

**“Многокварковые конфигурации
адронной материи в процессах с
большими p_T . Часть 2
Многокварковая компонента
ядерной материи”**

Шиманский С.С.



HIGH p_T ISSUES at SPD



1. Diquark properties.
2. Nature of the spin effects.
3. Exotic states and flavor universality.
4. FSI (with s, c -quarks participation).
5. ΛN - hypernuclei.

6. Nature of CsDBM.
7. Subthreshold J/Ψ production.
8. The Deuteron spin structure.
9. np dilepton production anomaly.
- 10....

Исследования на коллайдере ОИЯИ ($\sqrt{s_{NN}} < 10 \text{ GeV}$).

Шиманский С.С.

18.08.2006

1. Физическая программа.

Детали физической программы будут опубликованы. Предварительно эти вопросы докладывались и обсуждались на семинарах в ОИЯИ (ЛВЭ, ЛТФ и ЛЯП), а также в ИФВЭ (г.Протвино, 2-е совещание по поляризационной программе на У-70) и в ПИЯФ (г.Санкт-Петербург, XL зимняя школа ПИЯФ). Здесь изложены только выводы.

Физическая программа может быть разделена на две части:

- 1) поиск и исследования горячей кварк-глюонной фазы (ГКГФ) (вкраплений кварк-глюонной плазмы) образующейся в ядро-ядерных взаимодействиях;
- 2) исследование холодной кварк-глюонной фазы (ХКГФ) с использованием процессов в области больших p_T и поляризованных пучков.

Исследования ХКГФ непосредственно связаны в вопросами структуры нуклонов в области доминирования валентных кварков, кора NN -взаимодействия и свойств холодной ядерной материи при плотностях в несколько раз превосходящих обычную. Все эти вопросы имеют решающее значение для построения теории эволюции звезд и предсказания свойств материи в центре звезд. Программа исследований по пункту 2) может быть сделана уникальной, если предусмотреть в проекте коллайдера возможность ускорение поляризованных протонов и легких ядер, что даст возможность:

- проведения исследований pp , pd , dd , p 3He , d 3He , 3He 3He - столкновений с поляризованными пучками и сделает коллайдер ОИЯИ уникальной установкой для решения загадок спиновой структуры нуклонов и легчайших ядер;

- использование поляризованных dd -столкновений даст возможность впервые исследовать поляризованные нейтрон-нейтронные взаимодействия;

- выяснить природу необъяснимых до сих пор, сильных поляризационных эффектов при $\sqrt{s_{NN}} \sim 4 GeV$ в области больших p_T ;

- исследовать вопросы нарушения P - и T -четности в NN -взаимодействиях;

- впервые провести исследования особенностей взаимодействия поляризованной ядерной материи.

Исследования pp , pd , pA , AA - взаимодействий в области больших p_T позволит найти ответы на вопросы:

- о природе кумулятивных(подпороговых) процессов;

- природе нарушения правил кваркового счета и области их применимости (в том числе при взаимодействии легчайших ядер);

- причинах резонансного поведения цветовой прозрачности при $\sqrt{s_{NN}} \sim 4 GeV$ и исследования цветовой прозрачности при более высоких энергиях, где данных вообще нет.

Возможность использовать поляризованные пучки при исследовании в области больших p_T делает такие исследования уникальными и вне конкуренции со стороны других ускорителей.

**PHYSICS OF ELEMENTARY PARTICLES
AND ATOMIC NUCLEI. EXPERIMENT**

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 , $p^3\text{He}$, $d^3\text{He}$, $^3\text{He}^3\text{He}$ 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 $p_{\text{lab}} > 6$ 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);

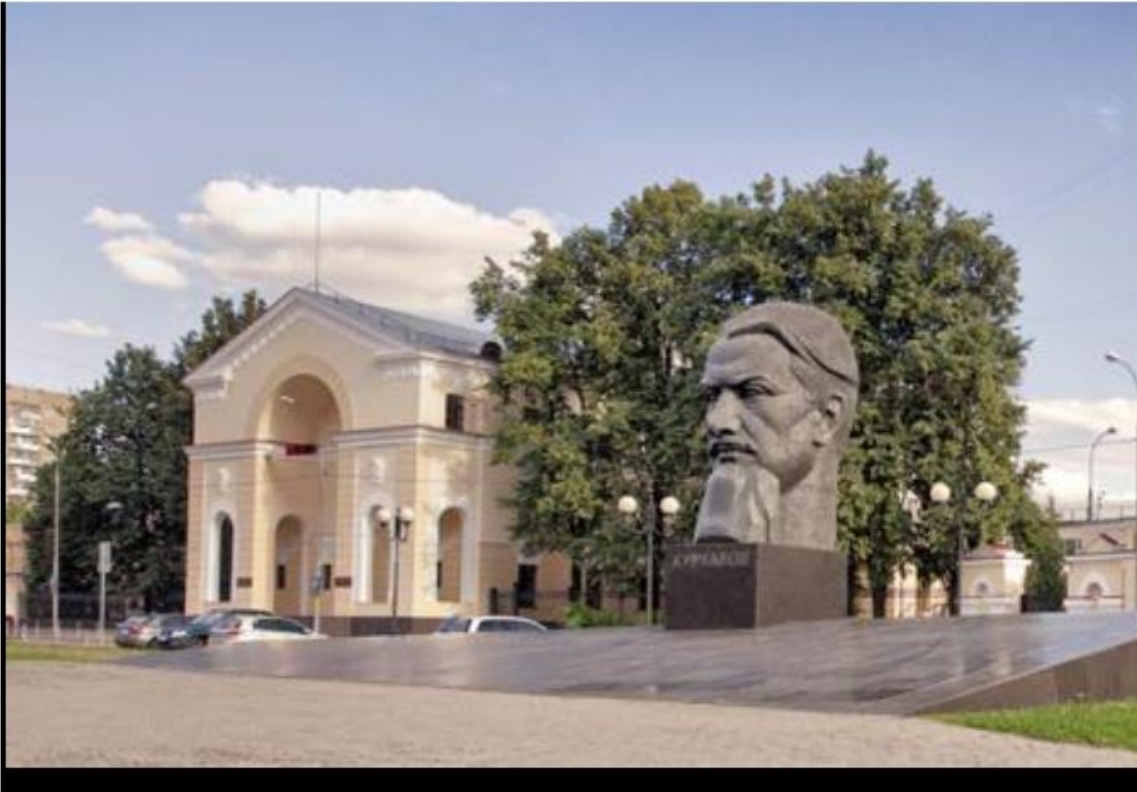
(vi) solve the puzzle of resonance behavior of color transparency at $p_{\text{lab}} \sim 9.5$ GeV/ c ($p_T \sim 2$ GeV/ c).

The nuclei quark structure

Премия ОИЯИ

29.11.2017

Подведены итоги юбилейного конкурса на соискание премии имени И.В. Курчатова НИЦ "Курчатовский институт" за 2017 год



Победителями признаны следующие работы и авторские коллективы:

В области научных исследований:

"Поиск холодной сверхплотной барионной компоненты ядерной материи в процессах рождения кумулятивных частиц с большими поперечными импульсами в столкновениях протонов с ядрами при энергии 50 ГэВ"
Гапиенко В. А., Прудкогляд А.Ф., Семак А. А., Уханов М.Н. (НИЦ "Курчатовский институт" - ИФВЭ)

ИЗУЧЕНИЕ КВАРКОВОЙ СТРУКТУРЫ ЯДЕР В ЖЕСТКИХ ПРОЦЕССАХ

С.С. Шиманский
ОИЯИ, Дубна

А н н о т а ц и я:

Одна из основных задач релятивистской ядерной физика - изучение процессов с участием ядер, в которых основную роль начинают играть не адронные, а кварк-глюонные степени свободы. Исследования последних 40 лет показали, что есть серьезные основания считать, что в жестких процессах внутри ядер наблюдаются конфигурации из нескольких нуклонов в объёме сравнимом с нуклонным. Т.е. в ядре имеется "холодная" компонента с большой плотностью, свойства которой определяют составляющие кварки. Холодное состояние с большой ядерной плотностью существуют так же внутри массивных звёзд. Можно надеяться, что детальное исследование этой сверхплотной компоненты позволит в лабораторных условиях изучить характеристики состояния ядерного вещества в центре массивных звёзд.

JINR-Yerevan Physics Institute

1997-2000

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

ПРЕДЛОЖЕНИЯ
СОВМЕСТНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
И ЕРЕВАНСКОГО ФИЗИЧЕСКОГО
ИНСТИТУТА НА ЕРЕВАНСКОМ
ЭЛЕКТРОННОМ УСКОРИТЕЛЕ.

Paul Hoyer

August 30, 1999

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].

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

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 $s^{-11} = E_{\text{c.m.}}^{-22}$.

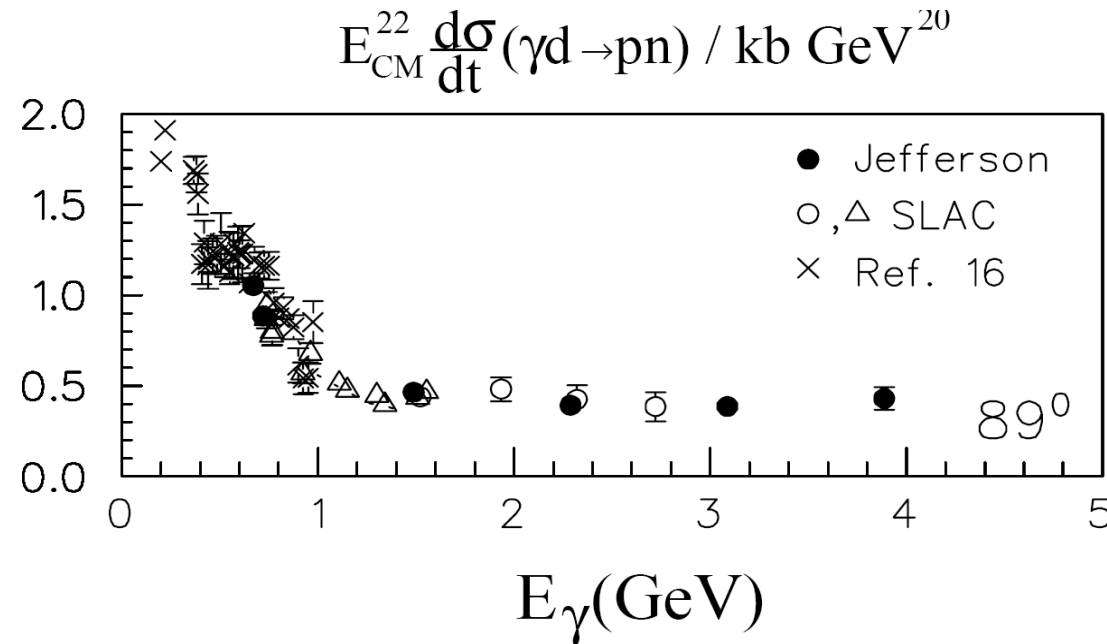
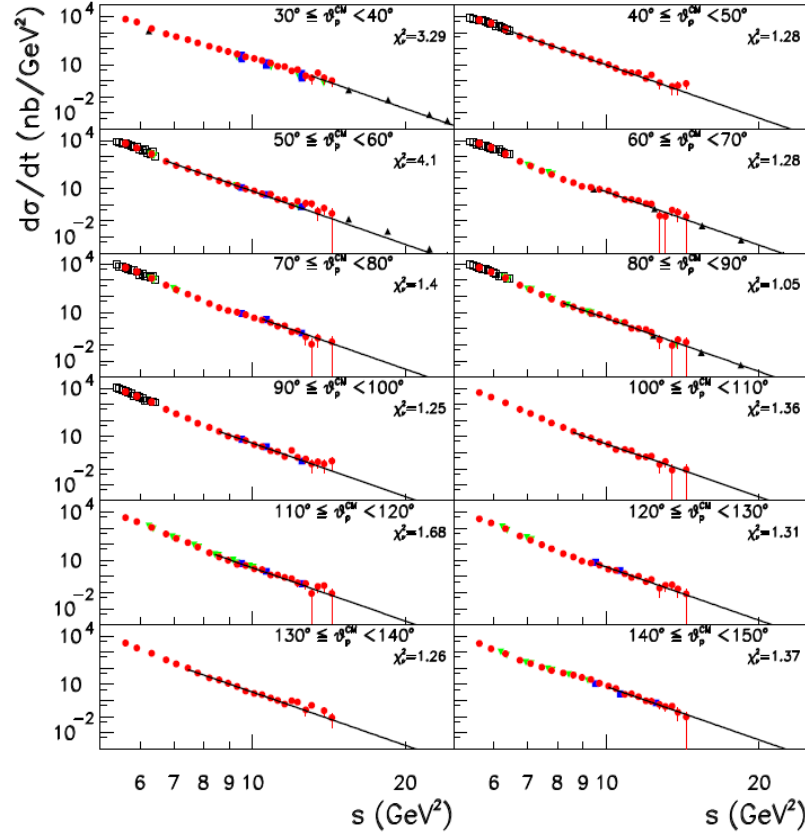


FIG. 2. The $\gamma d \rightarrow pn$ cross section at 89° multiplied by E_{CM}^{22} as a function of the photon beam energy [3].

Light-Front QCD*

SLAC-PUB-10871
November 2004

Stanley J. Brodsky



$s^{11} \frac{d\sigma}{dt}(\gamma d \rightarrow pn) \sim \text{constant at fixed CM angle}$

Figure 8: Fits of the cross sections $d\sigma/dt$ to s^{-11} for $P_T \geq P_T^{\text{th}}$ 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].

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

F. Adamian¹, A. Aganians¹, Yu. Borzunov², S. Chumakov², N. Demekhina¹, G. Frangulian¹, L. Golovanov², V. Grabski^{1,a}, A. Hairapetian¹, H. Hakobyan¹, I. Keropian¹, I. Lebedev¹, Zh. Manukian¹, N. Moroz², G. Movsesian¹, E. Muradian¹, A. Oganesian¹, R. Oganezov¹, Yu. Panebratsev², M. Rekalov³, S. Shimanski², A. Sirunian¹, H. Torosian¹, A. Tsvenev², H. Vartapetian¹, and V. Volchinski¹

¹ Yerevan Physics Institute, Armenia

² Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russia

³ Kharkov Institute of Physics and Technology, Kharkov, Ukraine

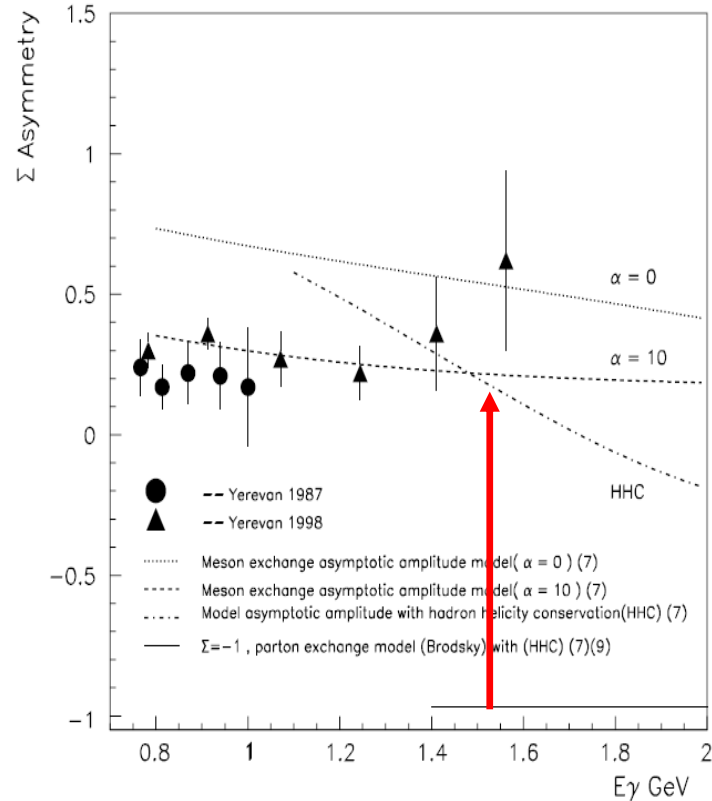


Fig. 8. The energy dependence of the cross-section asymmetry Σ for $\theta_p = 90^\circ$ in the cms.

$$\Sigma = (N_n \rightarrow -N_n \uparrow) / (\bar{P}_\gamma \uparrow N_n \rightarrow +\bar{P}_\gamma \rightarrow N_n \uparrow)$$

Indication of asymptotic scaling in the reactions $dd \rightarrow p^3\text{H}$, $dd \rightarrow n^3\text{He}$ and $pd \rightarrow pd$

Yu. N. Uzikov¹⁾

Joint Institute for Nuclear Research, LNP, 141980 Dubna, Moscow region, Russia

Submitted 11 January 2005

Resubmitted 28 February 2005

It is shown that the differential cross sections of the reactions $dd \rightarrow n^3\text{He}$ and $dd \rightarrow p^3\text{H}$ measured at c.m.s. scattering angle $\theta_{cm} = 60^\circ$ in the interval of the deuteron beam energy 0.5–1.2 GeV demonstrate the scaling behaviour, $d\sigma/dt \sim s^{-22}$, which follows from constituent quark counting rules. It is found also that the differential cross section of the elastic $dp \rightarrow dp$ scattering at $\theta_{cm} = 125\text{--}135^\circ$ follows the scaling regime $\sim s^{-16}$ at beam energies 0.5–5 GeV. These data are parameterized here using the Reggeon exchange.

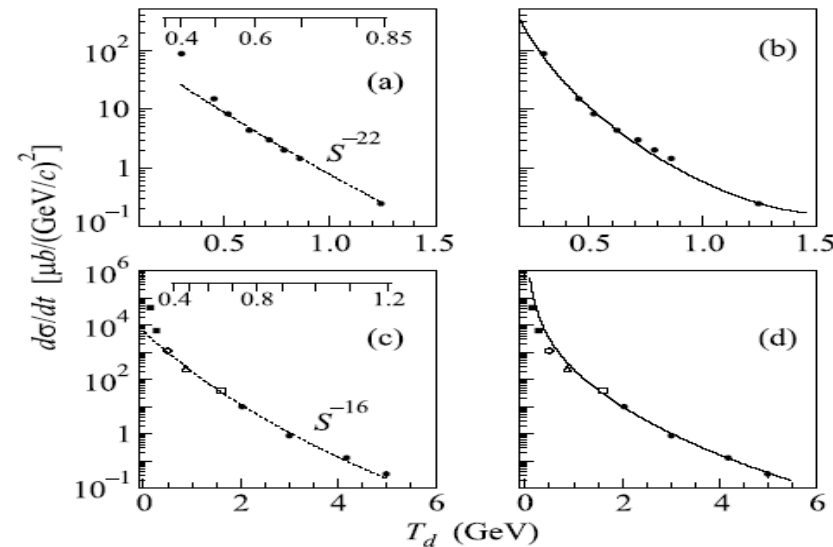


Fig.2. The differential cross section of the $dd \rightarrow n^3\text{He}$ and $dd \rightarrow p^3\text{H}$ reactions at $\theta_{cm} = 60^\circ$ (a), (b) and $dp \rightarrow dp$ at $\theta_{cm} = 127^\circ$ (c), (d) versus the deuteron beam kinetic energy. Experimental data in (a), (b) are taken from [20]. In (c), (d), the experimental data (black squares), (\circ), (Δ), (open square) and (\bullet) are taken from [22–26], respectively. The dashed curves give the s^{-22} (a) and s^{-16} (c) behaviour. The full curves show the result of calculations using Regge formalism given by Eqs. (2), (3), (4) with the following parameters: (b) – $C_1 = 1.9 \text{ GeV}^2$, $R_1^2 = 0.2 \text{ GeV}^{-2}$, $C_2 = 3.5$, $R_2^2 = -0.1 \text{ GeV}^{-2}$; (d) – $C_1 = 7.2 \text{ GeV}^2$, $R_1^2 = 0.5 \text{ GeV}^{-2}$, $C_2 = 1.8$, $R_2^2 = -0.1 \text{ GeV}^{-2}$. The upper scales in (a) and (c) show the relative momentum q_{pn} (GeV/c) in the deuteron for the ONE mechanism

Larry McLerran

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

September 13, 2003

+ CERN Yellow Report 2007-005, p.75

The Evolving QCD Phase Transition

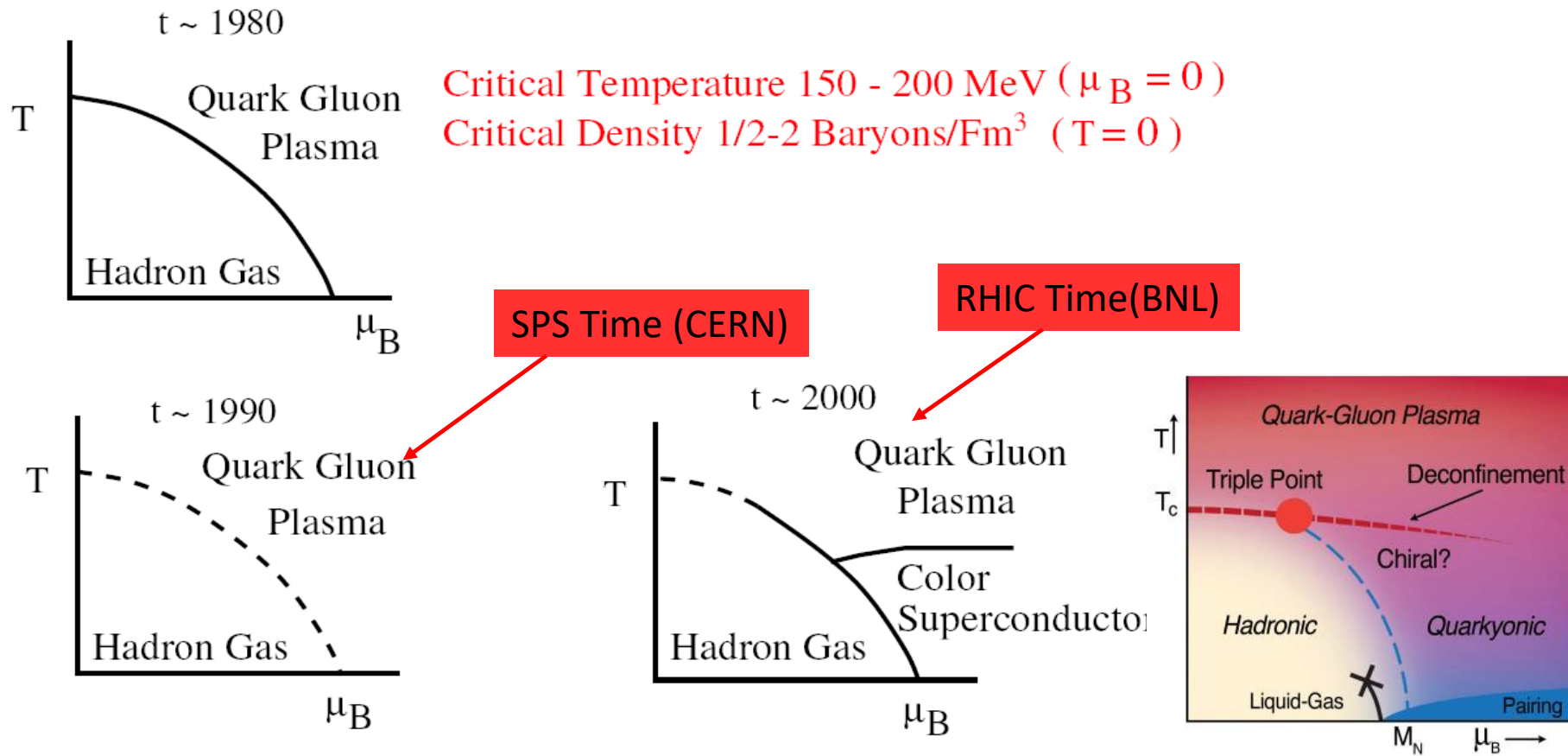
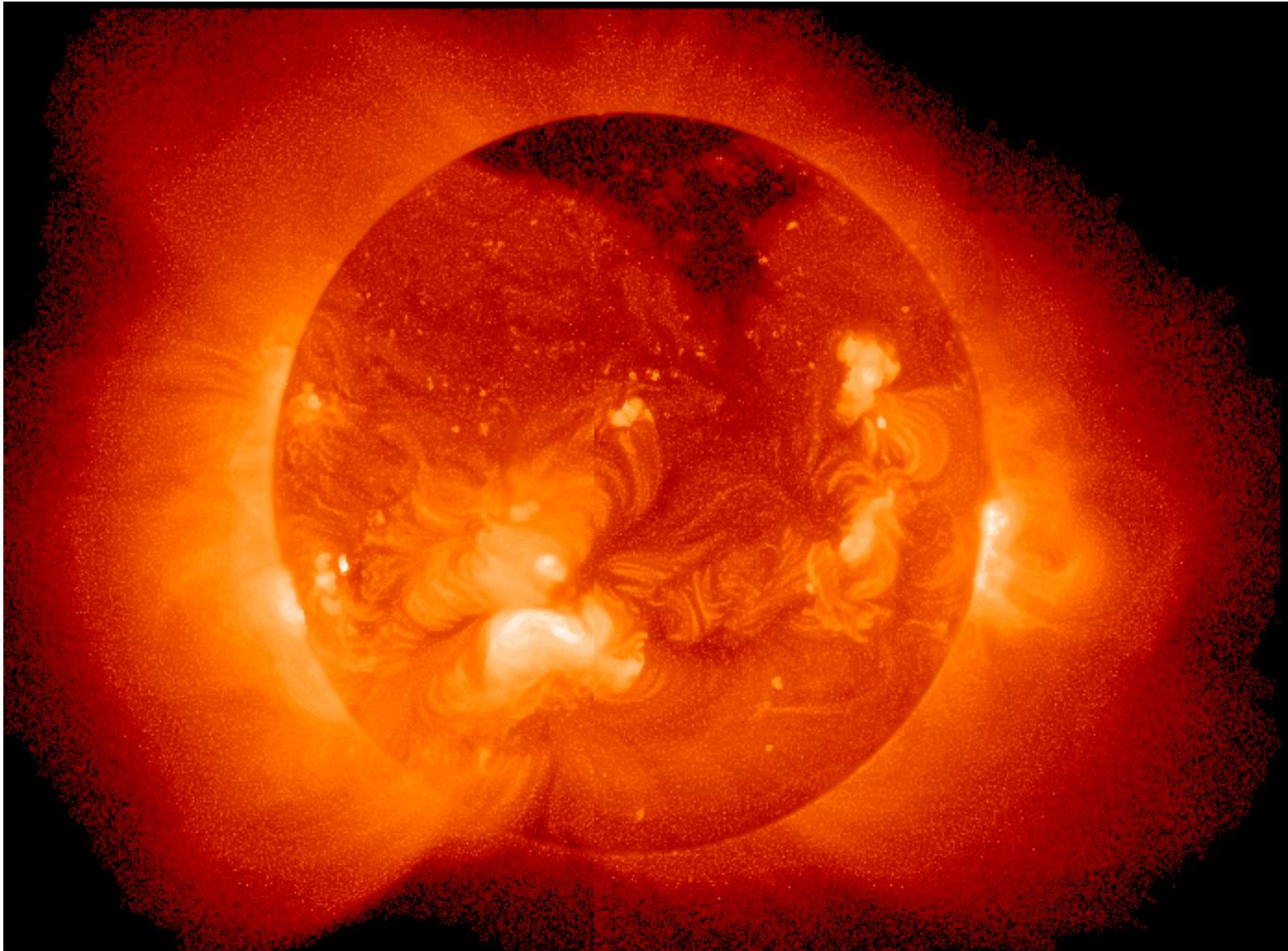


Figure 4: A phase diagram for QCD collisions.

Temperature at the centre of the Sun ~ 15 000 000 K



A medium of 170 MeV is **more than 100 000 times hotter !!!**

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

$H \sim 10^{16} \text{Gs}$

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

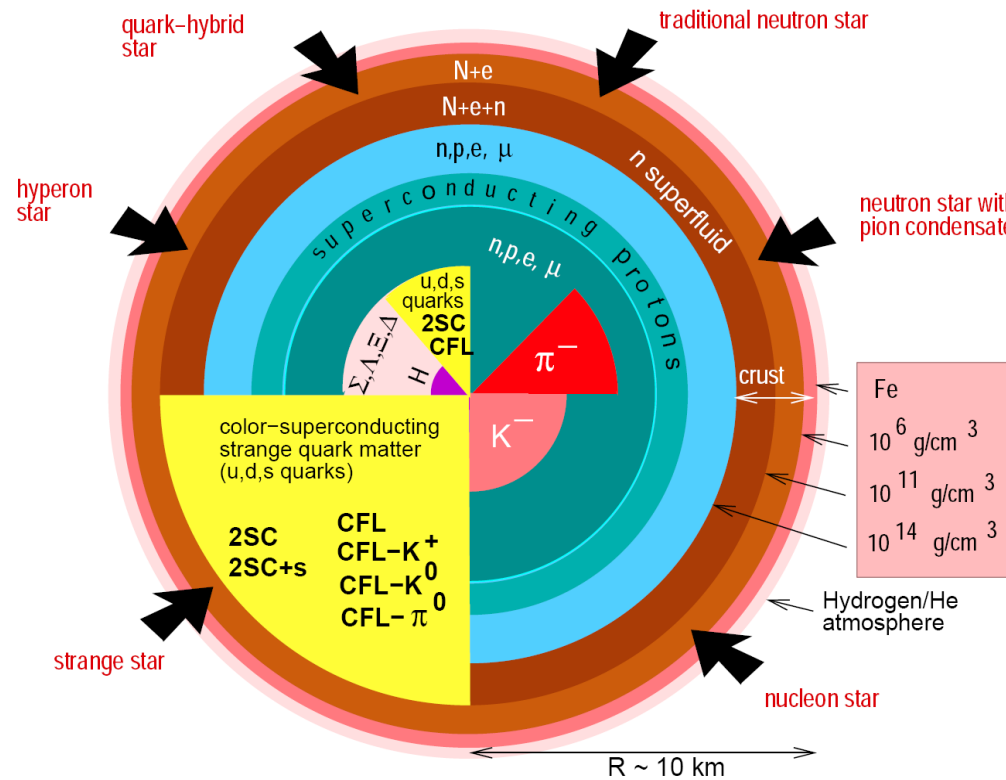


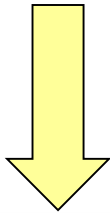
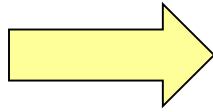
Fig. 1. Competing structures and novel phases of subatomic matter predicted by theory to make their appearances in the cores ($R \lesssim 8 \text{ km}$) of neutron stars⁴.

significant range of chemical potentials and strange quark masses⁵¹. 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 patterns

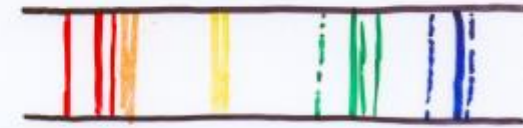
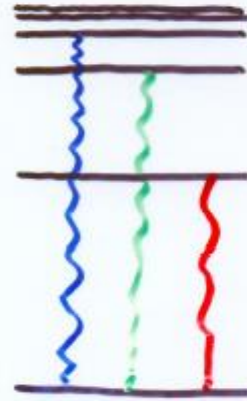
color-superconducting strange quark matter (u,d,s quarks) K. Rajagopal and F. Wilczek, *The Condensed Matter Physics of QCD*, At the Frontier of Particle Physics / Handbook of QCD, ed. M. Shifman, (World Scientific) (2001).
M. Alford, *Ann. Rev. Nucl. Part. Sci.* **51** (2001) 131.

Structure of Matter

Two ways that structure is revealed:



1. SPECTRA



2. SCATTERING FROM "HARD" CENTRES



True from atoms to particles.....

The Beginning

1957

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)

О ФЛУКТУАЦИЯХ ЯДЕРНОГО ВЕЩЕСТВА

Д. И. Блохинцев

Показано, что возникновение энергичных осколков при столкновении быстрых нуклонов с ядрами может рассматриваться как результат столкновения нуклона с флуктуацией ядерного вещества.

1. Введение

В процессе движения нуклонов в ядре могут возникать кратковременные тесные скопления нуклонов, иными словами флуктуации плотности ядерного вещества. Такие скопления, будучи относительно удалены от других нуклонов ядра, являются атомными ядрами меньшей массы, находящимися в состоянии флуктуационного сжатия.

В недавнее время Мещеряковым и его сотрудниками [^{1,2}] при изучении рассеяния протонов с энергией в 675 MeV на легких ядрах, были обнаружены явления, которые подтверждают существование таких флуктуаций, по крайней мере для простейших парных флуктуаций, приводящих к образованию сжатого дейтона.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ ПО ФИЗИКЕ

January 1, 1971

№ 1 январь 1971

It is possible to obtain the record high energy particle beams by means of accelerating the heavy nuclei with large charges

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

Ордена Ленина

Физический институт им П.Н. Лебедева

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. Возникает естественный вопрос, не получатся ли в результате столкновения с мишенью ядер, например, неона, обладающих энергией 100 Гэв, пучки вторичных частиц, полученные пока только на Серпуховском ускорителе?

Утвердительный ответ на этот вопрос означал бы, что с помощью ускорения тяжелых ядер, обладающих более высоким зарядом, можно было бы сравнительно дешевым способом в короткие сроки получить пучки частиц рекордно высоких энергий.

Цель настоящей заметки – рассмотреть этот вопрос и сделать определенные предсказания.

Обычно на вопрос о возможности передачи большой энергии составным ядром отдельному (например, сво-

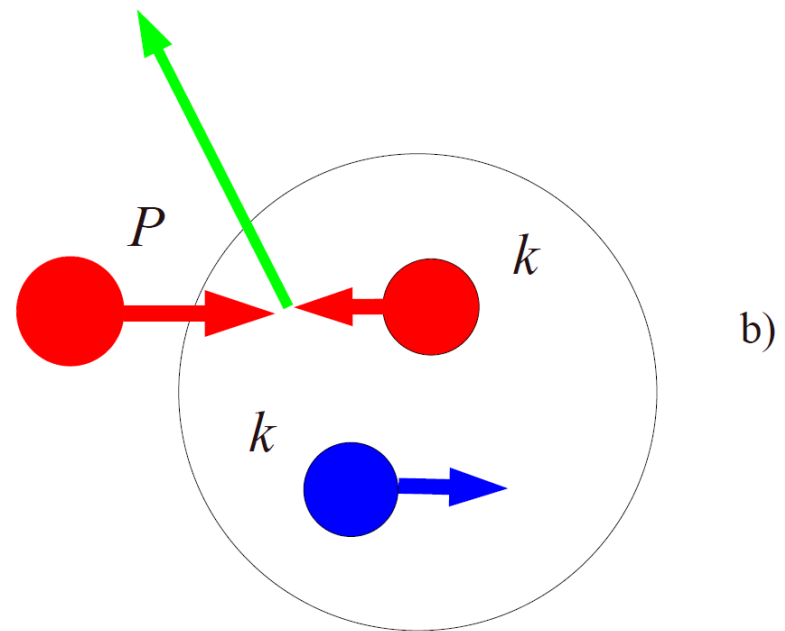
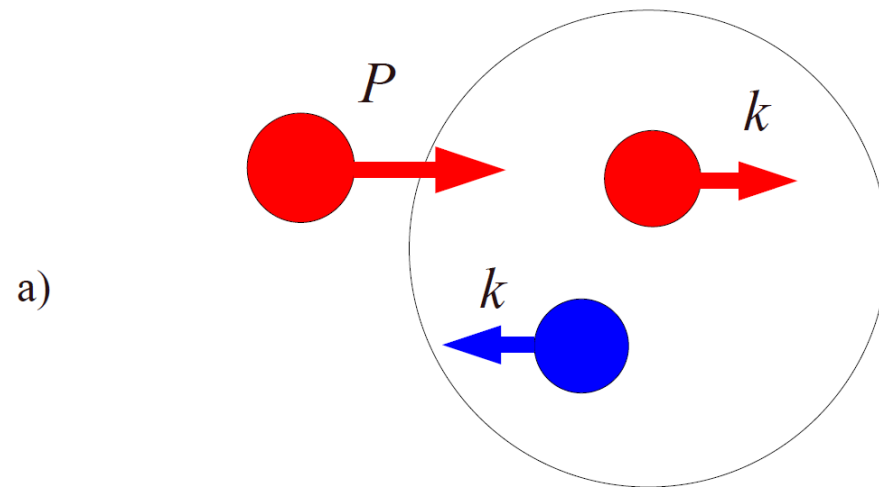
Выражаю глубокую благодарность С. Б. Герасимову, А. Б. Говоркову и Г. Н. Флерову за обсуждение изложенных соображений. Как мне стало известно, Г. Н. Флеров еще несколько лет назад высказывал мысль о возможных кумулятивных эффектах при соударении релятивистских ядер.

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. Неустоявшиеся 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. Тахвелидзе. Сообщения ОИЯИ P2-4578, 1969 г.
5. В. А. Матвеев, Р. М. Мурадян, А. Н. Тахвелидзе. Сообщения ОИЯИ E2-4968, 1970 г.
6. Ю. Б. Бушнин, Ю. П. Горин, С. П. Деинсов и др. Ядерная Физика, 10, 585 (1969).

SRC



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

572 М. И. СТРИКМАН, Л. Л. ФРАНКФУРТ

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.)

5. Сахаров В. И., *Ученые зап. Кавказа*, 1971, т. 1, с. 35.
6. Балдин А. М. — Краткие сообщ. по физике, 1971, т. 1, с. 35.

МАТЕРИАЛЫ XIII ЗИМНЕЙ ШКОЛЫ ЛИЯФ

1978

I4I

КУМУЛЯТИВНЫЕ НУКЛОНЫ
И КОРОТКОДЕЙСТВУЮЩИЕ КОРРЕЛЯЦИИ В ЯДРЕ

М. И. Стрикман и Л. Л. Франкфурт



P1 - 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. Яцуга

НАБЛЮДЕНИЕ ПИОНОВ
ВЫСОКОЙ ЭНЕРГИИ
ПРИ СТОЛКНОВЕНИИ РЕЛЯТИВИСТСКИХ
ДЕЙТОНОВ С ЯДРАМИ

1971

КАВАРГАТКА ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

The first experimental data

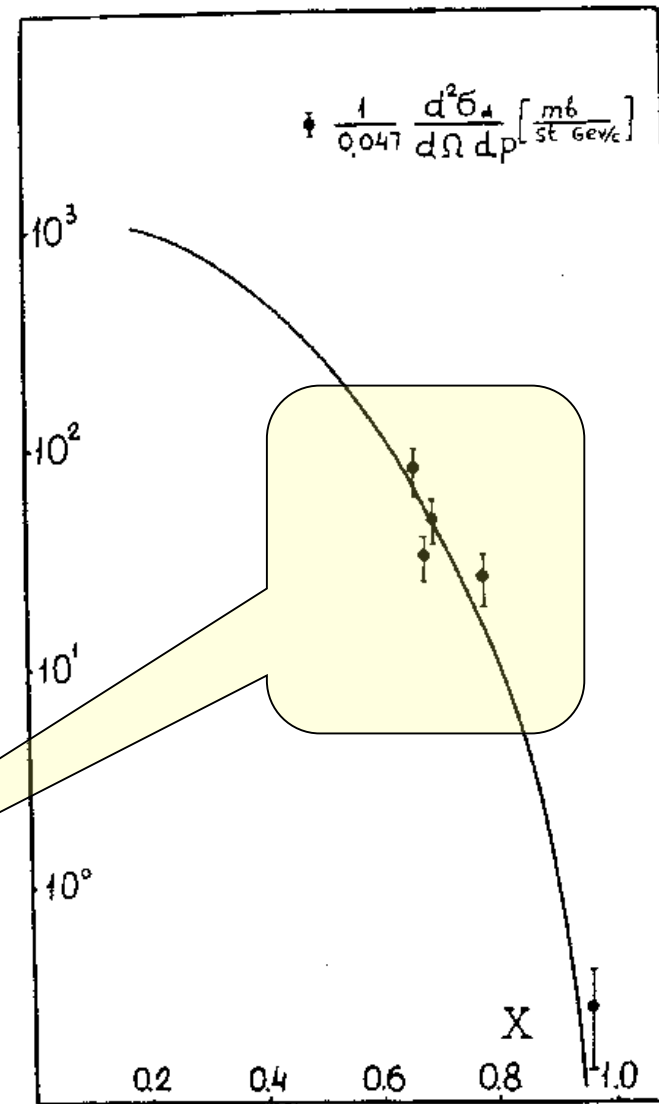


Рис. 3. Сравнение экспериментальных данных по сечению рождения пионов дейтронами с теоретической функцией, описывающей сечение рождения пионов протонами.

ITEP data for proton spectra (G.A.Leksin et al.)

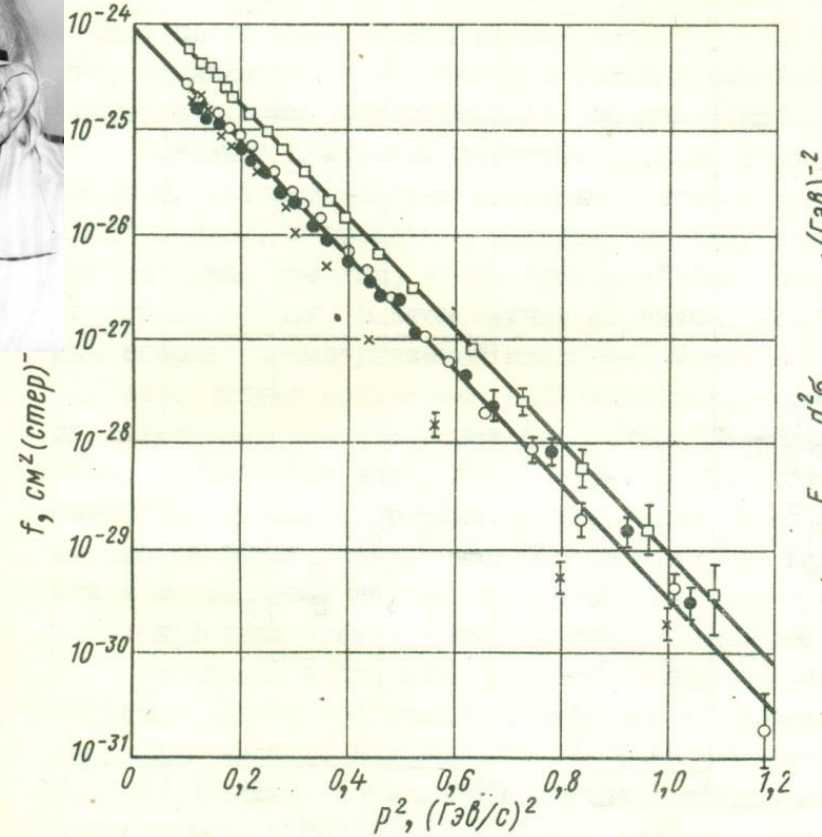
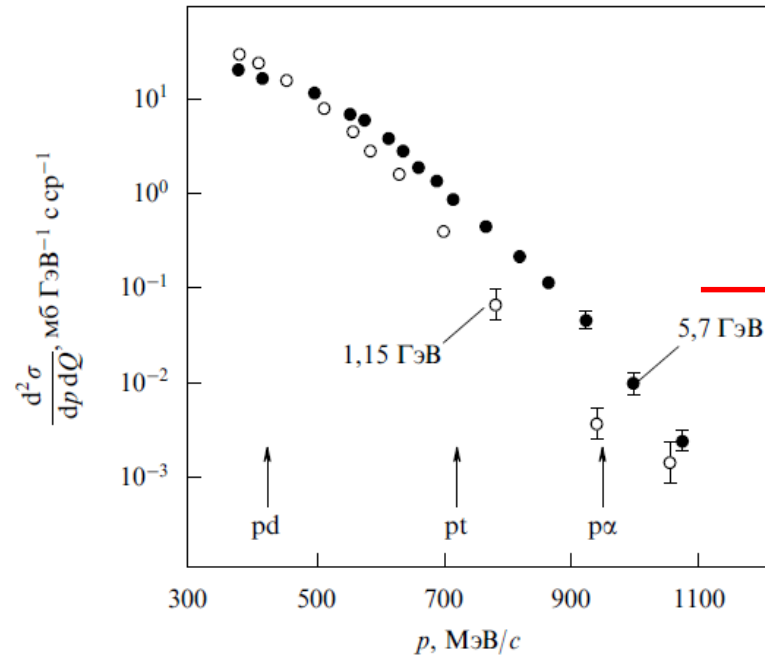
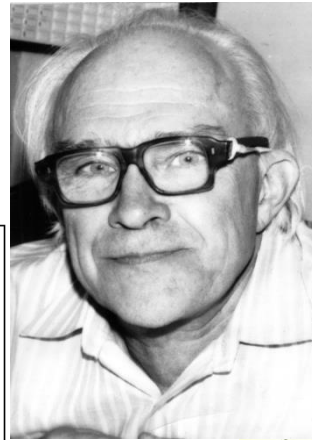


Рис.6. Зависимость инвариантной функции от квадрата импульса вторичного протона, вылетающего из меди, облученной протонами с энергией 3,66 Гэв ϕ ; из углерода, облученного протонами с энергией 1,15 Гэв $*$; 3,66 Гэв ϕ и 5,7 Гэв ϕ

На рисунках приведены спектры протонов, измеренные на ускорителе ИТЭФ под углом 137° в реакции $p+C \rightarrow p+X$ [2]. Стрелки показывают положения ожидавшихся квазиупругих максимумов для рассеяния на многонуклонных кластерах типа d,t,He . Присутствие в спектре частиц, за пределами ограничений кинематики pp взаимодействия ясно видно. Это были первые измеренные спектры протонов в кумулятивной области при начальных энергиях несколько ГэВ.

Баюков и др., Изв. АН СССР т.30, 1966, с.521

→ ЯФ т.18, с.1246, 1973

SPECTRA

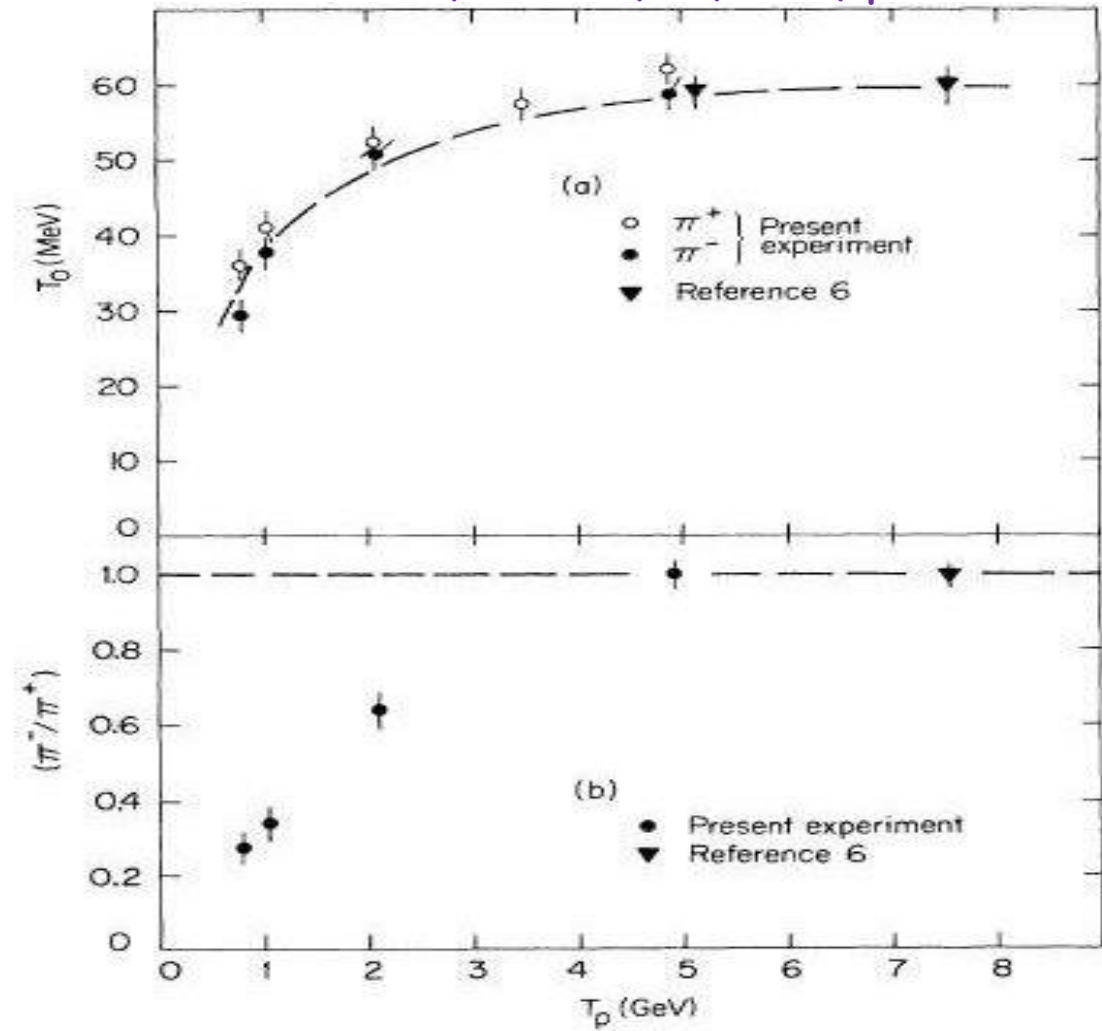


FIG. 1. Energy dependence of (a) T_0 parameter for pions, and (b) the π^-/π^+ ratio at 180° obtained by integrating each spectra up to 100 MeV for p -Cu collisions from 0.8 to 4.89 GeV. The dashed curve in both cases refers to the predictions of the "effective-target" model (Refs. 3 and 4).

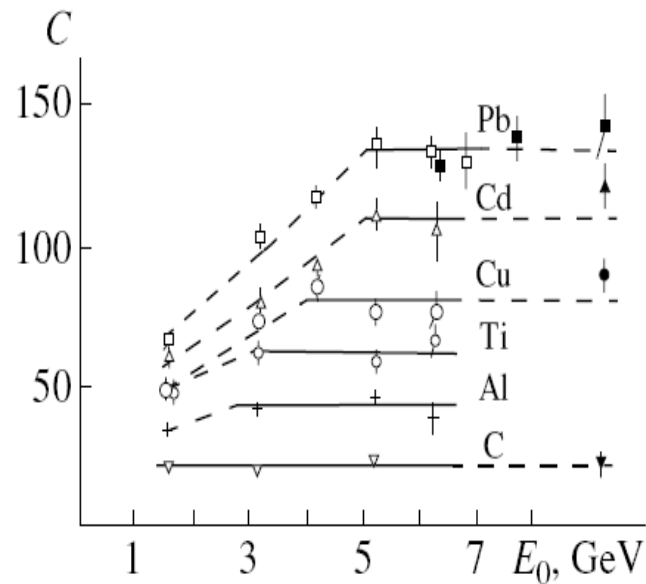


Fig. 3. The coefficient $C(T_0 = 125 \text{ MeV})$ in the parametrization of the invariant function $f = C \exp(-T/T_0)$ in the reaction $pA(\text{C, Al, Ti, Cu, Cd, Pb}) \rightarrow pX$ for a proton escape angle of 120° in the laboratory frame versus the incident-proton energy. The filled circles refer to the initial energy of 400 GeV.

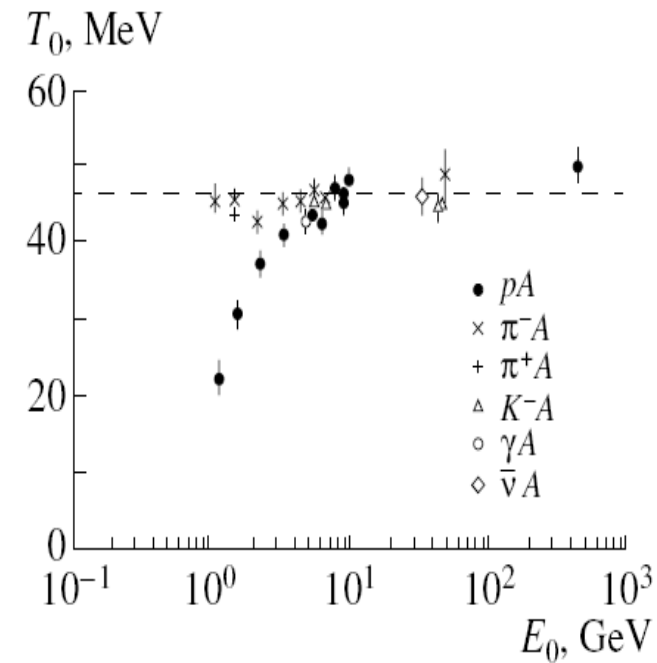
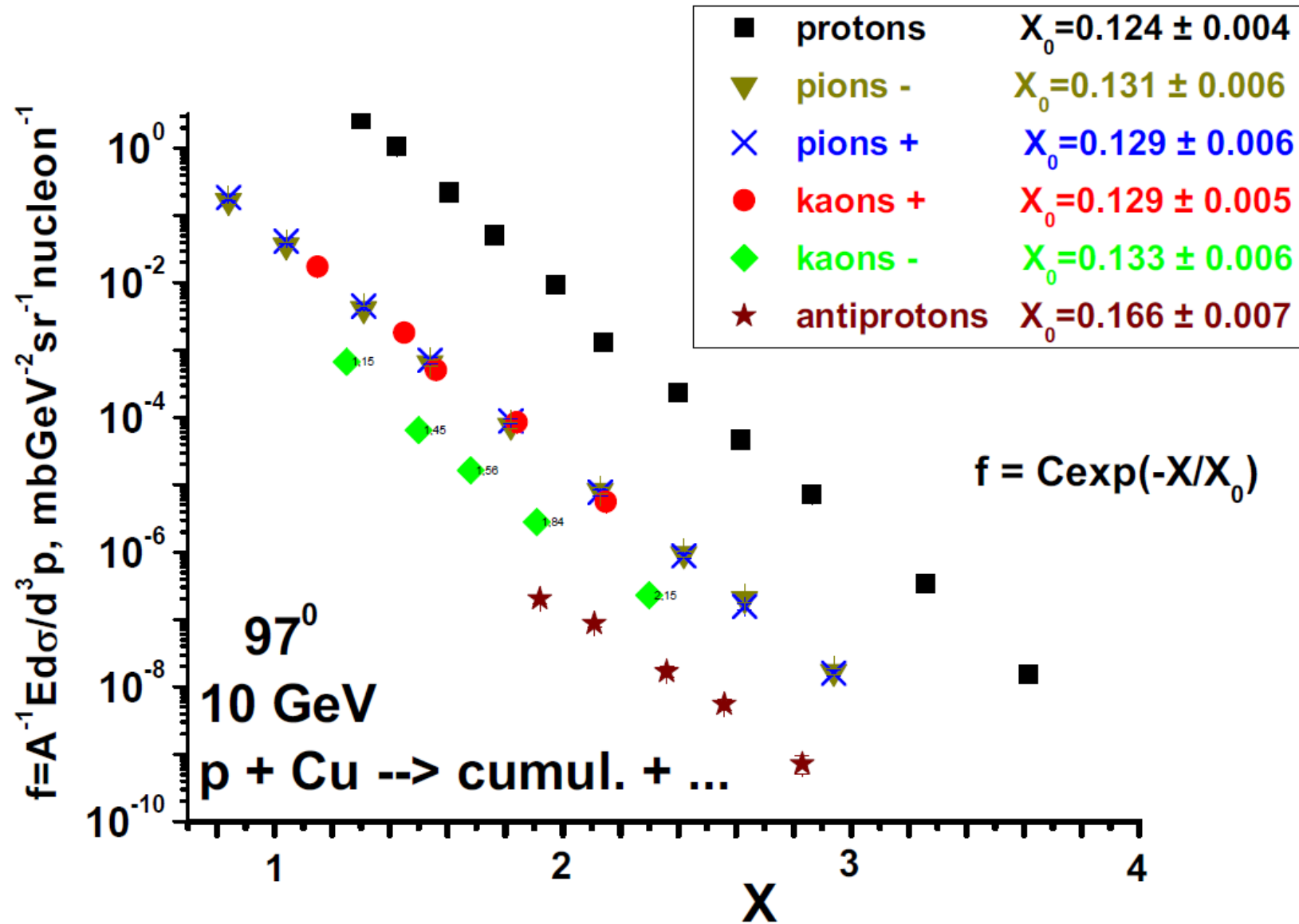


Fig. 5. Dependence of the slope parameter T_0 for the invariant function of the protons escaping under the action of $p, \pi^\pm, K^-, \gamma, \bar{\nu}$ with various energies E_0 ; the escape angle is 120° in the laboratory frame.



A - зависимость (1974-...)

$$\varepsilon \frac{d\sigma}{dp} (p + A \rightarrow \pi) \sim \begin{cases} A - \text{для } _ \text{тяжелых } _ \text{ ядер} \\ A^{n>1} - \text{для } _ \text{лёгких } _ \text{ ядер} \end{cases}$$

$$\varepsilon \frac{d\sigma}{dp} (p + A \rightarrow A') \sim \begin{cases} A^{5/3} - \text{для } _ d \\ A^2 - \text{для } _ t \end{cases}$$

В это же время группа Кронина обнаружила похожую сильную *A*-зависимость в процессах рождения частиц с большими p_T !!!

Production of hadrons at large transverse momentum at 200, 300, and 400 GeV *

J. W. Cronin, H. J. Frisch, and M. J. Shochet

The Enrico Fermi Institute, University of Chicago, Chicago, Illinois 60637

J. P. Boymond, P. A. Piroué, and R. L. Sumner

Department of Physics, Joseph Henry Laboratories, Princeton University, Princeton, New Jersey 08540

(Received 5 December 1974)

We have measured, as a function of transverse momentum (p_{\perp}), the invariant cross section $E d\sigma/d^3p$ for the production of π^{\pm} , K^{\pm} , p , \bar{p} , d , and \bar{d} in proton collisions with a tungsten (W) target at incident proton energies of 200, 300, and 400 GeV. The measurements were made in the region of 90° in the c.m. system of the incident proton and a single nucleon at rest. Measurements were also made with 300-GeV protons incident on Be, Ti, and W targets of equal interaction length. These p -nucleus measurements, which show a strong dependence on atomic number at high p_{\perp} , were used to extract effective proton-nucleon cross sections by extrapolation to atomic number unity. At large values of the scaling variable $x_{\perp} = 2p_{\perp}/\sqrt{s}$, where s is the square of the c.m. energy, the pion data are found to be well represented by the expression $(\sqrt{s})^{-n}e^{-ax_{\perp}}$, with $n = 11.0 \pm 0.4$ and $a = 36.0 \pm 0.4$. At $x_{\perp} < 0.35$, where similar measurements have been made at the CERN ISR, our data are in good agreement with the ISR data.

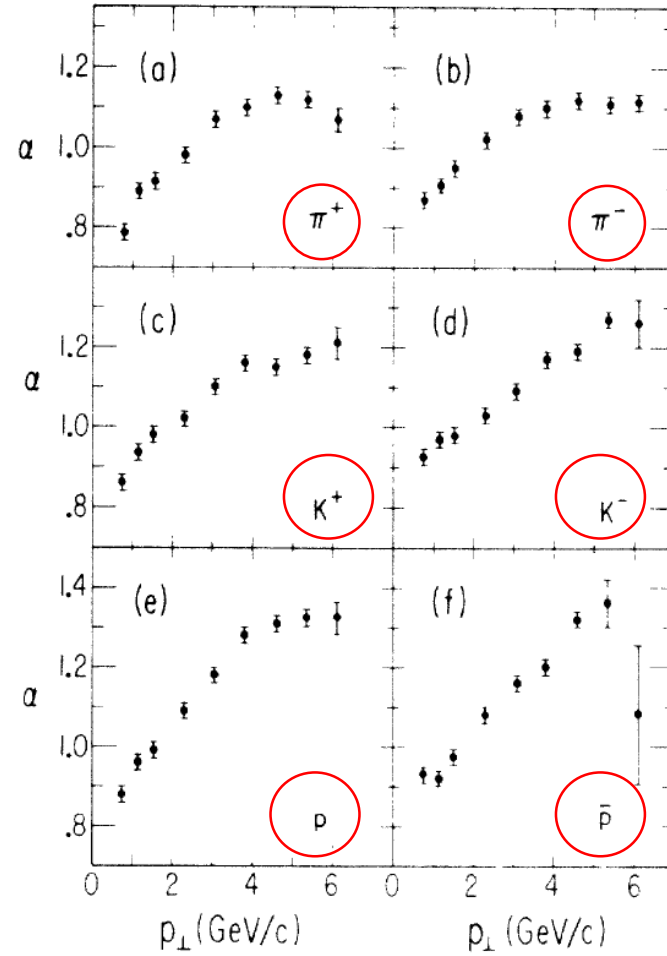


FIG. 17. Plots of the power α of the A dependence versus p_{\perp} for the production of hadrons by 300-GeV protons; (a) π^+ , (b) π^- , (c) K^+ , (d) K^- , (e) p , and (f) \bar{p} .

A.V. Efremov (1976) Parton description



$$\varepsilon \frac{d^3 \sigma}{d^3 p} = \int dx dy dz F_B(y) F_A(x) G_C(z) v(xys, t \frac{x}{z}, u \frac{y}{z})$$

X_{II} X_I



4. Sea Particles and Multiquarks

The most intriguing. Discriminates "6q" and FNC.

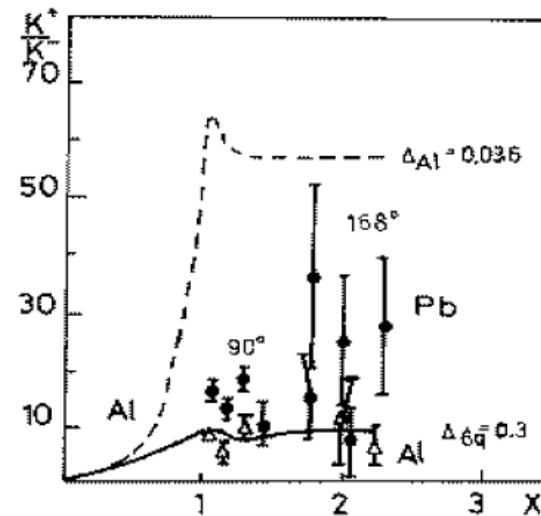
$$r_A = \frac{K^+}{K^-} \approx \frac{\int \frac{A}{x} d\alpha N_A(\alpha) \rho_{N \rightarrow K^+}(\frac{x}{\alpha})}{\int \frac{A}{x} d\alpha \bar{N}_A(\alpha) \rho_{N \rightarrow K^+}(\frac{x}{\alpha})} \approx \frac{2}{\Delta_{6q}}$$

(approximation $\rho_{\bar{N} \rightarrow K^-} \approx \rho_{N \rightarrow K^+}$ was used.)

Experiment: r_A const(x) for $1 < x < 2.5$ and surprisingly small compared with expected from EMC-effect

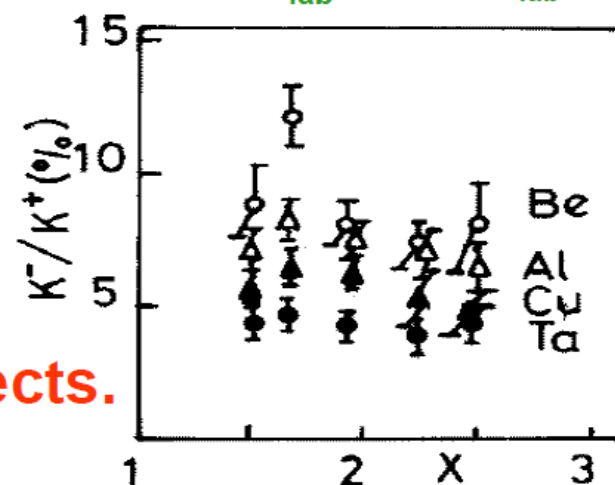
Nuclei	Be	Al	Ta	Pb
Δ_A from EMC	0.023	0.036	0.056	0.058
$r_A = (2 - \Delta_A)/\Delta_A$	86	55	36	35

Low experimental r_A indicates to "6q"-mechanism of cumulative and EMC-effects.

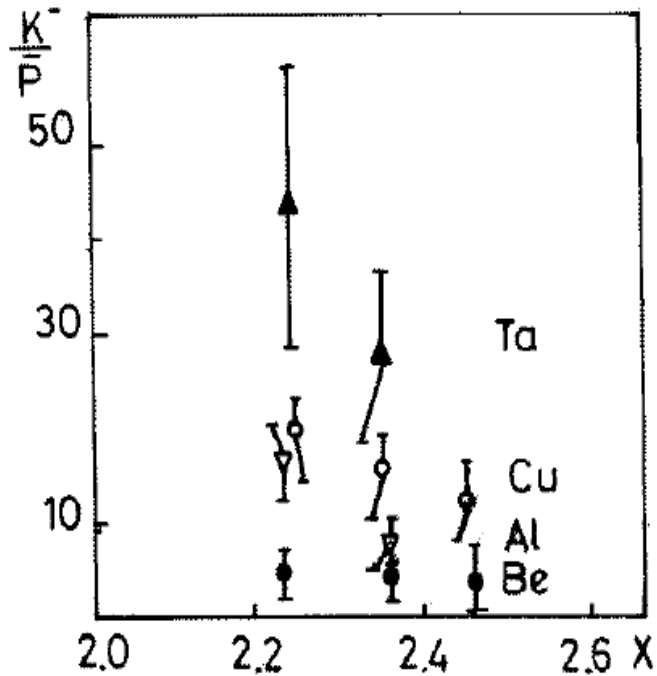


(Baldin at al. (82), $E_{lab}=8,9$ GeV, $\theta_{lab}=168^\circ$)

(Boyarinov at al. (89), $E_{lab}=10$ GeV, $\theta_{lab}=119^\circ$)



\tilde{P} from \tilde{q} : $\frac{K^-}{\tilde{p}} \simeq \frac{D_{\tilde{q} \rightarrow K^-}}{D_{\tilde{q} \rightarrow \tilde{p}}} \simeq 10$



(Boyarinov et al., YaF (91,93),
 $E_{\text{lab}}=10$ GeV, $\theta_{\text{lab}}=119^\circ$ and
 $\theta_{\text{lab}}=97^\circ$)

**Again in favor
of multiquarks!**

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.

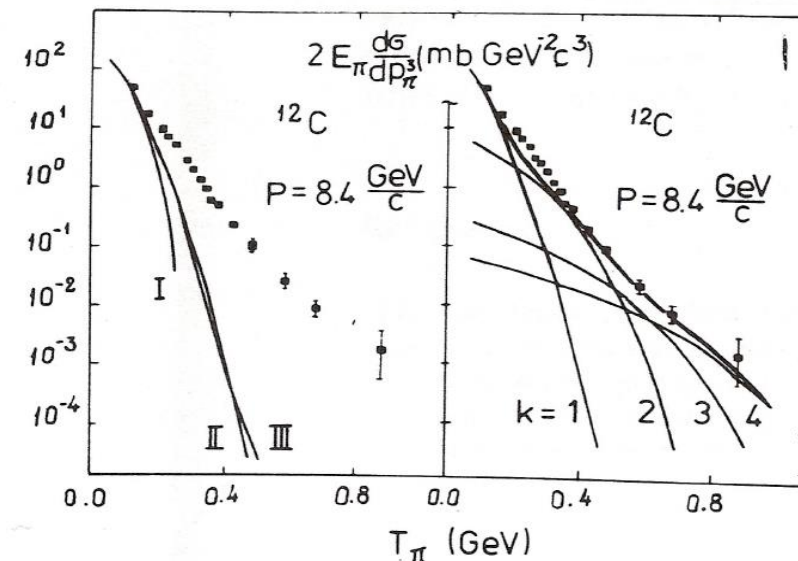


Fig. 1. (a) Calculations of the invariant pion production cross section for ^{12}C : I – for the free proton target; II – with fermi motion; III – the relativization effect. (b) The contributions of separate fluctuons with mass $M_k = km_p$ where k is the order of cumulativity.

Fluctons Probability inside nuclei

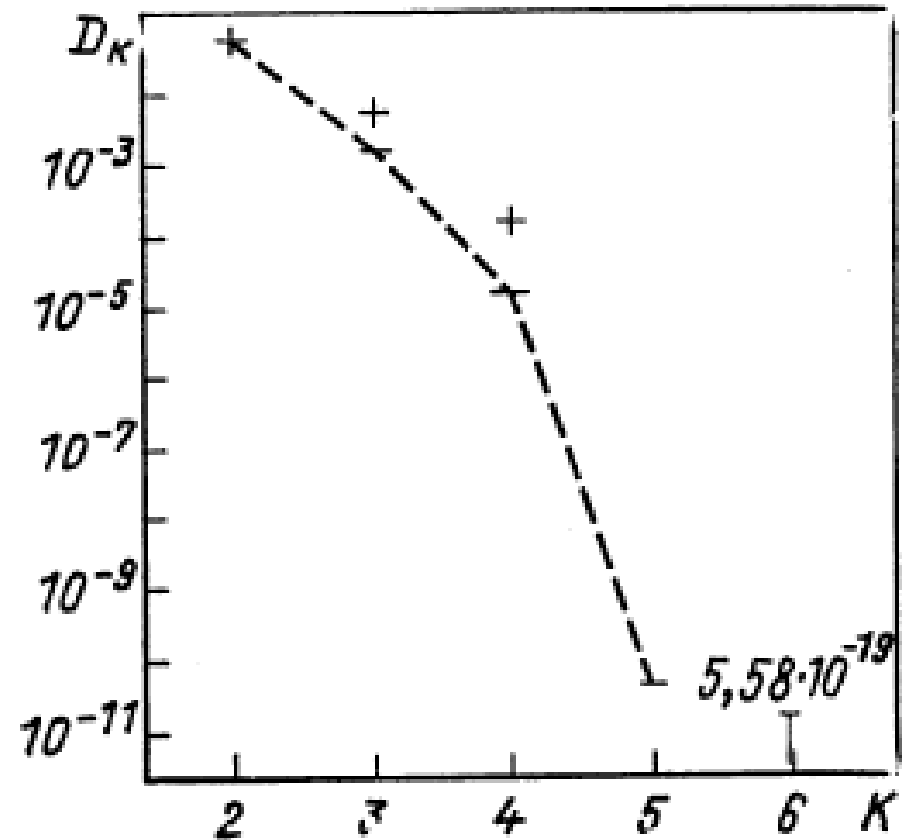


Рис. 19. Вероятность существования флуктонов с k нуклонами в ядрах

D.I. Blokhintsev, A.V. Efremov, V.K. Lukjanov, A.I. Titov

JINR, Dubna

Abstract

The report summarizes the results of a series of works made recently in JINR, which explore the hypothesis about "fluctuons", i.e. multibaryon configurations of the mass $k m_{\text{nucleon}}$ and correlation region of an order of elementary particles.

The probability of fluctuon-formation is calculated by the "quark bag" model. It is argued that the cumulative production is due to the hard scattering process (similar to high p_{\perp} hadron production) of beam particle partons with partons of a fluctuon considered as a hadron made of $3k$ quarks.

The model explains many qualitative and quantitative features of cumulative processes: The yield of cumulative hadrons, polarization of baryons, elastic and deep inelastic scattering and so on. All this gives right to consider the cumulative processes as a new source of information about quark dynamics at small distance.

* A report submitted to the XIX International Conference on High Energy Physics, Tokyo, 1978.

I. Fluctuons

It is as early as the fifties theoretists became interested in the appearance of "above-barrier fragments" /1/. The phenomenon consists in knocking out by protons of light nuclei (fragments) from heavier nuclei when the momentum transferred to a light nucleus is much larger than the binding energy of this nucleus.

At the same time, the hypothesis /2/ has been proposed that a large momentum can be transferred to a complex system of nucleons as a whole only when at the moment of collision with an incident particle a number of internuclear nucleons are inside a small volume, due to quantum fluctuations, and takes the momentum transfer as a unique particle with mass $M_k = km$ (m is the nucleon mass, k the number of nucleons in the group). A multi-nucleon formation of this type has recently been called as a "fluctuon".

1. Adjgirey L.S. et al. JETP, 33 (1957) 1185.
2. Blokhintsev D.I. JETP, 33 (1957) 1295.

PHYSICAL REVIEW

A journal of experimental and theoretical physics established by E. L. Nichols in 1893

SECOND SERIES, VOL. 72, No. 1

JULY 1, 1947

On the Production of Mesotrons by Nuclear Bombardment

W. G. McMILLAN† AND E. TELLER
University of Chicago, Chicago, Illinois

(Received March 27, 1947)

Mesotron production by nuclear bombardment with fast, heavy particles has been investigated theoretically in a semi-quantitative way to determine the expected threshold energies, the cross sections, and their energy dependence. Whereas a treatment in which the target nucleons are assumed to be at rest predicts a requisite incident energy of ~ 210 Mev, the present treatment, based on the Fermi degenerate gas model, finds the threshold incident energy as ~ 95 Mev. The threshold is somewhat higher for positive than for negative mesotrons. The cross

section for single mesotron production, evaluated from the accessible volume in momentum space, is found to vary with the fractional excess energy, ϵ , as $\epsilon^{3.5}$ in the scalar or axial-vector theories; at low values of ϵ , a small difference in the energy dependence for negative and positive mesotrons arises from the necessity of giving the former a non-zero initial kinetic energy. For the pseudo-scalar and the polar-vector theories, the matrix element for mesotron emission is proportional to the momentum of the mesotron. This changes the power law to $\epsilon^{4.5}$.

INTRODUCTION

IN treatments of collisions between nuclei and high energy incident particles, it is often assumed as a first approximation that the constituent nucleons of the target nucleus may be considered as essentially free. For the case in which the desired result of the collision is the production of a mesotron (having rest-mass μ), the energy of the incident particle relative to the particular nucleon with which it collides must be at least μc^2 . If the nucleon has only the small velocity of the nucleus as a whole, nearly all the relative energy must be supplied by the incident particle; in the limit of zero-nucleon velocity this predicts for an incident proton or neutron a requisite energy just twice the rest-mass of the mesotron,¹ or about 210 Mev.

A more refined calculation should take account

† Guggenheim Fellow, 1946–1947.
¹ We shall employ the value $\mu = 202$ electron masses (≈ 103 Mev), as recently determined by W. B. Fretter, *Phys. Rev.* **70**, 625 (1946); see also D. J. Hughes, *Phys. Rev.* **71**, 387 (1947).

of a possible contribution of the target-nucleon velocity to the relative energy, of any change in potential energy for the over-all process, and possibly also the effect of the inter-nucleonic forces. At least the first two of these refinements may be made rather easily. We shall use as our nuclear model the usual² degenerate Fermi gas mixture of protons and neutrons at zero temperature. Such a model is admittedly very crude, but will serve to determine orders of magnitude.

The limiting energy—the so-called “Fermi energy,” E_F —of the degenerate gas sets an approximate upper limit, p_F , to the permissible momenta of the target nucleons. Using this maximum momentum, directed anti-parallel to the path of the incident particle, it is readily seen that a lowering of the required incident energy is obtained. Furthermore, if the incident particle is captured without ejection of other nucleons its binding energy is released. However, since all the lowest states within the degenerate gas are filled

² H. A. Bethe, *Rev. Mod. Phys.* **9**, 82 (1937), ¶53A.

Antiproton discovery (1955)

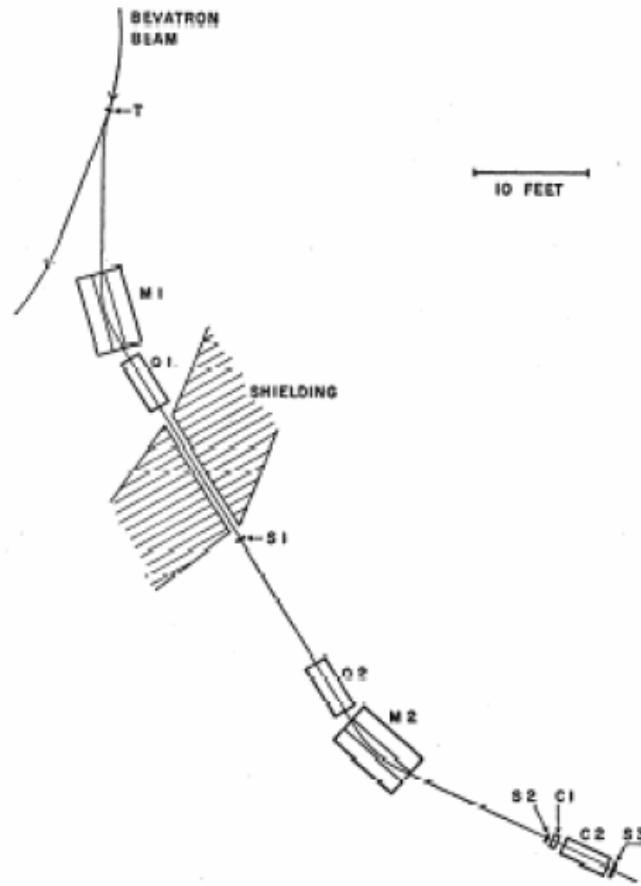
Threshold energy for antiproton (\bar{p}) production in proton – proton collisions

Baryon number conservation \Rightarrow simultaneous production of \bar{p} and p (or \bar{p} and n)

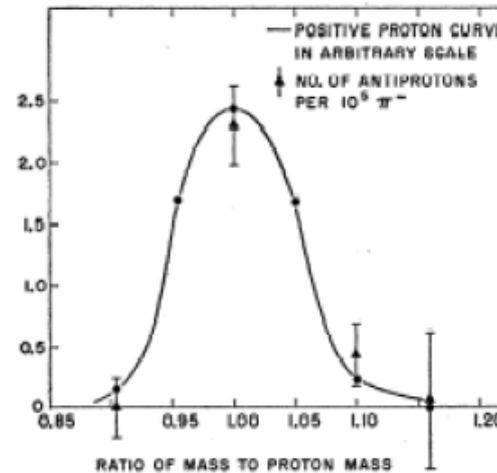
Example: $p + p \rightarrow p + p + \bar{p} + p$

Threshold energy ~ 6 GeV

“Bevatron”: 6 GeV
proton synchrotron in Berkeley



- build a beam line for 1.19 GeV/c momentum
- select negatively charged particles (mostly π^-)
- reject fast π^- by Čerenkov effect: light emission in transparent medium if particle velocity $v > c/n$ (n : refraction index) – antiprotons have $v < c/n \Rightarrow$ no Čerenkov light
- measure time of flight between counters S_1 and S_2 (12 m path): 40 ns for π^- , 51 ns for antiprotons



**For fixed momentum,
time of flight gives
particle velocity, hence
particle mass**

Observation of Antiprotons*

OWEN CHAMBERLAIN, EMILIO SEGRÈ, CLYDE WIEGAND,
AND THOMAS YPSILANTIS

*Radiation Laboratory, Department of Physics, University of
California, Berkeley, California*

(Received October 24, 1955)

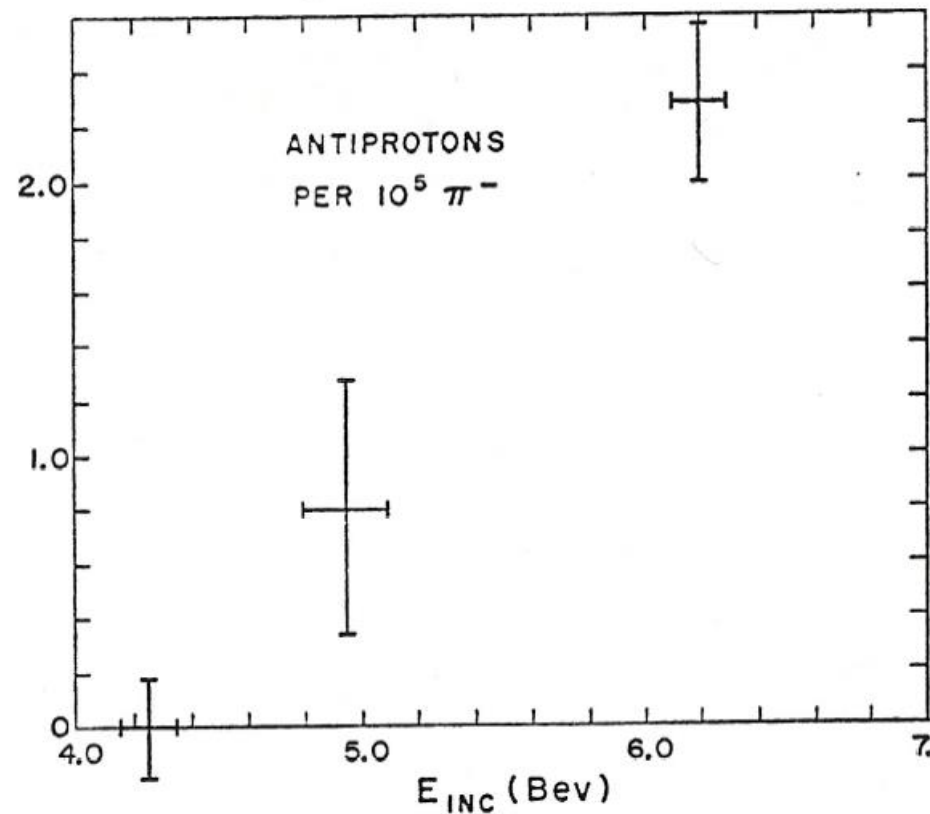


FIG. 5. Excitation curve for the production of antiprotons relative to meson production as a function of Bevatron beam energy.

Subthreshold Antiproton Production in $^{28}\text{Si} + ^{28}\text{Si}$ Collisions at 2.1 GeV/Nucleon

J. B. Carroll,⁽¹⁾ S. Carlson,⁽¹⁾ J. Gordon,⁽¹⁾ T. Hallman,⁽⁴⁾ G. Igo,⁽¹⁾ P. Kirk,⁽⁵⁾ G. F. Krebs,⁽³⁾ P. Lindstrom,⁽³⁾ M. A. McMahan,⁽³⁾ V. Perez-Mendez,⁽³⁾ A. Shor,⁽²⁾ S. Trentalange,⁽¹⁾ and Z. F. Wang⁽¹⁾

⁽¹⁾University of California at Los Angeles, Los Angeles, California 90024

⁽²⁾Brookhaven National Laboratory, Upton, New York, 11973

⁽³⁾Lawrence Berkeley Laboratory, Berkeley, California 94720

⁽⁴⁾Johns Hopkins University, Baltimore, Maryland 21218

⁽⁵⁾Louisiana State University, Baton Rouge, Louisiana 70803

(Received 12 December 1988; revised manuscript received 16 February 1989)



We report on the first observation of subthreshold antiproton production in nucleus-nucleus collisions. This measurement was made for the system $^{28}\text{Si} + ^{28}\text{Si}$ at a bombarding energy of 2.1 GeV/nucleon (kinetic energy per NN pair in the c.m. frame ~ 850 MeV). A differential cross section $d^2\sigma/dP d\Omega$ of 80 ± 40 nb/sr (GeV/c) was measured for \bar{p} production at 1.9 GeV/c and 0° . This result is 3 orders of magnitude larger than that predicted by a calculation incorporating internal motion of the nucleons in the colliding nuclei.

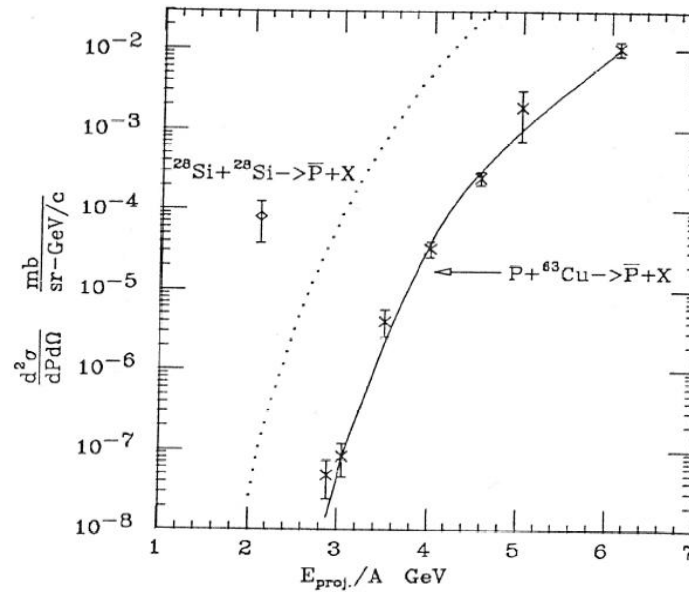


FIG. 3. Subthreshold antiproton production in $p + \text{Cu}$ collisions (\times) and a comparison with \bar{p} production in $\text{Si} + \text{Si}$ collisions (\diamond). Solid line is a calculation for $p + \text{Cu} \rightarrow \bar{p} + X$ incorporating a double-Gaussian distribution for the internal nuclear momentum (Ref. 11). Dotted line is the same calculation for $\text{Si} + \text{Si} \rightarrow \bar{p} + X$.

Forward K^+ Production in Subthreshold pA Collisions at 1.0 GeV

V. Koptev,¹ M. Büscher,² H. Junghans,² M. Nekipelov,^{1,2} K. Sistemich,² H. Ströher,² V. Abaev,¹ H.-H. Adam,³ R. Baldauf,⁴ S. Barsov,¹ U. Bechstedt,² N. Bongers,² G. Borchert,² W. Borgs,² W. Bräutigam,² W. Cassing,⁵ V. Chernyshev,⁶ B. Chiladze,⁷ M. Debowski,⁸ J. Dietrich,² M. Drochner,⁴ S. Dymov,⁹ J. Ernst,¹⁰ W. Erven,⁴ R. Esser,^{11,*} P. Fedorets,⁶ A. Franzen,² D. Gotta,² T. Grande,² D. Grzonka,² G. Hansen,¹² M. Hartmann,² V. Hejny,² L. v. Horn,² L. Jarczyk,¹³ A. Kacharava,⁹ B. Kamys,¹³ A. Khoukaz,³ T. Kirchner,⁸ S. Kistryn,¹³ F. Klehr,¹² H. R. Koch,² V. Komarov,⁹ S. Kopyto,² R. Krause,² P. Kravtsov,¹ V. Kruglov,⁹ P. Kulesa,^{2,15} A. Kulikov,^{9,14} V. Kurbatov,⁹ N. Lang,³ N. Langenhagen,⁸ I. Lehmann,² A. Leppes,² J. Ley,¹¹ B. Lorentz,² G. Macharashvili,^{7,9} R. Maier,² S. Martin,² S. Merzliakov,⁹ K. Meyer,² S. Mikirtychiants,¹ H. Müller,⁸ P. Munhofen,² A. Mussgiller,² V. Nelyubin,¹ M. Nioradze,⁷ H. Ohm,² A. Petrus,⁹ D. Prasuhn,² B. Prietzschk,⁸ H. J. Probst,² D. Protic,² K. Pysz,¹⁵ F. Rathmann,² B. Rimarzig,⁸ Z. Rudy,¹³ R. Santo,³ H. Paetz gen. Schieck,¹¹ R. Schleichert,² A. Schneider,² Chr. Schneider,⁸ H. Schneider,² G. Schug,² O. W. B. Schult,² H. Seyfarth,² A. Sibirtsev,² J. Smyrski,¹³ H. Stechemesser,¹² E. Steffens,¹⁶ H. J. Stein,² A. Strzalkowski,¹³ K.-H. Watzlawik,² C. Wilkin,¹⁷ P. Wüstner,⁴ S. Yashenko,⁹ B. Zalikhanov,⁹ N. Zhuravlev,⁹ P. Zolnierczuk,¹³ K. Zvoll,⁴ and I. Zychor¹⁸

K^+ -meson production in pA ($A = C, Cu, Au$) collisions has been studied using the ANKE spectrometer at an internal target position of the COSY-Jülich accelerator. The complete momentum spectrum of kaons emitted at forward angles, $\vartheta \leq 12^\circ$, has been measured for a beam energy of $T_p = 1.0$ GeV, far below the free NN threshold of 1.58 GeV. The spectrum does not follow a thermal distribution at low kaon momenta and the larger momenta reflect a high degree of collectivity in the target nucleus.

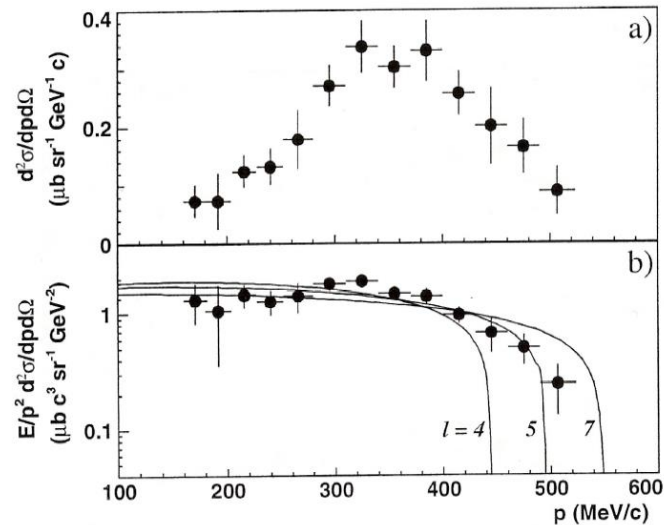


FIG. 2. (a) Double differential K^+ -production cross section for the $p(1.0 \text{ GeV})^{12}\text{C} \rightarrow K^+(\vartheta \leq 12^\circ)X$ reaction as a function of the K^+ momentum. (b) Same data plotted as invariant cross section. The error bars are purely statistical. The overall normalization uncertainty is estimated to be 10%. The solid lines describe the behavior of the invariant cross section within a phase-space approximation [Eq. (2)].

KYMYAOTUB

Pion production: A probe for coherence in medium-energy heavy-ion collisions

J. Stachel, P. Braun-Munzinger, R. H. Freifelder,* P. Paul, S. Sen, P. DeYoung,[†] and P. H. Zhang[‡]
Department of Physics, State University of New York at Stony Brook, Stony Brook, New York 11794

T. C. Awes, F. E. Obenshain, F. Plasil, and G. R. Young
Physics Division, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee 37831

R. Fox and R. Ronningen
*National Superconducting Cyclotron Laboratory, Michigan State University,
 East Lansing, Michigan 48824
 (Received 19 November 1985)*

The production of neutral pions has been studied in reactions of 35 MeV/nucleon $^{14}\text{N} + ^{27}\text{Al}, \text{Ni}, \text{W}$ and 25 MeV/nucleon $^{16}\text{O} + ^{27}\text{Al}, \text{Ni}$. Inclusive pion differential distributions $d\sigma/dT_\pi$, $d\sigma/d\Omega$, $d\sigma/dy$, $d\sigma/dp_\perp$, and $d^2\sigma/dy dp_\perp$ have been measured by detecting the two pion-decay γ rays in a setup of 20 lead glass Čerenkov detector telescopes. Special care was taken to understand and suppress background events. Effects of pion reabsorption are discussed and it is found that the cross sections presented here are substantially affected by such final state interactions. The comparatively large experimental cross sections and the shape of the spectral distributions cannot be accounted for in single nucleon-nucleon collision or statistical models; they rather call for a coherent pion production mechanism.

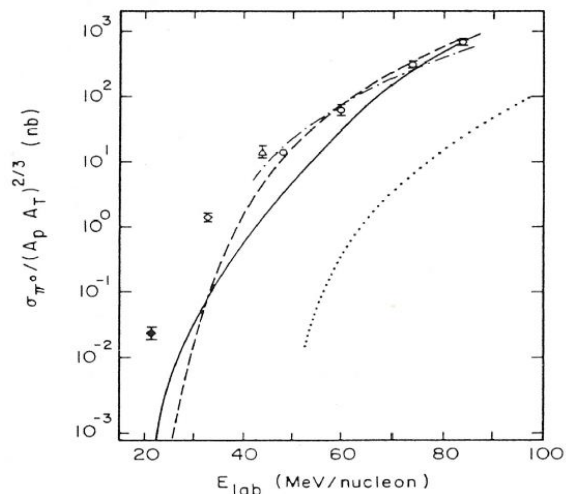


FIG. 13. Experimental integrated pion production cross sections divided by $(A_p A_T)^{2/3}$ for different beam energies. The different symbols signify $^{16}\text{O} + ^{27}\text{Al}, \text{Ni}$ (closed diamond, present data), $^{14}\text{N} + ^{27}\text{Al}, \text{Ni}, \text{W}$ (open diamond, present data), $^{40}\text{Ar} + ^{40}\text{Ca}$ (open triangle, Ref. 9), and $^{12}\text{C} + ^{12}\text{C}$ (open circles, Refs. 8 and 10). Also shown are results of a single nucleon-nucleon hard scattering model (Ref. 23) (dotted line), the extended phase space model (Ref. 27) (dashed line), a thermal model (Ref. 30) (solid line), and the bremsstrahlung model (Ref. 38) (dashed dotted line).

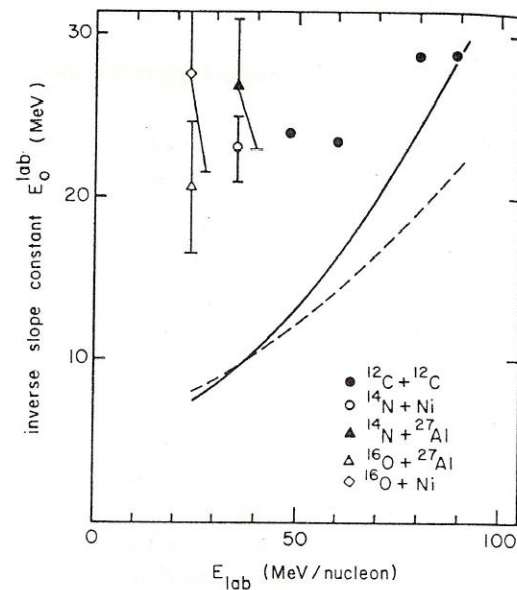


FIG. 14. Experimentally determined slope constants E_0 of pion kinetic energy spectra plotted as a function of beam energy/nucleon. For C + C spectra see Refs. 8 and 10. The solid and dashed lines correspond to predictions of Refs. 30 and 27, respectively. For details see the text.

ЕДИНЫЙ АЛГОРИТМ ВЫЧИСЛЕНИЯ ИНКЛЮЗИВНЫХ СЕЧЕНИЙ
РОЖДЕНИЯ ЧАСТИЦ С БОЛЬШИМИ ПОПЕРЕЧНЫМИ ИМПУЛЬСАМИ
И АДРОНОВ КУМУЛЯТИВНОГО ТИПА

В.С.Ставинский

Предложен единый алгоритм вычисления инклюзивных сечений рождения частиц с большими поперечными импульсами и адронов кумулятивного типа. Возможность единого описания этих процессов обусловлена введением нового аргумента – минимальной энергии сталкивающихся конститuentов, необходимой для рождения наблюдаемой частицы. Проведено сравнение с экспериментальными данными.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Unique Algorithm for Calculation of Inclusive
Cross Sections of Particle Production
with Big Transverse Momenta and of Cumulative
Type Hadrons

V.S.Stavinskij

Unique algorithm is proposed for calculating inclusive cross sections of particle production with big transverse momenta and cumulative type hadrons. A possibility of unique description of these processes is due to introduction of a new argument – of minimal energy of colliding constituents needed for the production of observed particle.

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.

Common case for AA-collisions

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

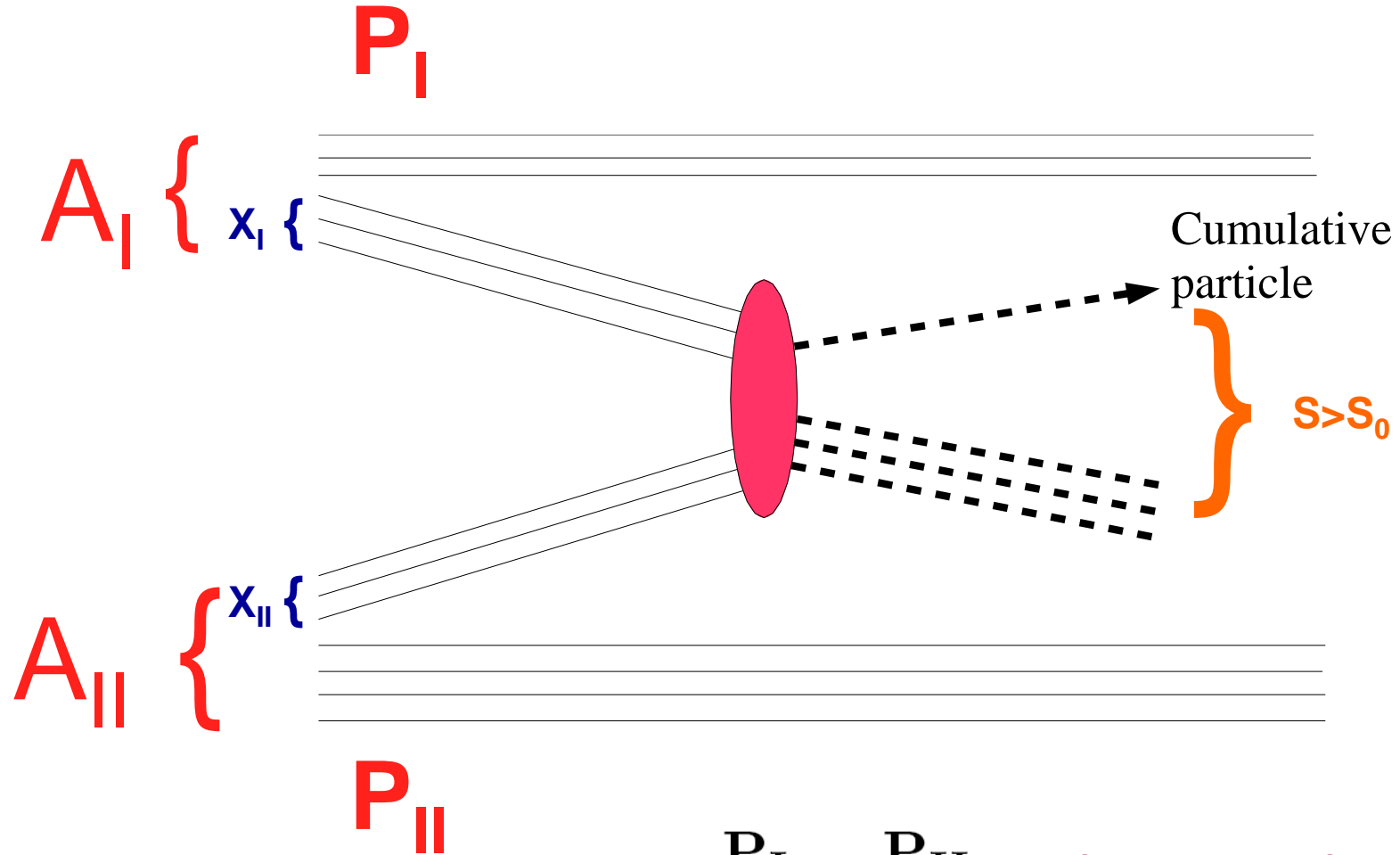
$$(X_I \cdot M_I) + (X_{II} \cdot M_{II}) \rightarrow m_c + [X_I \cdot M_I + X_{II} \cdot M_{II} + m_2]$$

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

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

Quark-parton model

$$(X_I \cdot P_I) + (X_{II} \cdot P_{II}) \rightarrow M(X_I, X_{II})$$



$$s_0 = \left(\frac{P_I}{A_I} + \frac{P_{II}}{A_{II}} \right)^2 \quad \text{kinematic limit for free NN-interaction}$$

ВОЗМОЖЕН ЛИ ЕДИНЫЙ ПОДХОД К ПОДПОРОГОВЫМ И КУМУЛЯТИВНЫМ ПРОЦЕССАМ В РЕЛЯТИВИСТСКИХ ЯДЕРНЫХ СТОЛКНОВЕНИЯХ?

А.А.Балдин*

Предлагается единый подход к описанию подпороговых, кумулятивных и дважды кумулятивных процессов на основе гипотезы об автомодельности релятивистских ядерных столкновений. Расчеты, проведенные в рамках предложенной модели, сравниваются с разнообразными экспериментальными данными.

Работа выполнена в Институте ядерных исследований РАН, Москва.

**Is the Universal Approach
to the Subthreshold and Cumulative Processes
in Relativistic Nuclear Collisions Possible?**

A.A.Baldin

The universal approach to the description of subthreshold, cumulative and twice-cumulative processes based on the self-similarity hypothesis is presented and applied to the various reactions. Large experimental material including nucleus-nucleus and proton-nucleus interactions is analyzed.

The investigation has been performed at the Institute for Nuclear Research, Russian Academy of Sciences, Moscow

A.A. Baldin's description

Phys. At. Nucl. [56\(3\)](#), p.385(1993)

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

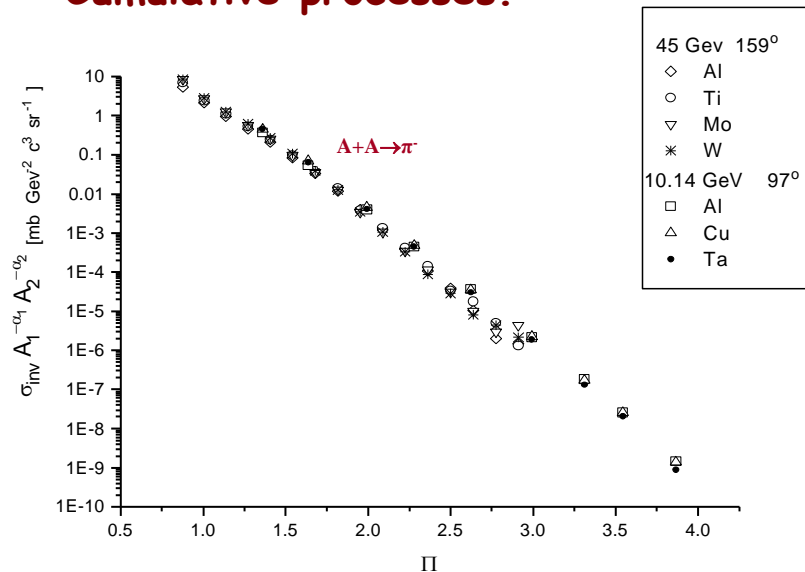
$$\gamma_{I,II} = \frac{(P_I \cdot P_{II})}{M_I \cdot M_{II}}$$

Inclusive data

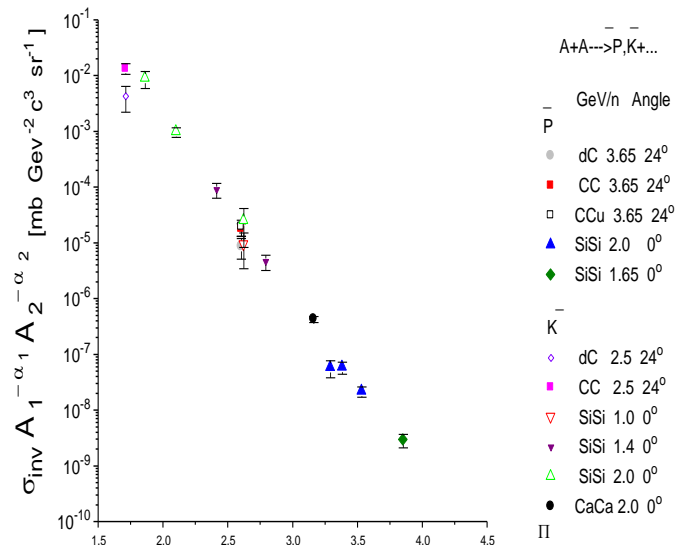
$$E \cdot \frac{d^3 \sigma}{dp^3} = C_1 \cdot A_I^{\frac{1}{3} + \frac{X_I}{3}} \cdot A_{II}^{\frac{1}{3} + \frac{X_{II}}{3}} \cdot \exp\left(-\frac{\Pi}{C_2}\right),$$

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

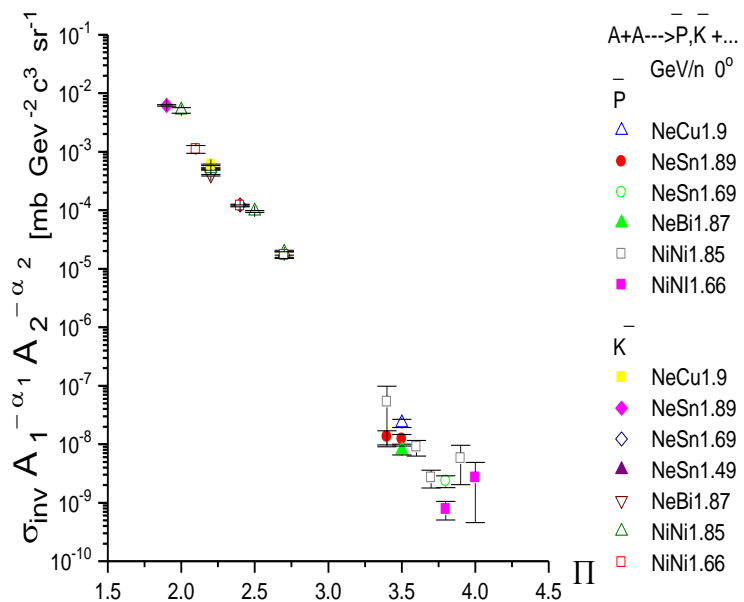
Cumulative processes.



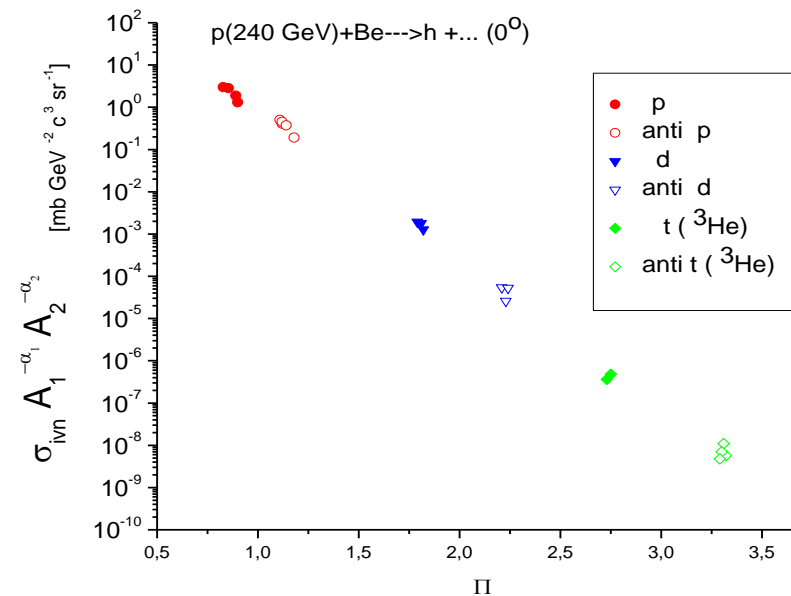
Twice cumulative processes.



Twice cumulative deep subthreshold processes with heavy nuclei.



Antimatter production.



PROSPECTS FOR CONSTITUENT(COLOR) QUARK CONDENSATE OF NUCLEAR MATTER STUDY AT NUCLOTRON AND ...

S.S. Shimanskiy[†]

Other proof can be received using the "flucton" model. In the frame of "flucton" model the cumulative cross section for $pA \rightarrow h + X$ reactions can be describe by

$$\sigma \sim P_K \cdot G_{h/K}(K),$$

where P_K is a probability to find the "flucton" consisting of K nucleons inside the nucleus. The $G_{h/K}(K)$ gives probability to produce hadron h by this "flucton". Main features of these models are existence of the "fluctons" with some probability and universal function which describe fragmentation "fluctons" into hadrons. Deep subthreshold particle production can be described by "flucton" - "flucton" — interactions in reactions $AA \rightarrow h + X$. If it so the cross section is

$$\sigma \sim G_{h/K}^2(K).$$

The parametrization from the item 1) give possibility direct estimation the slope of subthreshold particle production from the cumulative slope

$$T_0^{subthreshold} \approx \frac{T_0^{cumulative}}{2}. \quad (1)$$

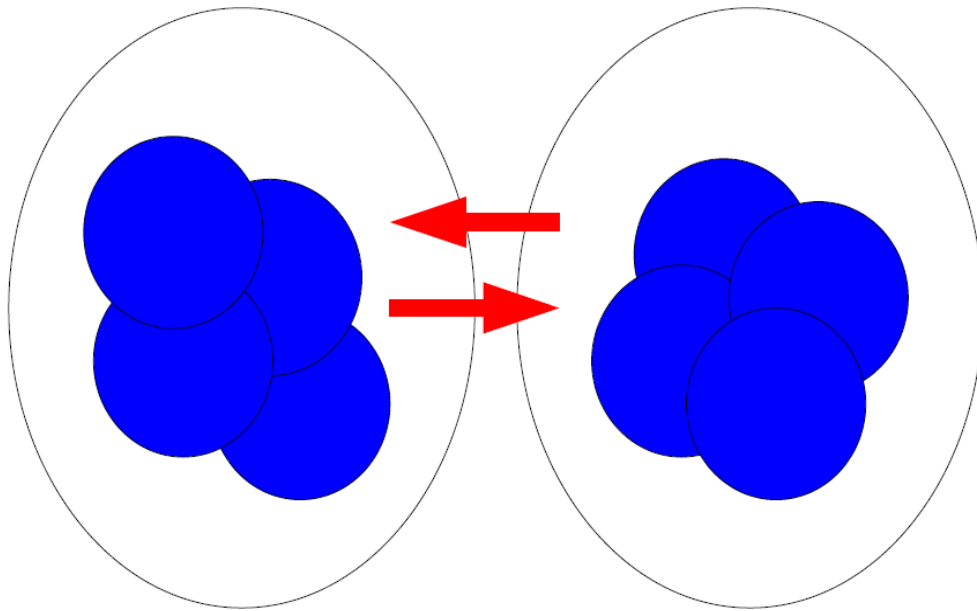
Comparison of the slopes for the cumulative pions [13] (at energy greater 4 GeV, $T_0^{cumulative} \simeq 60 MeV$) and the subthreshold pions [14] (at energy less 40 MeV/u, $T_0^{subthreshold} \simeq 27 MeV$) shows very nice coincidence with relation (1).

Subthreshold flucton-flucton production

Proceedings of the XIX International Baldin Seminar on High Energy Physics Problems, vol.II, 21-32, Dubna, 2008.

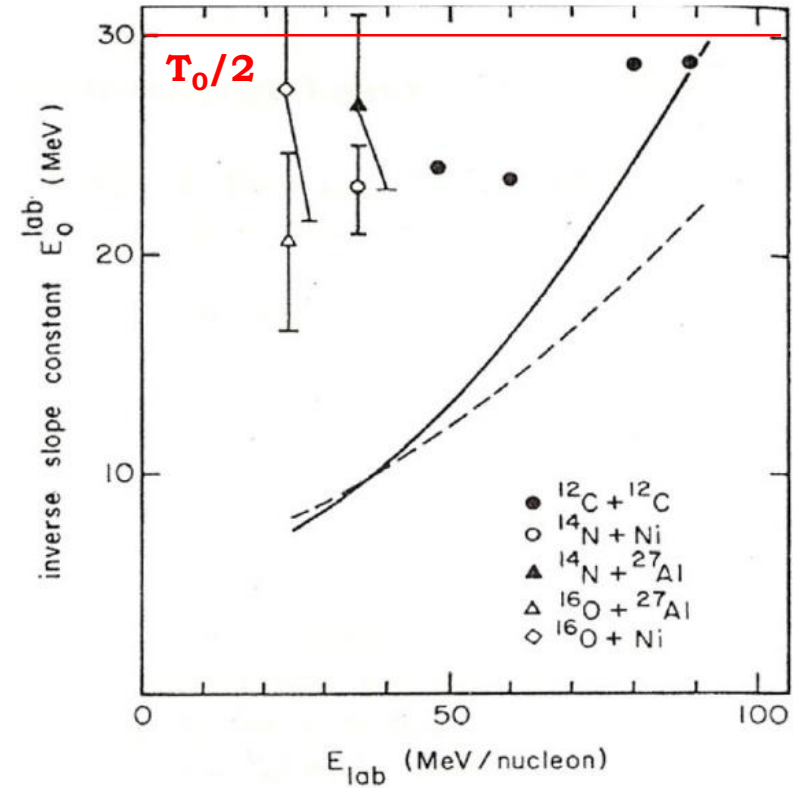
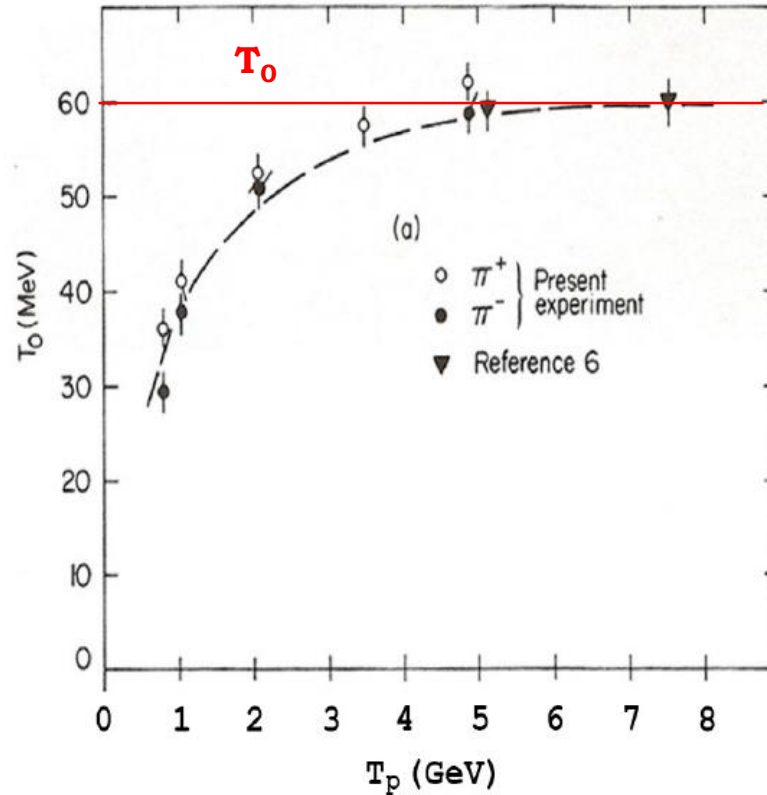
PROSPECTS FOR CONSTITUENT(COLOR) QUARK CONDENSATE OF
NUCLEAR MATTER STUDY AT NUCLOTRON AND ...

S.S. Shimanskiy[†]



$$\sigma_h \sim P_K^2 \cdot G_{h/K}^2(K)$$

Inverse slope for subthreshold production must be the less then $T_0/2$
(near the phase space border).



$$P_{cum} \sim \exp(-T/T_0) \quad \Rightarrow \quad P_{subthresh} \sim \exp(-T/T_0) \cdot \exp(-T/T_0) \sim \exp(-T/(T_0/2))$$

Cumulative particle production pA collisions at 10 GeV/c

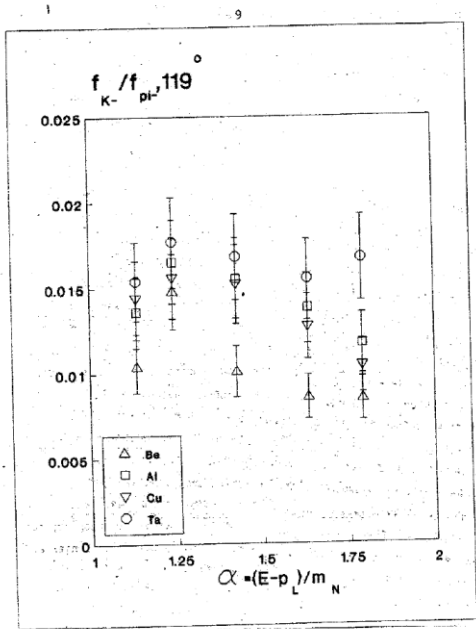
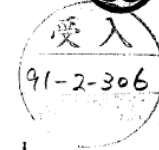


Fig.5a. The ratio $R_{K^-} = f_{K^-}(\alpha) / f_{p_{119}}(\alpha)$ as a function of light cone variable $\alpha = (E - p_L) / m_N$.

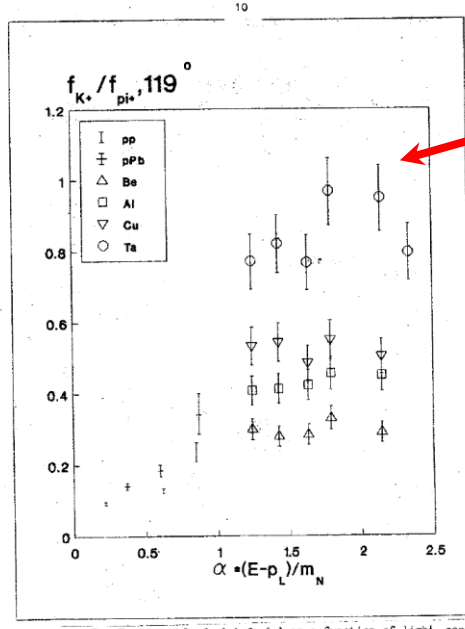
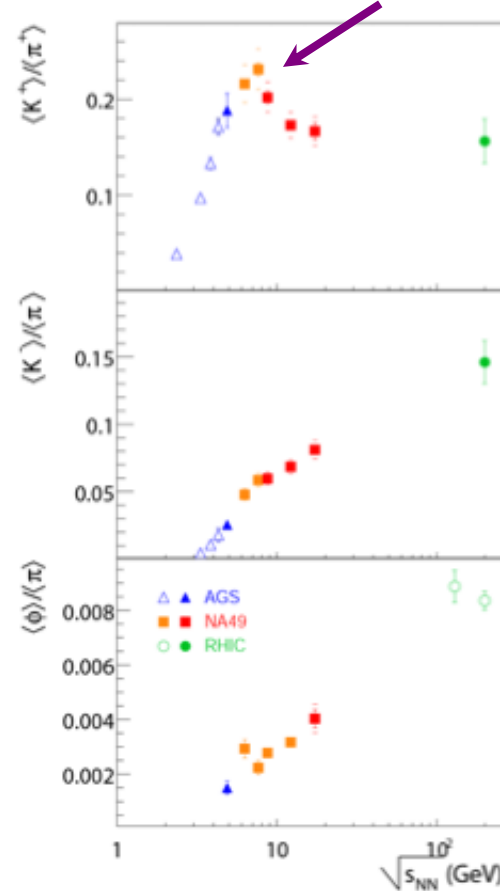


Fig.5b. The ratio $R_{K^+} = f_{K^+}(\alpha) / f_{p_{119}}(\alpha)$ as a function of light cone variable $\alpha = (E - p_L) / m_N$.

"The Horn"

"The Horn"



NA49 Phys.Rev.C66:054902,2002

Plot from Claudia Hoehne, QM'05

S.V.Bojarinov, I.I.Evseev, S.A.Gerson, Yu.T.Kiselev,
G.A.Leksin, A.N.Martemyanov, K.R.Mikhailov,
Yu.V.Terekhov, V.A.Sheinkman

THE CUMULATIVE HADRON PRODUCTION
AND QUARK GLUON PLASMA
Submitted to International Conference
Quark Matter 90, Menton, France,
7 to 11 May, 1990

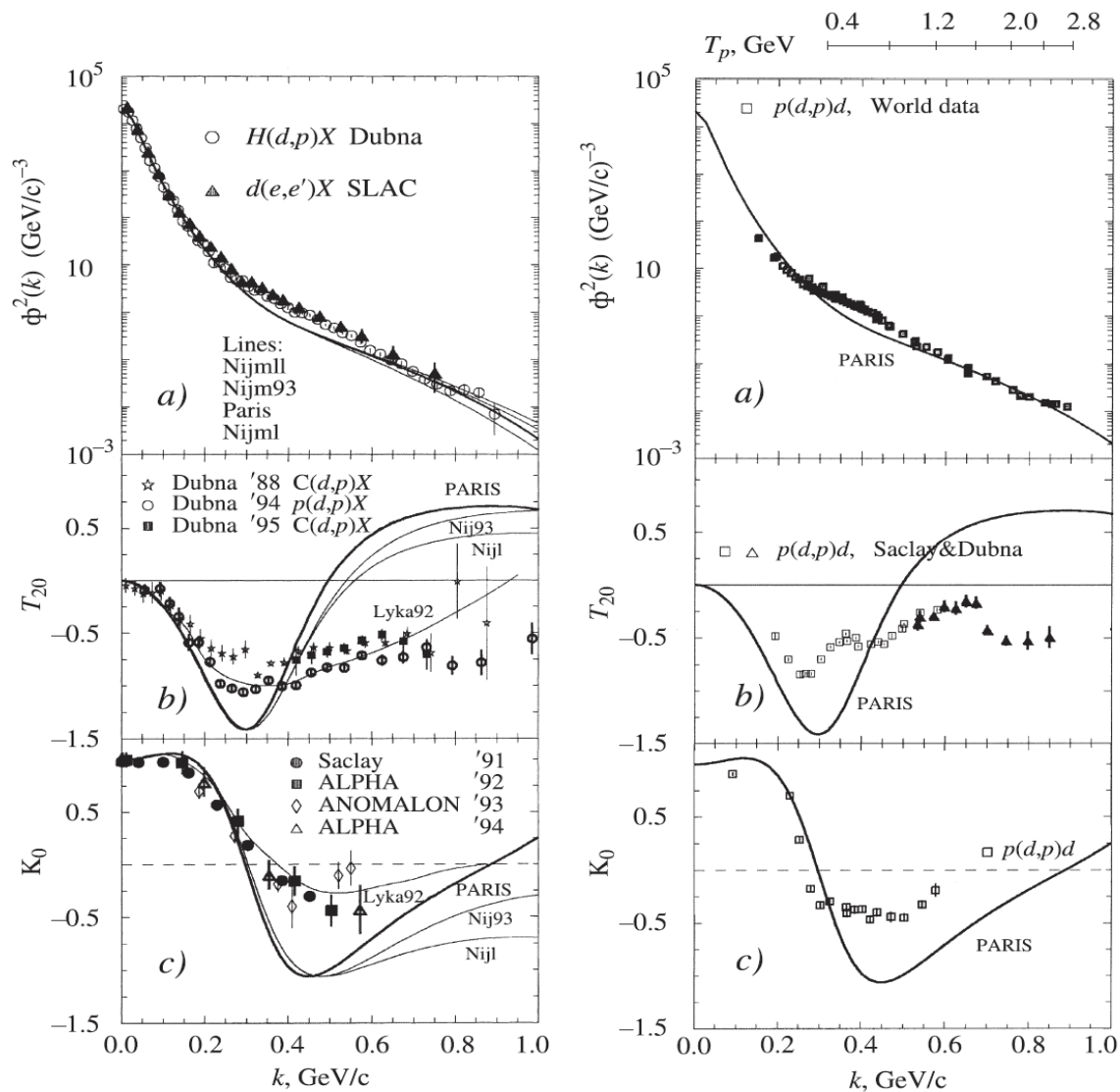
MOSCOW 1990

CURRENT EXPERIMENTS USING POLARIZED
BEAMS OF THE JINR VBLHE ACCELERATOR
COMPLEX

Fiz. Elem. Chast. At. Yadra. 2005. V. 36. P. 954

F. Lehar

DAPNIA, CEA/Saclay, Gif-sur-Yvette Cedex, France



LINC2008 20.06.2008

Рис. 5. Сводка данных экспериментов по фрагментации (слева) и упругому рассеянию «назад» (справа) поляризованных и неполяризованных дейтронов

INTERMEDIATE ENERGY NUCLEAR PHYSICS WITH
POLARISED DEUTERON BEAMS

COLIN WILKIN

University College London, London WC1E 6BT, G.B.

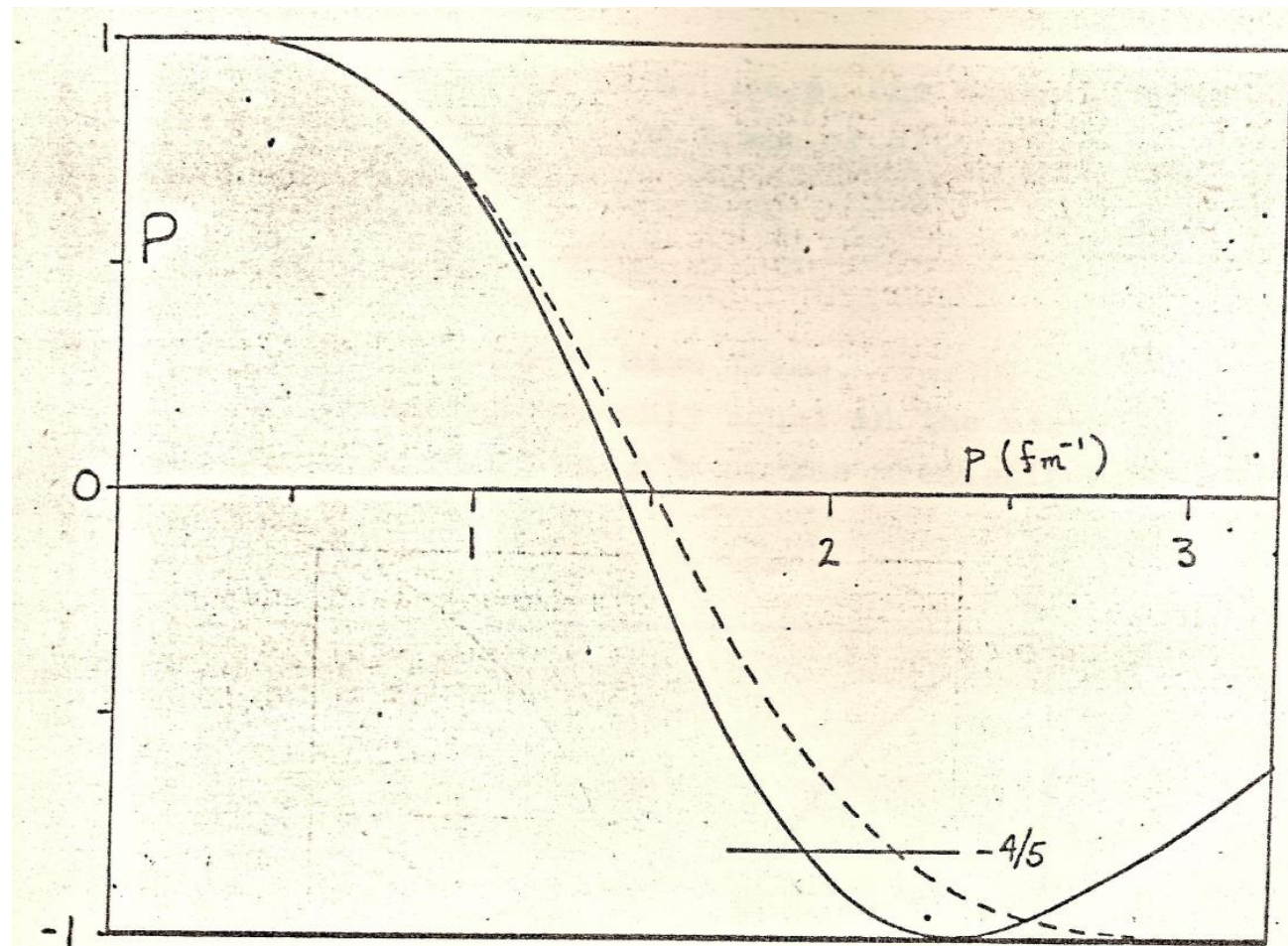


Fig.4 : Predicted proton polarisation in an $M = 1$ deuteron with \vec{p} in the x-y plane. The brokenline results from the McGee wave function [3], the solid from the Humberston [2].

DIS in the cumulative
region.

K.Rith From Nuclei to Nucleons (Summary)

Nuclear Physics A532 (1991) 3c-14c

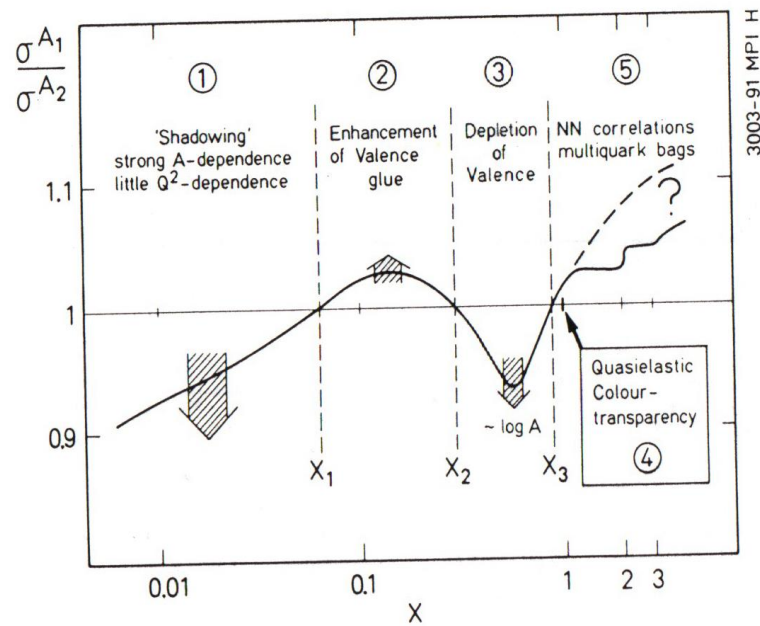


Figure 1. Global behaviour of nuclear effects in parton distributions

Region 1: $0 < x < x_1 \approx 0.06$ ($z > 3$ fm)

In this region the dominant contribution to the cross section comes from sea quarks, the essential longitudinal distances z involved in the deep inelastic interaction are $z > 3$ fm, much bigger than the size of individual nucleons. $R^A(x)$ is smaller

Region 5: $x_3 < x < x_A$

For a nucleus with atomic mass A the quark distributions can in principle extend to $x_A = A$. $R^A(x)$ is bigger than one. Its behaviour is strongly influenced by Fermi-motion, final state interactions, nucleon-nucleon correlations, or the formation of multiquark clusters. Experimentally this region is essentially unexplored.

than one. The effect (historically called 'Shadowing') increases with decreasing x , it increases strongly with atomic mass A and depends very little on Q^2 . This behaviour is also observed in the antiquark distributions $\bar{q}(x)$, measured in the Drell-Yan process.

Region 2: $x_1 < x < x_2 \approx 0.3$ (3 fm $> z > 0.7$ fm)

$R^A(x)$ shows a small increase of a few percent above one. This enhancement varies very little with A and Q^2 , it is definitively not due to seaquarks alone but probably dominantly a valence quark effect. There are indications that also the gluon distribution $g(x)$ is enhanced in this region.

Region 3: $x_2 < x < x_3 \approx 0.8$ ($z < 0.7$ fm)

In this region the sea quark distribution is essentially negligible and $R^A(x)$ reflects the behaviour of the valence-quark distributions. $R^A(x)$ is smaller than one with a minimum at $x \approx 0.65$. The effect increases approximately like $\log A$ or the mean nuclear density $\bar{\rho}_A$.

Region 4: $x = 1$

This is the special region of quasielastic scattering where possibly effects of 'colour-transparency' could be observed.

Region 5: $x_3 < x < x_A$

For a nucleus with atomic mass A the quark distributions can in principle extend to $x_A = A$. $R^A(x)$ is bigger than one. Its behaviour is strongly influenced by Fermi-motion, final state interactions, nucleon-nucleon correlations, or the formation of multiquark clusters. Experimentally this region is essentially unexplored.

Nuclear structure functions at $x > 1$

B. W. Filippone, R. D. McKeown, R. G. Milner,* and D. H. Potterveld[†]
 Kellogg Radiation Laboratory, California Institute of Technology, Pasadena, California 91125

D. B. Day, J. S. McCarthy, Z. Meziani,[‡] R. Minehardt, R. Sealock, and S. T. Thornton
 Institute of Nuclear and Particle Physics and Department of Physics, University of Virginia, Charlottesville, Virginia 22901

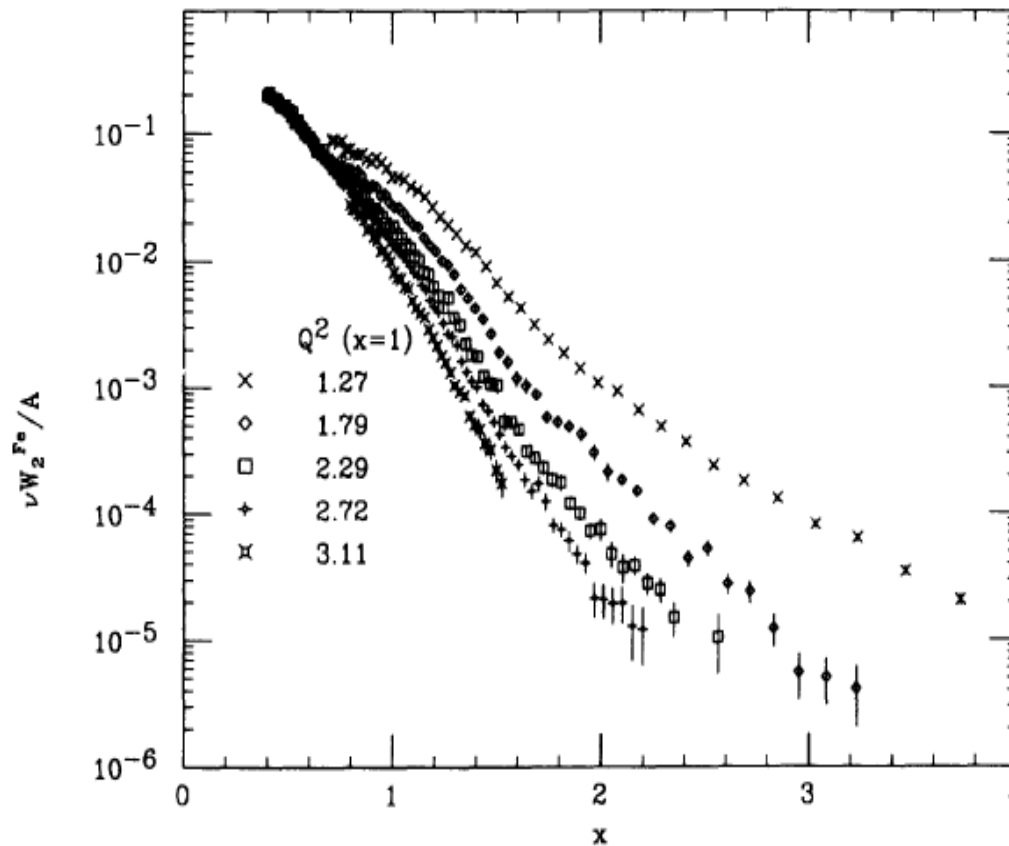


FIG. 1. Measured structure function per nucleon for Fe vs x . The Q^2 value at $x = 1$ is also listed for the different kinematics.

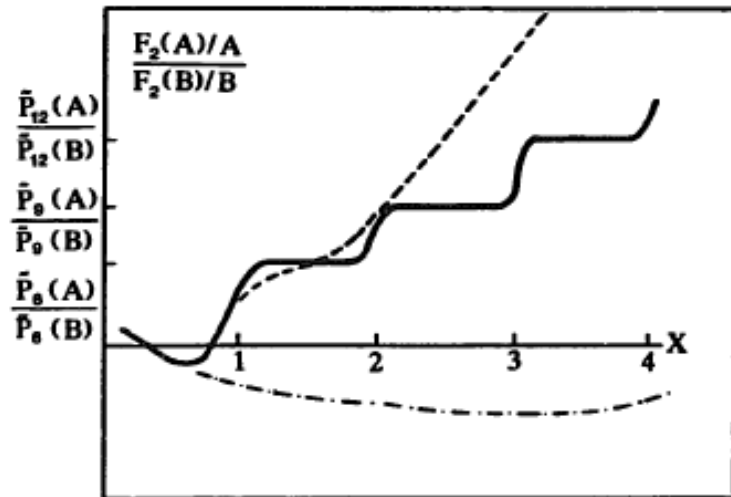


Figure 5. Theoretical predictions for nuclear structure functions at $x > 1$

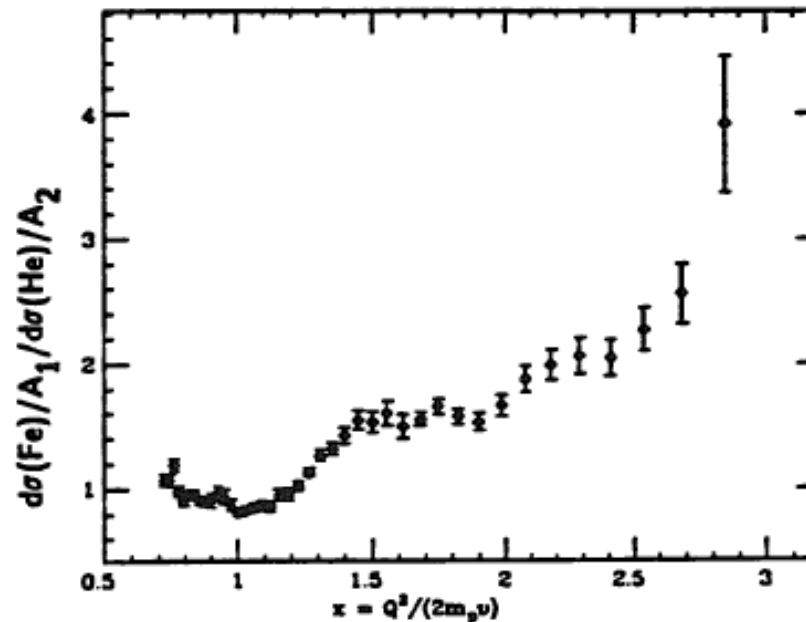


Figure 6. Preliminary results for σ^{Fe}/σ^{He} from NE-2 at SLAC

32 J. Vary, Proceedings of the 7th Int. Conf. on High Energy Physics problems, Dubna 1984,147.

N.P. Zotov, V.A. Saleev, V.A. Tsarev (Lebedev Inst.)

Published in JETP Lett. 40 (1984) 965-968, Pisma Zh.Eksp.Teor.Fiz. 40 (1984) 200-203

Nuclear structure functions in carbon near $x = 1$

BCDMS Collaboration

A.C. Benvenuti, D. Bollini, T. Camporesi¹, L. Monari*, F.L. Navarra
Dipartimento di Fisica dell'Università and INFN, Bologna, ItalyA. Argento², J. Cvach³, W. Lohmann⁴, L. Piemontese⁵
CERN, Geneva, SwitzerlandV.I. Genchev⁶, J. Hladky³, I.A. Golutvin, Yu.T. Kiryushin, V.S. Kiselev, V.G. Krivokhizhin, V.V. Kukhtin,
S. Nemeček³, D.V. Peshekhonov, P. Reimer³, I.A. Savin, G.I. Smirnov, S. Sultanov⁶, A.G. Volodko and J. Začek⁷
Joint Institut for Nuclear Research, Dubna, RussiaD. Jamnik⁸, R. Kopp⁹, U. Meyer-Berkhout, A. Staude, K.-M. Teichert, R. Tirlir¹⁰, R. Voss¹, Č. Zupančič
Sektion Physik der Universität, München, Germany¹¹J. Feltesse, A. Misztajn, A. Ouraou, P. Rich-Hennion, Y. Sacquin, G. Smadja, P. Verrecchia, M. Virchaux
DAPNIA-SPP, Centre d'Etudes de Saclay, CEA, Gif-sur-Yvette, France

Abstract. Data from deep inelastic scattering of 200 GeV muons on a carbon target with squared four-momentum transfer $52 \text{ GeV}^2 < Q^2 < 200 \text{ GeV}^2$ were analysed in the region of the Bjorken variable close to $x = 1$, which is the kinematic limit for scattering on a free nucleon. At this value of x , the carbon structure function is found to be $F_2^C \approx 1.2 \cdot 10^{-4}$. The x dependence of the structure function for $x > 0.8$ is well described by an exponential $F_2^C \propto \exp(-sx)$ with $s = 16.5 \pm 0.6$.

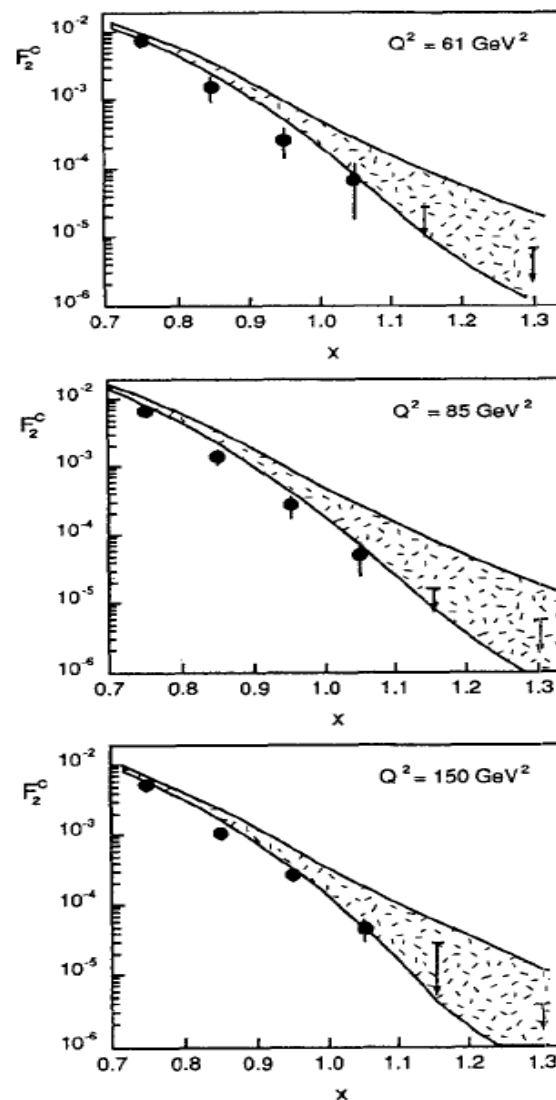


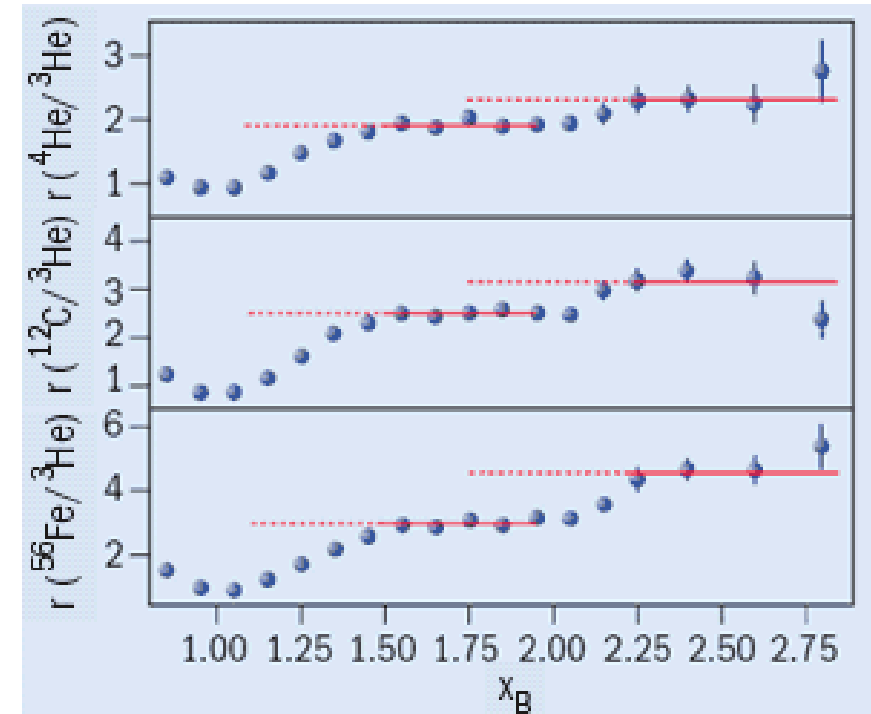
Fig. 7. The nuclear structure function $F_2^C(x)$ as a function of x , at three different values of Q^2 . The hatched regions show the range of predictions of [26]

Measurement of 2- and 3-Nucleon Short Range Correlation Probabilities in Nuclei

K.S. Egiyan,¹ N.B. Dashyan,¹ M.M. Sargsian,¹⁰ M.I. Strikman,²⁸ L.B. Weinstein,²⁷ G. Adams,³⁰ P. Ambrozewicz,¹⁰
M. Anghinolfi,¹⁶ B. Asavapibhop,²² G. Asryan,¹ H. Avakian,³⁴ H. Baghdasaryan,²⁷ N. Baillie,³⁸ J.P. Ball,²

$$r(A, {}^3\text{He}) = \frac{A(2\sigma_{ep} + \sigma_{en})}{3(Z\sigma_{ep} + N\sigma_{en})} \frac{3\mathcal{Y}(A)}{A\mathcal{Y}({}^3\text{He})} C_{\text{rad}}^A, \quad (2)$$

where Z and N are the number of protons and neutrons in nucleus A , σ_{eN} is the electron-nucleon cross section, \mathcal{Y} is the normalized yield in a given (Q^2, x_B) bin [30] and C_{rad}^A is the ratio of the radiative correction factors for A and ${}^3\text{He}$ ($C_{\text{rad}}^A = 0.95$ and 0.92 for ${}^{12}\text{C}$ and ${}^{56}\text{Fe}$ respectively). In our Q^2 range, the elementary cross section correction factor $\frac{A(2\sigma_{ep} + \sigma_{en})}{3(Z\sigma_{ep} + N\sigma_{en})}$ is 1.14 ± 0.02 for C and ${}^4\text{He}$ and 1.18 ± 0.02 for ${}^{56}\text{Fe}$. Fig. 1 shows the resulting ratios integrated over $1.4 < Q^2 < 2.6 \text{ GeV}^2$.



Having these data, we know almost full ($\approx 99\%$) nucleonic picture of nuclei with $A \leq 56$

Fractions Nucleus	Single particle (%)	2N SRC (%)	3N SRC (%)
^{56}Fe	76 $\pm 0.2 \pm 4.7$	23.0 $\pm 0.2 \pm 4.7$	0.79 $\pm 0.03 \pm 0.25$
^{12}C	80 $\pm 0.2 \pm 4.1$	19.3 $\pm 0.2 \pm 4.1$	0.55 $\pm 0.03 \pm 0.18$
^4He	86 $\pm 0.2 \pm 3.3$	15.4 $\pm 0.2 \pm 3.3$	0.42 $\pm 0.02 \pm 0.14$
^3He	92 ± 1.6	8.0 ± 1.6	0.18 ± 0.06
^2H	96 ± 0.8	4.0 ± 0.8	-----

Using the published data on (p,2p+n) [PRL,90 (2003) 042301] estimate the isotopic composition of 2N SRC in ^{12}C

$$a_{2N}(^{12}\text{C}) \approx 20 \pm 0.2 \pm 4.1 \% \longrightarrow a_{pn}(^{12}\text{C}) \approx 12 \pm 4 \%$$

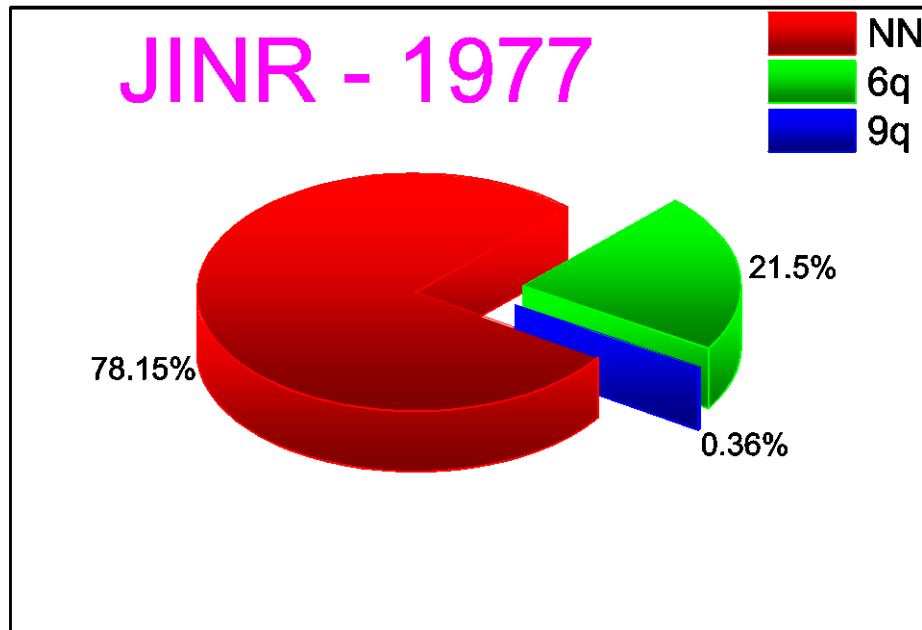
$$a_{pp}(^{12}\text{C}) \approx 4 \pm 2 \%$$

$$a_{nn}(^{12}\text{C}) \approx 4 \pm 2 \%$$

^{12}C - structure

RNP - program at JINR

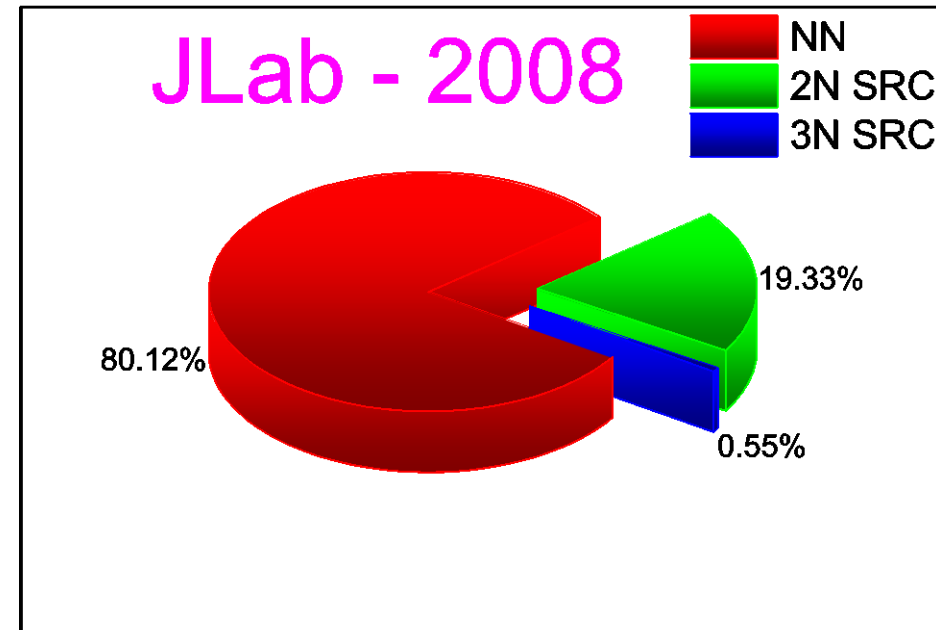
V.V.Burov, V.K.Lukyanov, A.I.Titov, PLB, 67, 46(1977)



eA - program at JLab

R.Subedi et al., Science 320 (2008) 1476-1478

e-Print: arXiv:0908.1514 [nucl-ex]



Кумулятивные процессы при больших p_T

E850/EVA (BNL)

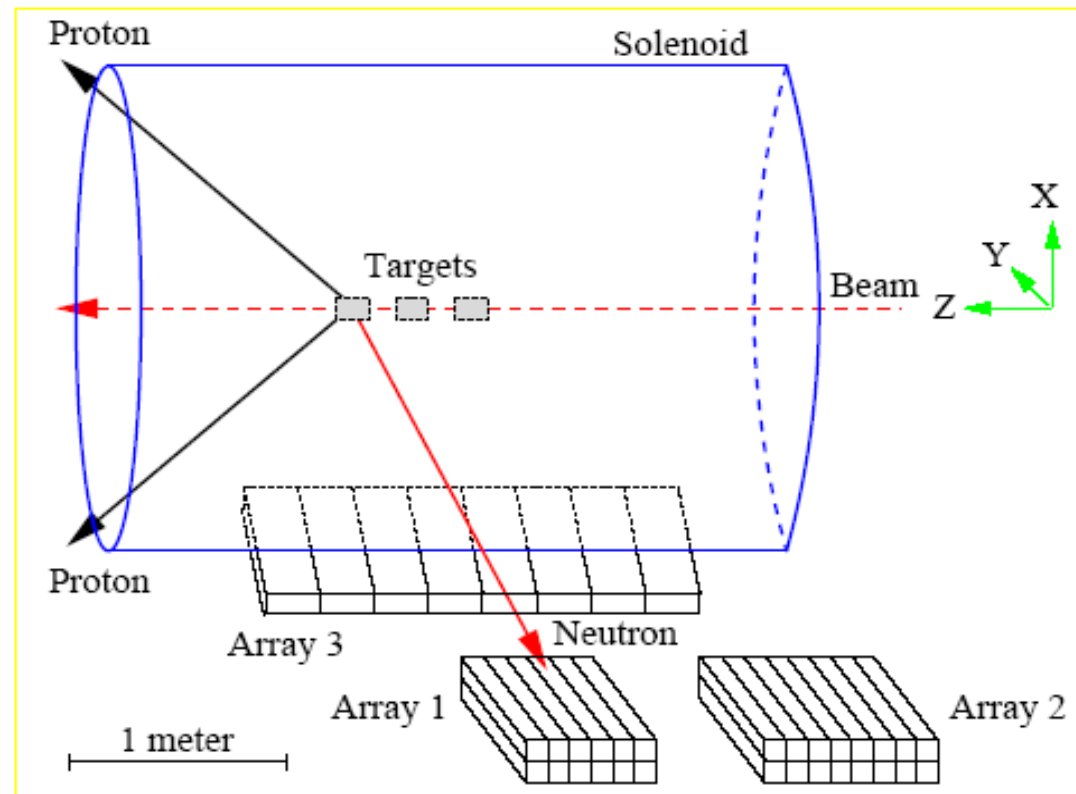


Figure I.3: A schematic view of the EVA solenoid and the neutron counters in the 1998 measurement.

***n-p* Short-Range Correlations from (*p*, 2*p* + *n*) Measurements**

A. Tang,¹ J.W. Watson,¹ J. Aclander,² J. Alster,² G. Asryan,^{4,3} Y. Averichev,⁸ D. Barton,⁴ V. Baturin,^{6,5}
 N. Bukhtoyarova,^{4,5} A. Carroll,⁴ S. Gushue,⁴ S. Heppelmann,⁶ A. Leksanov,⁶ Y. Makdisi,⁴ A. Malki,² E. Minina,⁶
 I. Navon,² H. Nicholson,⁷ A. Ogawa,⁶ Yu. Panebratsev,⁸ E. Piassetzky,² A. Schetkovsky,^{6,5} S. Shimanskiy,⁸ and
 D. Zhalov⁶

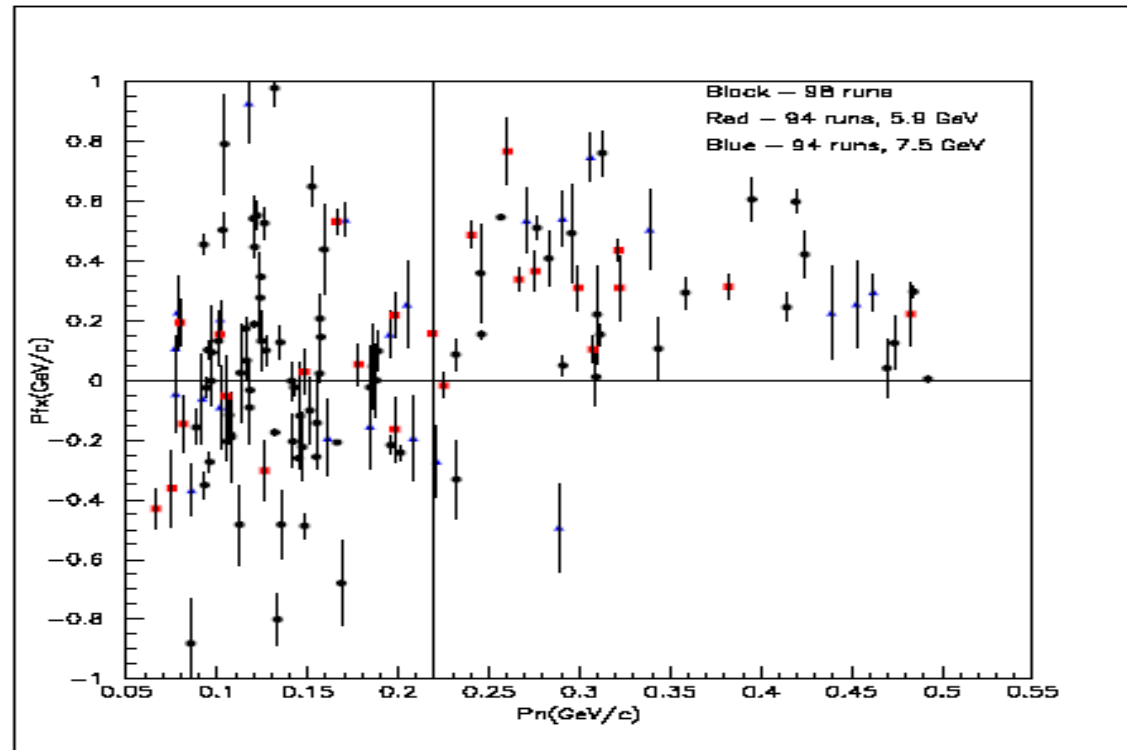


Figure I.5: The vertical component of the target nucleon momentum vs. the total neutron momentum. The positive vertical axis is the upward direction. The events shown are for triple coincidences of the neutron with the two high energy protons emerging from the QE $C(p, 2p)$ reaction. The squares are for the 5.9 GeV/c incident beam and the triangles are for 7.5 GeV/c. The dots are preliminary unpublished data from the 1998 running period. We associate the events in the upper right corner with NN SRC.



3. Адрон-ядерные процессы	29
3.1. Измерение размеров области образования протонов в глуконеупругих ядерных реакциях с целью оценки размера флуктона	29
3.2. Исследование взаимодействия флуктонов (многокварковых мешков) в ядро-ядерных столкновениях	30
3.3. Исследование свойств ядерной материи на малых межнуклонных расстояниях в подпороговом образовании адронов	31
3.4. Исследование явления ядерной критической опалесценции	34

ПРОГРАММА

ИССЛЕДОВАНИЙ НА АДРОННЫХ ПУЧКАХ УСКОРИТЕЛЯ У-10 ИТЭФ

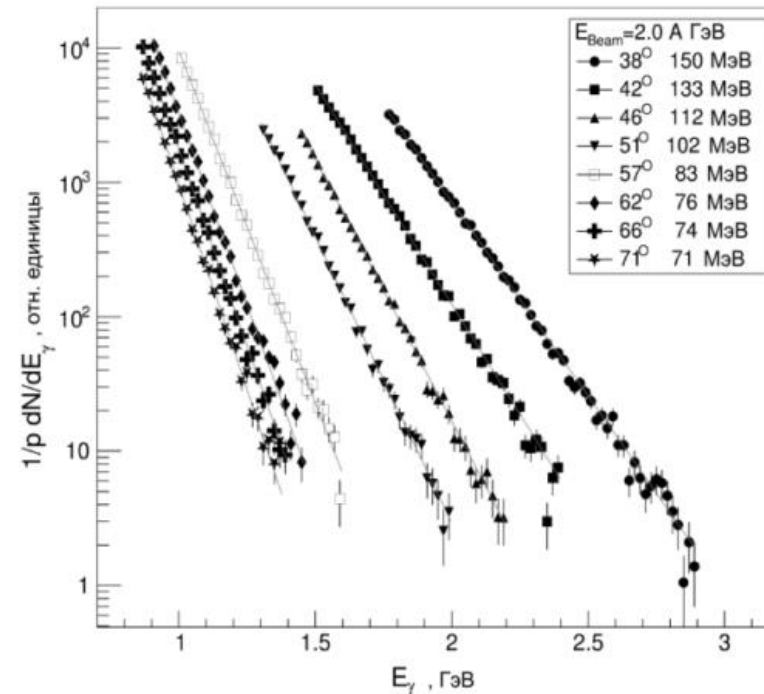
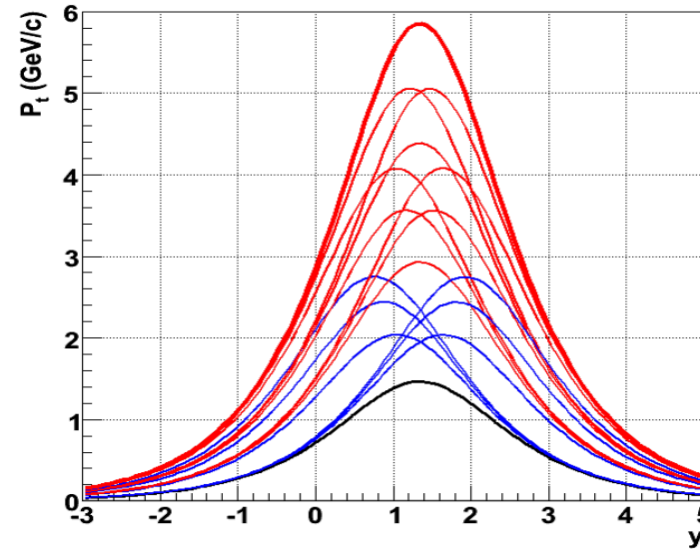
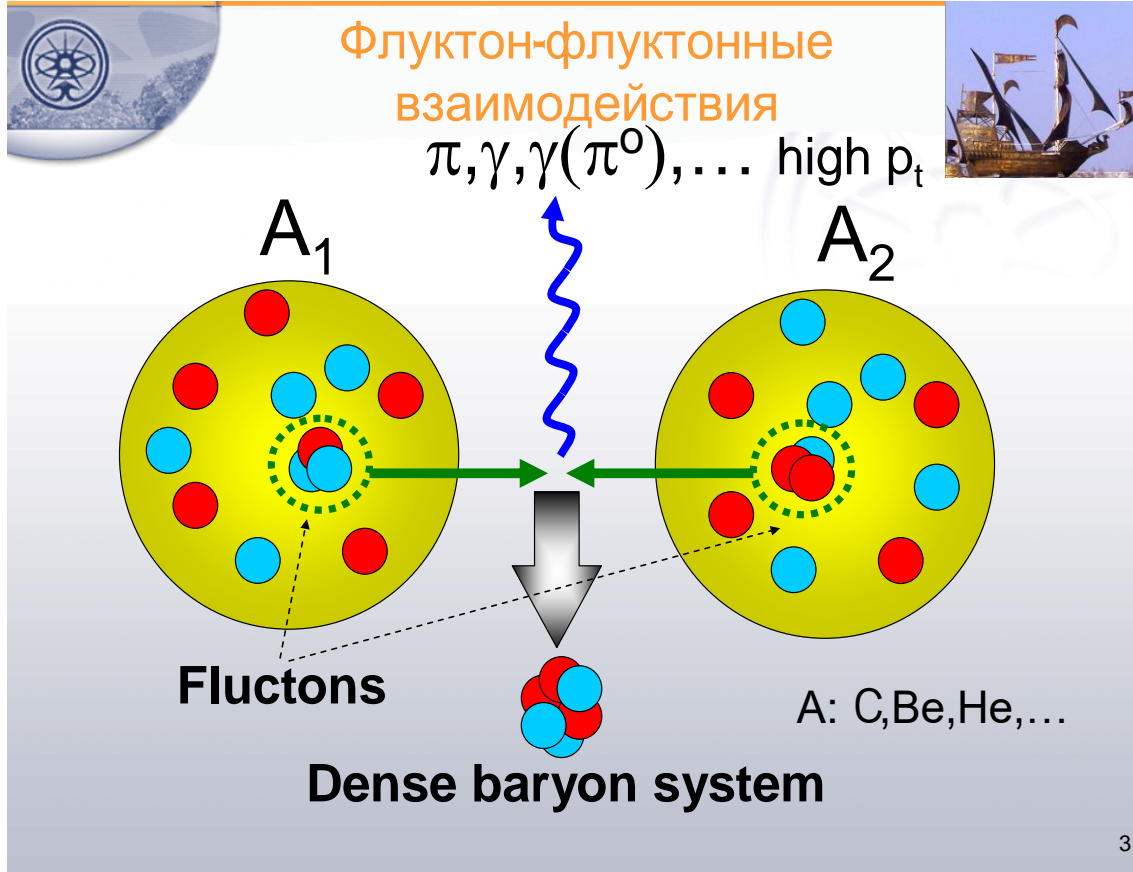
Сборник предложений экспериментов
 под редакцией В.В. Владимирского,
 В.П. Канавца и В.Т. Смолянкина

Предложения представили:

И.Г. Алексеев, В.С. Борисов, Л.С. Воробьев, А.Г. Долголенко,
 В.П. Канавец, Ю.Т. Киселев, В.М. Колыбасов (ФИАН), М.В. Косов,
 А.П. Крутенкова, В.В. Кушков, Г.А. Лексин, Н.А. Пивнюк, В.В. Рьльцов,
 Д.Н. Свирида, В.А. Смирнитский, В.Т. Смолянкин, В.Л. Столин,
 В.В. Сумачев (ПИЯФ), Ю.В. Требуховский, В.П. Чернышев,
 В.А. Шейнкман.

- изучить свойства $\Phi\Delta\Phi\Delta$ -взаимодействия, которое может оказаться не тривиальным;
- изучить более плотные, чем флуктоны, образования, т.е. продвинуться по шкале ρ/ρ_0 в плоскости $(T, \rho/\rho_0)$ для поисков кварк-глюонной плазмы.

ИТЕР high p_T data



I.G. Alekseev et al. (FLINT), ЯФ 71(2008)1;
 A. Stavinskiy, EPJ Web Conf. 71 (2014) 00125;
 K.R. Mikhailov et al., Phys. Atom. Nucl. 77 (2014) 576;
 ЯФ 77 (2014) 610

Dense Cold Matter (DCM) project

Search for and study of cold dense baryonic matter
(*Letter of intent*)

O.A.Chernishov¹, A.A.Golubev¹, V.S.Goryachev¹, A.G.Dolgolenko¹, M.M.Kats¹,
B.O.Kerbikov¹, S.M.Kiselev¹, Yu.T.Kiselev¹, A.Kogevnikov¹, K.R.Mikhailov¹,
N.A.Pivnyuk¹, P.A.Polozov¹, M.S.Prokudin¹, D.V.Romanov¹, V.K.Semyachkin¹,
A.V.Stavinskiy¹, V.L.Stolin¹, G.B.Sharkov¹, N.M.Zhigareva¹, Yu.M.Zaitsev¹,
A.Andronenkov², A.Ya. Berdnikov², Ya.A. Berdnikov⁶, M.A. Braun², V.V. Vechernin²,
L. Vinogradov², V. Gerebchevskiy², S. Igolkin², A.E. Ivanov⁶, V.T. Kim^{3,6},
A. Koloyvar², V.Kondrat'ev², V.A.Murzin³, V.A. Oreshkin³, D.P. Suetin⁶,
G. Feofilov², A.A.Baldin⁴, V.S.Batovskaya⁴, Yu.T. Borzunov⁴, A.V. Kulikov⁴,
A.V. Konstantinov⁴, L.V.Malinina^{4,7}, G.V.Mesheryakov⁴, A.P.Nagaitsev⁴, V.K. Rodionov⁴,
S.S.Shimanskiy⁴, O.Yu.Shevchenko⁴, A.V.Gapienko⁵, V.I.Krishkin⁵, I.N.Dorofeeva⁷,
M.M.Merkin⁷, AA.Ershov⁷, N.P.Zotov⁷

1). ITEP NRC KI , Moscow, 2). SPbSU, S.Peterburg, 3). PINP NRC KI, S.Peterburg,
4). LPHE, JINR, Dubna, 5). IHEP NRC KI, Protvino , 6). SPbSPU, S.Peterburg,
7). MSU, Moscow

Experimental program:

1). Search for and the study of new state of matter at high density and low temperature corner of phase diagram

- search for the dense baryonic droplet in correlation measurements with high p_t cumulative trigger
- femtoscopy measurements for the dense baryonic droplet
- isotopic properties of the droplet
- strangeness production in the droplet
- fluctuations
- search for an exotic in the droplet

2) Dense cold matter contribution in ordinary nuclear matter and its nature SRC,flucton,...

- nuclear fragmentation
- hard scattering

3) Modification of particles properties in nuclear matter

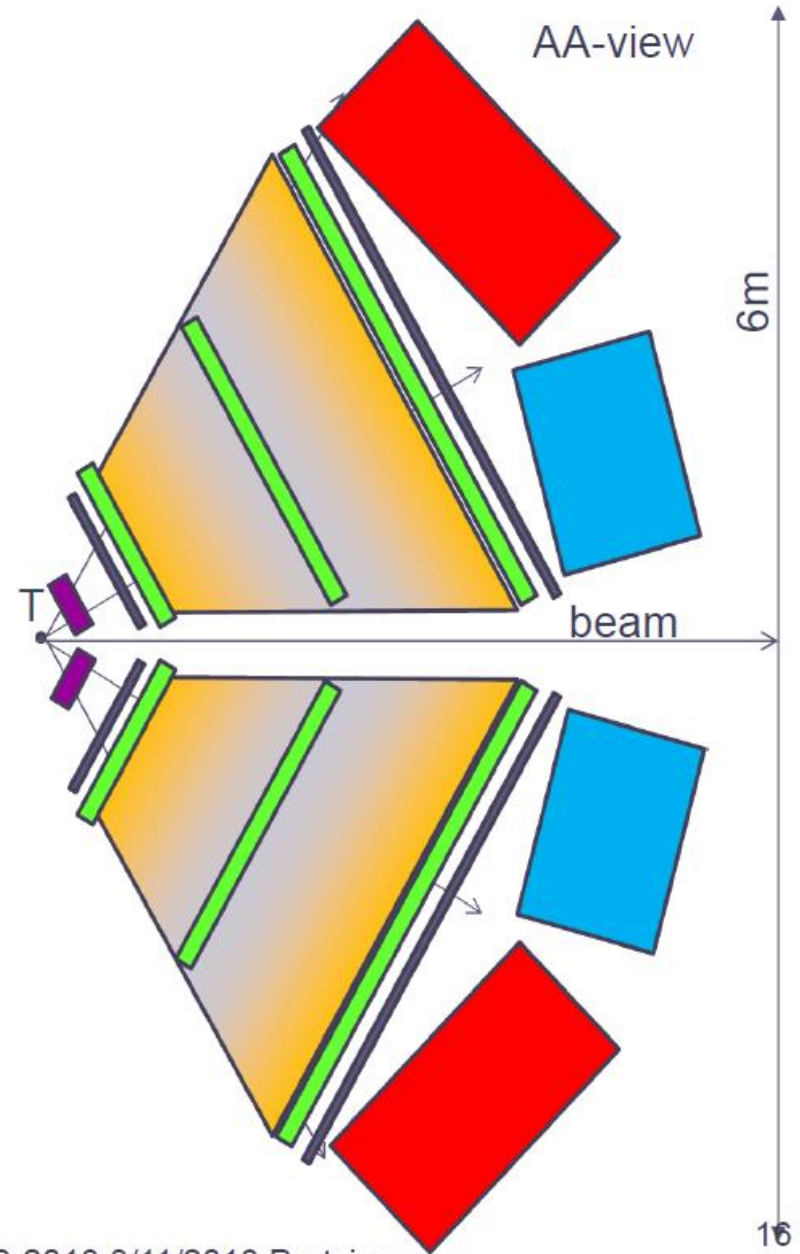
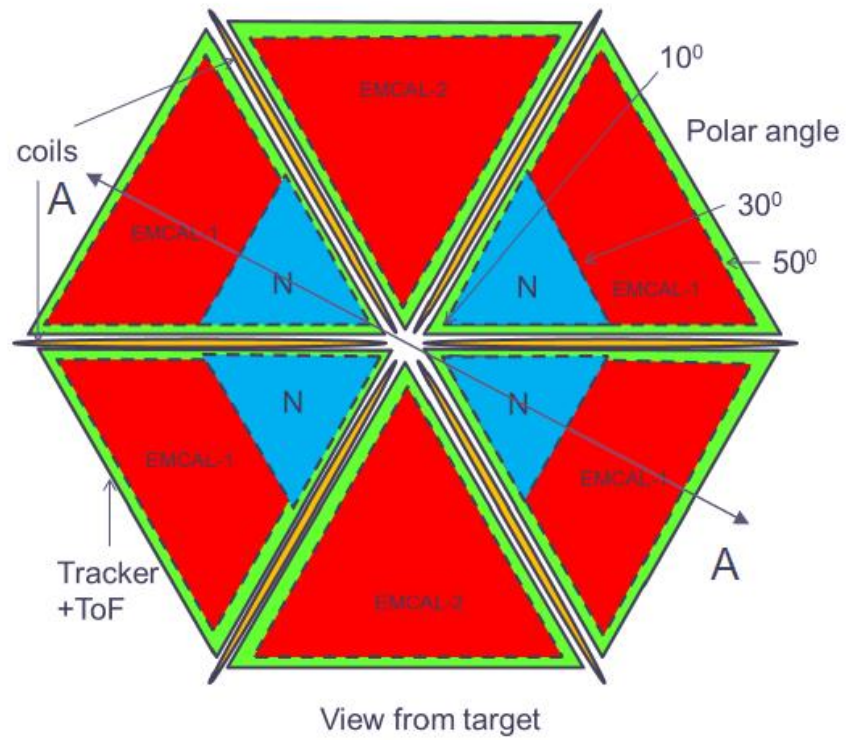
Proposed measurements:

1. Trigger's particles: γ , π , K^- , K^+ , p , d , ... ($p_t/E_0 \sim 1$)

2. Recoil particles: nucleon, multinucleon systems, nuclear fragments, exotic states

3. Measurement values: $\langle N(p_t, y) \rangle$ vs X_{trig} and E_0 (2-6 GeV/nucleon);
-ratios (p/n , $^3\text{He}/t$, ...); correlations between recoil particles

4. Detector for DCM study



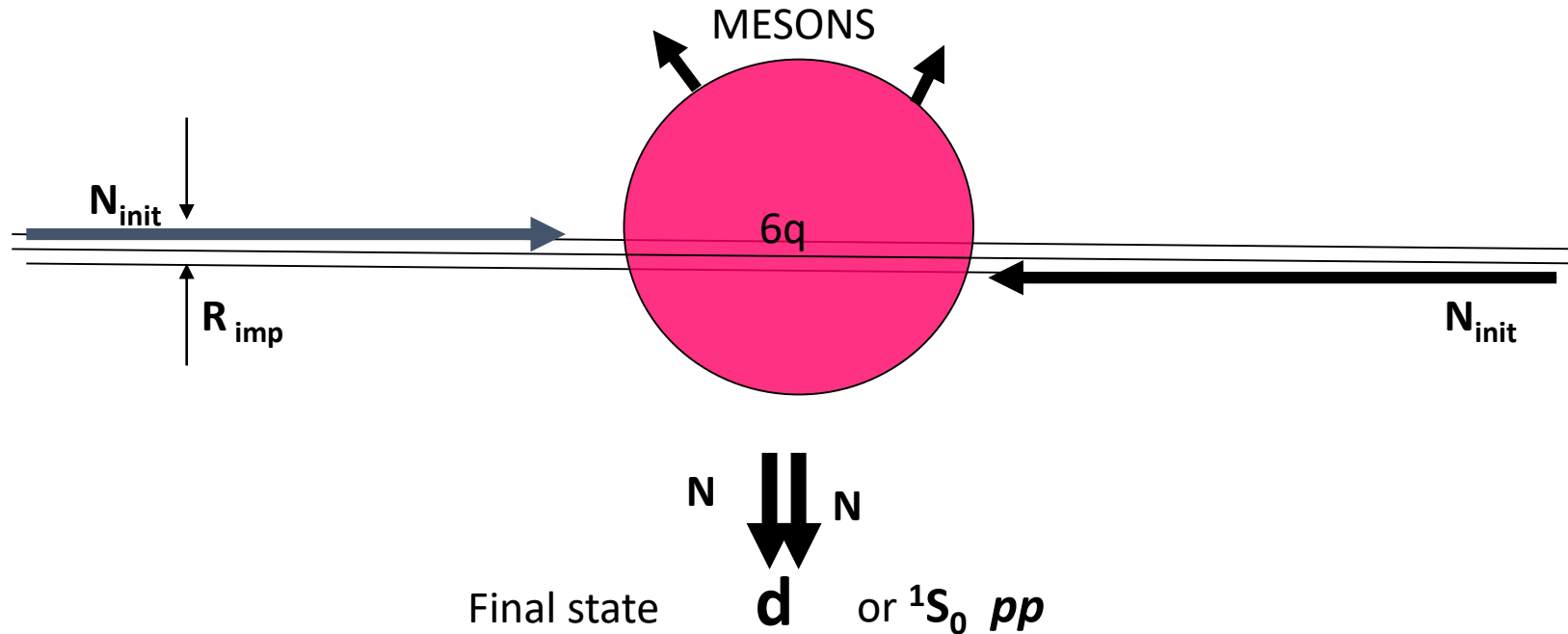
On the possibility to observe the transition of a baryon pair state to a six-quark confinement state

V.I. Komarov

Dzelepov Laboratory of Nuclear Problems
JINR

The initial energy range for the lab target experiments - about 1 GeV – 10 GeV

An effective signature of a **six-quark system** produced in the **central collision** may be **production of a deuteron as a lowest, ground state** of the dibaryon system multiplet considered in the framework of the SU(3) symmetry approaches.



The pioneer consideration: a classification of two-baryon states with the SU(6) theory of strongly interacting particles **F.J.Dyson and N.H. Xuong PRL 13(1964) :**

Particle	T	J	Predicted masses (GeV)	for the SU(3) multiplet
D21	0	1	1.877	Deuteron
D12	1	0	1.877	1S_0 diproton
D12	1	2	2.121	S-wave ΔN resonance
D03	0	3	2.37	$\Delta\Delta$ d^* resonance

Ground states of the multiplet

.....

A SIGNATURE OF THE $(3q) + (3q) \rightarrow (6q)_{cnf}$ TRANSITION

The effective way for search for the $(3q) + (3q) \rightarrow (6q)_{cnf}$ transition may be the process

$$p + p \rightarrow d_{90^\circ} + X \quad \text{(or } p + p \rightarrow \{pp\}_{1s0} 90^\circ + X \text{)} \quad /$$

studied in the about 1 GeV ÷ 10 GeV energy range

Inclusive detection of only the deuteron (or $\{pp\}_{1s0}$) includes different channels of the $(6q)_{cnf}$ decay :

$$(6q)_{cnf} \rightarrow d + \pi$$

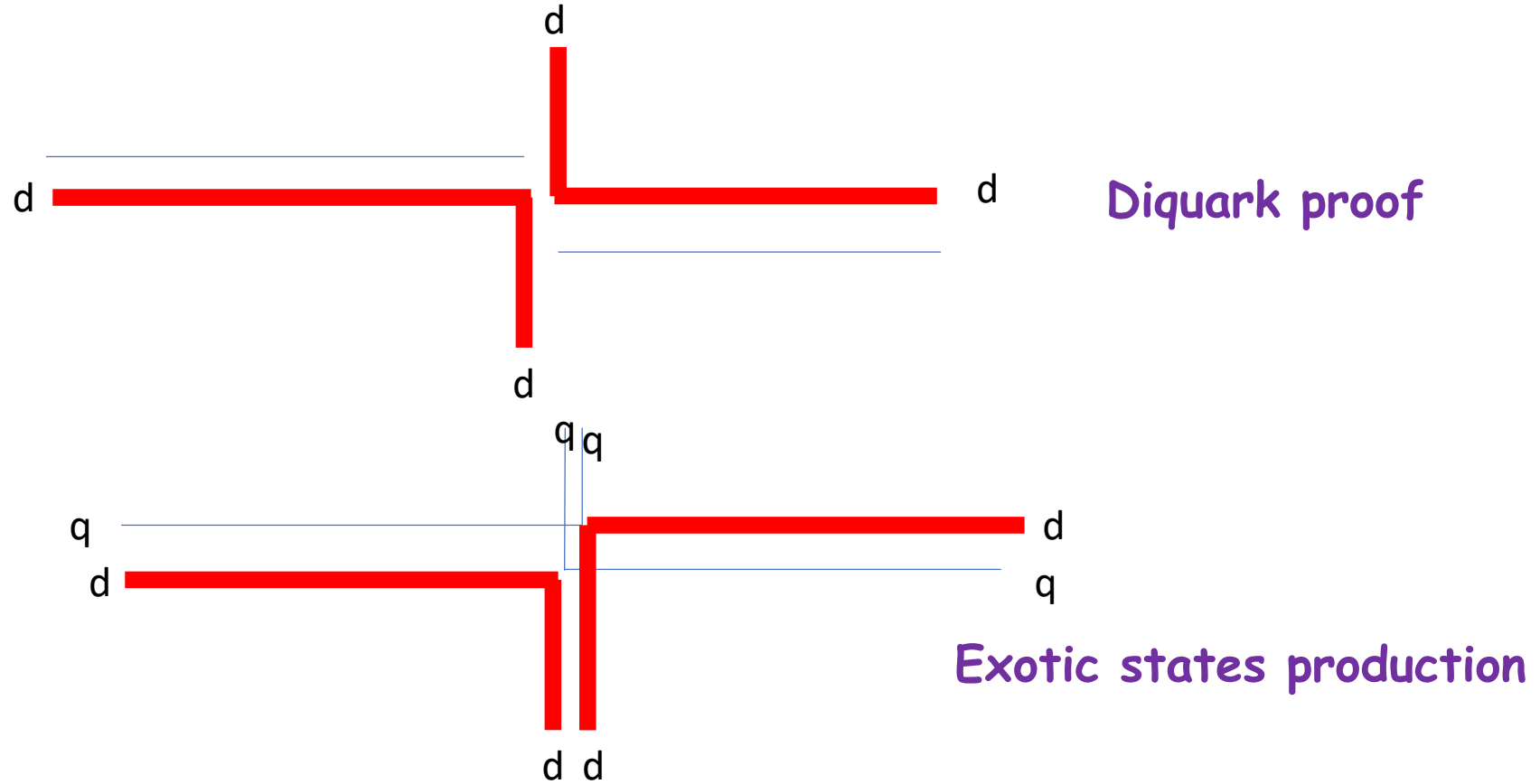
$$(6q)_{cnf} \rightarrow d + 2\pi$$

.....

$$(6q)_{cnf} \rightarrow d + n_{max} \pi$$

A signature of the $(3q) + (3q) \rightarrow (6q)_{cnf}$ transition - observation of the **resonance-like peak (or peaks) in the initial energy dependence** of the reaction differential cross section $d\sigma(90^\circ)/d\Omega$ integrated over all the deuteron energy region or selected parts of it - chosen ranges of the meson syst. invariant mass.

$pp \rightarrow pp + X, pp \rightarrow D + X$
 reactions with diquarks



Kim's mechanisms

The EVA trigger have made selection (with high suppression of the background) events with more then 2 prongs and one particle which had a momentum greater then some p_0 (reflection of the p_t cuts). It is some less then for elastic pp -interaction (at 90^0 c.m.s). Dubna traditionally have investigated the particle production for the kinematic region forbidden for free particle NN (πN) - interactions (we named its as cumulative particles). One of the reasons that in these processes we have seen a hot and dense states of nuclei matter (extremal states of nuclear matter). We have seen in cumulative particle productions new features which now are looking for as possible signals about QGP-stage of nuclear matter in high energy AA-collisions (π /K - ratio, strong A dependence for particle production a.o.). It's mean that in these processes we saw s which effectively is greater then for free particle NN(πN) - interactions s_0 . There are two alternative points of view:

1) (Frankfurt& Strikman,Kobushkin a.o.) The fermi motion of nucleons inside nuclei. For the motion with negative Z -component of the momentum we will have $s > s_0$. The momentum greater then $200MeV/c$ in these models mean that a distance between two nucleons less then $1fm$ and the nucleons are overlapped. There are huge problems to describe these states (nonpointlike structure, relativistic effects, off-shell mass effects and s.o.). We (Dubna) saw these problems more clear during investigation the deuteron structure with polarized and nonpolarized deuteron beams (look at "Dubna Deuteron Proc.").

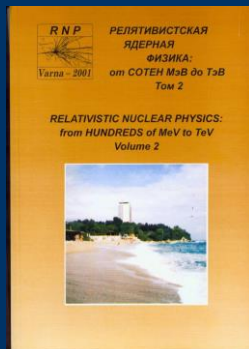
2) (Blokhintsev,Lukianov& Titov a.o.) Many nucleon bags inside the nuclei. In this case we had interactions of the projectile particle with $2N, 3N, 4N...$ states and will have $s > s_0$ too.

The theoretical models are spread between these two point of view. Beside the nucleon degree of freedom we had models with the special quark-parton structure functions for nuclei (Baldin,Efremov a.o.).

Before this time we had very detail investigations of the inclusive particle production in the cumulative region, mainly in the backward hemisphere (for pA-interaction) and can't made separation between different models. It have been realized that will need more complete information about events with the cumulative particle production. The future facilities (STAR a.o.) will give this opportunity.

EVA data must give the new unique information which can help to make separation between different models because we have possibility to investigate accompanying particles. I will need to stress that the EVA correlation investigation (ppn - final states) have taken into account only one of these interpretations.

2003 New program For nuclotron



FROM THE SUMMARY OF THE ROUND TABLE DISCUSSION AT VARNA WORKSHOP'01

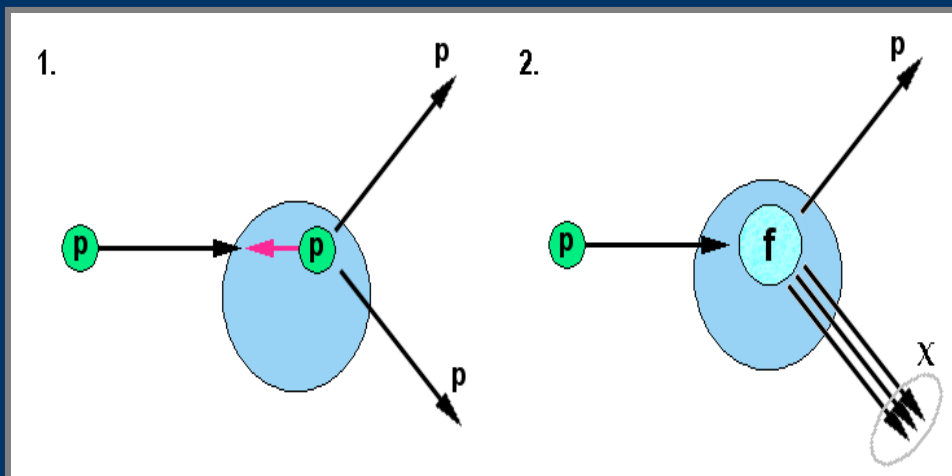
PHYSICAL PROBLEMS

- Strangeness in light nuclei (deuterium, helium) and K-meson asymmetry in the cumulative region.
- Exclusive pD break-up reaction at high transverse momentum , spin asymmetry and color transparency.
- The structure of relativistic compound systems.
- Dynamic correlations in the cumulative production processes.
- Fragmentation of polarized deuterons into cumulative mesons.

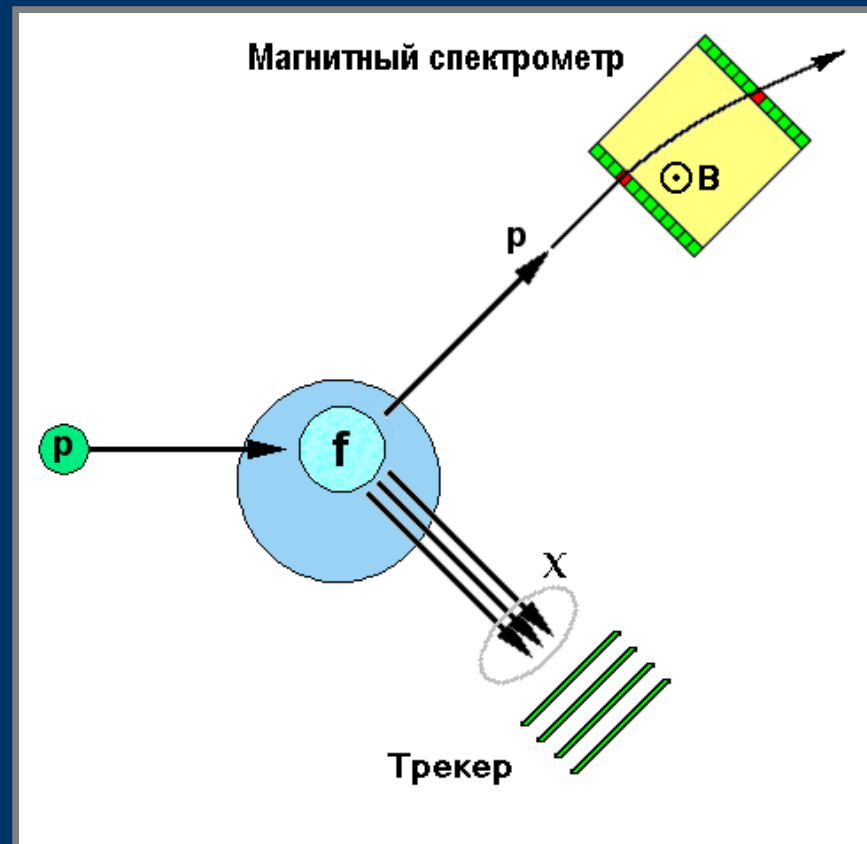
REQUIREMENTS TO THE NUCLOTRON

	Beams	Intensity	Spill duration	Operating time in use
2002	p, d, d↑ ,	10 ¹⁰ -10 ⁷	1,0 s	2000 hours
2003	p, d, d ↑ ,	10 ¹¹ -10 ⁹	5,0 s	2500 hours
2004	p, d, d ↑ ,	10 ¹¹ -10 ⁷	10,0 s	3000 hours
2005	p, d, d ↑ ,	10 ¹¹ -10 ⁷	10,0 s	3500 hours

**Исследование кумулятивных
процессов в области больших R_T
на установке ДИСК**

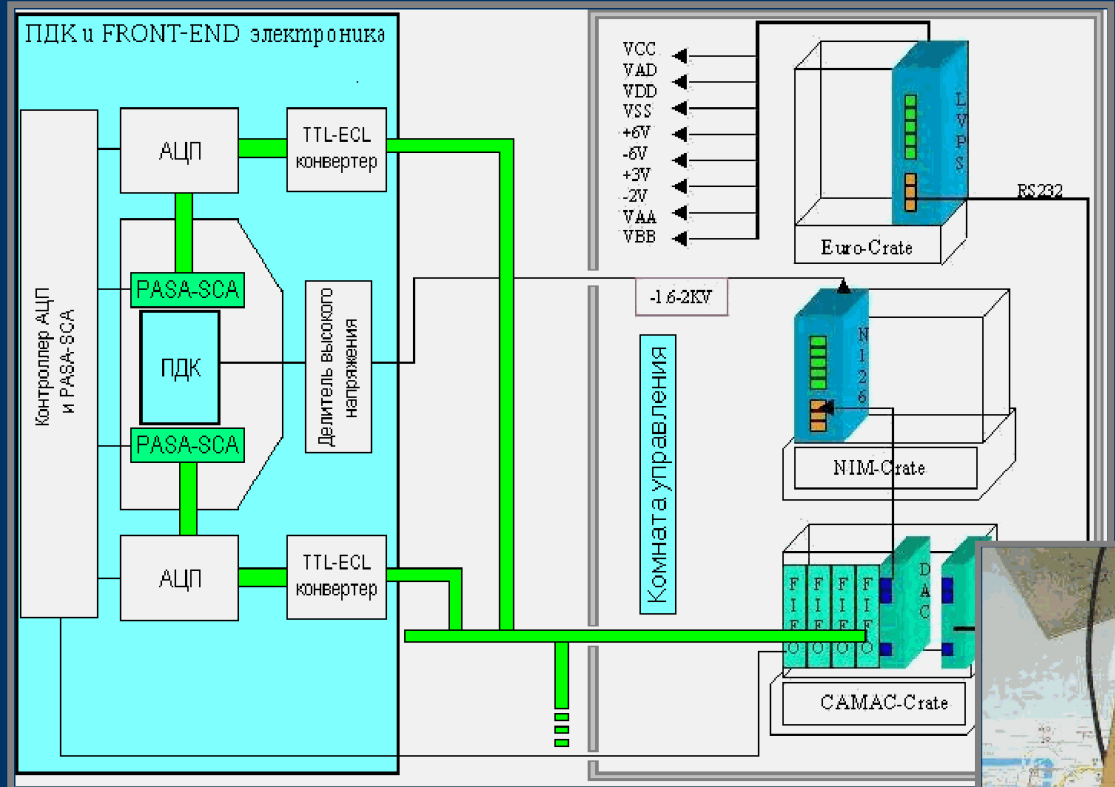


**Квазиупругое pp-рассеяние
под углом 90° в СЦМ как метод
исследования природы кумулятивного
эффекта**



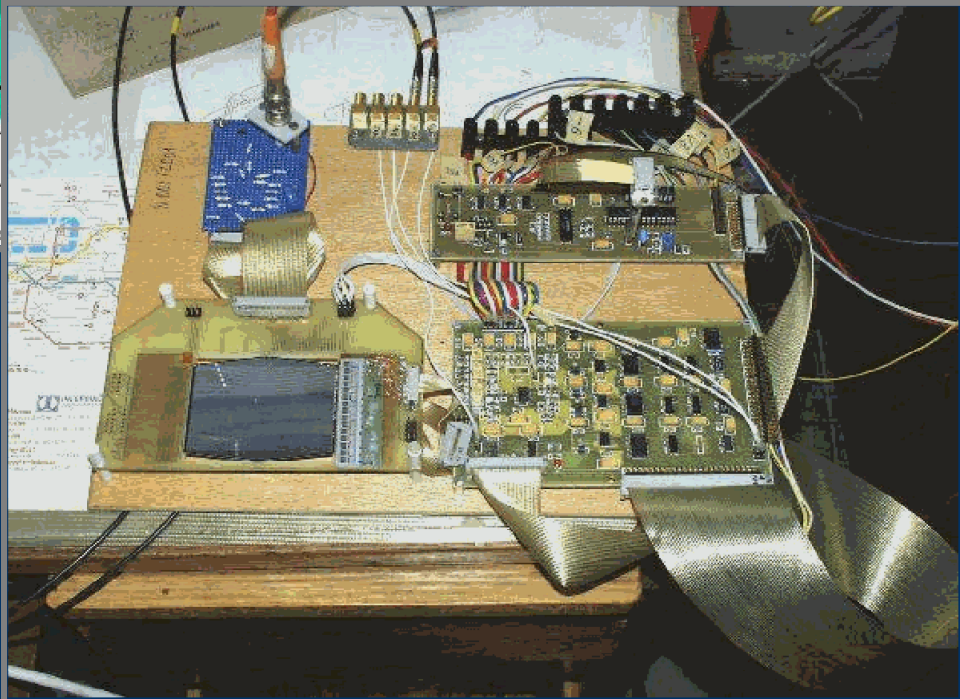
Конфигурация установки

Трековая система на основе полупроводниковых дрейфовых камер



Блок-схема трековой системы

Дрейфовая камера и Front-End электроника на тестовом стенде



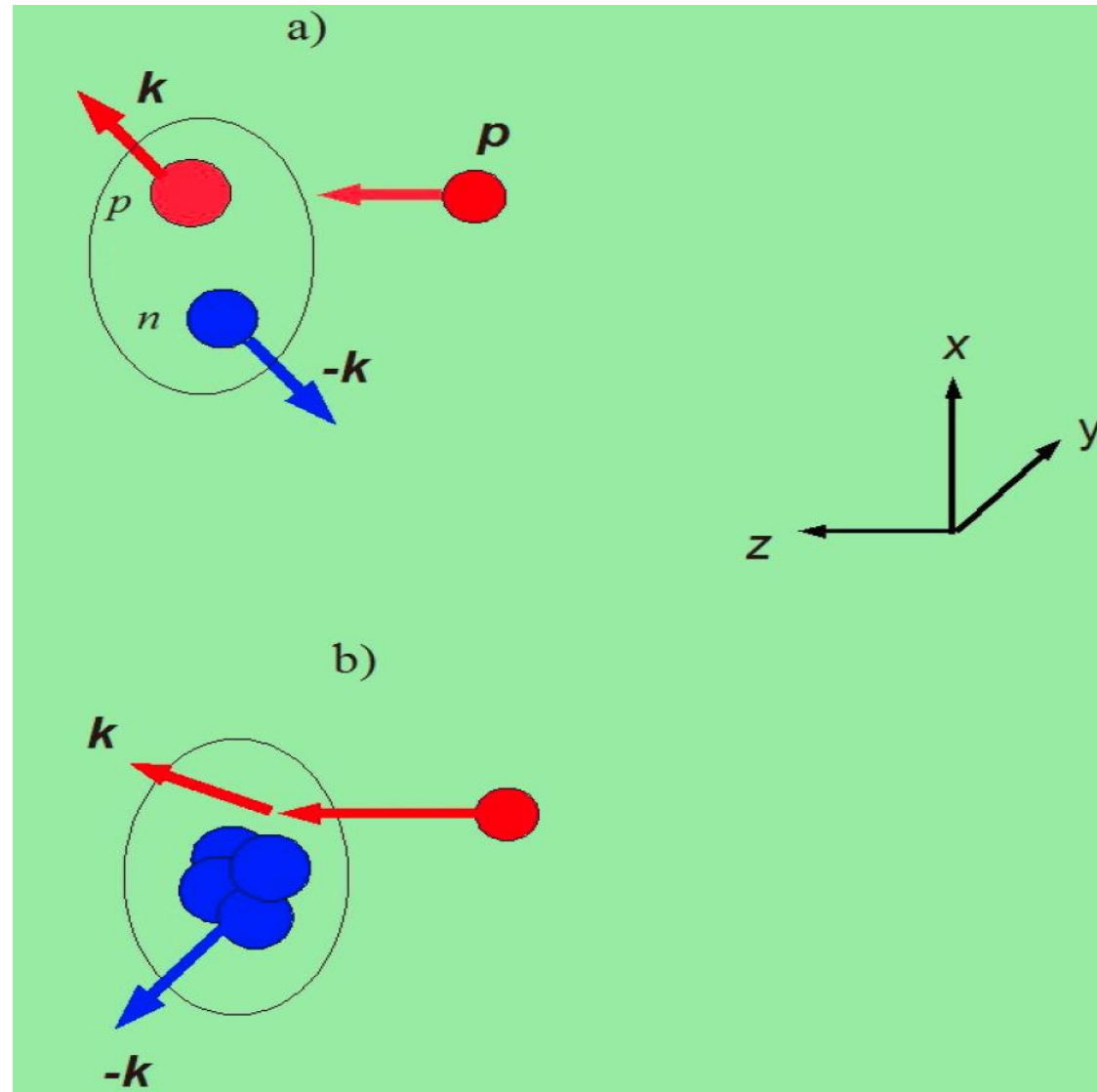
PROSPECTS FOR CONSTITUENT(COLOR) QUARK CONDENSATE OF
NUCLEAR MATTER STUDY AT NUCLOTRON AND ...

The program how to resolve the main question about validity of "flucton" or SRC was proposed in [16]. We need more complete studies in region of maximal p_T in semi-exclusive and exclusive experiments to understand the nature of cumulative processes. It will need to investigate:

- average number of baryons accompanied high p_T cumulative particle production and its $s_{cumulat}$ or $\langle X \rangle$ dependances;
- average multiplicity accompanied high p_T cumulative particle production and its $s_{cumulat}$ or $\langle X \rangle$ dependances;
- $s_{cumulat}$ dependence of polarization characteristics (analyse power, asymmetry and so on), for SRC mechanism will be scaling repeating effects for free nucleon-nucleon interactions.

«Локальные» механизмы кумулятивных процессов

SRC configuration



Multiquark configuration

«Нелокальные» механизмы – многократное рассеяние, слияние и т.п.

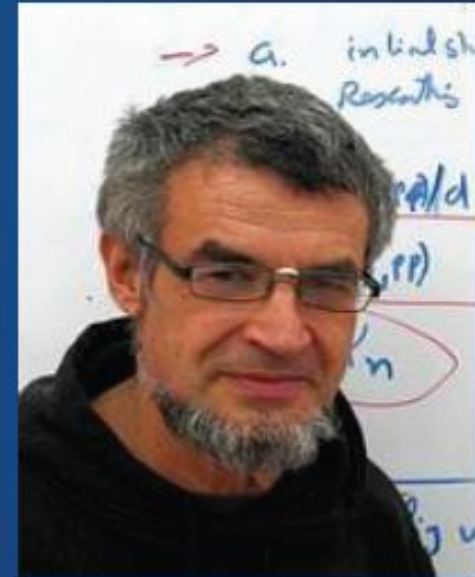
SRC in VBLHEP



Or Hen



Guy Ron

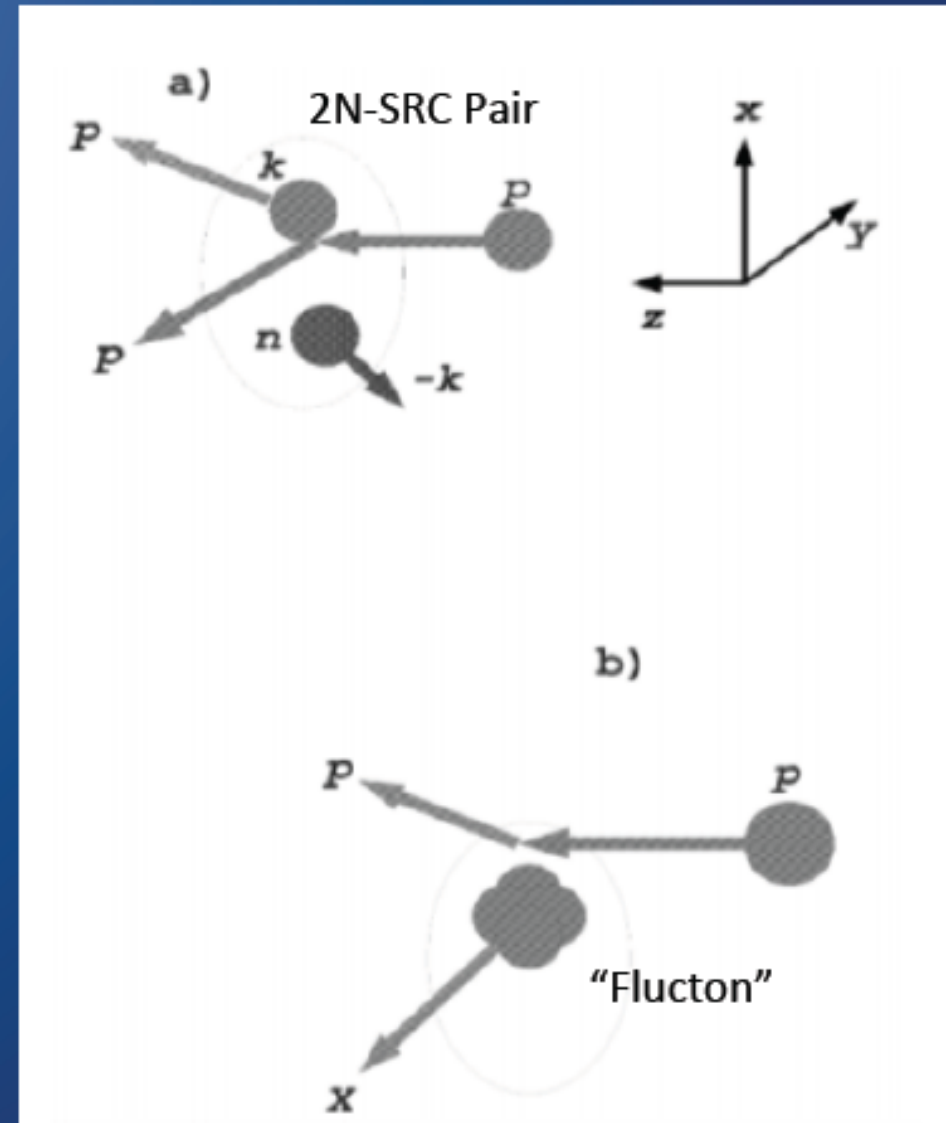


Eli Piassetzky



SRC and Fluctons

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



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

Какие недостатки исследований в области фрагментации ядер?

Возможно, что есть сильное влияние взаимодействий в начальном (ISI) и конечном состояниях (FSI). Однако, если уйти в область больших $x_T \rightarrow 1$ должно доминировать рассеяние на многокварковых(многоуклонных) конфигурациях согласно работе: Ефремов, Ким, Лыкасов [ЯФ 44 (1986) 241]

, т.е будет подавлено взаимодействие в начальном состоянии (ISI).

is dominating. The model of multiple rescattering in which the multiple soft collisions suggested in this paper are taken into account before the hard collision allows one to describe the multiple rescattering processes inside the nucleus correctly.

Остается вопрос о FSI. Будет ли подавлено оно в области больших p_T ?

Distortions of the Spectra of Cumulative Mesons by Multiscattering in Nuclei

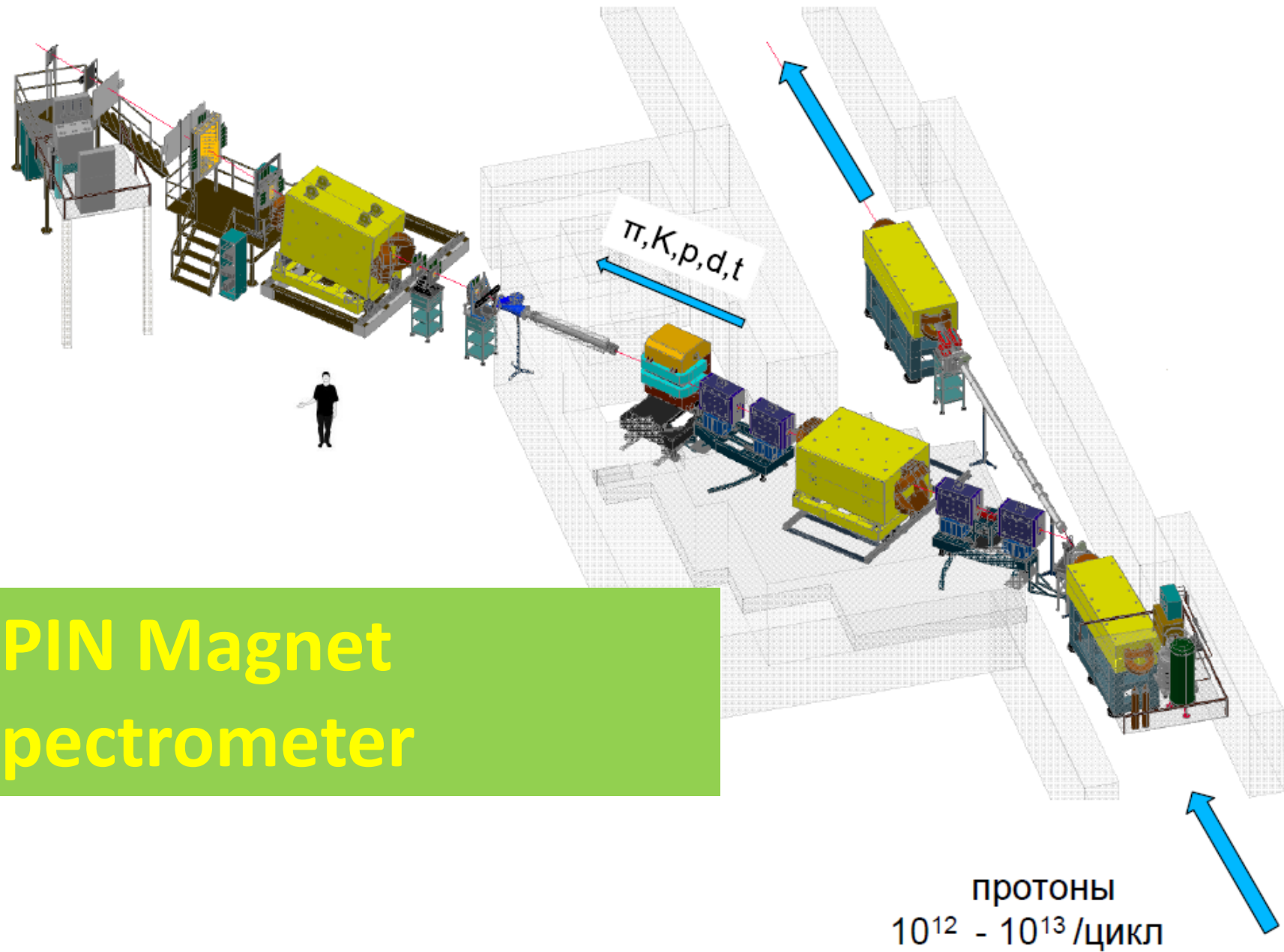
V. F. Peresedov and L. S. Zolin

Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, SU-101000 Moscow, Russia

Abstract

The quantitative estimates of multiscattering distortions of momentum spectra for cumulative pions and kaons in $p + A \rightarrow \pi(K^\pm) + X$ reaction at angles close to 180° are reported. The calculations for C, Al, Mo, W nuclei were made by using Monte Carlo simulation on the basis of the intranuclear cascade model. The fluctuon model of cumulative particles generation was used to give initial momentum and angular distributions of mesons. Multiscattering on the intranuclear nucleons causes the difference between the initial and observed (distorted by FSI-final state interactions in nuclei) meson spectra, which increases with increasing of atomic number. Due to the rescattering and absorption of pions and kaons by intranuclear nucleons their absolute yields decrease by about 2–5 times in the momentum range $p = 0.3\text{--}1 \text{ GeV}/c$ for medium and heavy nuclei. The relative distortions of the slope parameters of the momentum spectra are 3–10%. The correction of cross sections with account of FSI leads to the amplification of A -dependences for π , K^\pm and to their bringing together. Taking into account FSI is also important when the ratios of particles yield of different types are considered. The K^+/K^- -ratio corrections can reach a factor of about 3. Obtained values of distortions effects for cumulative reactions demonstrate evidently the necessity to account of FSI for data obtained in experiments with nuclei at momenta of reaction products $< 1\text{--}2 \text{ GeV}/c$.

SPIN Magnet Spectrometer



протоны
 $10^{12} - 10^{13}$ /цикл

ЕСТЬ 300 ГэВ !

**РЕЛЯТИВИСТСКИЙ УГЛЕРОД В ГНЦ ИФВЭ: УСКОРЕНИЕ
И ВЫВОД ИЗ У-70, ТРАНСПОРТИРОВКА ПО КАНАЛУ
№22 И РЕГИСТРАЦИЯ НА УСТАНОВКЕ ФОДС**

Одна из задач первого сеанса 2012 года состояла в ускорении и выводе из У-70 пучка ^{12}C , ускоренного до полной энергии 25 ГэВ/нуклон, исследовании характеристик этого пучка и развитии методов работы с таким пучком. Следует отметить, что на других ускорителях нет пучков легких ядер с параметрами, сопоставимыми с теми, что достигаются на Ускорительном комплексе У-70.

24 апреля 2012 года в Ускорительном комплексе У-70 ГНЦ ИФВЭ (в каскаде резонансных ускорителей И-100–У-1.5–У-70) получено устойчивое ускорение сгустка ядер углерода ^{12}C до удельной кинетической энергии 24.1 ГэВ/нуклон (магнитное поле 8590 Гс). Максимальная ускоренная интенсивность пучка достигла $5 \cdot 10^9$ ядер.

Таким образом, в весеннем сеансе 2012 года получен важный результат — ускоренные до полной энергии 300 ГэВ ионы углерода выведены из ускорителя У-70, продемонстрированы возможности канала №22 в качестве сепаратора фрагментов.

От Yuli Shabelskii <shabel@fpaxp1.usc.es>
Кому <Stepan.Shimanskiy@jinr.ru>
Дата 25.10.2011 14:49

Dear Stepan,
the important point is that your secondaries can be produced in interaction with several target nucleons but from my point of view they can not be absorbed, see

1. A.O.Waisenberg et al. Pisma v ZhETF 29 (1979) 719

2. L.M.Burkov et al Yad.Fiz. 37 (1983) 1232

3. A.A.Sibirtsev et al. Yad.Fiz. 53 (1991) 191

so they can not be rescattered.

You can find some additional comments in my book
C.Rajares, Yu.M.Shabelski. Relativistic Nuclear
Interactions, published by URSS, Moscow, 2007 (?)

Best regards, Yuli

**СЛАБОЕ ПОГЛОЩЕНИЕ АНТИПРОТОНОВ
ПРИ РОЖДЕНИИ ИХ ПРОТОНАМИ С ИМПУЛЬСОМ 10 ГэВ/с
В ЯДРАХ Be, Al, Cu И Au**

*А.О.Вайсенберг, Ю.Б.Лепихин, В.А.Смирнитский,
Ю.М.Шабельский, В.А.Шейнкман*

.. Измерены выходы антипротонов и π^- -мезонов из ядер Be, Al, Cu и Au, облучаемых протонами с импульсом 10 ГэВ/с. Сравнение с теоретическими оценками указывает на слабое поглощение антипротонов ядрами, в которых они рождаются.

4. Таким образом, данные опыта являются указанием на то, что вторичные антипротоны с импульсом $\gtrsim 0,6$ ГэВ/с слабо взаимодействует с ядерной материей "в момент рождения". Этот результат выглядит неожиданным. Его можно понять, если предположить что антипротоны образуются из точечных анти-кварков-глюонов, а для того, чтобы последние объединились, обрасли своим "морем" и начали взаимодействовать с ядром, требуется время (1,4).

Принципиально другое объяснение наблюдаемых эффектов могло бы заключаться в том, что основная доля рождающихся антипротонов образуется при распаде тяжелых мезонных резонансов шириной 20 мэВ [9], сечение поглощения которых в ядре невелико (~ 15 мбн). Однако такая гипотеза представляется нам маловероятной.

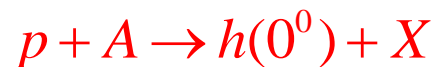
Авторы благодарят О.К.Егорова, В.Ф.Кузичева и А.Н.Прудника за помощь в проведении опыта.

Авторы благодарят В.В.Анисовича, В.Н.Грибова, О.В.Канчели, М.Г.Стрикмана, К.А.Тер-Мартirosяна, Л.Л.Франкфурта и В.М.Шехтера за полезные обсуждения.

Институт теоретической
и экспериментальной физики

Поступила в редакцию
14 марта 1979 г.

Local processes in NN kinematic



ИЗМЕРЕНИЕ СЕЧЕНИЙ ОБРАЗОВАНИЯ АДРОНОВ С ИМПУЛЬСОМ ДО 2 ГэВ/с В ПРОТОН-ЯДЕРНЫХ СТОЛКНОВЕНИЯХ ПРИ 70 ГэВ

БАРКОВ Л. М., ЗОЛОТОРЕВ М. С., КОТОВ В. И.¹⁾, ЛЕБЕДЕВ П. К.,
МАКАРЬИНА Л. А.²⁾, МИШАКОВА А. П.²⁾, ОХАПКИН В. С., РЗАЕВ Р. А.¹⁾,
САХАРОВ В. П.¹⁾, СМАХТИН В. П., ШИМАНСКИЙ С. С.

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ СО АН СССР

(Поступила в редакцию 2 августа 1982 г.)

Sov.J.Nucl.Phys.37:732,1983

ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА
JOURNAL OF NUCLEAR PHYSICS

т. 37, вып. 5, 1983

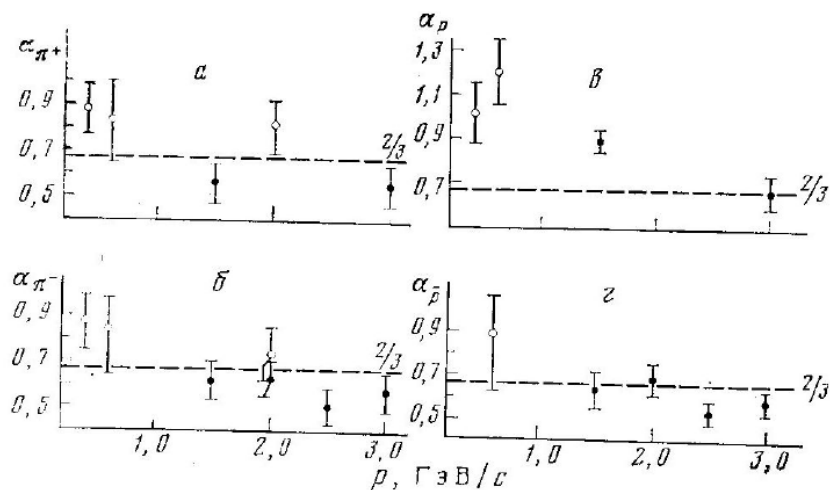


Рис. 4. Зависимость показателя α от импульса для положительных пионов (а), отрицательных пионов (б), протонов (в) и антипротонов (г) (● - [11], ○ - данная работа)

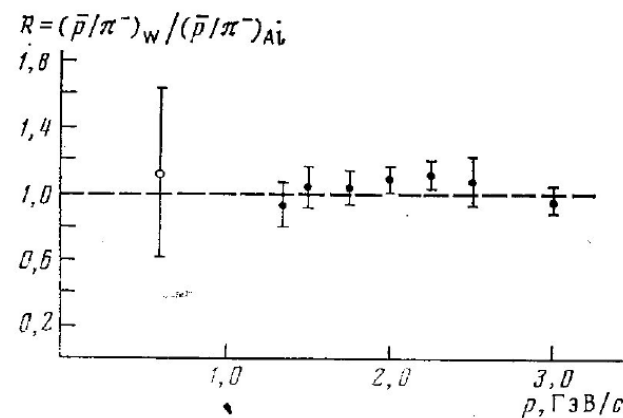


Рис. 6. Сравнение отношений выходов антипротонов и отрицательных пионов для W и Al мишеней в зависимости от импульса частиц (● - [11], ○ - данная работа)

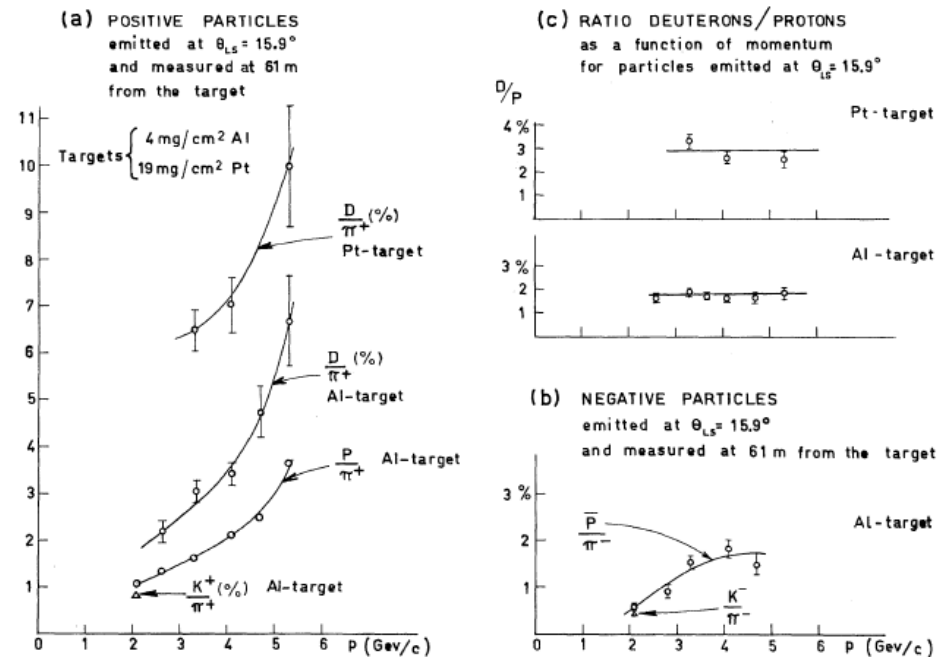
MASS ANALYSIS OF THE SECONDARY PARTICLES PRODUCED
BY THE 25-GEV PROTON BEAM OF THE CERN PROTON SYNCHROTRON

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.



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)

A mass analysis has been made of the relatively low momentum particles emitted from Al and Be targets when struck by 30- and 33-Bev protons. Measurements were made at 90°, 45°, and 13½° relative to the direction of the Brookhaven AGS proton beam. Magnetic deflection and time-of-flight technique were used to determine the mass of the particles.

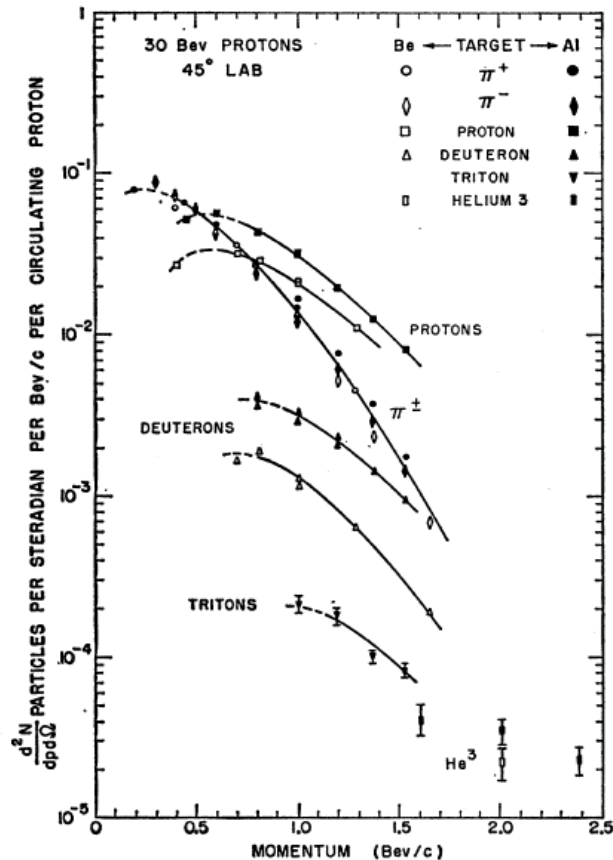


FIG. 3. Momentum spectra of particles emitted at 45° from aluminum and beryllium targets when struck by 30-Bev protons. Tritons from Be were not measured. For general remarks refer to Fig. 2 caption.

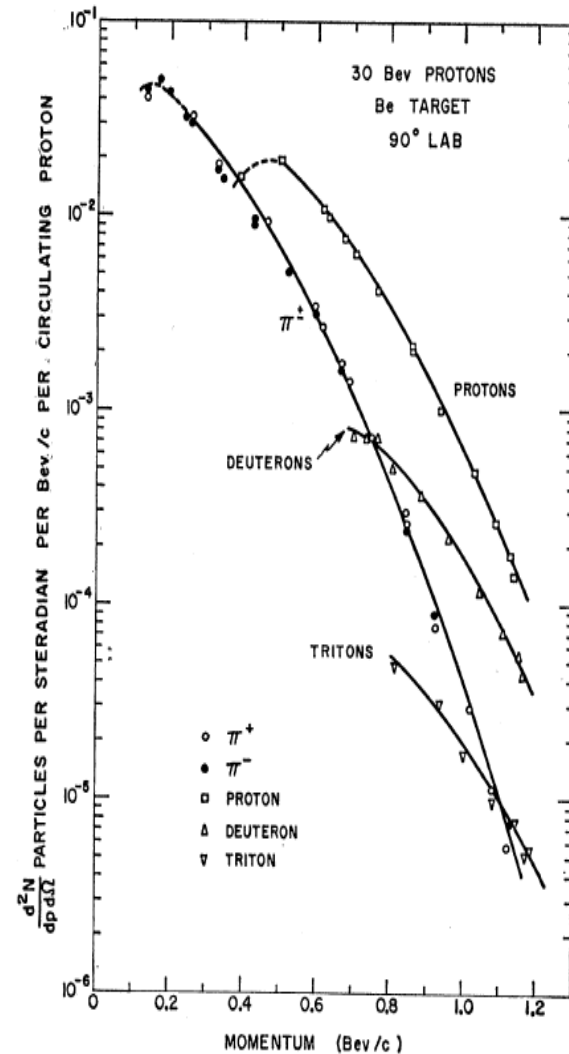
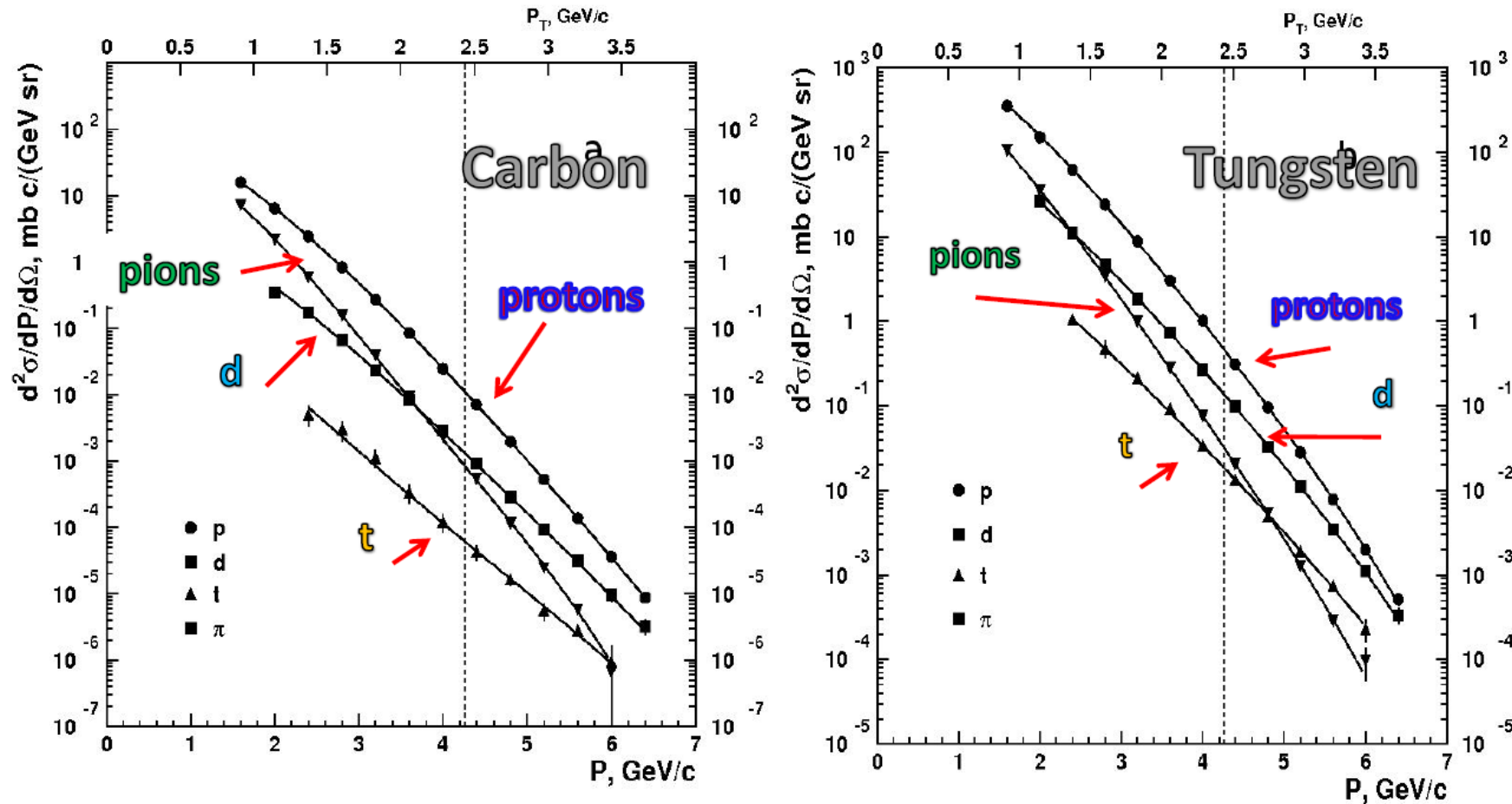


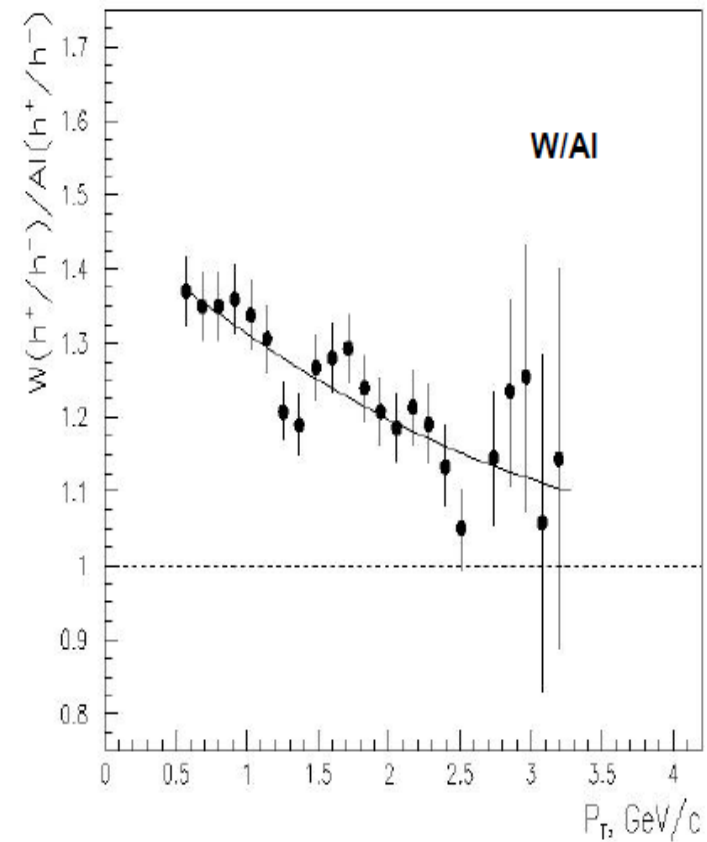
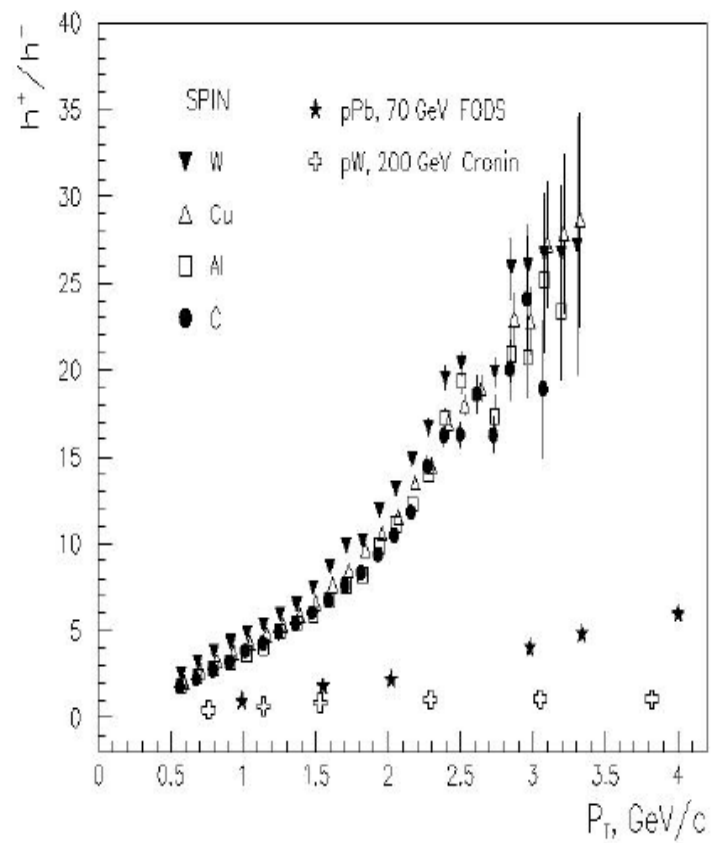
FIG. 2. Momentum spectrum of particles emitted at 90° from a beryllium target struck by 30-Bev protons. The ordinate is the number of particles produced at the target per steradian per Bev/c per circulating proton. The dashed portions of the curves indicate regions where the corrections due to multiple scattering exceed 15%. At the time these data were taken no effort was made to detect He³.



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 .

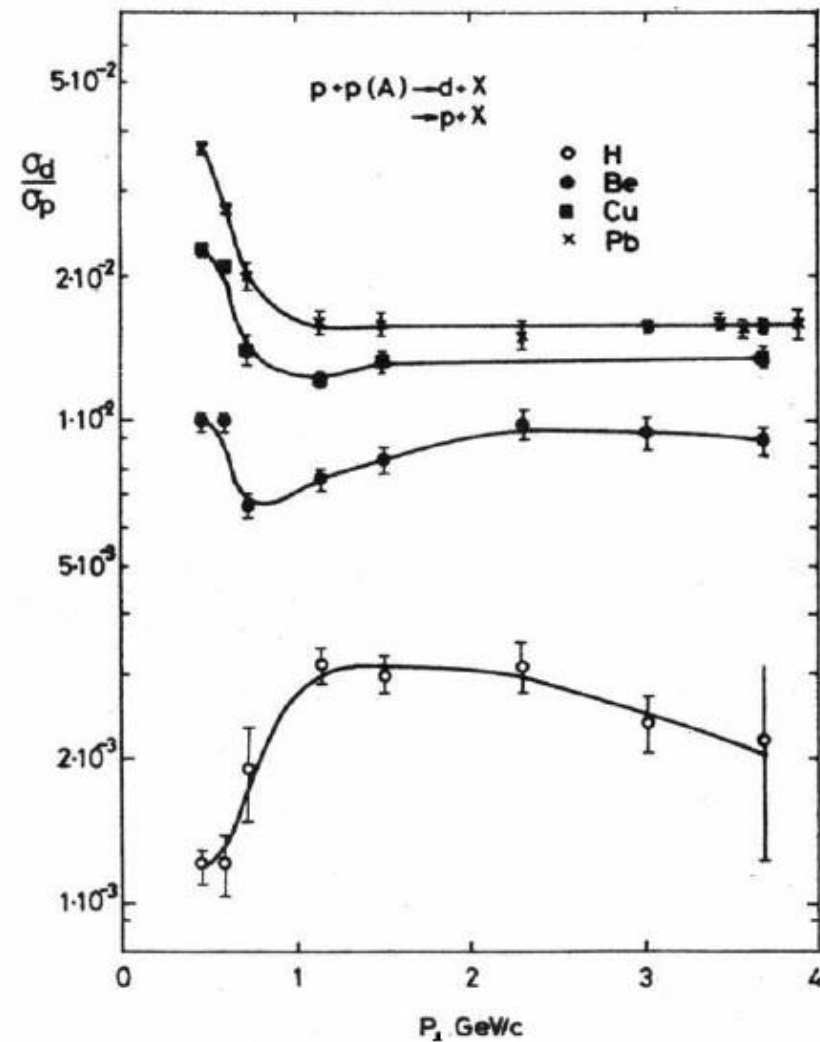
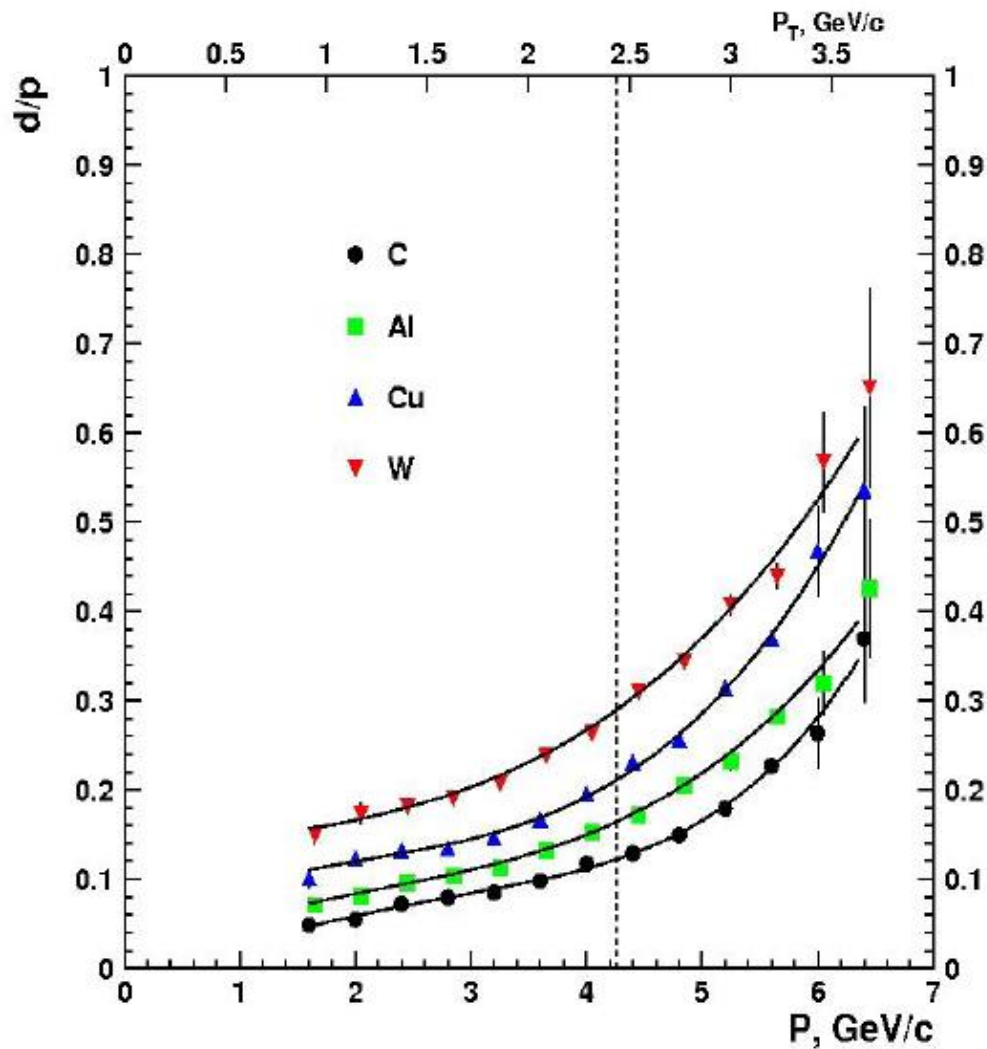
Ratios



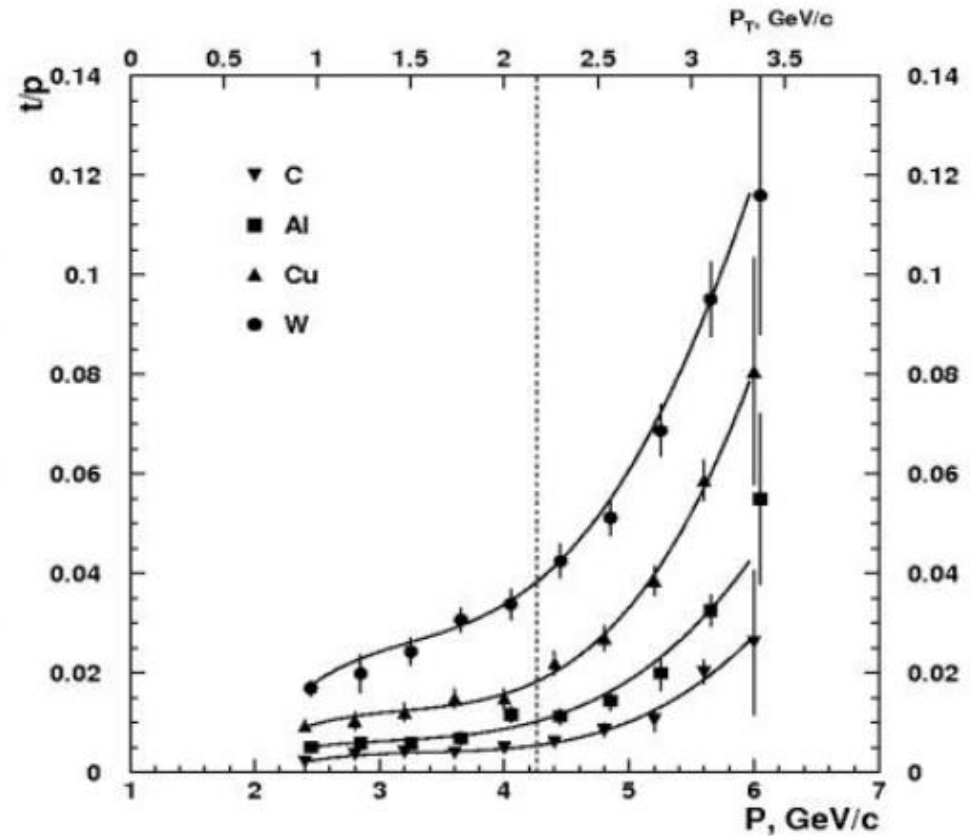
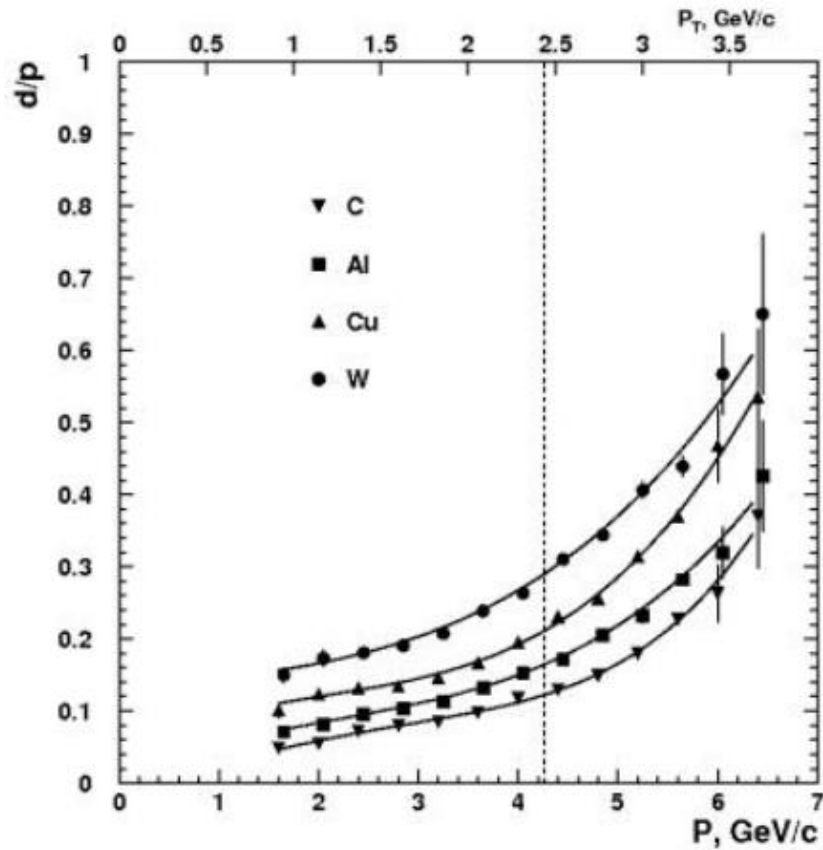
SPIN data

ФОДС

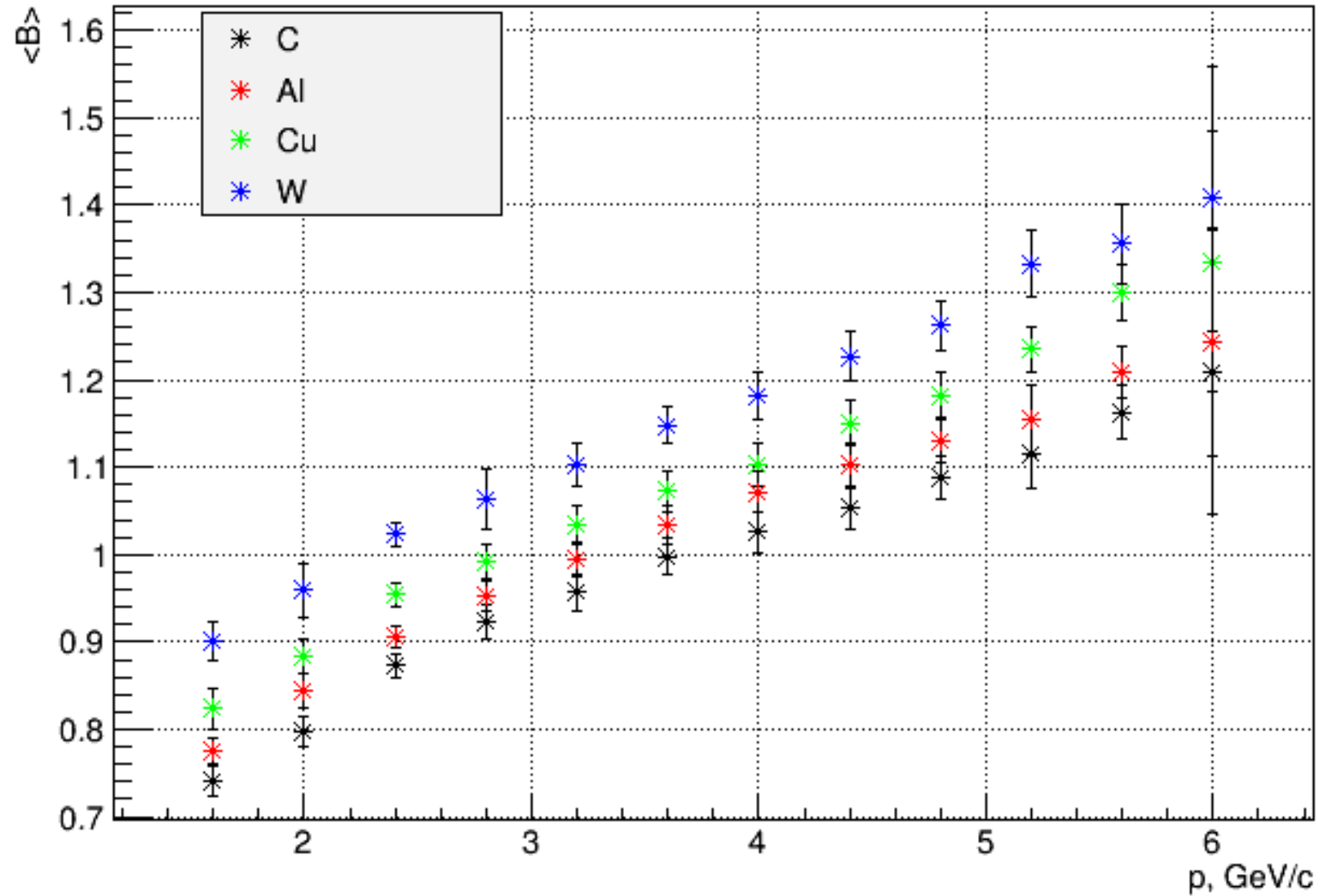
В.В.Абрамов и др.,
ЯФ 45(5) (1987), 845–851



SPIN preliminary



Average baryon number $\langle B \rangle$



Knockout of Deuterons and Tritons with Large Transverse Momenta in pA Collisions Involving 50-GeV Protons

N. N. Antonov^a, A. A. Baldin^b, V. A. Viktorov^a, V. A. Gapienko^{a, *}, G. S. Gapienko^a,
 V. N. Gres'^a, M. A. Ilyushin^a, V. A. Korotkov^a, A. I. Mysnik^a, A. F. Prudkoglyad^a,
 A. A. Semak^a, V. I. Terekhov^a, V. Ya. Uglekov^a, M. N. Ukhanov^a,
 B. V. Chuiko^{a†}, and S. S. Shimanskii^b

$$\frac{E_d}{\sigma_{\text{inel}}} \frac{d^3 \sigma_A}{dp_A^3} = B_A \times \left(\frac{E_p}{\sigma_{\text{inel}}} \frac{d^3 \sigma_p}{dp_p^3} \right)^A$$

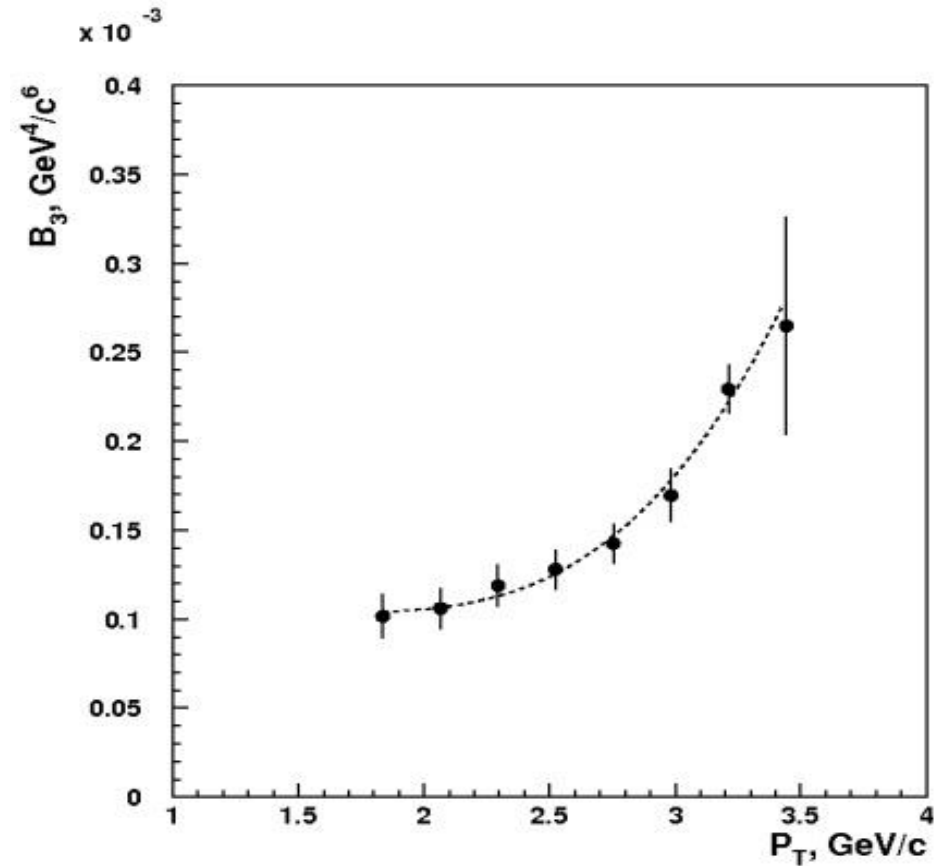
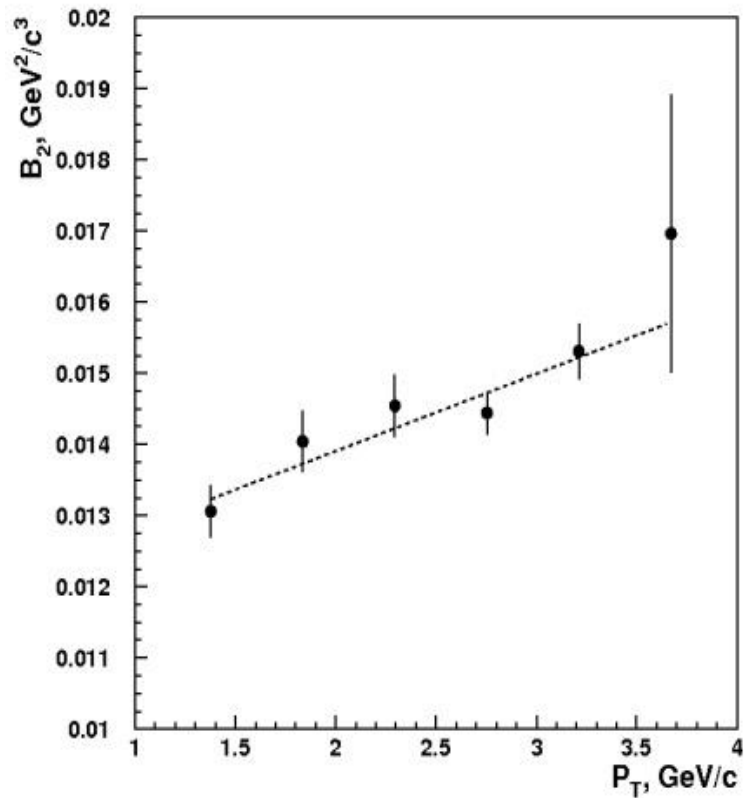
Mean values of the B_2 parameter

Target	C	Al	Cu	W
$B_2 \times 10^2, \text{GeV}^2/c^3$	1.41 ± 0.10	1.56 ± 0.08	1.51 ± 0.07	1.41 ± 0.06

SPIN data

$$B_2 \sim V^{-1}$$

$$B_3 \sim V^{-2}$$



CsDBM

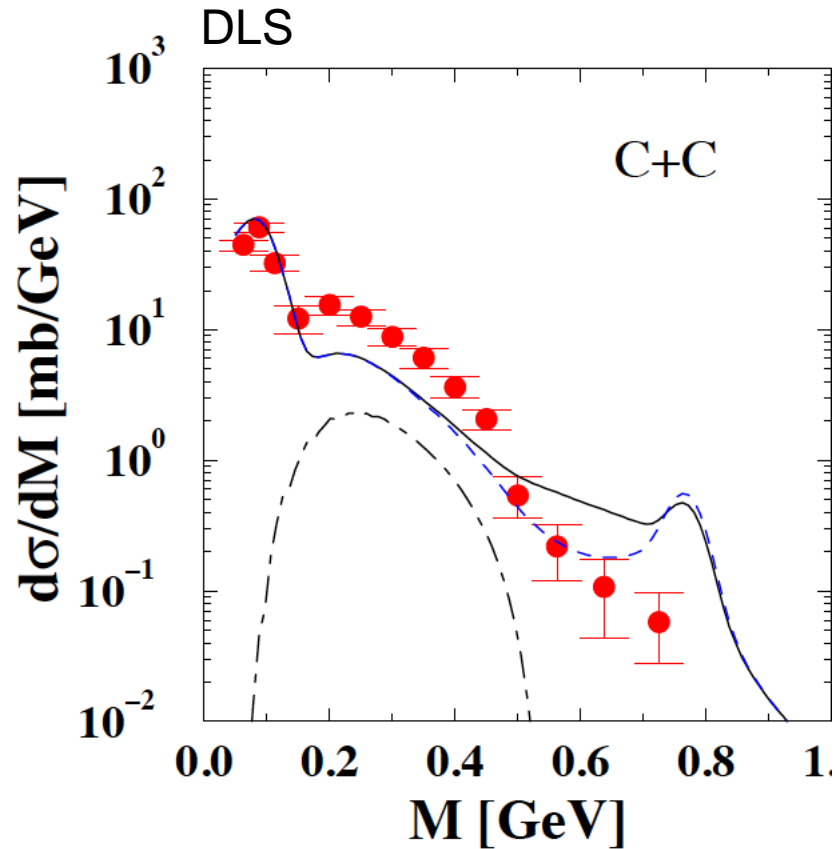
1. **Cold** - exists inside ordinary nuclear matter as a quantum component of the wave function (with some probability and life time).

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).

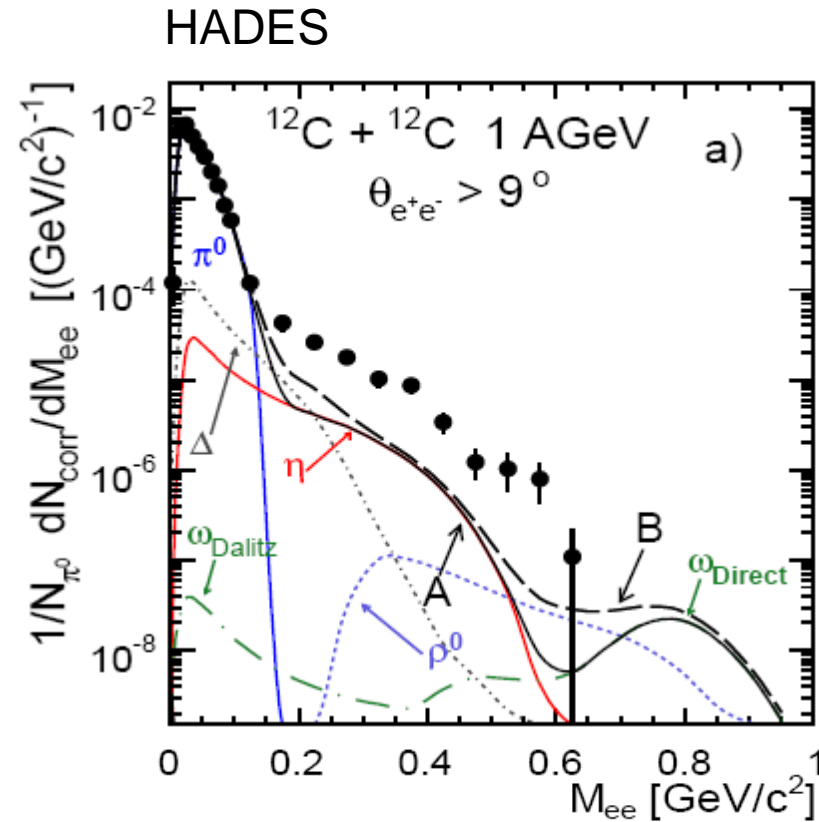
**np - puzzle of dilepton
production**

Столкновения легких ядер при энергии 1 ГэВ/нуклон



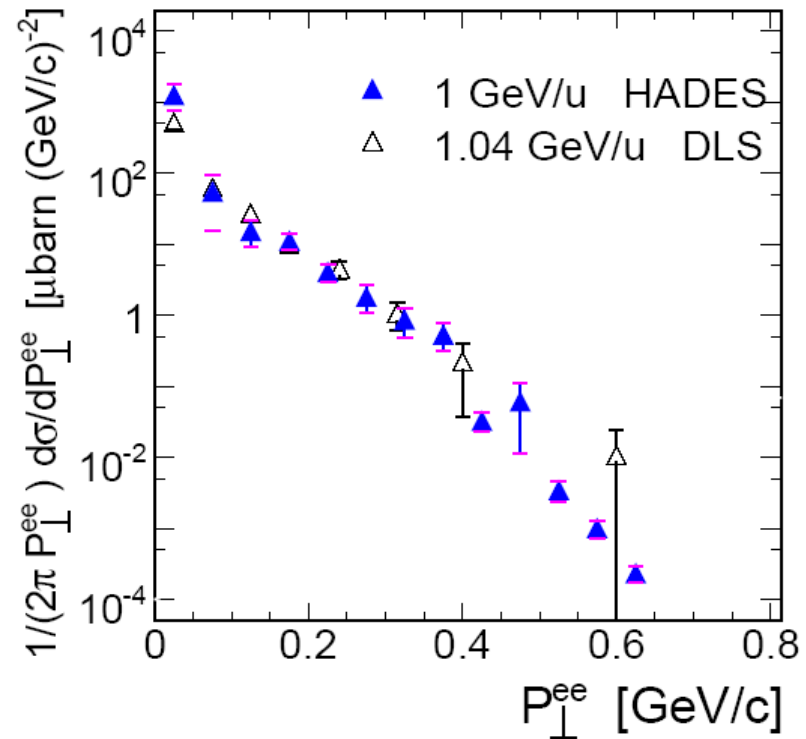
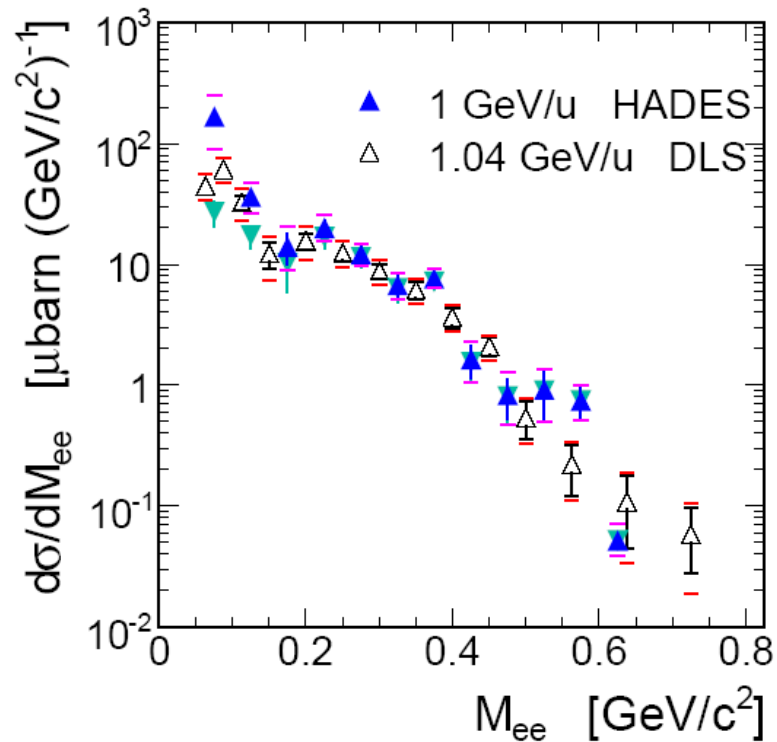
R. J. Porter *et al.*,
Phys. Rev. Lett. 79 (1997) 1229.

K. Shekhter *et al.*
Phys. Rev. C68 (2003) P. 014904.



G. Agakishiev *et al.*,
Phys. Lett. B 663 (2008) 43.

Сравнение данных DLS – ХАДЕС



G. Agakishiev *et al.*,
Phys. Lett. B 663 (2008) 43.

n + p bremsstrahlung

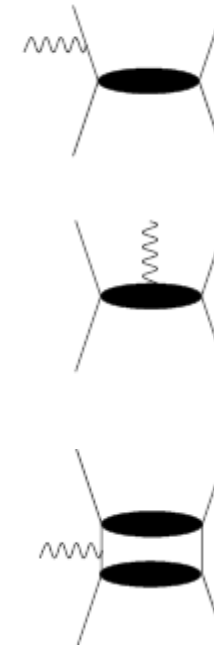
Promising candidate: **neutron-proton bremsstrahlung**

- ❑ Radiation of (virtual) photon in NN scattering
- ❑ $\sigma_{np} \gg \sigma_{pp}$
- ❑ recent theoretical consideration by L.P. Kaptari and B. Kämpfer, NPA 764 (2006) 338, gives much bigger cross section than previous calculations
- ❑ no definitive predictions, see also R. Shyam and U. Mosel, PRC 67 (2003) 065202

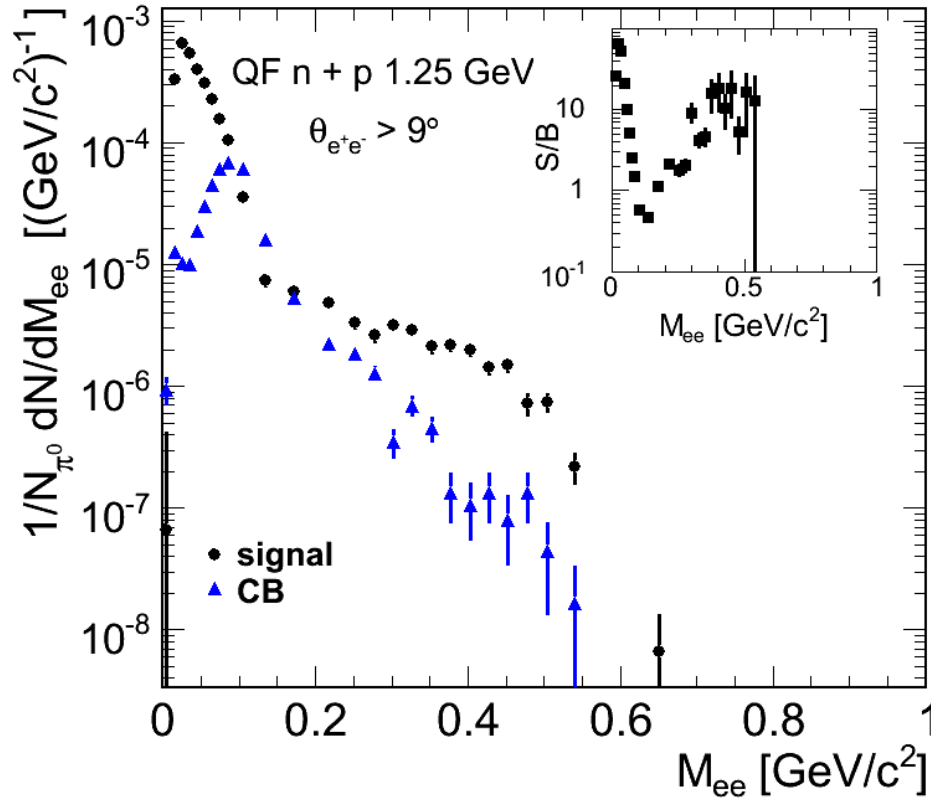
Bottomline:

**np-brem *predicted to be* very important process
in context of pair production at energies ~ 1 GeV/u**

Need for experimental study



Анализ выхода электрон-позитронных пар



FW (выделение пр):

1. $M_{FW} > 0$
2. $1.6 < p < 2.6$ ГэВ/с

Ограничения на пары:

1. no double hit
2. openangle > 9.
3. closestnonfitted cuts
4. RKchi2 < 100000.

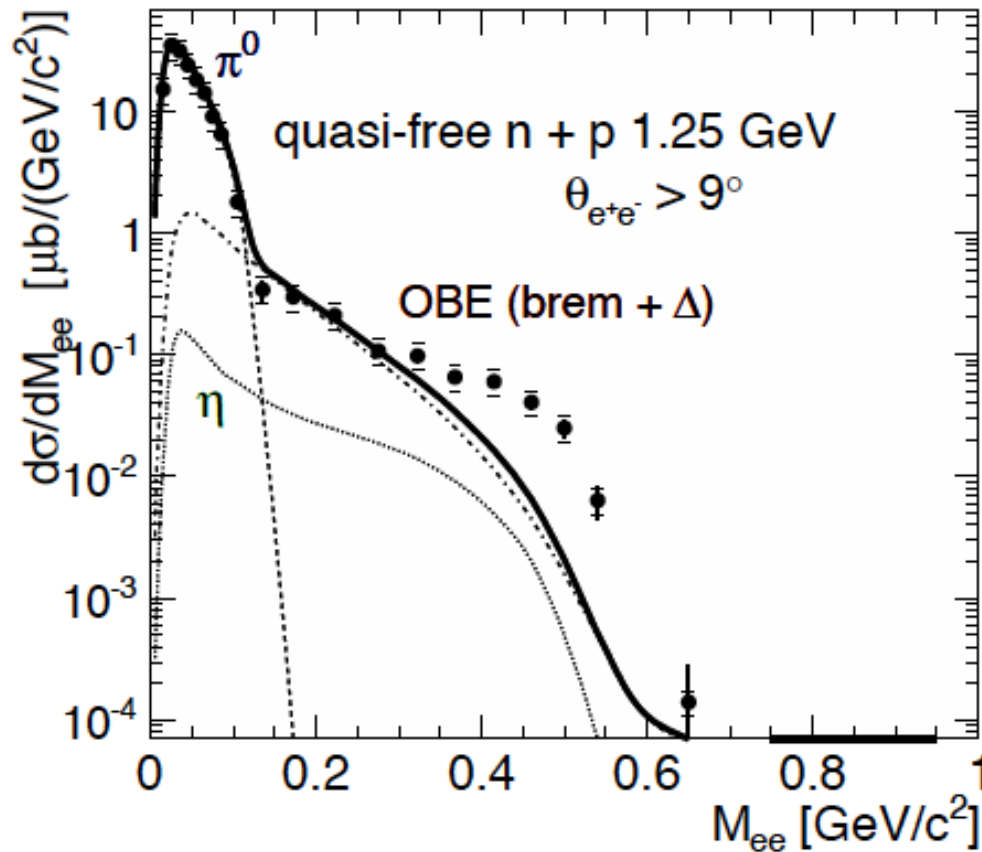
Комбинаторный фон:

$$(e^+e^+ + e^-e^-)/2$$

Корректировка на
эффективность регистрации
лептонов
(GEANT моделирование)

Абсолютная нормировка
(pp-упругое)

Сравнение экспериментальных данных с модельными расчетами (II)

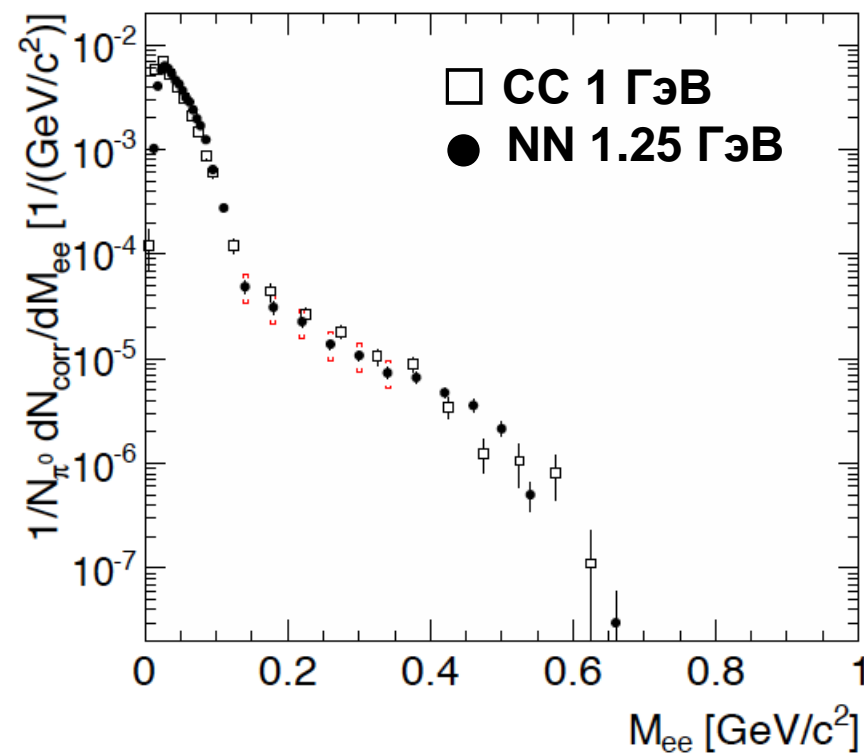


Теоретические расчеты:
модель однобозонного обмена
Картари Л.Р, Кампфер В.
Nucl. Phys. 2006. Vol. A764. P. 338

Сравнение выхода e^+e^- -пар в нуклон-нуклонных и $^{12}\text{C}+^{12}\text{C}$ реакциях

$$d\sigma/dM = \frac{(d\sigma/dM)_{np} + (d\sigma/dM)_{pp}}{2}$$

- Вклад η -мезона вычтен из спектров
- Хорошее согласие СС и NN спектров
- Выход в СС обусловлен $n+p$ реакциями



2.2. High p_T $p\bar{p}$ collisions and deep inelastic nuclear reactions with PANDA

(S.S.Shimanskiy)

PANDA experiment provides an opportunity to study the properties of the color high density nuclear matter (CHDNM), which differs from Quark Gluon Plasma (QGP) state [1]. To detect the CHDNM one has to study the pA - collisions in kinematical region beyond the kinematical limits for interacting with free nucleons (named as cumulative processes).

We propose [7] to perform the measurement of three deep inelastic antiproton-nuclei processes (DINP):

- The first one is a DINP $\bar{p} + A \rightarrow \bar{p} + \langle mN \rangle$, where m is an average number of nucleons.

The final state antiproton must have $x_T = \frac{2p_T}{\sqrt{s}} \sim 1$, where $s = (p_p + p_N)^2$. The aim is to see

the dependence on the cumulative number X . SRC mechanism predicts $\langle m \rangle \approx 1$ and no dependence on X .

- The second process is the subthreshold J/Ψ (and D-mesons) production:

$\bar{p} + A \rightarrow J/\Psi + X \rightarrow \mu^+ \mu^- + X$ at $E_{beam} \geq 2 - 3$ GeV. Dimuon pair must have

$E^{inv} \geq 1.5$ GeV. The aim is to measure the cross section of this process which can be greater than the subthreshold cross section of antiproton production $p + A \rightarrow \bar{p} + X$ [8] which is already measured [4]. There is a prediction that the case $\sigma(\bar{p} + A \rightarrow J/\Psi + X) > \sigma(p + A \rightarrow \bar{p} + X)$ can be treated in favor of "flucton" hypothesis.

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 p_T 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 p_T , 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 электророждению 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

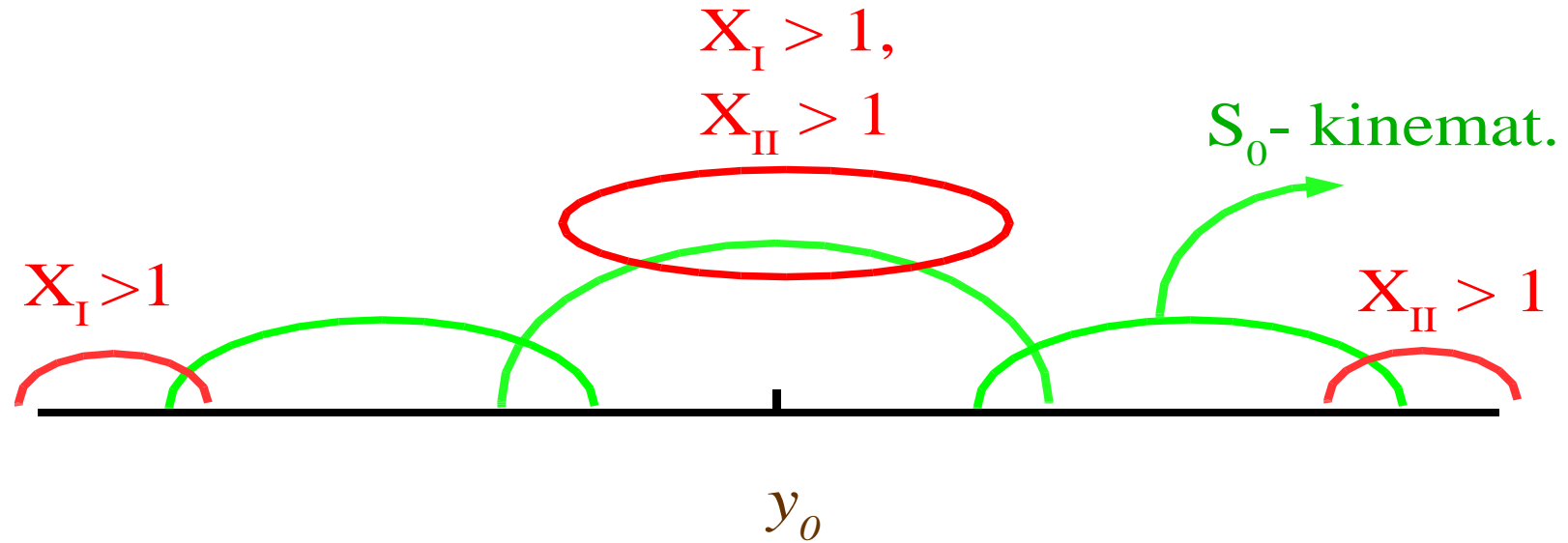
экспериментальной информации прогресс в этой области вряд ли возможен. Важно, что для экспериментального изучения этих корреляций не нужны сверхвысокие энергии. Достаточно правильно заданных вопросов и грамотного поставленного эксперимента. Чрезвычайно важной представляется возможность разделения процессов 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

END

Cumulative kinematical region



Cumulative processes:

- 1) $X_I \leq 1$ and $X_{II} > 1$
 - 2) $X_{II} \leq 1$ and $X_I > 1$
 - 3) $X_I > 1$ and $X_{II} > 1$
- } Fragmentation regions
- Central region

$P_{\text{beam}}(\text{GeV}/c)$	$\gamma(p)$	$\gamma(\pi)$
1	0.93	2.66
2	1.5	3.35
10	3.06	4.96
20	3.75	5.65
50	4.67	6.57