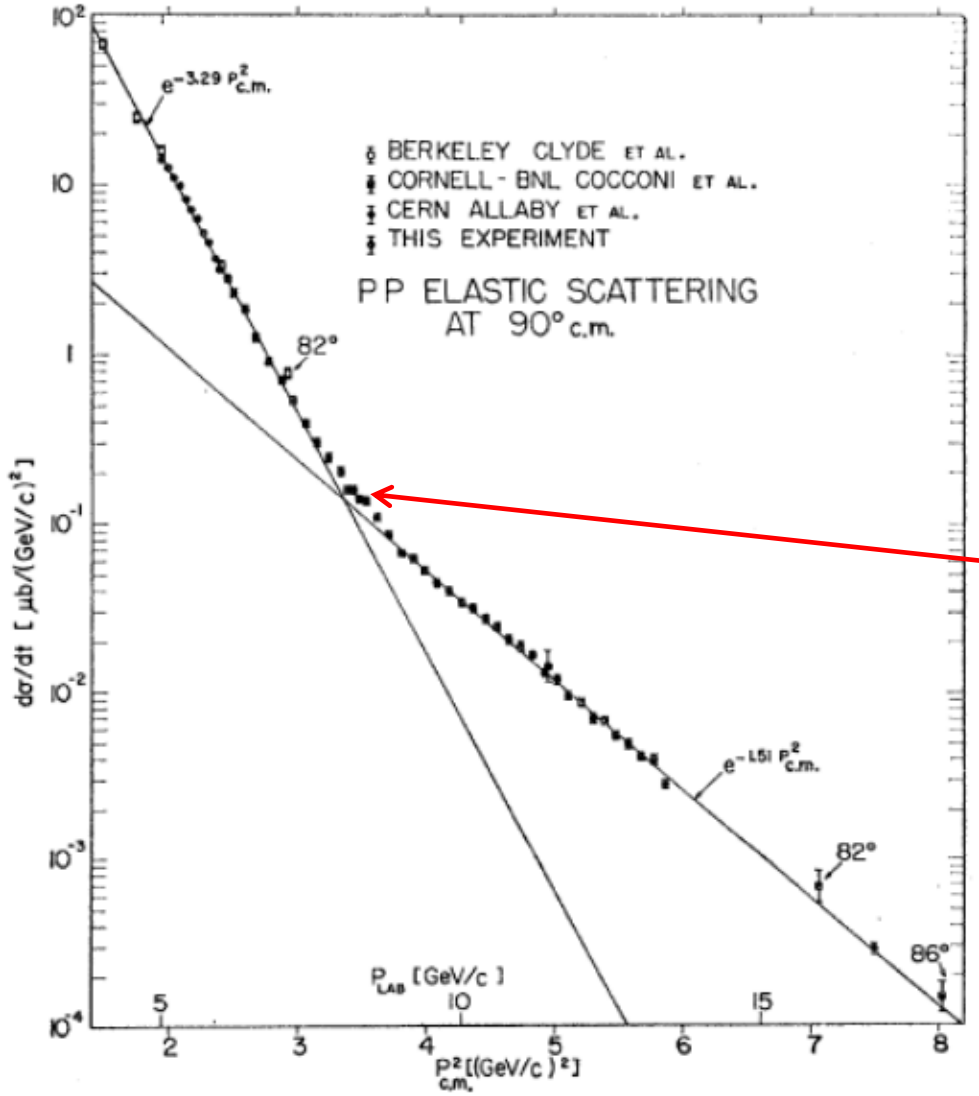






pp -> pp (90^0)

C.W. Akerlof et al., Phys.Rev., vol.159, N5, 1138-1149, 1967



Krisch A. and Leksin G. – non pointlike structure of nucleon

p_T ~ 2 GeV/c

Which the energy range is interesting?

NN-interactions and SPIN problems (p_T~ 2 GeV/c anomaly)

A.Krisch, DSPIN 2009

SUMMARY

For the past 30 years QCD-based calculations have continued to disagree with the ZGS 2-spin & AGS 1-spin elastic data and the ZGS, AGS, Fermilab & RHIC inclusive data.

* These large spin effects do not go to zero at high-energy or high-$P_\perp$ as was predicted.

* No QCD-based model can explain all the large spin effects.

BASIC PRINCIPLE OF SCIENCE:
If a theory does not agree with reproducible experimental data,
then the theory must be modified.

These precise spin experiments provide experimental guidance for the required modification of the theory of Strong Interactions.

Elastic $d\sigma/dt$, A_{nn} and A_n experiments at higher energy and $P_\perp$ could provide more guidance, just as the RHIC inclusive A_n experiments confirmed the similar Fermilab experiments. (E-704 Yokosawa et al.).

E. Leader, Spin in Particle Physics
© Cambridge University Press, 2001

p.Xiv

"Spin plays a dramatic Jekyll and Hyde role in the theatre of elementary particle physics, acting sometimes as the harbinger of the demise of a current theory, sometimes as a powerful tool in the confirmation and verification of such a theory".

"Спин играет драматическую роль Джекилл и Хайда в театре физики элементарных частиц, иногда выступая в качестве предвестника упадка существующей теории, а иногда, выступая в качестве мощного орудия подтверждения и проверки такой теории".

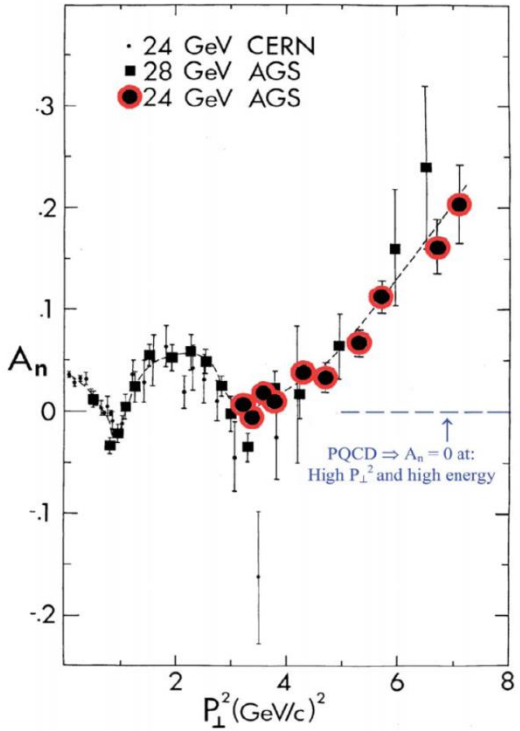
SPIN IN PARTICLE PHYSICS

ELLIOT LEADER
Imperial College, London
© Cambridge University Press 2001

Preface

In purely hadronic physics, too, there are tantalizing questions regarding spin dependence. There exists a whole array of semi-inclusive experiments like pp —► πX with a transversely polarized proton beam or target, or pp —► hyperon + X, with an unpolarized initial state in which huge hyperon spin asymmetries or polarizations — at the 30%-40% level! — are observed. These experiments are very hard to explain within the framework of QCD. The asymmetries all vanish at the partonic level and one has to invoke soft, non-perturbative mechanisms. All such mechanisms predict that the asymmetries must die out as the momentum transfer increases, yet there is no sign in the present data of such a decrease.

In exclusive reactions like pp —► pp the disagreement between the data on the analysing power at large momentum transfer and the naive QCD asymptotic predictions is even more severe, but here at least there is an escape clause: the theory of exclusive reactions in QCD is horrendously difficult.

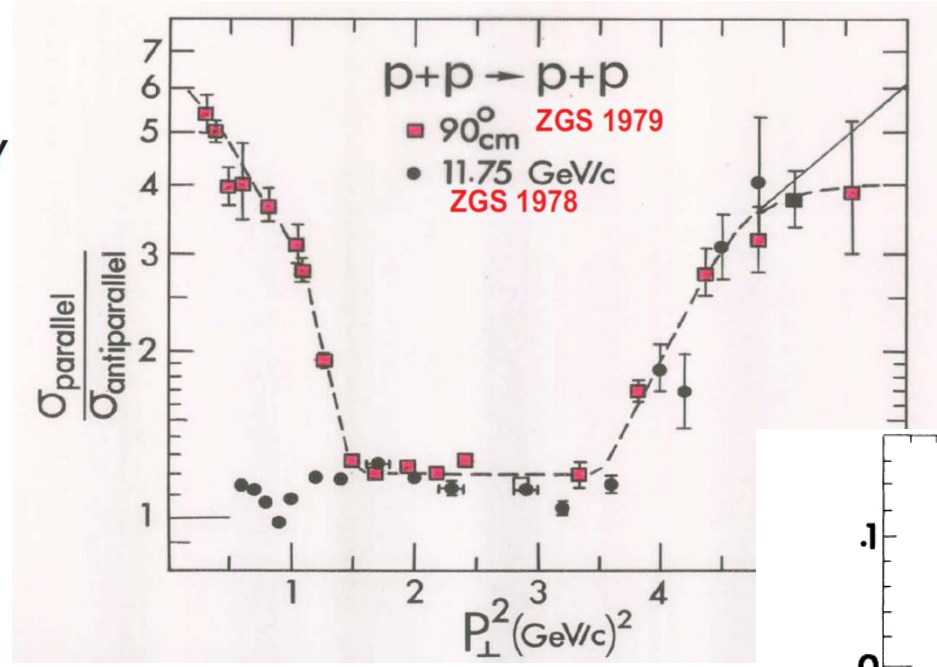


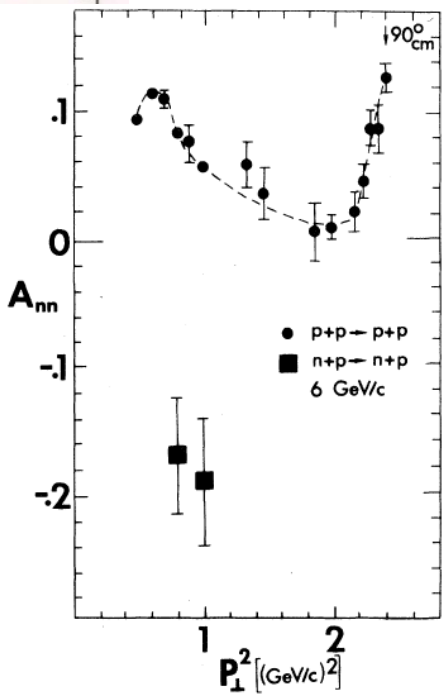
AGS 1985-1990 A_n

PERTURBATIVE QCD ⇒
A_n = 0 at HIGH $P_\perp^2$ and HIGH ENERGY

$A_n \neq 0$ ⇒
PROBLEM with PQCD?

NO MODEL can EXPLAIN ALL
HIGH-$P_\perp^2$ SPIN EFFECTS (A_n & A_{nn})





INCLUSIVE PION ASYMMETRY IN PROTON-PROTON COLLISIONS

C. Aidala SPIN 2008 Proceeding and CERN Courier June 2009

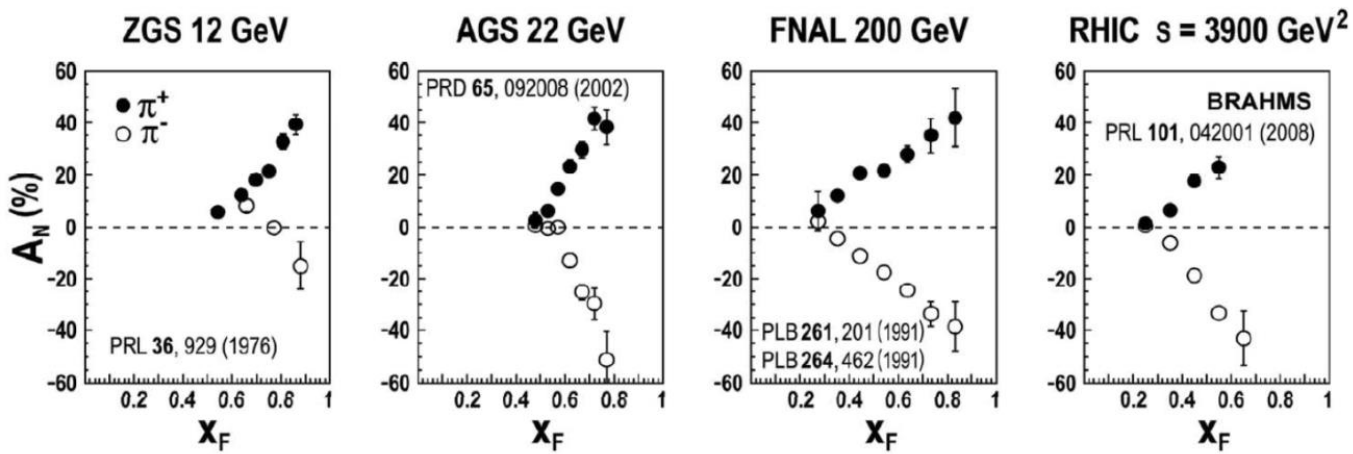


FIG. 2. The spin-spin correlation parameter, A_{nn}, for pure-initial-spin-state nucleon-nucleon elastic scattering at 6 GeV/c is plotted against the square of the transverse momentum. The proton-proton and neutron-proton data are quite different.

Новые возможности – новые детекторы

“New directions in science are launched by new tools much more often than by new concepts.

Новые направления в науке запускаются новыми инструментами(методиками) гораздо чаще, чем новыми концепциями.

The effect of a concept-driven revolution is to explain old things in new ways.

Эффект концептуальной революции состоит в том, чтобы объяснить старые вещи по-новому.

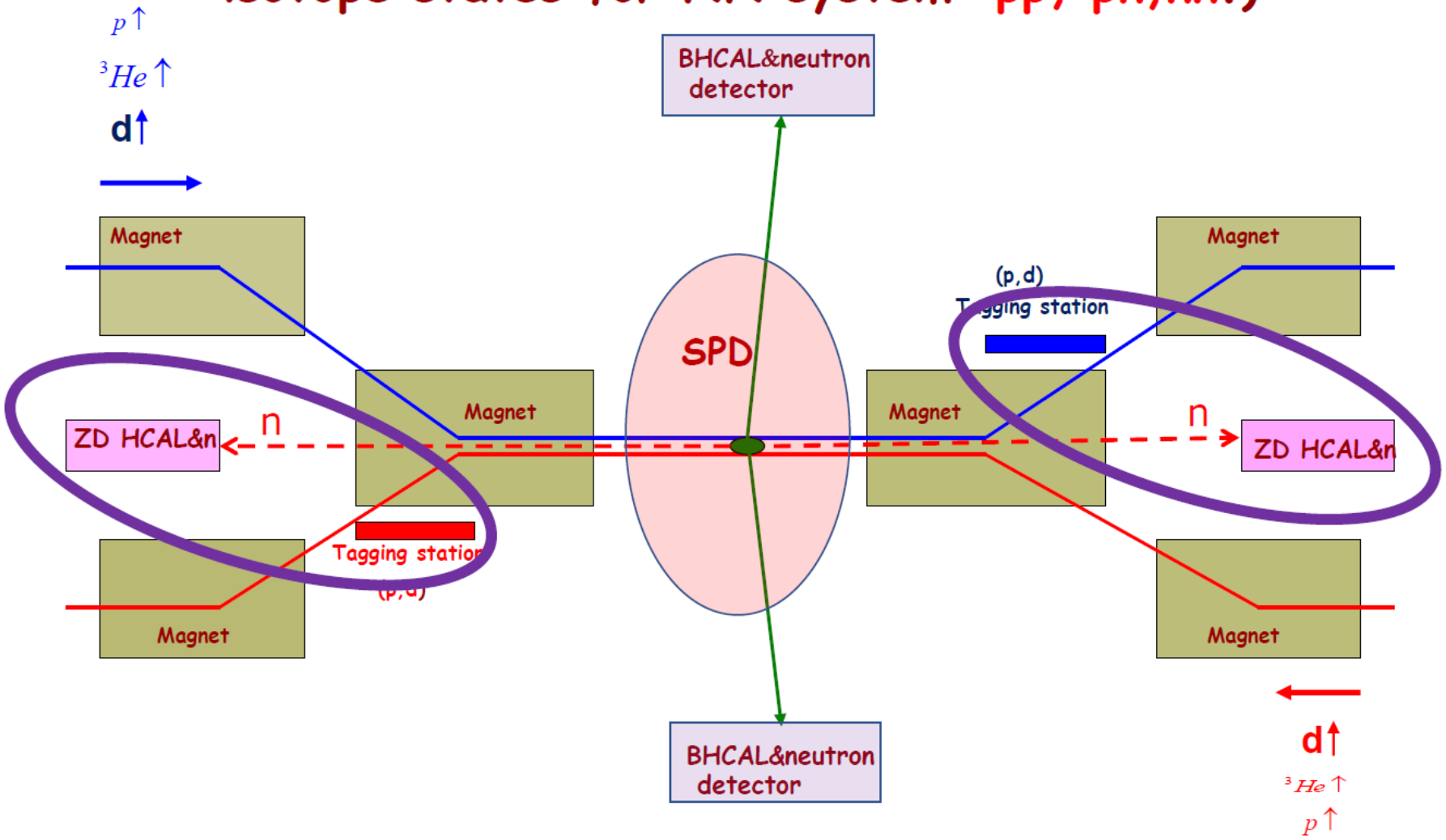
The effect of a tool-driven revolution is to discover new things that have to be explained”

Эффект инструментальной революции заключается в открытии новых вещей, которые должны быть объяснены.

From Freeman Dyson ‘Imagined Worlds’

Some unique features for NICA

NICA Collision place for SPIN physics (deuteron and other beams, the first time all isotope states for NN system: pp, pn,nn.)



The tagging stations can be used as polarimeter!

Some unique features for NICA

Working with spin-flippers at NICA

a) new ring fill modes (all bunches with the same polarization in both rings) and the operation (sequential switching-on of the spin-flippers in the rings):

1st ring +++... |xxx| - - -... |----| - - -... |xxx| +++ |----| +++...

2nd ring +++... |----| +++... |xxx| - - -... |----| - - - |xxx| +++...

(+ +) (- +) (- -) (+ -) (+ +)

|xxx| - spin-flipper switching-on, no data taking

|----| - spin-flipper switching-off, no data taking

b) there are no problem with measurement of the bunch 2 bunch luminosity and no problem to reverse the polarization at the ion source during ring fillings!

29.08.2023

NN Elastic scattering with polarized deuteron beams :

$p\uparrow + p\uparrow \rightarrow p + p$ for calibration

$p\uparrow + n\uparrow \rightarrow p + n$

$n\uparrow + n\uparrow \rightarrow n + n$

} New data!

By the way we will have the counting rules verification!

pd, nd and dd – too!

Volume 8, number 3 PHYSICS LETTERS 1 February 1964

Multiquark states have been discussed since the 1st page of the quark model

A SCHEMATIC MODEL OF BARYONS AND MESONS *

M. GELL-MANN
California Institute of Technology, Pasadena, California

Received 4 January 1964

If we assume that the strong interactions of baryons and mesons are correctly described in terms of the broken "eightfold way" [1-3], we are tempted to look for some fundamental explanation of the situation. A highly promised approach is the purely dynamical "bootstrap" model for all the strongly interacting particles within which one may try to derive isotopic spin and strangeness conservation and broken eightfold symmetry from self-consistency alone [4]. Of course, with only strong interactions, the orientation of the asymmetry in the unitary space cannot be specified; one hopes that in some way the selection of specific components of the F-spin by electromagnetism and the weak interactions determines the choice of isotopic spin and hypercharge directions.

Even if we consider the scattering amplitudes of strongly interacting particles on the mass shell only and treat the matrix elements of the weak, electromagnetic, and gravitational interactions by means

ber $n_t - n_{\bar{t}}$ would be zero for all known baryons and mesons. The most interesting example of such a model is one in which the triplet has spin $\frac{1}{2}$ and $z = -1$, so that the four particles d^-, s^-, u^0 and b^0 exhibit a parallel with the leptons.

A simpler and more elegant scheme can be constructed if we allow non-integral values for the charges. We can dispense entirely with the basic baryon b if we assign to the triplet t the following properties: spin $\frac{1}{2}$, $z = -\frac{1}{3}$, and baryon number $\frac{1}{3}$. We then refer to the members $u^{\frac{2}{3}}$, $d^{-\frac{1}{3}}$, and $s^{-\frac{1}{3}}$ of the triplet as "quarks" [6] q and the members of the anti-triplet as anti-quarks $\bar{q}$. Baryons can now be constructed from quarks by using the combinations (qqq), $(qqqq\bar{q})$, etc., while mesons are made out of $(q\bar{q})$, $(qq\bar{q}\bar{q})$, etc. It is assuming that the lowest baryon configuration (qqq) gives just the representations **1**, **8**, and **10** that have been observed, while the lowest meson configuration $(q\bar{q})$ similarly gives just **1** and **8**.

(dd or ud or uu)

that it would never have been detected. A search for stable quarks of charge $-\frac{1}{3}$ or $+\frac{2}{3}$ and/or stable di-quarks of charge $-\frac{2}{3}$ or $+\frac{1}{3}$ or $+\frac{4}{3}$ at the highest energy accelerators would help to reassure us of the non-existence of real quarks.

Volume 49B, number 5 PHYSICS LETTERS 13 May 1974

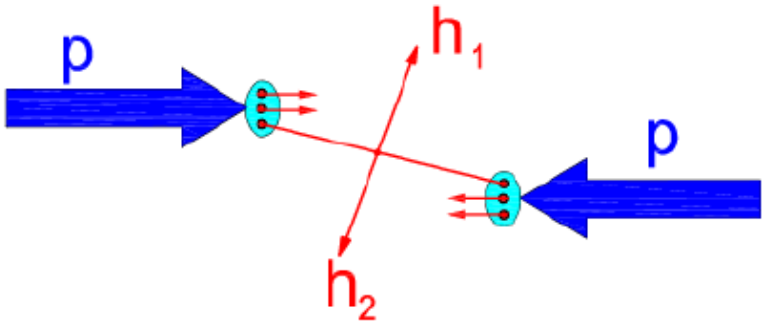
ON QUARK MOLECULES

A.D. DOLGOV, L.B. OKUN and V.I. ZAKHAROV
Institute for Theoretical and Experimental Physics, Moscow, USSR

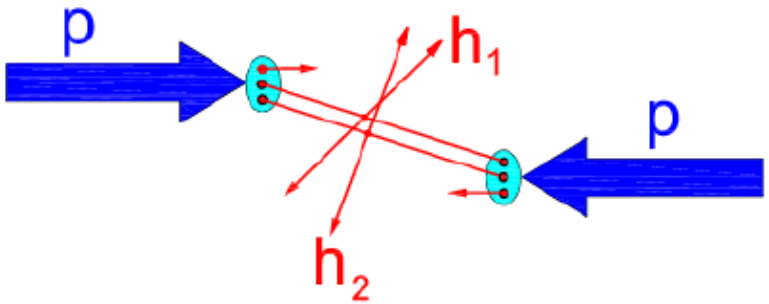
Received 7 March 1974

The nonrelativistic quark model with three triplets and an octet of coloured gluons is examined. The interaction energy corresponding to certain quark molecules is calculated. It is shown that systems of $qq\bar{q}\bar{q}$ and $qqqq\bar{q}$ are more strongly bound than $q\bar{q}$ and qqq. Thus in order for the model to be valid there must exist exotic particles.

Way to resolve these problems - MPI and Exclusive reaction



а



б

29.08.2023

Exclusive NN study at $x_T \sim 1$

Hadron reactions when all particles in high p_T region

$$N\uparrow + N\uparrow \rightarrow BB + MM$$

B (p,n,Λ, Δ...), M (π, K , μ...)

Mechanisms of hyperons polarization

$$N\uparrow N\uparrow \rightarrow NN$$

} The counting rules and isotopic symmetry studies, $p_T \sim 2$ GeV/c anomaly

$$N\uparrow N\uparrow \rightarrow BB + \pi\pi(KK)$$

$$N\uparrow N\uparrow \rightarrow \Delta\Delta$$

} Detail vertexes studies and spin structure of the interaction vertex:

$q + (q) - (quark - quark)$

$q + (qq) - (quark - diquark)$

$(qq) + (qq) - (diquark - diquark)$

Qualitative analysis of proton inelastic scattering for diquark searching

Vladimir V. Bytev,[a1] Stepan. S. Shimanskiy[a]

Physics of Atomic Nuclei, Vol. 85, No. 2, 2022

arXiv:2109.12025v1 [hep-ph] 24 Sep 2021

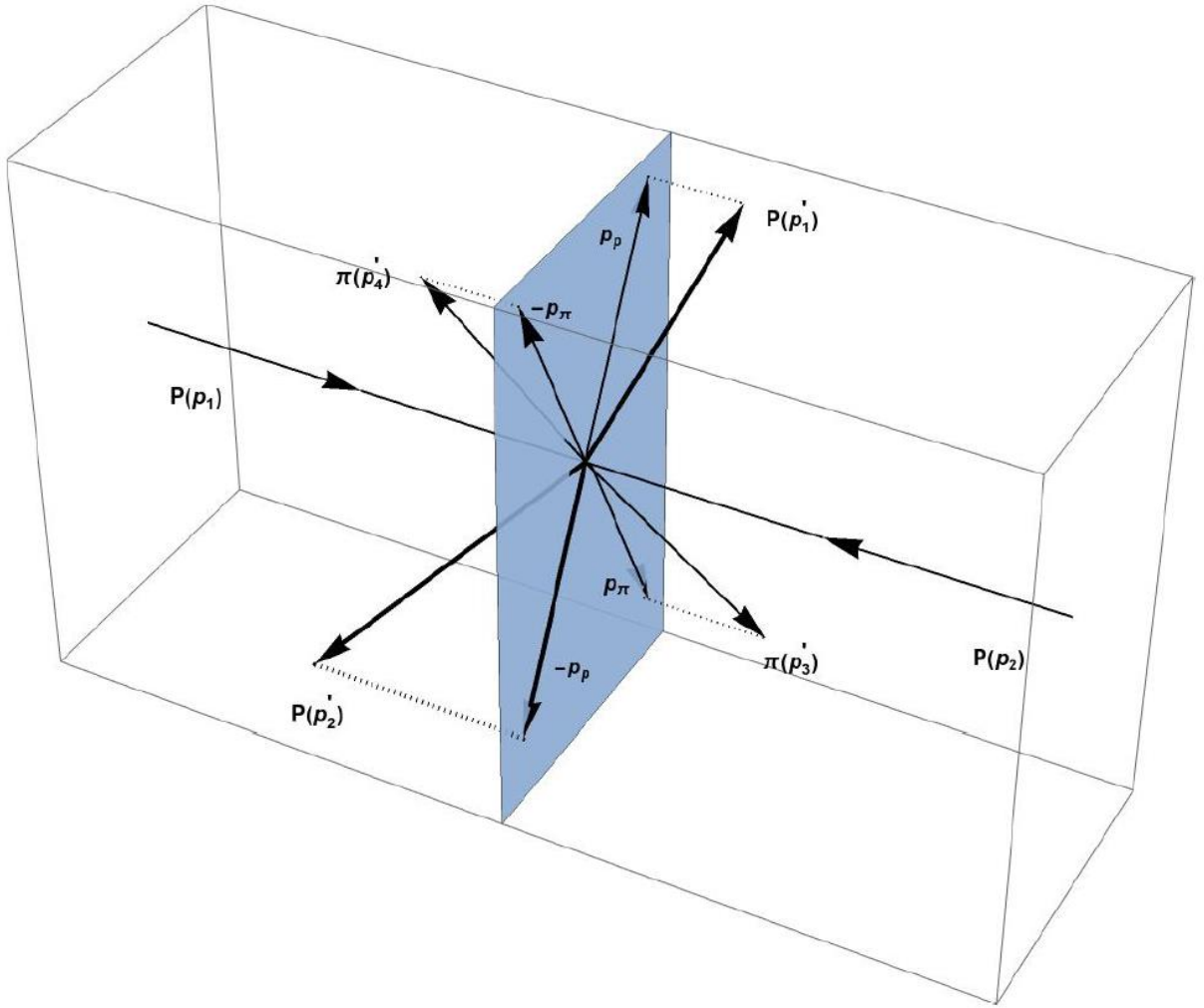


Figure 4: Kinematics of particles in pp collision in the case of diquark-diquark scattering.

High p_T exclusive reactions -> MPI

$$\frac{d\sigma(pp \to pp\pi^0\pi^0)}{d\sigma(pp \to pp\pi^+\pi^-)} \approx \frac{12}{7} \approx 1.7$$

With uu and ud diquarks

$$p\uparrow + p\uparrow \to B + B + M\overline{M}$$

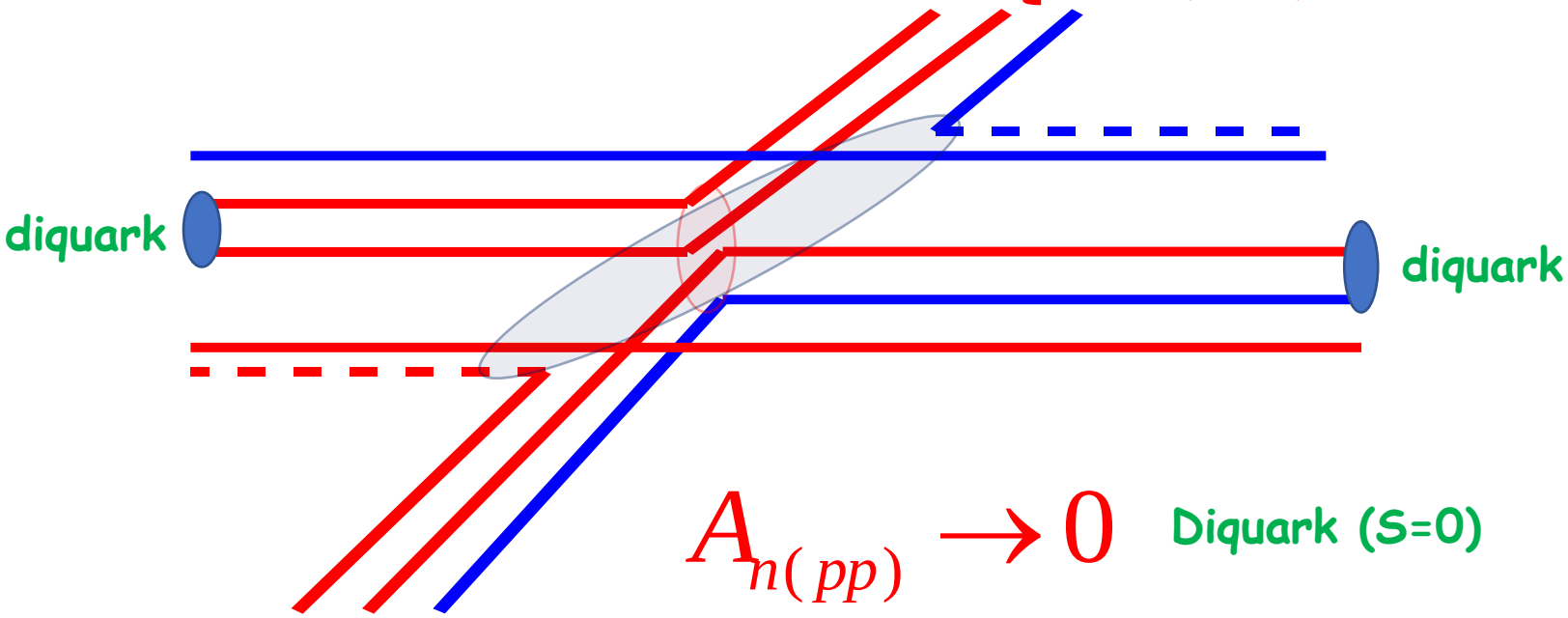
$$p\uparrow + p\uparrow \to p + p + \pi^0\pi^0(\pi^+\pi^-)$$

$$R = \frac{N(\pi^+\pi^-)}{N(\pi^0\pi^0)} = \frac{2}{7}$$

Without diquark

$$R = \frac{N(\pi^+\pi^-)}{N(\pi^0\pi^0)} \to 0$$

Diquark ud only

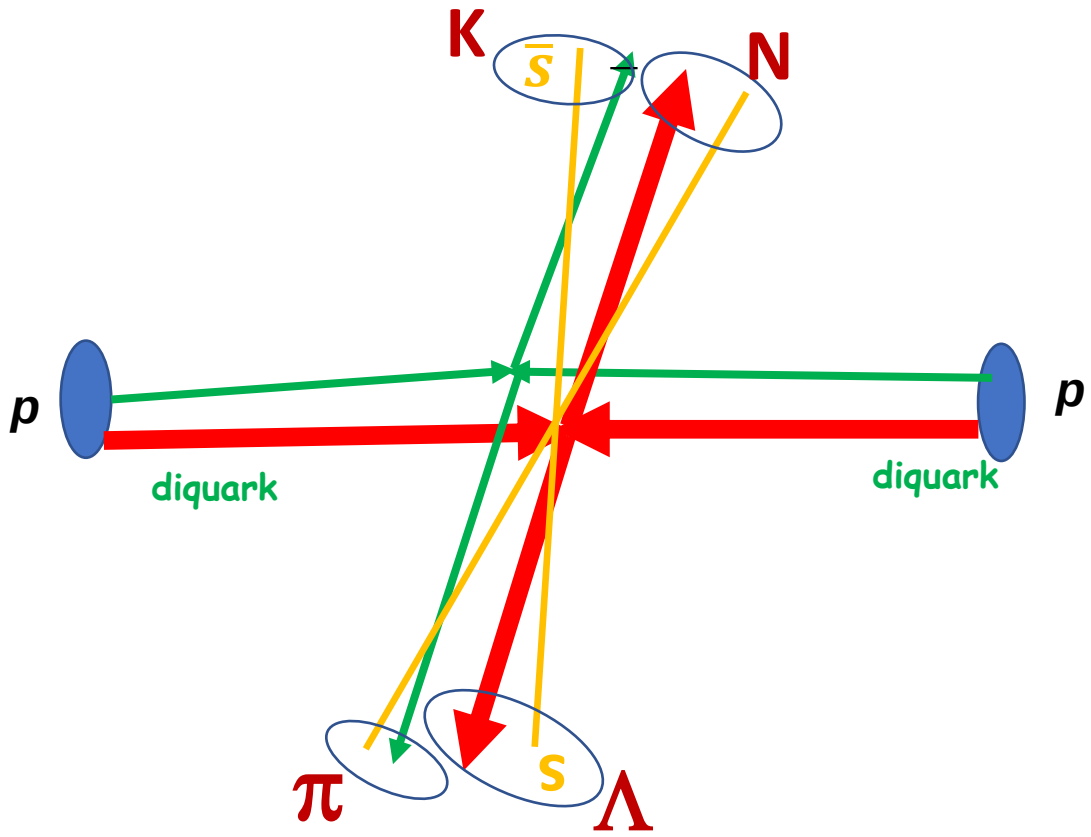


$$A_{n(pp)} \to 0$$

Diquark (S=0)

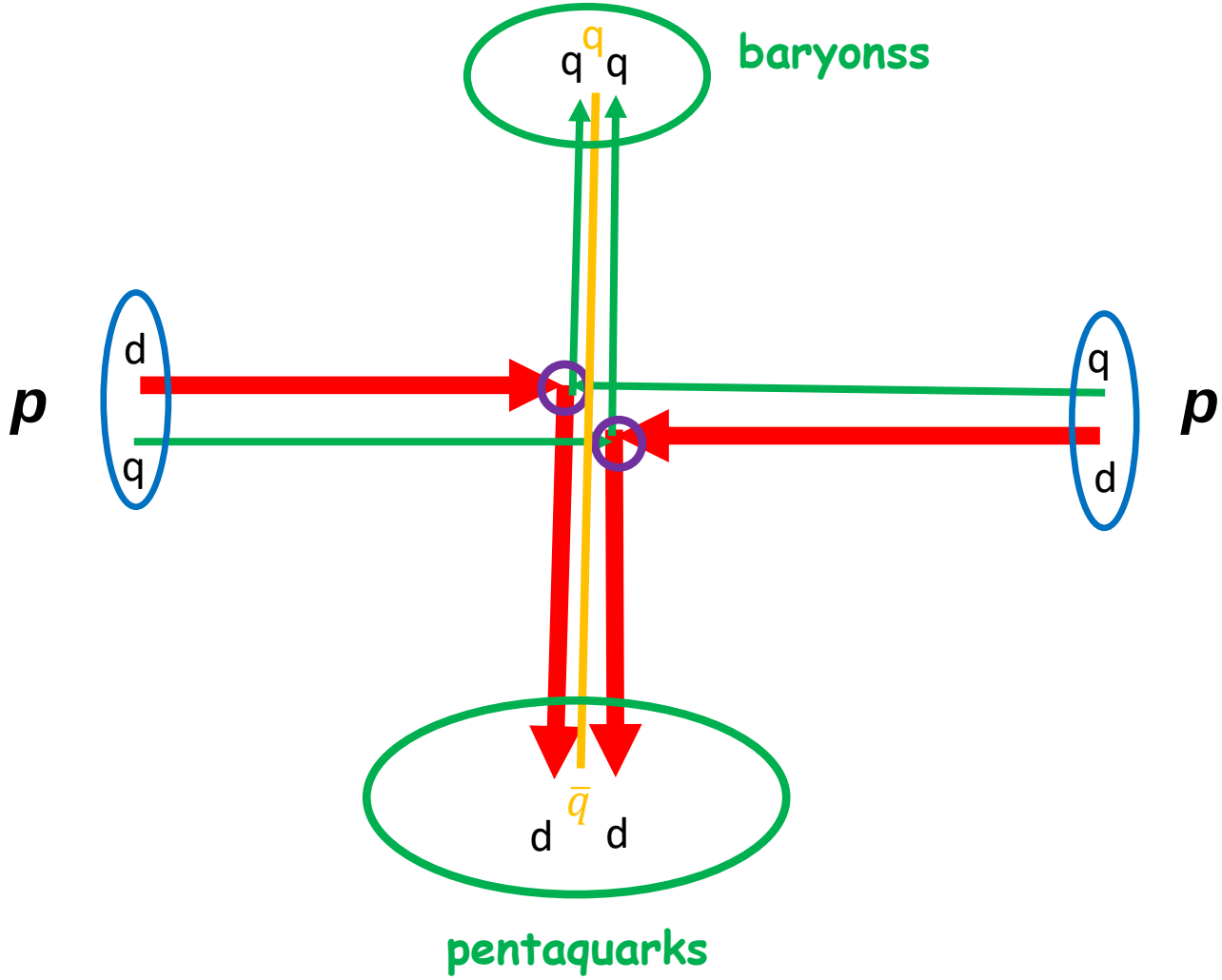
High p_T exclusive reactions -> MPI

p+ p - > $\Lambda\pi$ + KN (πK + ΛN)



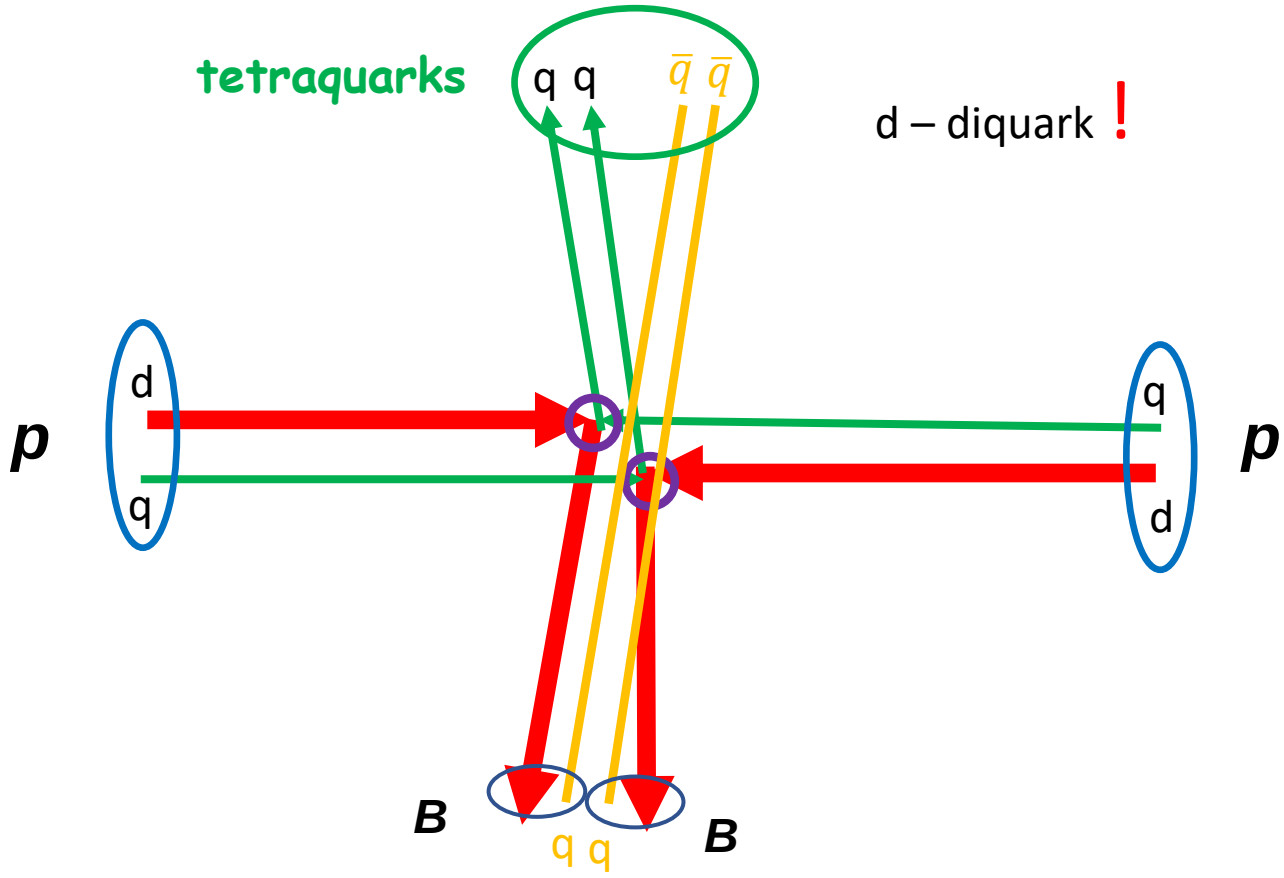
Exotic states production

pp - reactions with direct pentaquarks production



Exotic states production

pp - reactions with direct tetraquarks production



A Final Thought…

"This is not the end. It is not even the beginning of the end. It is, perhaps, the end of the beginning…"

-- Winston Churchill

Jim Baggott HIGGS
The Invention and Discovery of the ‘God Particle’
Oxford University Press, 2012
FOREWORD
by Steven Weinberg

“Like many other theorists, I did not fully accept the existence of quarks until the 1973 work of David Gross and Frank Wilczek, and David Politzer. They showed that in the theory of quarks and strong nuclear forces known as quantum chromodynamics, the strong force gets weaker with decreasing distance”.

“Как и многие теоретики, я не вполне принимал существование кварков до 1973 года, до работы Дэвида Гросса, Фрэнка Вильчека и Дэвида Политцера. Они показали, что в теории кварков и сильных ядерных взаимодействий, называемой КХД , сильное взаимодействие становиться слабее с уменьшением расстояния”.

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

FODS (IHEP,Protvino) pp,pA,AA-interactions

ИФВЭ 2011–32
ОЭФ

А.А. Балдин[1], Я.А. Бердников[2], А.И. Берлёв[1], А.Ю. Бордановский, Ю.Т. Борзунов[1], А.А. Волков, В.П. Ефремов, А.Е. Иванов[2], А.Ю. Калинин, В.Т. Ким[2,3], А.В. Константинов[1], А.В. Кораблёв, В.И. Корешев, А.Н. Криницын, В.И. Крышкин, И.В. Кудашкин[1], Н.В. Кулагин, А.А. Логинов, В.А. Мурзин[3], В.А. Орешкин[3], Е.Б. Плеханов[1], В.В. Скворцов, В.В. Талов, Л.К. Турчанович, С.С. Шиманский[1]

Программа корреляционных исследований при взаимодействии адронов и ядер при больших X_T

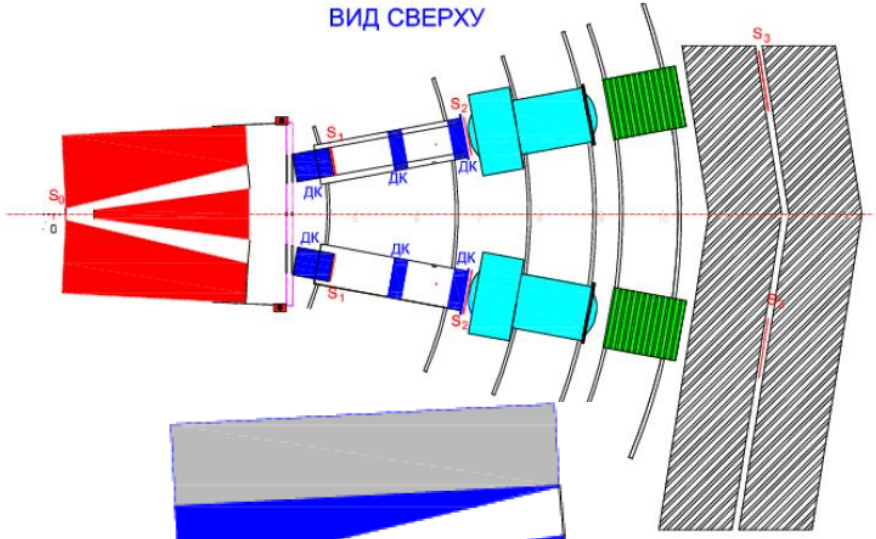
1.1. Многопартонное взаимодействие

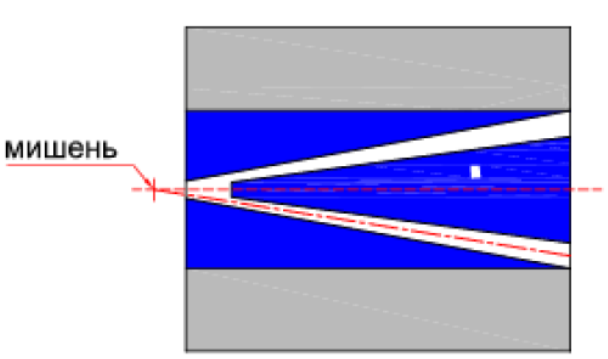
1.3. Упругое рассеяние

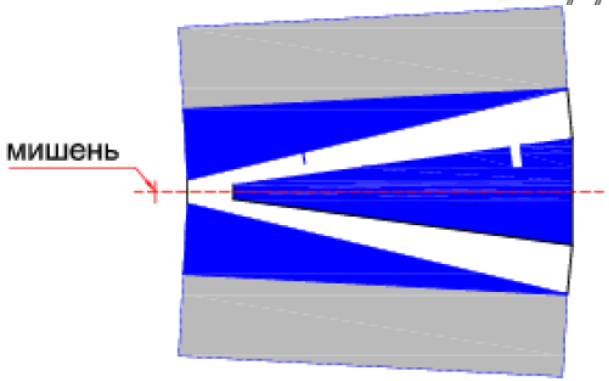
1.4. Исследования эффектов цветовой (ядерной) прозрачности

1.5. Аномалия при $p_T \sim 2$ ГэВ/с

2.1. Кумулятивные процессы



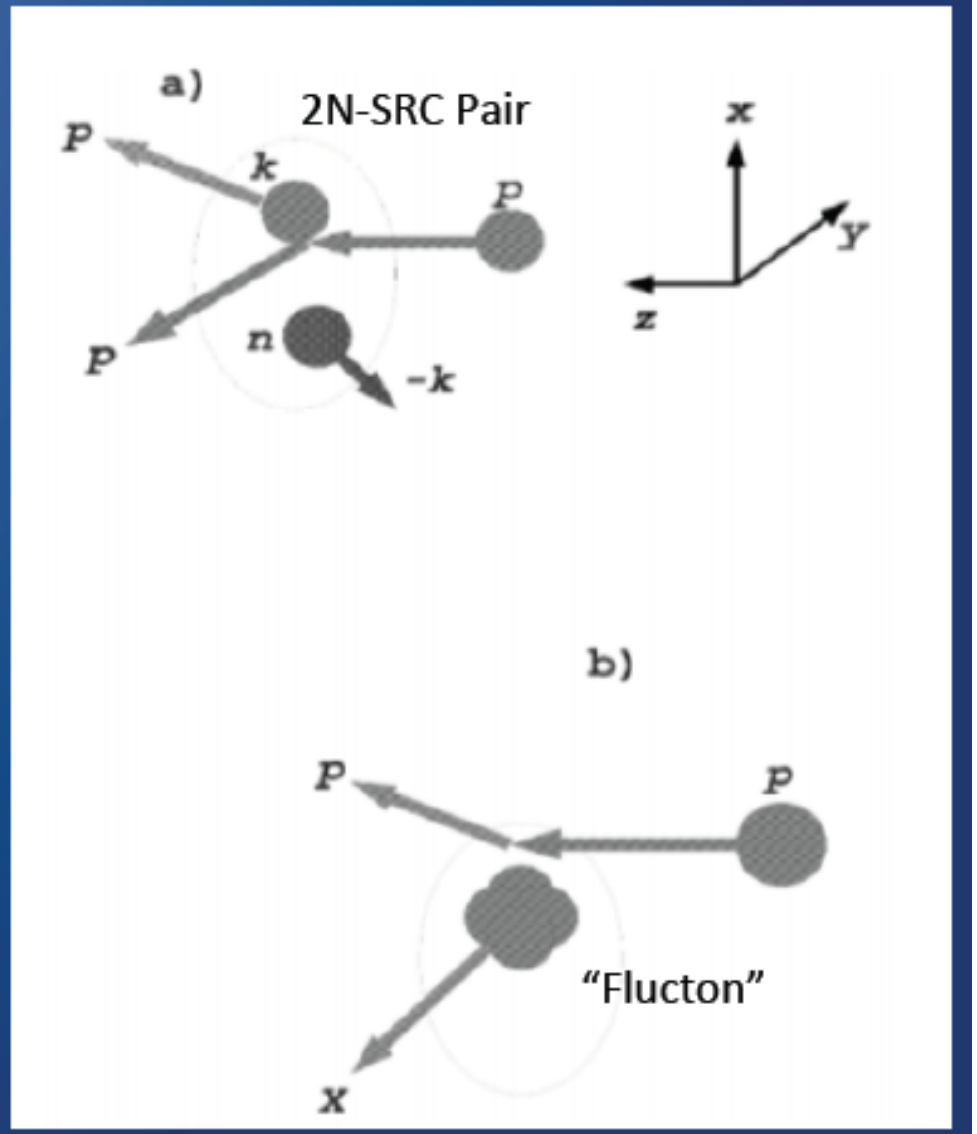




[1]ОИЯИ, Дубна
[2]СПбГПУ, Санкт-Петербург
[3]ПИЯФ, Гатчина

SRC and Fluctons

- Cold Dense Nuclear Matter (CDNM) fluctuations can come in various forms.
- We deal with nucleonic degrees of freedom at medium densities ($\rho \approx 2\text{-}3\rho_0$)
- At higher densities ($\rho \approx 5\text{-}10\rho_0$) partonic degrees of freedom dominate (i.e. Fluctons).



From S. S. Shimanskiy, arXiv 1411.7211 (2014)

Тема	Re: Cumulative at high p_T
От	Boris Kopeliovich
Кому	Stepan
Ответить	bzk@mpi-hd.mpg.de
Дата	23.01.2012 7:42

«I think that the main problem in understanding of high pT hadrons at the energies of Serpukhov is why you see more protons than pions. This was claimed long time ago by the Sulyaev's group and I remember hot debates in that back in the 80s. Those debated ended up with no clear conclusion. Much later an excess of baryons was observed by the STAR at RHIC and was called "baryon anomaly". Again, no good explanation has been proposed so far. I might have my own explanation, but haven't written anything so far. Anyway, my point is, if we do not understand the mechanism of production of baryons dominating at high pT, we should not make any certain conclusions about the cumulative mechanisms».

Date: Wed, 27 Feb 2013 13:58:35 +0100
Subject: Re: test
From: yuri@lpthe.jussieu.fr
To: "Stepan" <Stepan.Shimanskiy@jinr.ru>
User-Agent: SquirrelMail/1.4.22-2.fc15
MIME-Version: 1.0

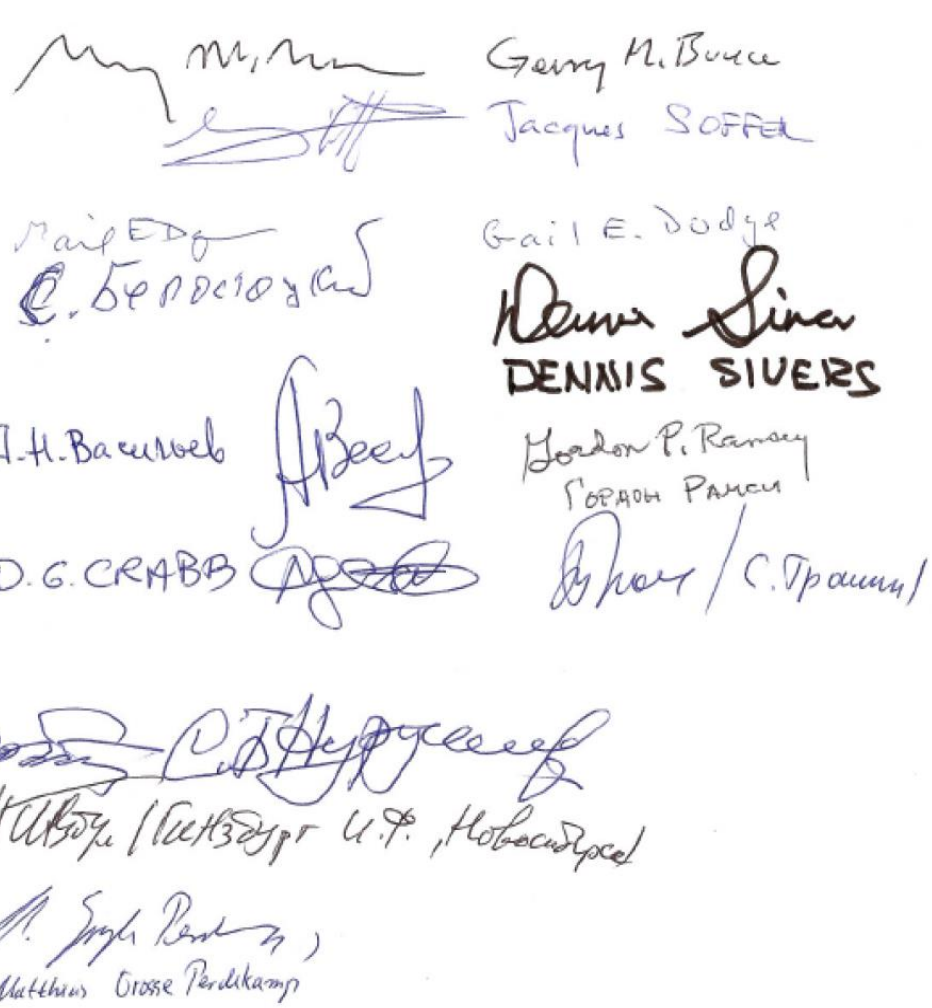
Уважаемые коллеги,
Позвольте поделиться некоторыми соображениями по поводу программы корреляционных исследований при взаимодействии адронов и ядер на ФОДС, в той её части, которая касается многопартонных соударений. С недавнего времени многопартонные взаимодействия (MPI) привлекают пристальное внимание как теоретиков, так и экспериментаторов. С одной стороны, MPI – дополнительный источник многоструйных КХД событий, которые являются фоновыми для поисков новой физики на LHC. С другой стороны, MPI – потенциальный источник новой информации о партонной структуре нуклона. В конце 90–ых начале 00–х появились результаты первых экспериментальных исследований на Tevatron'e. Они продемонстрировали, во–первых, существование двойных жёстких соударений и, во–вторых, существование существенных корреляций между партонами в протоне (сечение MPI оказалось вдвое больше, чем если бы два партона внутри протона были независимы). На сегодняшний день теоретики разработали адекватный инструмент для описания двойных жёстких соударений – обобщённое двухпартонное распределение (generalized double parton distribution) G. Адекватные монтекарловские модели для описания MPI находятся в стадии разработки. Используя данные HERA по електророждению векторных мезонов, структуру этого нового объекта можно предсказать в области $0.001 < x < 0.1$. В то же время, в области $x > 0.1$ информация о G практически отсутствует. Пертурбативные эффекты в G (весьма серьёзные при больших поперечных импульсах регистрируемых частиц и/или струй) находятся под контролем. **Однако, о непертурбативной корреляции партонов внутри волновой функции адрона информации у нас нет. Без прямой экспериментальной информации прогресс в этой области вряд ли возможен. Важно, что для экспериментального изучения этих корреляций не нужны сверхвысокие энергии. Достаточно правильно заданных вопросов и грамотного поставленного эксперимента. Чрезвычайно важной представляется возможность разделения процессов по флейвору участвующих партонов. Измерять корреляции частиц в конечном состоянии вместо адронных струй представляется мне предпочтительным. Дело в том, что эта наблюдаемая содержит ту же информацию о корреляции начальных партонов, что и измерение струй, однако свободна от неопределённостей, связанных с выбором и использованием алгоритма по определению струй. Серпуховскому ускорителю и установке ФОДС важная задача изучения партонных корреляций в протоне вполне по плечу.**
Ю. Докшицер

Resume

XII Advanced research Workshop on High Energy Spin Physics
(DUBNA-SPIN-07)

The spin physics attracts great attention since the 70th when at the energy of beams ~ 10 GeV. In reactions with hadrons in complete contradiction with predictions of QCD that polarization characteristics must disappear at high energies the huge spin effects were discovered. The begun detailed studies with the higher energies showed that the observed spin effects do not disappear even at energies of hundreds GeV. The deep inelastic lepton scattering on polarized targets in 80th and 90th of the past century led to the problem named "spin crisis". Until now the spin effects have not found complete physical explanation in the framework of QCD. The situation when there is no adequate understanding of polarization phenomena at the energies ~ 10 GeV is real challenge to nowadays theoretical models. This energy region becomes especially important in connection with the increasing interest to the astrophysical problems, where enormous magnetic fields up to ~ 10^{18} Gs have been discovered. Strong magnetic fields can be as indication to an enormous role of the spin effects in processes of the massive star evolution, the nucleosynthesis of heavy elements and the solution of the mystery of the supernova explosions. One of the most important problem for high-energy physics remains until now is understanding the nature of the spin and, in particular, skill to calculate the spin of hadrons from constituent spins.

In the program of the international conference DSPIN07 the results of activity with polarized beams of the LHE JINR accelerator complex have been presented. These reports have reflected: the development of new methods to preservation of polarization in the nuclotron for polarized protons and the lightest nuclei; the project to create new polarized ions source (in plan to use components from IUCF CIPIOS source); the proposals of further spin research with polarized beams of modernized nuclotron-M and in a future with NICA-collider beams. All these proposals are actually the substantiation of the project for creation on nuclotron-M the center for spin studies in the region of energies ~ 10 GeV. The acceleration of the lightest polarized nuclei will make possible for the first time studies of the polarized nuclear matter collisions (d↑d↑, d↑^{3}He↑ and ^{3}He↑^{3}He↑), for the first time study of the complete set of the isotopic states of the nucleon-nucleon interactions (p↑p↑, n↑p↑ and n↑n↑) and study of the of orbital angular momentum contribution to the nucleon spin. Accelerator complex with such possibilities will not have a concurrence from other activities which will lead polarization studies and obtained data will help to resolve the riddles of the spin, which do not have the solution since 70th. Materials which have been presented on DSPIN07 confirm high level and urgency of JINR polarization studies and the undoubted realizability of the proposed project of creation of a unique center for polarization studies. Spin community (presented on DSPIN07) expresses their complete interest in realization of polarization project on nuclotron-M and future development the spin program on NICA-collider.



1. **Bunce Gerry** (BNL, Brookhaven, USA)
2. **Soffer Jacques** (Temple Univ. Philadelphia, USA)
3. **Belostotski Stanislav** (PNPI, Gatchina, Russia)
4. **Dodge Gail** (Old Dominion Univ. Norfolk, USA)
5. **Sivers Dennis** (Portland Phys. Inst. USA)
6. **Vasiliev Alexander** (IHEP, Protvino, Russia)
7. **Ramsey Gordon** (Loyola Univer. Chicago, USA)
8. **Crabb Donald G.** (Univ. of Virginia, Charlottesville, USA)
9. **Troshin Sergey** (IHEP, Protvino, Russia)
10. **Nurushev Sandibek** (IHEP, Protvino, Russia)
11. **Ginzburg Ilja** (IMSBRAN Novosibirsk, Russia)
12. **Grosse Perdekamp Matthias** (Univ. of Illinois, Upton, USA)

PANDA $\bar{p}p$ studies at $x_T \sim 1$

$\bar{p}p \to \bar{p}p$
$\bar{p}p \to \bar{n}n - ?$

} The counting rules and isotopic symmetry studies, $p_T \sim 2$ GeV/c anomaly(?)

$\bar{p}p \to \bar{p}p + \pi\pi(KK)$
$\bar{p}p \to \bar{\Lambda}\Lambda + KK(\pi\pi)$
$\bar{p}p \to B\bar{B} + l^+l^-$
$\bar{p}p \to M\bar{M} + l^+l^-$
$\bar{p}p \to l^+l^- + l^+l^-$

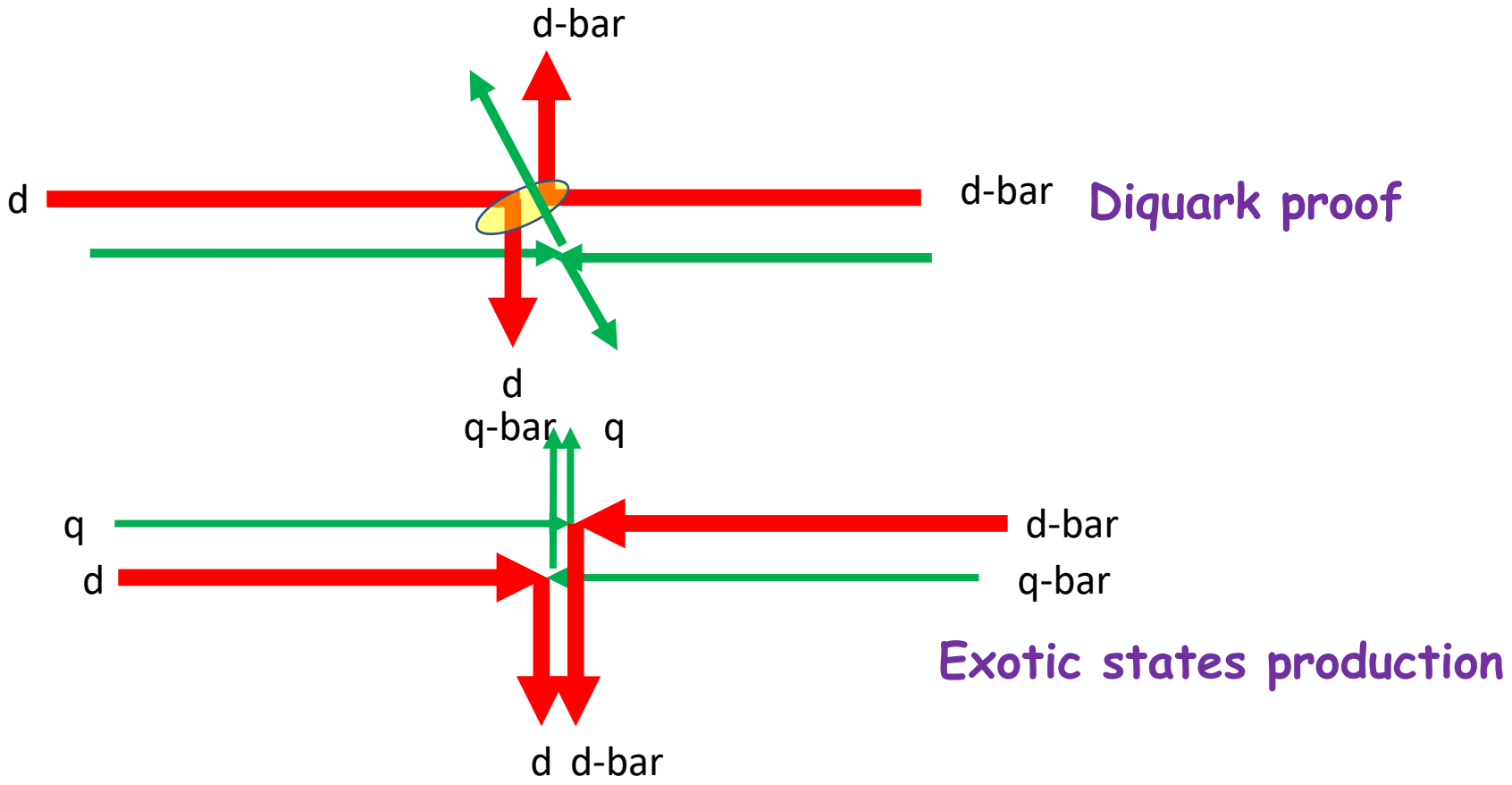
} **Detail vertexes studies:**

$q(\bar{q}) + \bar{q}(q) - (quark - antiquark)$
$q(\bar{q}) + \bar{q}\bar{q}(qq) - (quark - antidiquark)$
$qq + \bar{q}\bar{q} - (diquark - antidiquark)$

Скачок в сечении упругого рассеяния?

PANDA

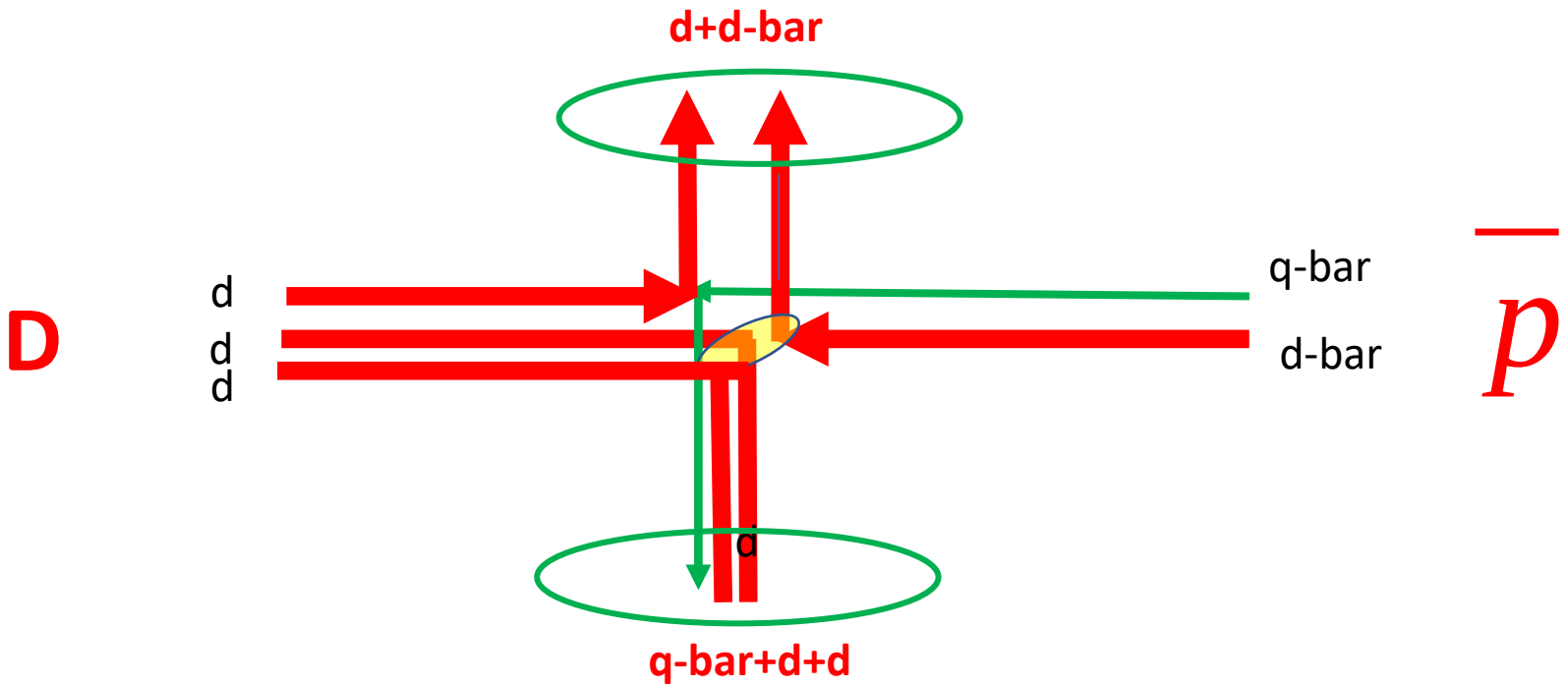
Direct reaction to tetraquarks production in $\bar{p}p$



PANDA

Exotic states production

$\overline{p}d$ - reaction with tetraquarks +pentaquark production



Status of the pentaquark problem

- 1st relatively certain theoretical suggestion of mass ~1530 MeV and width < 15 MeV :

  Diakonov, Petrov, Polyakov, Z.Phys., A**359** (1997) 305.

- Experiment : about ten papers with positive evidences;

  about ten papers with negative results

  (some of them with higher statistics).

- Common opinion and PDG position (since edition of 2008) :

  Pentaquark is dead !

  (Note, at the same time, great enthusiasm in searches for tetraquarks !)

Study of feasibility to detect pentaquark $\theta^+(\bar{\theta}^-)$ in PANDA

S.Belostotski, S.Manaenkov, V.Petrov, D.Veretennikov

PANDA collaboration meeting 19/3,
November 4-8, 2019, GSI

1

A.A. Baldin's parameterization for cumulative and subthreshold particle production

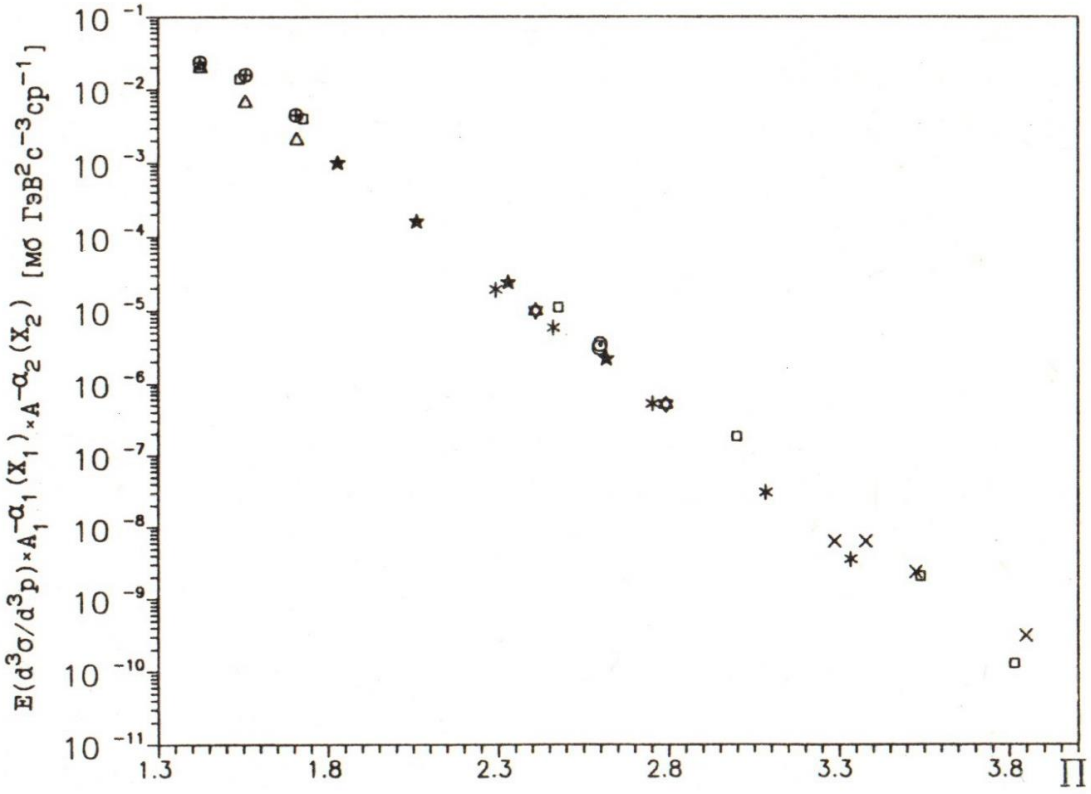


Рис.1. Зависимость инвариантных дифференциальных сечений, деленных на $A^{\alpha_1(X_1)}A^{\alpha_2(X_2)}$, где $\alpha_1(X_1) = 2/3 + X_1/3$ и $\alpha_2(X_2) = 2/3 + X_2/3$, от параметра П для следующих реакций: * Si + Si → K^- 2,0 ГэВ/нуклон, 0°[9]; × Si + Si → $\bar{p}$ 2,0 ГэВ/нуклон, 0°[9]; ✡ Si + Si → K^- 1,4 ГэВ/нуклон, 0°[8] o C + C → $\bar{p}$ 3,65 ГэВ/нуклон, 24°[11]; o d + C → $\bar{p}$ 3,65 ГэВ/нуклон, 24°[11]; ⊕ C + C → K^- 2,5—3,65 ГэВ/нуклон, 24°[12]; Δ d + C → K^- 2,5—3,65 ГэВ/нуклон, 24°[12]; ∗ p + C → K^- 9,2 ГэВ/нуклон, 119°[6]; □ p + C → π^- 9,2 ГэВ/нуклон, 119°[7]

Реакция	Екин. ГэВ/н	Лаб. имп. ГэВ/с	Лаб. угол вылет	$\sigma_{экс}=\frac{E}{p^2}\times\frac{d^2\sigma}{dp\times d\Omega}$ мб/ср ГэВ^2/с^3	$\sigma_{рас}=\frac{E}{p^2}\times\frac{d^2\sigma}{dp\times d\Omega}$ мб/ср ГэВ^2/с^3	Ссылка
d+C ->$\bar{p}$	3.65	0.8	24^0	$(1.5\pm0.6)\times10^{-4}$	9.3×10^{-5}	11
C+C ->$\bar{p}$	3.65	0.8	24^0	$(1.2\pm0.3)\times10^{-3}$	7.4×10^{-4}	11
C+Cu->$\bar{p}$	3.65	0.8	24^0	$(6.2\pm2.0)\times10^{-3}$	6.05×10^{-3}	11
Si+Si->$\bar{p}$	2.0	1.0	0^0	$(8.71\pm2.9)\times10^{-5}$	1.98×10^{-4}	9
Si+Si->$\bar{p}$	2.0	1.5	0^0	$(1.03\pm0.25)\times10^{-4}$	1.2×10^{-4}	9
Si+Si->$\bar{p}$	2.0	1.9	0^0	$(4.9\pm1.0)\times10^{-5}$	5.07×10^{-5}	9
Si+Si->$\bar{p}$	1.65	1.5	0^0	$(1.41\pm0.38)\times10^{-5}$	9.1×10^{-6}	9
d+C->k^-	2.5	0.8	24^0	$(4.1\pm2.0)\times10^{-2}$	5.7×10^{-2}	12
C+C->k^-	2.5	0.8	24^0	$(4.6\pm1.0)\times10^{-1}$	4.4×10^{-1}	12
Si+Si->k^-	1.0	1.0	0^0	$(1.2\pm1.5)\times10^{-3}$	1.1×10^{-3}	8
Si+Si->k^-	1.26	1.0	0^0	$(8.0\pm5.0)\times10^{-3}$	2.26×10^{-2}	8
Si+Si->k^-	1.4	1.0	0^0	$(5.0\pm1.5)\times10^{-2}$	7.0×10^{-2}	8
Si+Si->k^-	1.4	1.5	0^0	$(5.0\pm1.5)\times10^{-3}$	7.56×10^{-3}	8
Si+Si->k^-	2.0	2.37	0^0	$(1.5\pm1.0)\times10^{-2}$	1.66×10^{-2}	9
Si+Si->k^-	2.0	1.5	0^0	$(2.5\pm0.5)\times10^{-1}$	3.46×10^{-1}	9
Si+Si->k^-	2.0	1.0	0^0	$(1.5\pm0.5)\times10^{-3}$	1.45×10^{0}	9

J.W. Cronin et al., Production of hadrons at large transverse momentum at 200, 300, and 400 GeV, Phys.Rev. D, v.11, N 11, 3105-3123 (1975)

p_T ~ 2 GeV/c region

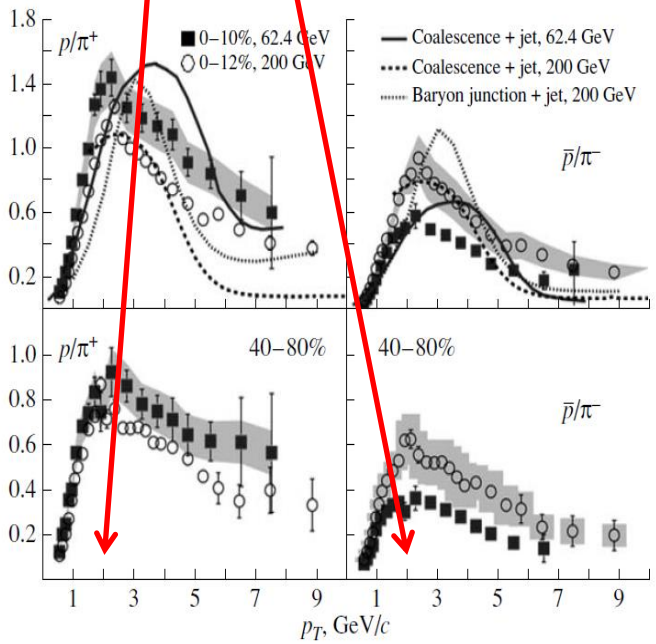


Fig. 3. [10] Ratio of the cross sections for the production of protons and charged pions as a function of the transverse momentum for various degrees of centrality and two beam energies of 62.4 and 200 GeV: (points) results of the STAR experiment and (curves) results of model calculations.

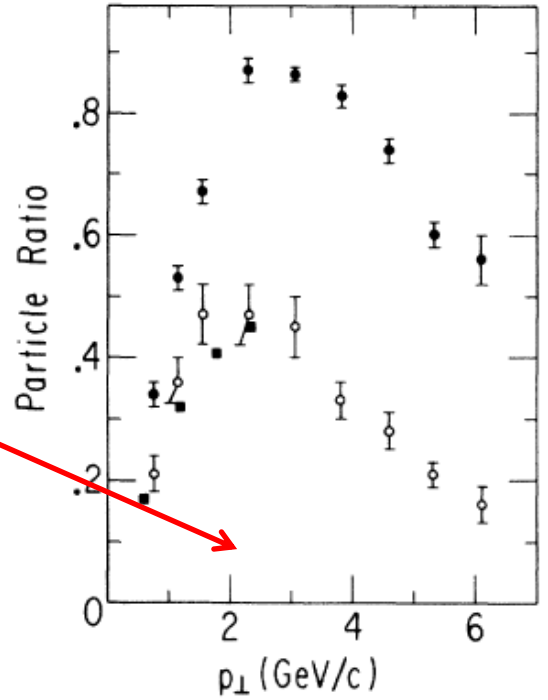
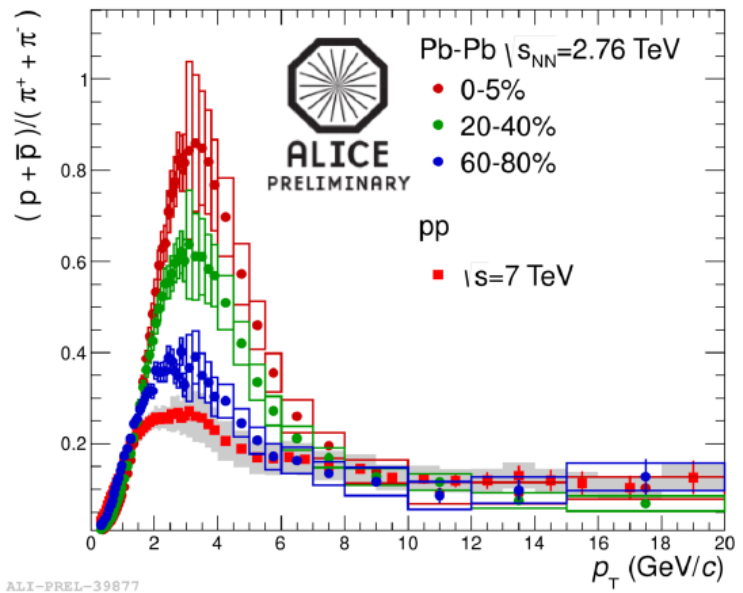
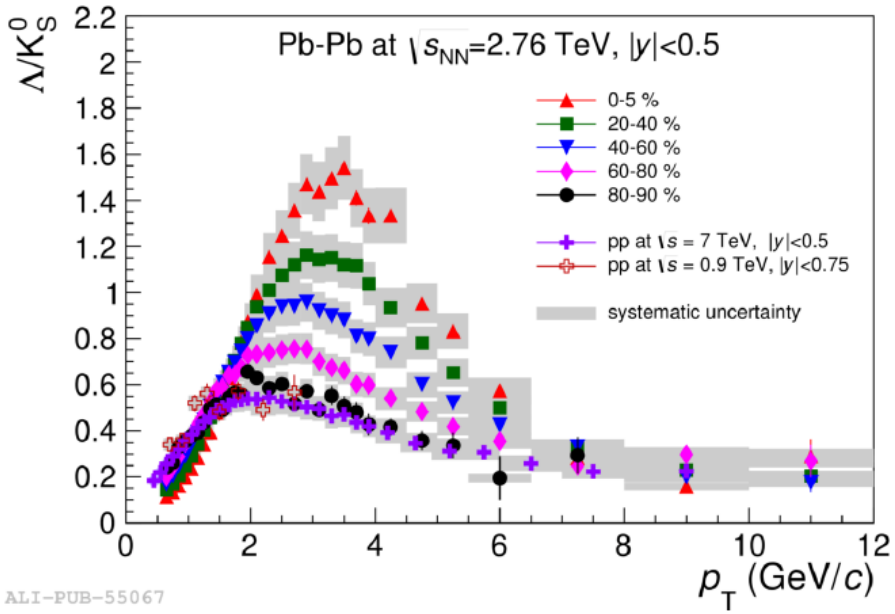


FIG. 20. Comparison of the cross-section ratio p/π^+ measured on tungsten at $\sqrt{s}$ =23.7 GeV (closed circles), with that obtained by extrapolation to A =1 (open circles). Ratios obtained from the British-Scandinavian collaboration (Ref. 23) at $\sqrt{s}$ =23.4 GeV are also plotted (closed squares).

V.S. Pantuev *Physics of Atomic Nuclei, 2009, Vol. 72, No. 12, pp. 1971–1981*

Baryon anomaly in Pb-Pb





- Baryon to meson ratio increasing with centrality for p_T < 8 GeV/c.
  - Enhancement at moderate p_T is consistent with radial flow
  - May be explained by quark recombination from QGP (coalescence model)
- For p_T > 8 GeV/c no dependence on centrality and collision system
  - Consistent with fragmentation in vacuum

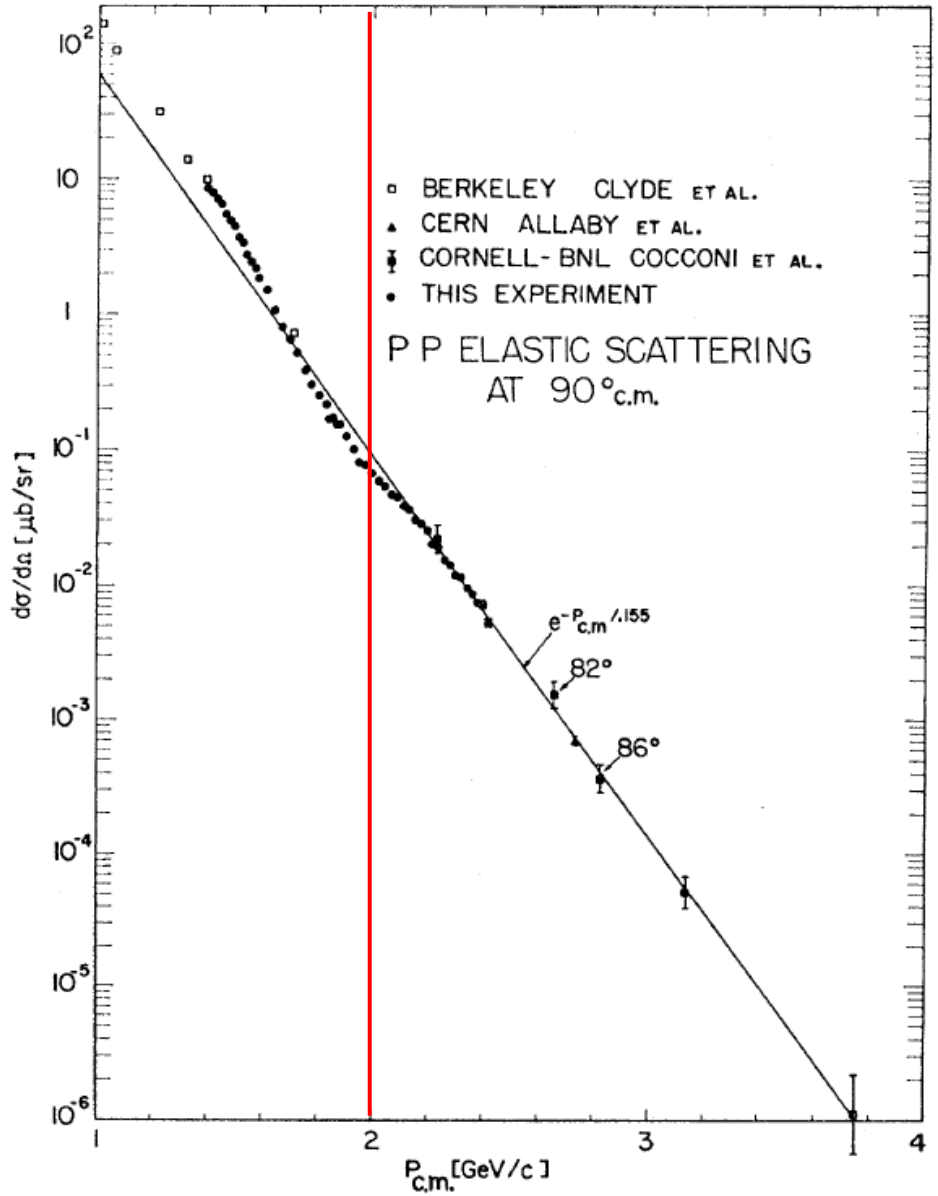


FIG. 9. Plot of $d\sigma/dt$ versus $\beta^2 P_\perp^2$ for all high-energy proton-proton elastic scattering. Other data (Refs. 13, 20, 22, 23), are also plotted. The lines drawn are straight line fits to the data.

ISSN 1547-4771, Physics of Particles and Nuclei Letters, 2009, Vol. 6, No. 1, pp. 48–58. © Pleiades Publishing, Ltd., 2009.
Original Russian Text © S. Vokal, A.D. Kovalenko, A.M. Kondratenko, M.A. Kondratenko, V.A. Mikhailov, Yu.N. Filatov, S.S. Shimanskii, 2009, published in Pis'ma v Zhurnal Fizika Elementarnykh Chastits i Atomnogo Yadra, 2009, No. 1 (149), pp. 81–96.

Program of Polarization Studies and Capabilities of Accelerating Polarized Proton and Light Nuclear Beams at the Nuclotron of the Joint Institute for Nuclear Research

S. Vokal[a], A. D. Kovalenko[a], A. M. Kondratenko[b], M. A. Kondratenko[b], V. A. Mikhailov[a], Yu. N. Filatov[a], and S. S. Shimanskii[a]

(i) investigate pp, pd, dd, p^3He, d^3He, ^{3}He^{3}He collisions with polarized beams, which will allow one to solve the puzzles of the spin structure of nucleons and lightest nuclei and elucidate the specific features of the spin structure of interaction in the region of nonperturbative QCD; it is especially important that it will be possible for the first time to study the interaction of polarized nuclear matter whose properties may determine the structure of the core of massive stars with great magnetic fields;

(ii) elucidate the nature of strong polarization effects in NN interactions at $p_{lab} > 6$ GeV in the region of limiting large p_T, which has not been explained yet, and find out how these specific features are related to the change of behavior of valence quarks in this kinematic region; the availability of polarized nuclei at a collider will allow one to study the complete isotopic set of states of nucleon–nucleon system (nn, pn, and pp) for the first time;

(iii) study in detail the problems of P and T parity violation in NN interactions;

(iv) solve the problem of the nature of cumulative (subthreshold) processes;

(v) elucidate the nature of quark counting rules violation and determine the region of their applicability (including at interaction of lightest nuclei);

(vi) solve the puzzle of resonance behavior of color transparency at $p_{lab} \sim 9.5$ GeV/c ($p_T \sim 2$ GeV/c).

«ФИЗИКА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ И АТОМНОГО ЯДРА»,
1982, том 13, вып. 3

УДК 539.171.1

КВАРК-ПАРТОННАЯ КАРТИНА КУМУЛЯТИВНОГО РОЖДЕНИЯ

А. В. Ефремов
Объединенный институт ядерных исследований, Дубна

Дается качественное сопоставление различных моделей кумулятивного рождения мезонов с экспериментальными данными.

вопросы. Мы в основном ограничились кумулятивным рождением мезонов, где ситуация, на наш взгляд, кажется несколько более простой и определенной, чем в рождении тяжелых частиц. В результате мы приходим к заключению, что флуктон является неким квазирезонансным образованием, существующим в ядре вне всякой связи с налетающей частицей, а кумулятивный мезон в исследованной сейчас области рождается в основном в результате диссоциации флуктона.

особенно в области малых p_T. Богатый материал для понимания механизма кумулятивного рождения могли бы дать поляризационные измерения и особенно рождение мезонов на поляризованных мишенях. Например, в картине жесткого рассеяния можно ожидать наличия сильной асимметрии [33], наподобие того, как это наблюдается в процессах с большими p_T [35].

Common case for AA-collisions

V.S. Stavinsky JINR Rapid Communications N18-86, p.5 (1986)

$$(X_I \cdot M_I) + (X_{II} \cdot M_{II}) \rightarrow m_c + [X_I \cdot M_I + X_{II} \cdot M_{II} + m_2]$$

$$S_{\min}^{1/2} = \min(S^{1/2}) = \min[(X_I \cdot P_I + X_{\mathrm{II}} \cdot P_{II})^{1/2}]$$

A.A. Baldin's article

Phys. At. Nucl. 56(3), p.385(1993)

$$\Pi = \frac{1}{2}(X_I^2 + X_{II}^2 + 2 \cdot X_I \cdot X_{II} \cdot \gamma_{I,II})^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{2 \cdot m} \cdot S_{\min}^{\frac{1}{2}}$$

$$\gamma_{I,II} = \frac{(P_I \cdot P_{II})}{M_I \cdot M_{II}}$$

Inclusive data parameterization

$$E \cdot \frac{d^3\sigma}{dp^3} = C_1 \cdot A_I^{\frac{1}{3}+\frac{X_I}{3}} \cdot A_{II}^{\frac{1}{3}+\frac{X_{II}}{3}} \cdot \exp(-\frac{\Pi}{C_2}),$$

$$C_1 = 2200[mb \cdot GeV^{-2} \cdot c^3 \cdot sr^{-1}], C_2 = 0.127$$

ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА
JOURNAL OF NUCLEAR PHYSICS
т. 33, вып. 3, 1981

КВАРКИ-ПАРТОНЫ И СОСТАВЛЯЮЩИЕ КВАРКИ

В. М. ШЕХТЕР

ЛЕНИНГРАДСКИЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ АН СССР

(Поступила в редакцию 10 ноября 1980 г.)

Обсуждается вопрос о существовании внутри адрона как «голых» кварков-партонов, так и «одетых» составляющих кварков. Существование первых следует из результатов экспериментов по глубоконеупругому рассеянию лептонов на нуклонах, а вторых – из данных по рождению быстрых частиц с малыми поперечными импульсами в адрон-ядерных столкновениях. Показано, что квантовохромодинамические эффекты, приводящие к зависимости массы кварка от его виртуальности, Q^2, могут быть ответственны за трансформацию малых масс токовых кварков при $Q \sim 10$ ГэВ в большие массы составляющих кварков при $Q \sim M_q = 300 \div 500$ МэВ. Интерпретация составляющего кварка как сложной системы, образуемой валентным кварком-партоном, морем кварк-антикварковых пар и глюонами, позволяет понять неэкспоненциальный ход дифференциального сечения упругого рассеяния адронов при малых $|t|$. Малость размеров составляющего кварка по сравнению с размерами нуклона свидетельствует, видимо, о наличии двух радиусов конфайнмента – для моря и для валентных кварков-партонов, что, вероятно, связано с наличием в теории каких-то массивных объектов типа глюония.