



**90 лет со дня
рождения Валентина
Семёновича
Ставинского**

*“Кумулятивные процессы в области
больших p_T ($p_T > 1$ ГэВ/с)”*

С.С. Шиманский (ЛФВЭ, ОИЯИ)



Первое знакомство с кумулятивной физикой



ПРОСТАЯ МОДЕЛЬ КОЛЛЕКТИВНЫХ ЭФФЕКТОВ В АДРОН-ЯДЕРНЫХ СОУДАРЕНИЯХ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

О. В. ЖИРОВ, Э. В. ШУРЯК

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ СО АН СССР

(Поступила в редакцию 8 декабря 1977 г.)

Адрон-ядерные реакции высоких энергий рассматриваются как коллективное соударение с определенной частью ядра — эффективной мишенью, размеры которой растут с энергией соударения. Предсказания модели согласуются с широким набором экспериментальных данных. Конкретно рассмотрены: зависимость множественности от энергии соударения и атомного номера мишени, инклюзивные распределения по быстротам (в том числе и в кумулятивной области), рождение тяжелых частиц (антипротонов), корреляции с числом нуклонов отдачи и др.

5. Кумулятивный эффект

Такое название получило явление, состоящее в рождении на ядрах частиц за пределами кинематически разрешенной в соударении с одним нуклоном области, впервые обнаруженное в работе [25]. Это явление наиболее ясно демонстрирует коллективный характер соударений с ядром. Интересно, что спектр частиц в кумулятивной области оказывается плавным продолжением спектра в разрешенной области, что наводит на мысль об их едином механизме.

Для описания спектров кумулятивной области необходимо уточнить сделанные выше предположения. Гауссова параметризация (5) хороша в

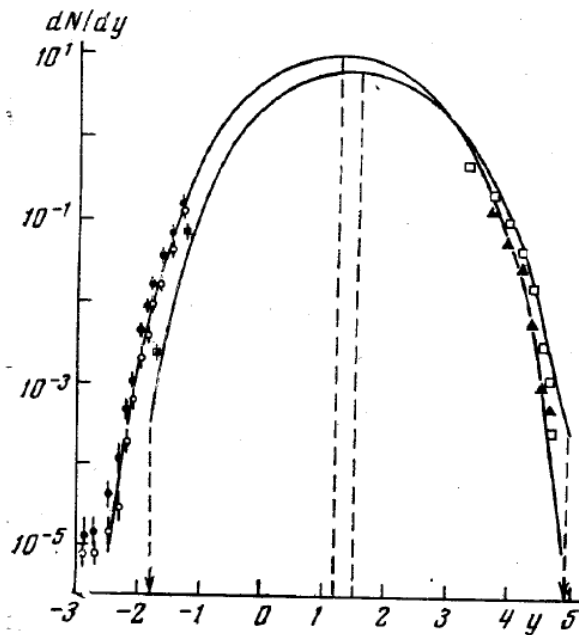


Рис. 6

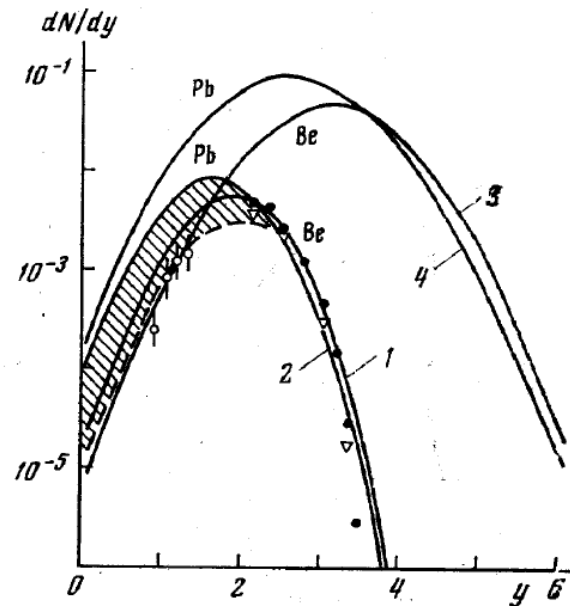


Рис. 7

Рис. 6. Распределение по быстротам π^- с $p_{\perp}=0$ при соударениях протонов с \bullet — Pb, \circ — Al, \blacksquare — d [25], \square — Pb, \blacktriangle — Be [26]. Кривые показывают спектры в соударениях с эффективными массами $M_{eff}=m_p$ (правая кривая) и $M_{eff}=2,4 m_p$ (левая)

Рис. 7. Распределение по быстротам антипротонов, рождающихся на мишенях из Be (кривые 1, 3) и Pb (2, 4) при энергиях 24 Гэв [28] и 300 Гэв (кривые 3, 4). Штриховая кривая отвечает вкладу периферических соударений, заштрихованная область показывает неопределенность спектра мягких антипротонов из-за их поглощения в ядре



Кумулятив в ЛВЭ



“The ‘Resonance’ Facilities, Their Potentialities And Current Trends In Relativistic Nuclear Physics”

A.A. Askarkhodzhaev, V.A. Belyakov, Yu.T. Borzunov, V.F. Vishnevsky,
V.V. Glagolev, L.B. Golovanov, Yu.V. Kulikov, R.M. Lebedev, M. Maly, E.A.
Matyushevsky, A.P. Tsvinev, J. Cerny, I. Chumpelik, S.S. Shimansky

Proceedings, Investigations In The Field Of Relativistic Nuclear Physics, 92-97, Dubna 1982.

Рис. 1. Установка “Резонанс”.

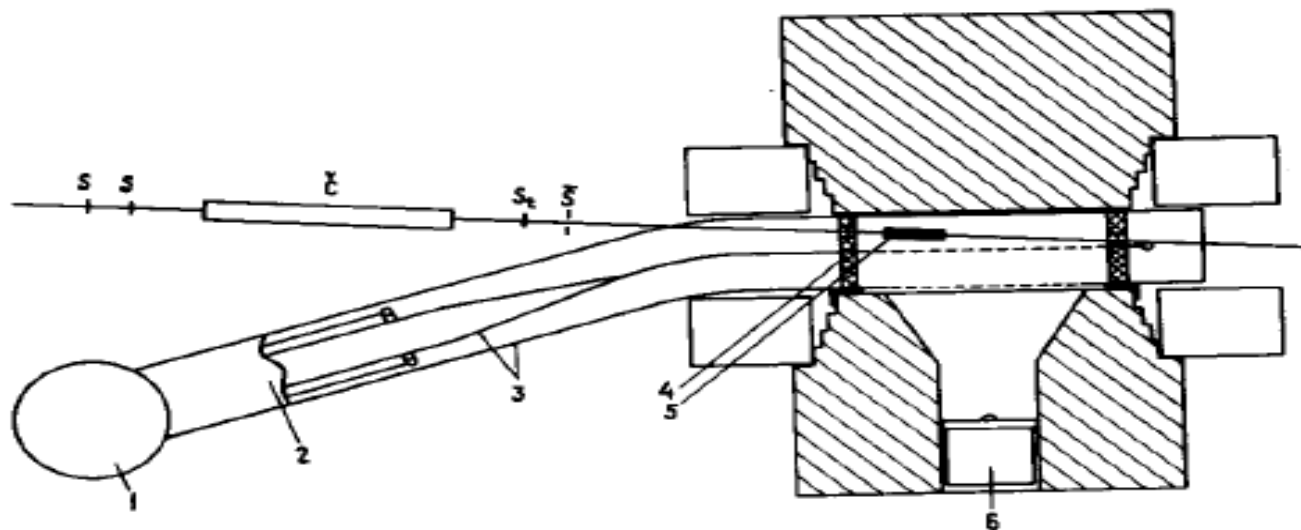




Рис. 2. Компонировка основных частей установки (в плане):
1-ГНН, 2-линия формирования импульса высокого напряжения типа *Blumlein*, 3-волновод, 4-корпус камеры, 5-мишень, 6-фотоаппарат.



**Эксклюзивный процесс и разные подпроцессы,
предложение В.В. Глаголева**



1. Поиск шестикварковых странных дибарионов, существование которых предсказано на основе современных представлений о кварк-глюонных мешках /5,6/.


2. Измерения поляризации и асимметрии Λ -гиперонов с большими поперечными импульсами, образованных поляризованными дейтронами.

3. Решение вопроса о кумулятивном рождении η - и ω -мезонов.

4. Решение вопроса о существовании изобары $5/2$.

Другая триггерная система и связанная с ней группа работ имеют целью эксклюзивные исследования $d p$ - взаимодействий с выходом кумулятивных протонов. Постановка соответствующего эксперимента подробно описана /10/.

Вообще говоря, инклюзивные спектры кумулятивных протонов измерялись, однако для выяснения связи наблюдаемых эффектов с короткодействующими корреляциями, волновой функцией на малых расстояниях, с проявлением шестикварковой структуры дейтрона необходимо иметь информацию о событиях в целом в 4π - геометрии. Такую возможность и дает стримерная камера с жидководородной мишенью, облучаемая дейтронами, ускоренными до 9-10 ГэВ/с. Кумулятивные протоны будут выделяться с помощью анализирующего магнита, газового порогового черенковского счетчика и времяпролетного детектора.



**Установка ДИСК и
Валентин Семёнович
Ставинский**





50 anniversary cumulative effect

Кумулятивные процессы и SRC
(короткий комментарий)



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

А. М. Баллин

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 и ядра неона (заряд 10 е) с энергией 100 Гэв. В связи с этим возникает естественный вопрос, не является ли столкновение с мишенью обладающих энергией 100 Гэв, протонов полученными пока только на Сибирском ускорителе. Утвердительный ответ на этот вопрос с помощью ускорения тяжелых ионов с высоким зарядом, можно было бы получить рекордно высоких энергий.

Цель настоящей заметки — рассмотреть и сделать определенные предположения.

Обычно на вопрос о возможности получения составным ядром отде-

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, Неуставившиеся движения сплошной среды. ГИТТЛ, Москва, 1958 г.
3. J. D. Bjorken, Phys. Rev., 179, 1947 (1969).
4. В. А. Матвеев, Р. М. Мурадян, А. Н. Тахвеладзе, Сообщения ОИЯИ P2-4578, 1969 г.
5. В. А. Матвеев, Р. М. Мурадян, А. Н. Тахвеладзе, Сообщения ОИЯИ E2-4968, 1970 г.
6. Ю. Б. Бушнев, Ю. Л. Горин, С. П. Денисов и др.

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.

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

МАТЕРИАЛЫ XIII ЗИМНЕЙ ШКОЛЫ ЛИЯФ

I4I

КУМУЛЯТИВНЫЕ НУКЛОНЫ
И КОРОТКОДЕЙСТВУЮЩИЕ КОРРЕЛЯЦИИ В ЯДРЕ

М. И. Стрикман и Л. Л. Франкфурт

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.)

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

КУМУЛЯТИВНЫЕ НУКЛОНЫ КАК МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ КОРОТКОДЕЙСТВУЮЩИХ КОРРЕЛЯЦИЙ В ЯДРАХ

М.И. Стрикман, Л.Л. Франкфурт

В в е д е н и е

Одной из центральных теоретических проблем физики элементарных частиц в настоящее время является вопрос, как происходит сильное взаимодействие в пространстве-времени [1 - 3]. Например, на школах ИТЭФ, ЛИАФ неоднократно обсуждались пространственная структура реджеона [4, 5], мультипериферизм [6, 7], партонная картина [8-10] и т.д. Теоретически [1, 2, 11-13], по-видимому, лучший экспериментальный способ исследования этой проблемы - изучать рассеяние быстрых частиц на ядре. Для того чтобы превратить ядро в прибор для исследования сильных взаимодействий, нужно научиться контролируемым образом изменять среднее расстояние между нуклонами ядра. Для ядерной физики вопрос интенсивности эффектов малых расстояний в ядрах и о способе их описания представляет самостоятельный интерес. Цель настоящей лекции - показать, что отбор событий, содержащих кумулятивный нуклон, очевидно, фиксирует конфигурации в волновой функции ядра, содержащие несколько (два, три) нуклонов на относительно малых расстояниях^{*}. (Кумулятивными частицами, следуя работе [14], мы будем называть вторичные частицы, образующиеся в кинематической области, запрещенной для рассеяния на свободном нуклоне. Независимо от теоретической интерпретации введение этого термина удобно для обозначения указанной кинематической области).

CURRENT EXPERIMENTS USING POLARIZED BEAMS OF THE JINR VBLHE ACCELERATOR COMPLEX

F. Lehar

F. Lehar

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

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

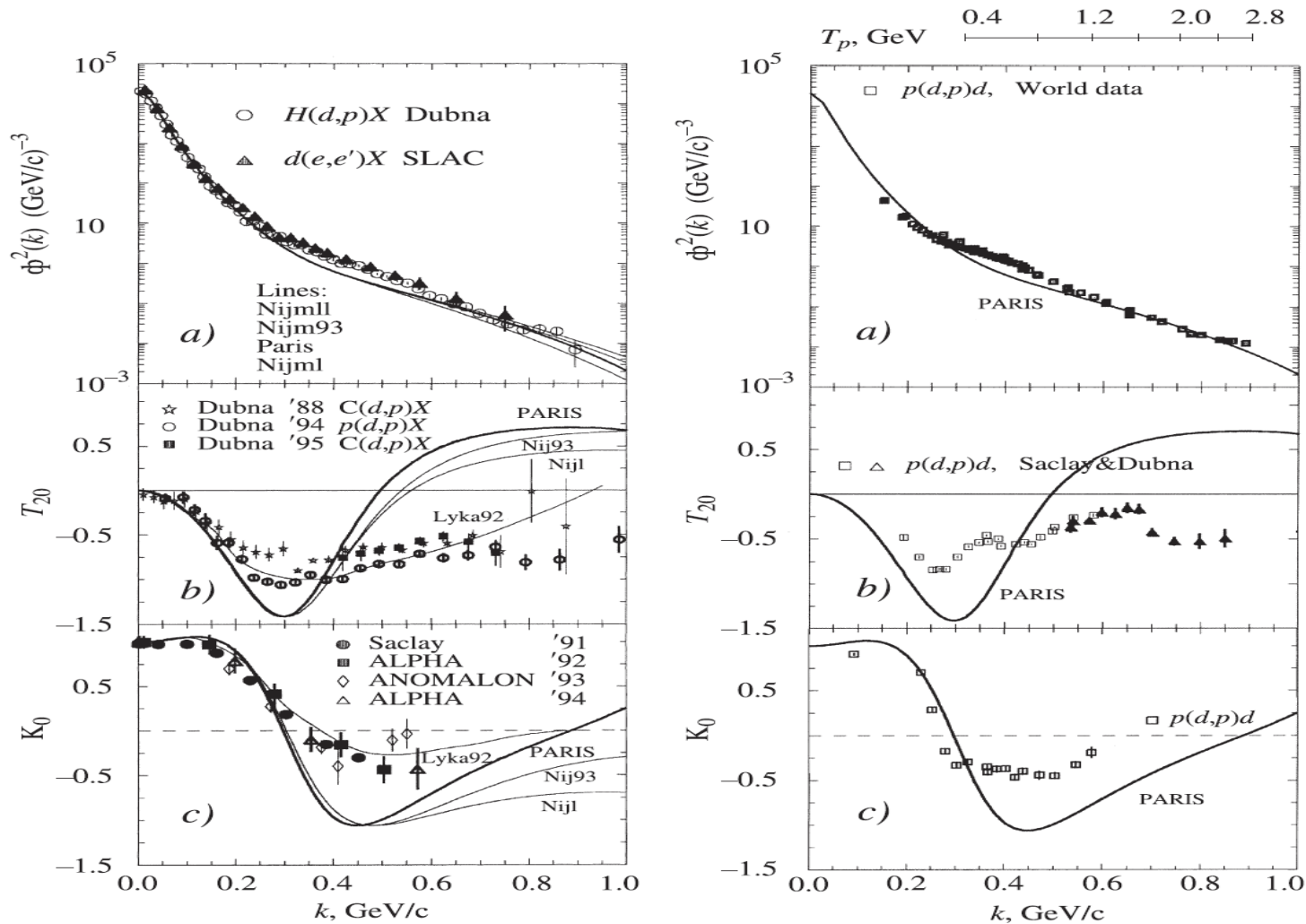
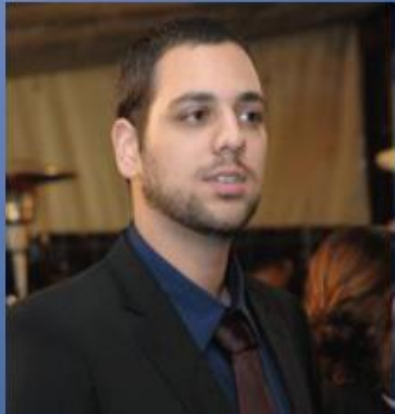


Рис. 5. Сводка данных экспериментов по фрагментации (слева) и упругому рассеянию «назад» (справа) поляризованных и неполяризованных дейтронов

SRC in VBLHEP



Or Hen



Guy Ron

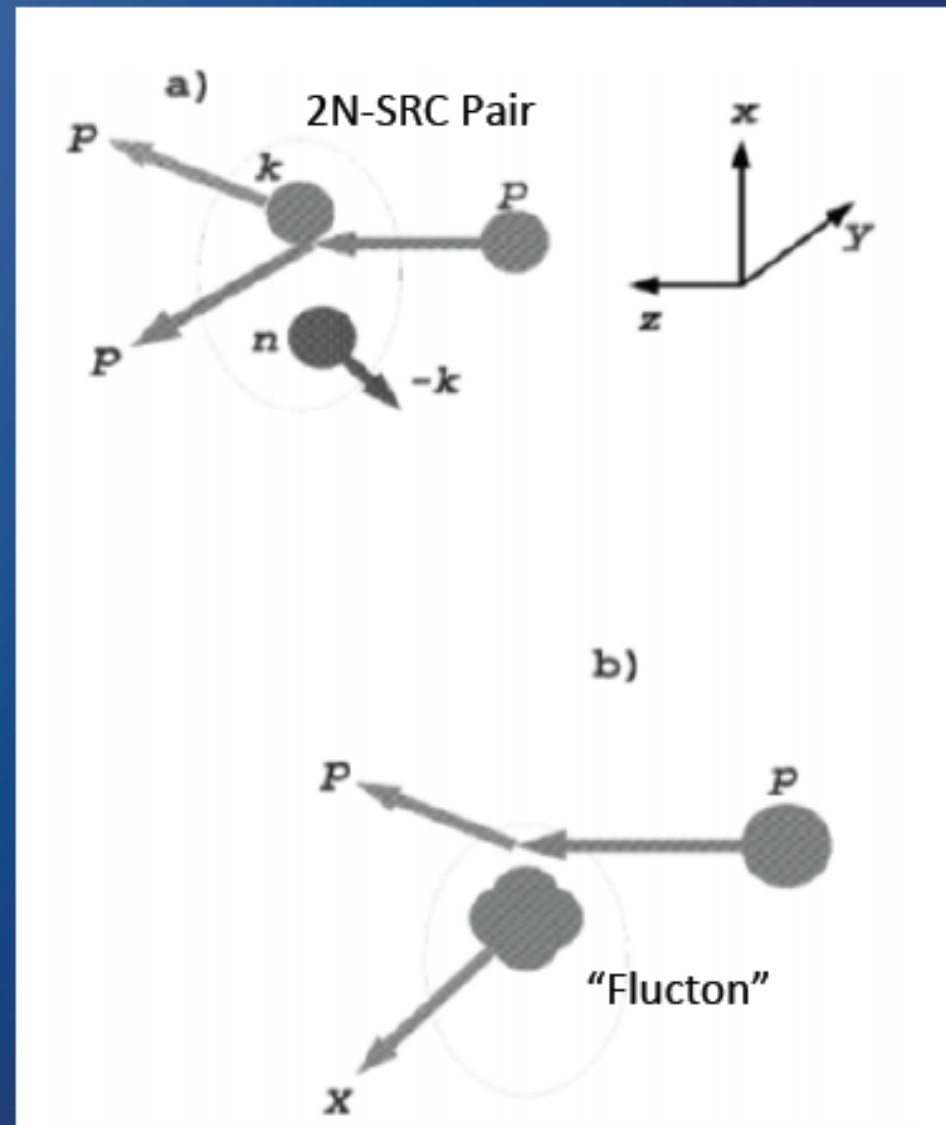


Eli Piasetzky



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)

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.



Кумулятивные процессы и SRC
(**конец** короткого комментария)





Есть два метода исследования новых состояний ядерной материи:

- 1. наблюдение спектров возбуждения;**
- 2. рассеяние на новом состоянии(аналог опыта Резерфорда).**

Исследование спектров возбуждения



(TEOPVIB)

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.

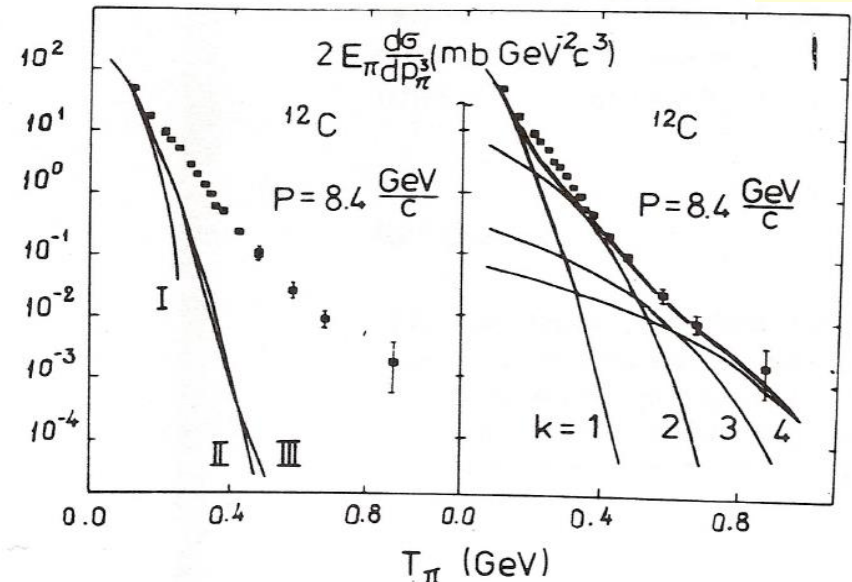


Fig. 1. (a) Calculations of the invariant pion production cross section for ^{12}C : I – for the free proton target; II – with fermi motion; III – the relativization effect. (b) The contributions of separate fluctuons with mass $M_k = km_p$ where k is the order of cumulativity.



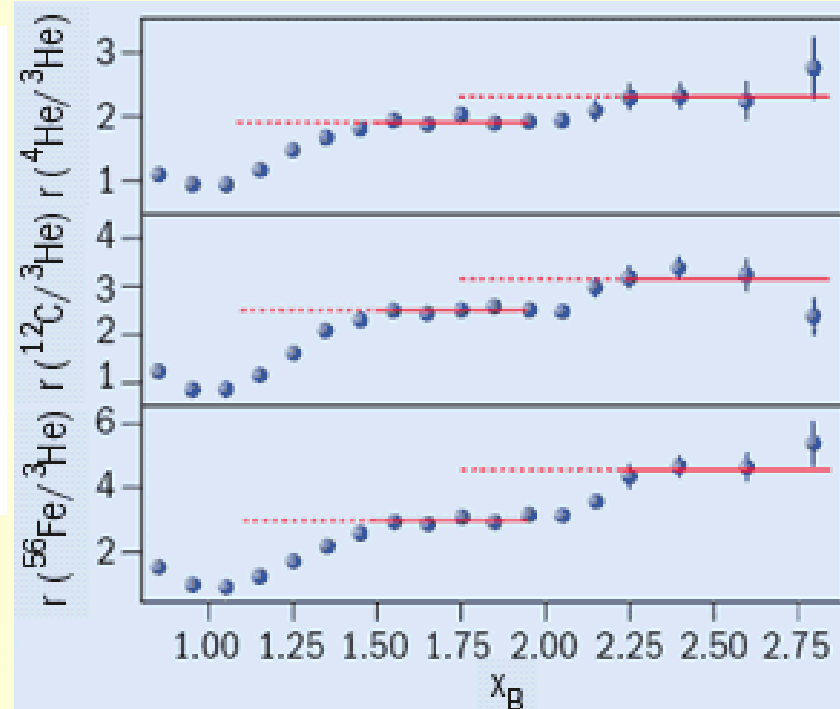
DIS

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

$$\begin{aligned}
 a_{pp}(^{12}\text{C}) &\approx 4 \pm 2 \% \\
 a_{2N}(^{12}\text{C}) &\approx 20 \pm 0.2 \pm 4.1 \% \quad \longrightarrow \quad a_{pn}(^{12}\text{C}) \approx 12 \pm 4 \% \\
 a_{nn}(^{12}\text{C}) &\approx 4 \pm 2 \%
 \end{aligned}$$

^{12}C - structure

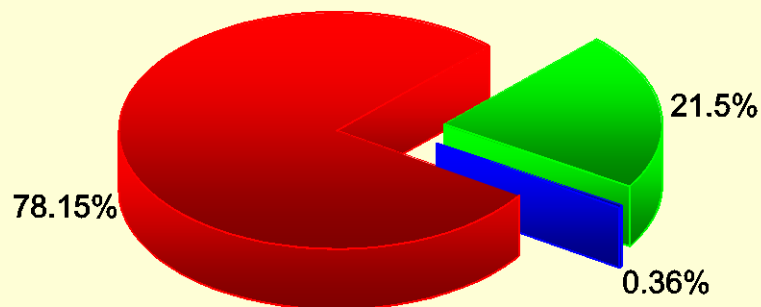
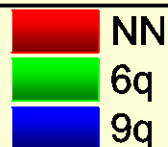
RNP - program at JINR

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

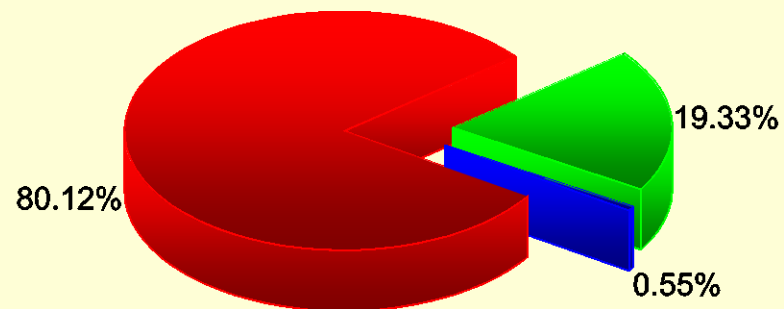
eA - program at JLab


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

JINR - 1977




JLab - 2008





Квазибинарные подпроцессы (кумулятивные
и большие p_T) и X_1 , X_2



Fragmentation regions

$$\mu + N_{\min} \cdot m \rightarrow m_c + [N_{\min} \cdot m + \Delta]$$

for $E_\mu \gg m_i, E_c$

$$X = N_{\min} = Q \cong \frac{(E_c - \beta_\mu \cdot P_c \cdot \cos \theta_c)}{m} + \dots \equiv X_I(X_{II}) \quad \text{Stavinsky (1970's)}$$

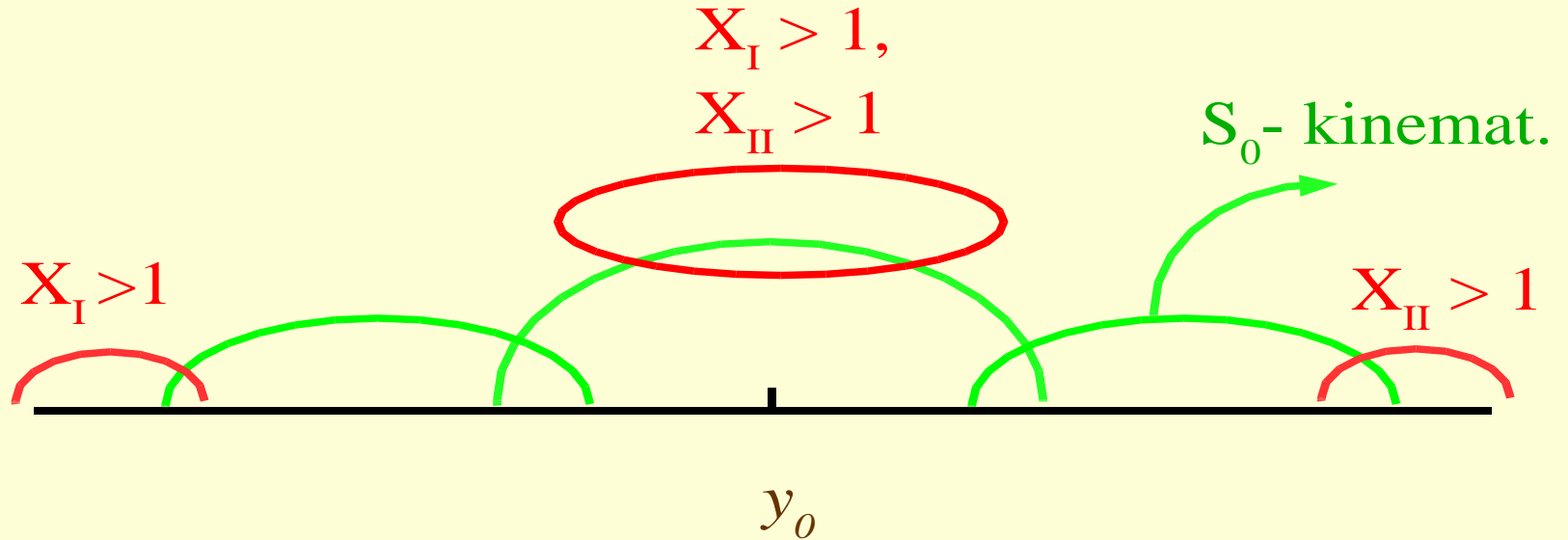
Common case for AA-collisions

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

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

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

Cumulative kinematical region



Cumulative processes:

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

A.A. Baldin's article

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

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

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

Inclusive data parameterization

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

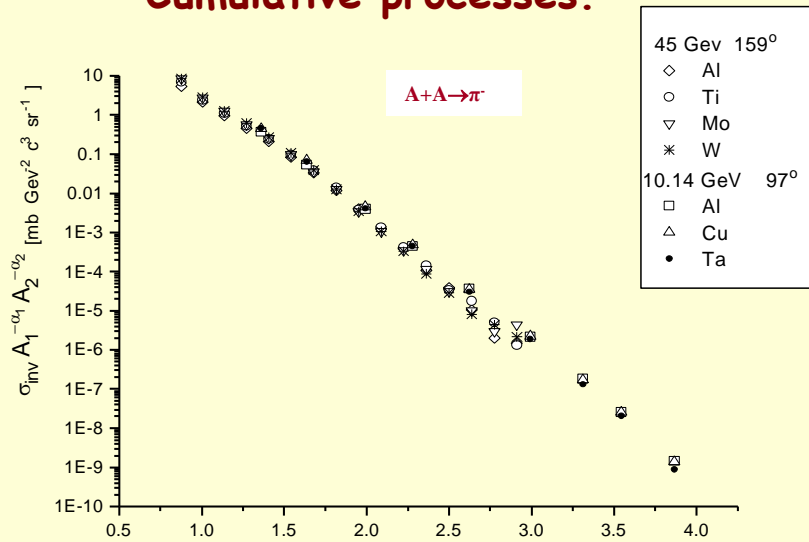
$$C_1 = 2200[mb \cdot GeV^{-2} \cdot c^3 \cdot sr^{-1}], C_2 = 0.127$$



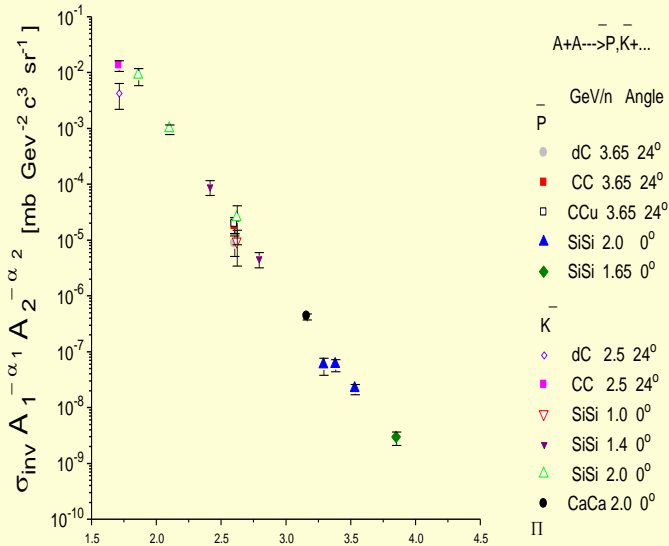
Кумулятивные и подпороговые процессы (анализ большого массива данных)



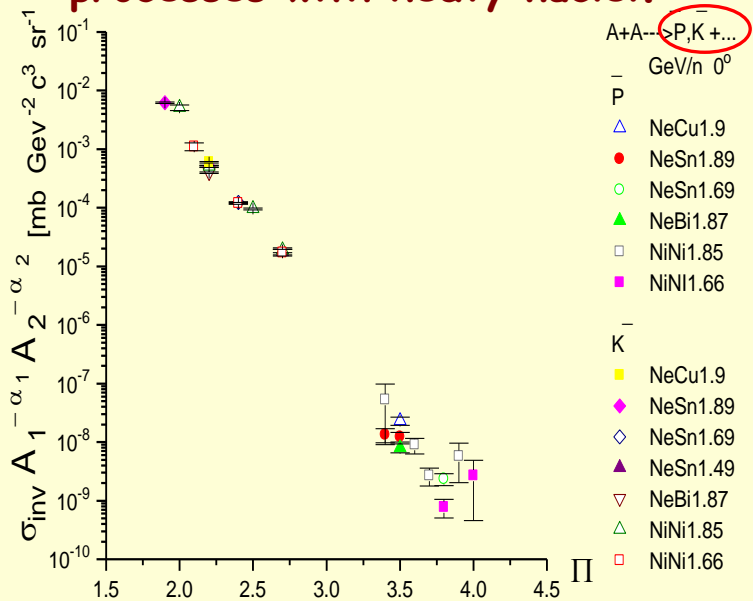
Cumulative processes.



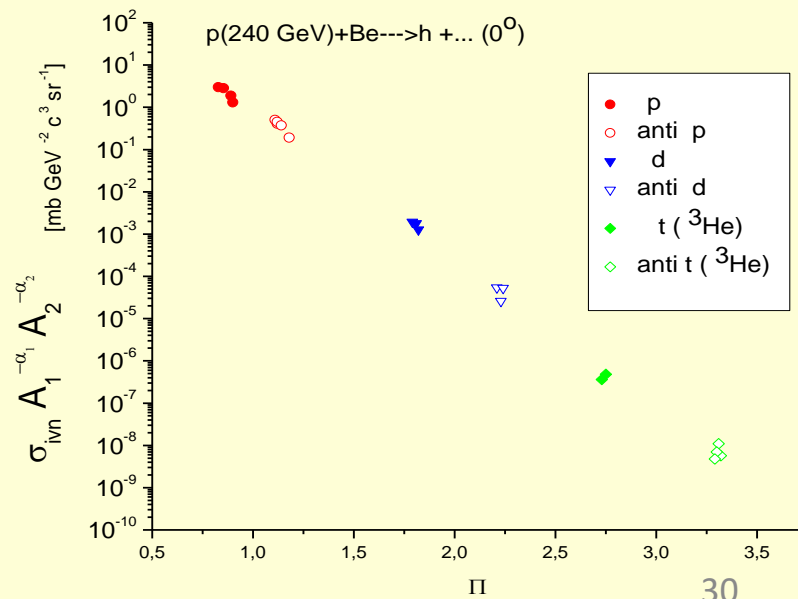
Twice cumulative processes.



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[†]

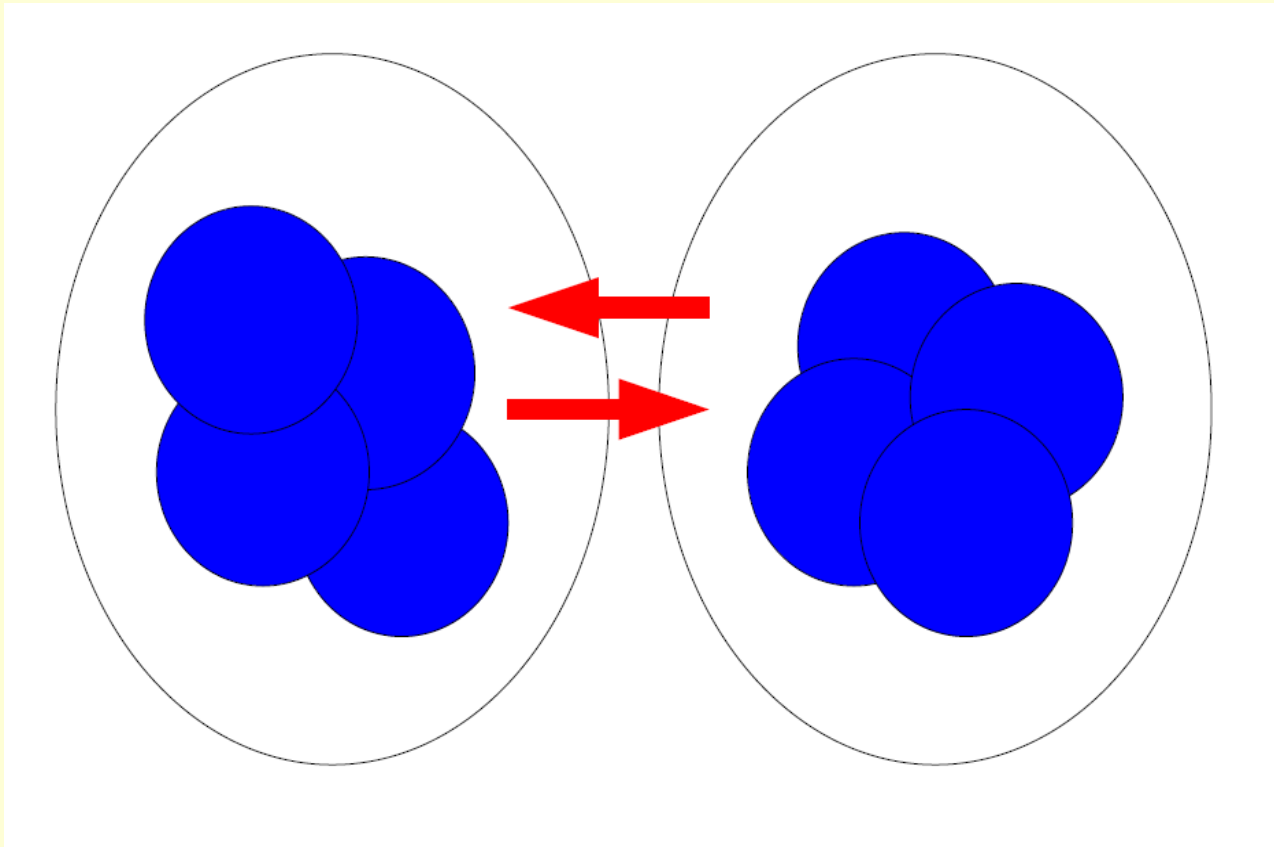
JINR, Dubna

[†] *E-mail: Stepan.Shimanskiy@jinr.ru*

Abstract

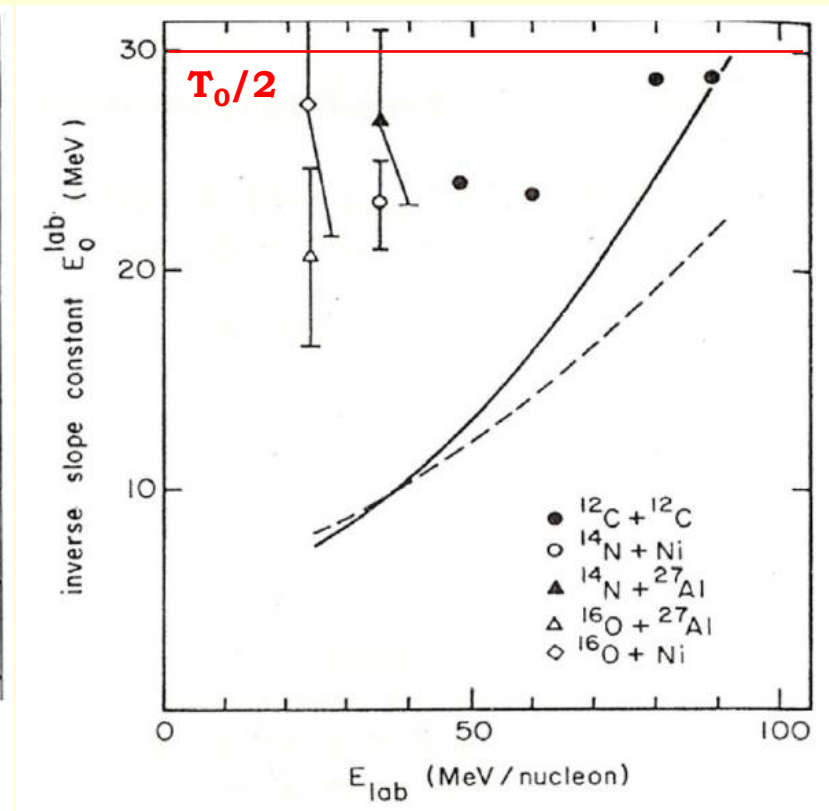
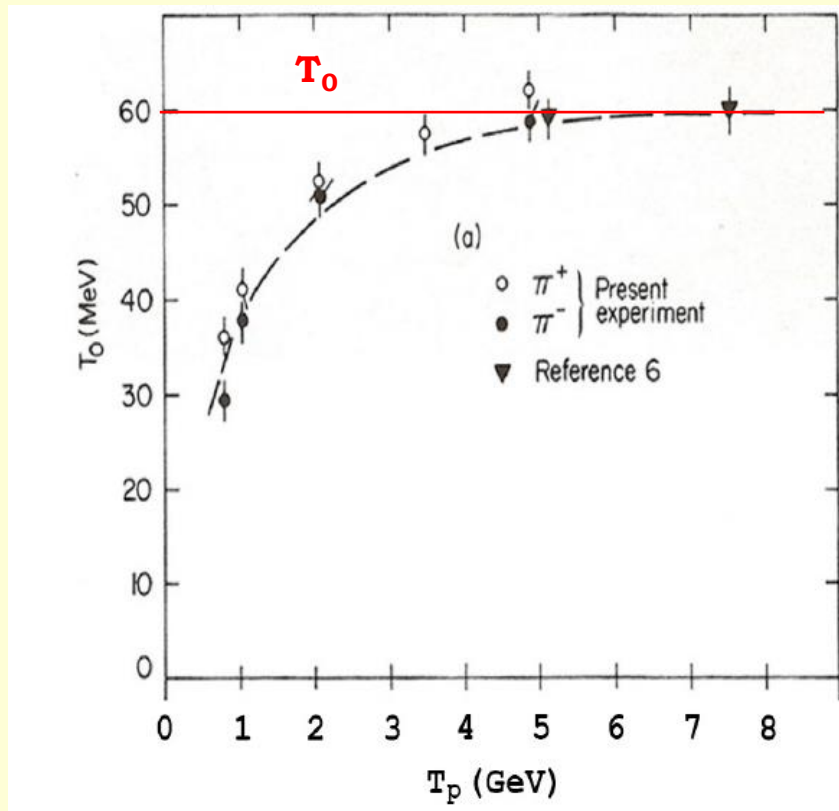
In this report will discuss a physical programm to study Constituent(Color) Quark Condensate(CQC) -the state of cold high density nuclear matter. Characteristics of CQC determines properties of matter inside massive stars and nevertheless can be probed in the laboratory experiments. Nowadays studies (cumulative processes and processes in region with $x_T \simeq 1$) have allowed to determine some characteristic properties of CQC. The offered program can advance considerably our understanding of properties of the superdense cold nuclear matter. We are stressing importance to carry out investigations with polarized beams of the lightest nuclei.

Subthreshold flucton-flucton production



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

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



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



ISI and FSI



**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-партонов, 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.

Наша статья в Письма в ЖЭТФ

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

РСФСР

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИМЕНИ ЛЕНИНСКОГО КОМСОМОЛА

Физический факультет

Кафедра ядерной физики, лаборатория № 2

Института ядерной физики СО АН СССР

ШИМАНСКИЙ Степан Степанович

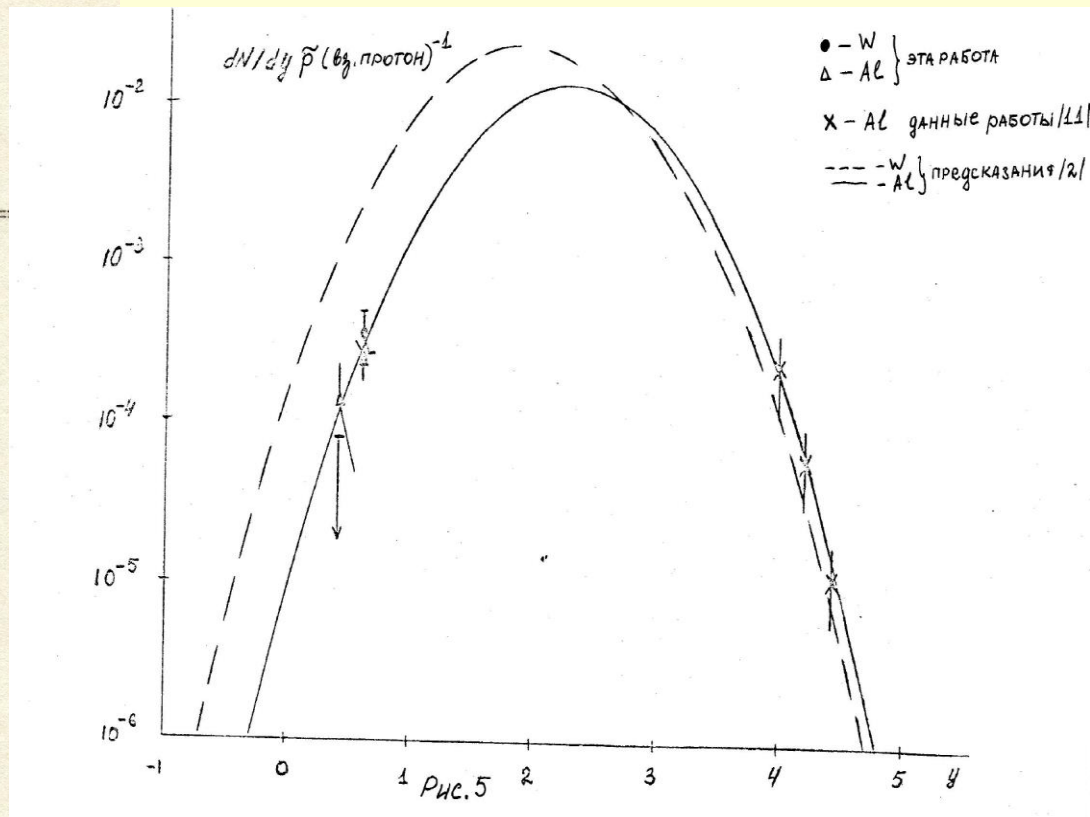
ИЗМЕРЕНИЕ ВЫХОДА АНТИПРОТОНОВ НИЗКОЙ
ЭНЕРГИИ НА СЕРПУХОВСКОМ УСКОРИТЕЛЕ

Научный руководитель:

старший инженер

СМАХТИН В.П.

Смахтин



ИИ ВЭЭЭ

1472/1-79

И Ф В Э 79-82
ОП

3450

Л.М. Барков, М.С. Золотарев, В.И. Котов, П.К. Лебедев,
Л.А. Макарыня, А.П. Мишакова, В.С. Охалкин, Р.А. Рзаев,
В.П. Сахаров, В.П. Смахтин, С.С. ШиманскийХАРАКТЕРИСТИКИ КАНАЛА
ИНТЕНСИВНЫХ ВТОРИЧНЫХ ПУЧКОВ НИЗКОЙ ЭНЕРГИИ
НА ПРОТОННОМ СИНХРОТРОНЕ ИФВЭ

Серпухов 1979

Приведенные кривые соответствуют расчетам без учета поглощения антипротонов в ядре. Видно, что измеренный выход антипротонов для алюминия согласуется с предсказанием модели. Измеренный выход антипротонов на вольфраме существенно меньше ожидаемого. Наблюдающееся расхождение может быть обусловлено поглощением медленных антипротонов в ядре вольфрама.

На пучке положительных вторичных частиц были проведены измерения выходов пионов и протонов. Предварительные результаты измерений приведены в таблице. В настоящее время продолжается просмотр фотоэмульсионных слоев с целью получения данных по выходам дейтронов и более тяжелых частиц в пучке положительных вторичных частиц.

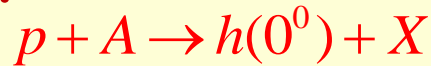
В заключение авторы выражают благодарность И.И. Гуревичу, С.С. Герштейну, В.А. Ярбе, Е.В. Еременко за интерес и содействие в работе, А.Г. Афонину, Г.И. Бритвичу, М.М. Зайцеву, В.С. Мельникову, И.Ф. Легостаеву, В.И. Румящеву за помощь в работе по запуску канала, Э.А. Куперу и В.В. Репкову за разработку электроники, О.В. Жирову, В.А. Таюрскому и Э.В. Шуряку за полезные обсуждения.

Л И Т Е Р А Т У Р А

- а) О.В. Жиров, Э.В. Шуряк. ЯФ, 28, 485 (1978).
- б) Г.Е. Мering, В.А. Таюрский, Препринт ИЯФ 78-2, Новосибирск, 1978.
- Г.И. Будкер, А.Н. Скринский. УНФ, 124, 561 (1978).
- С.С. Герштейн, А.М. Зайцев, А.К. Лиходед и др. Препринт ИФВЭ 71-60, Серпухов, 1971.
- А.Г. Афонин, А.И. Дрождин, А.А. Доготарь и др. Препринт ИФВЭ 76-85, Серпухов, 1976.
- А.В. Алексеев, М.Д. Веселов, В.С. Кузнецов и др. Препринт ИФВЭ 68-62, Серпухов, 1968.
- Ф. Бинон, С.П. Денисов, П. Дютель и др. Препринт ИФВЭ 69-78, Серпухов, 1969; Phys. Lett., 30B, 506 (1969).

Рукопись поступила в издательскую группу
22 июня 1979 года.

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

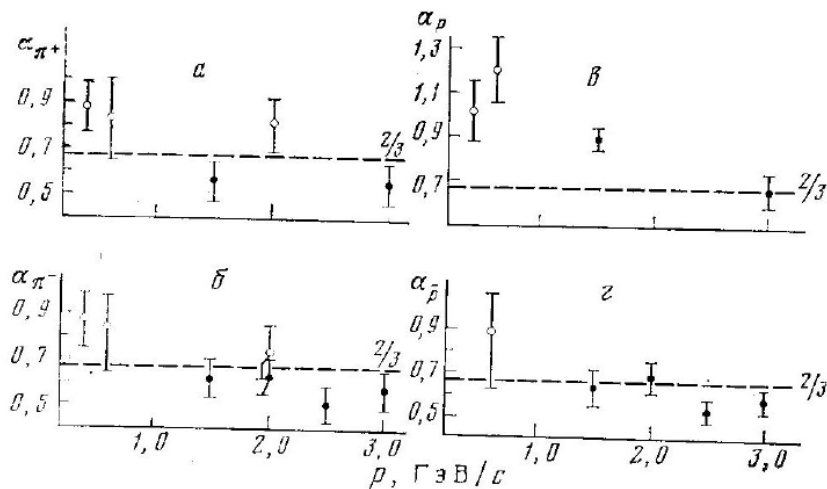


Рис. 4. Зависимость показателя α от импульса для положительных пионов (а), отрицательных пионов (б), протонов (в) и антипротонов (г) (● - [14], ○ - данная работа)

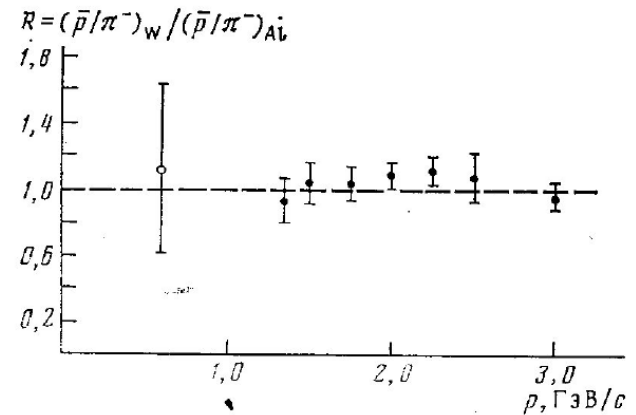


Рис. 6. Сравнение отношений выходов антипротонов и отрицательных пионов для W и Al мишеней в зависимости от импульса частиц (● - [11], ○ - данная работа)

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 $p = 0.3–1 \text{ GeV}/c$ 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 $< 1–2 \text{ GeV}/c$.

Область
фрагментации
ядра

1. Distributions in nuclei and in free nucleons are different due to the Fermi-motion of nucleons and a possible presence of the multiquark fluctons /1-3/;


2. Hard hadron-nucleus interaction can be more complicated in contrast with the deep inelastic lepton-nucleon scattering because of the multiple rescattering effects of quarks of a colliding hadron and the absorption of secondary hadrons /10/.

V. Conclusion

The analysis of the inclusive large χ_1 meson production in the hard hadron processes on nuclei has allowed one to understand the relative contribution of multiple rescattering processes and the existence of multiquark fluctons in the nucleus in dependence on χ_1 the multiple rescattering processes are dominating at $\chi_1 < 0.7 + 0.8$ whereas at larger χ_1 the mechanism of hard scattering on fluctons 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.

The flucton model successfully used earlier for the description of the cumulative production and EMC-effect with such parameters is applied for the description of anomalous phenomena in the large p_1 processes in nuclei.

Область
больших p_T



**Кумулятивные процессы в области
больших r_T и вне области фрагментации
ядра (подавление ISI и FSI)**



XII ITER School 1985

ОБРАЗОВАНИЕ ДЕЙТРОНОВ В ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЯХ ПРИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЯХ

В.Б.Гаврилов. Г.А.Лексин

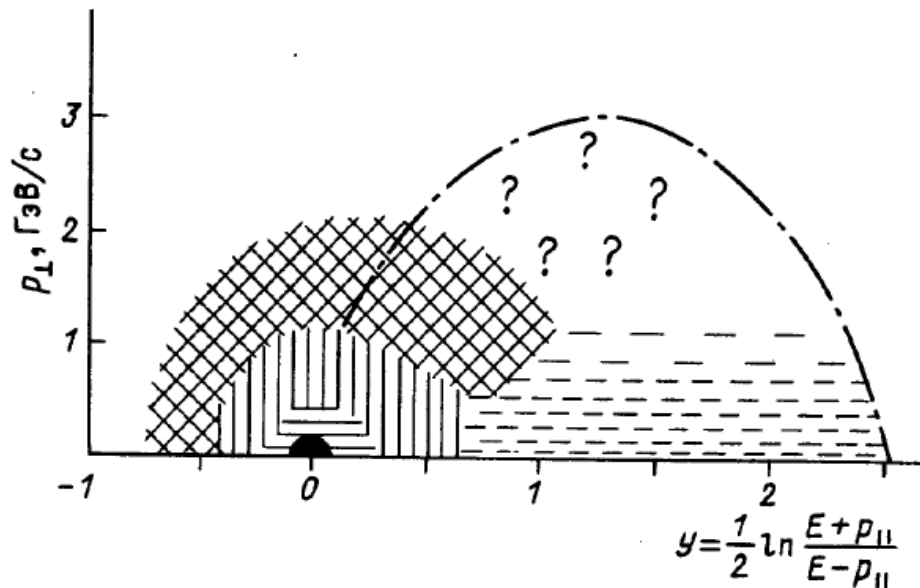


Рис. 25. Схематическое изображение кинематических областей, в которых проявляются те или иные механизмы образования дейтронов при взаимодействии протонов с энергией 10 ГэВ с тяжелым ядром:

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

E850/EVA (BNL)

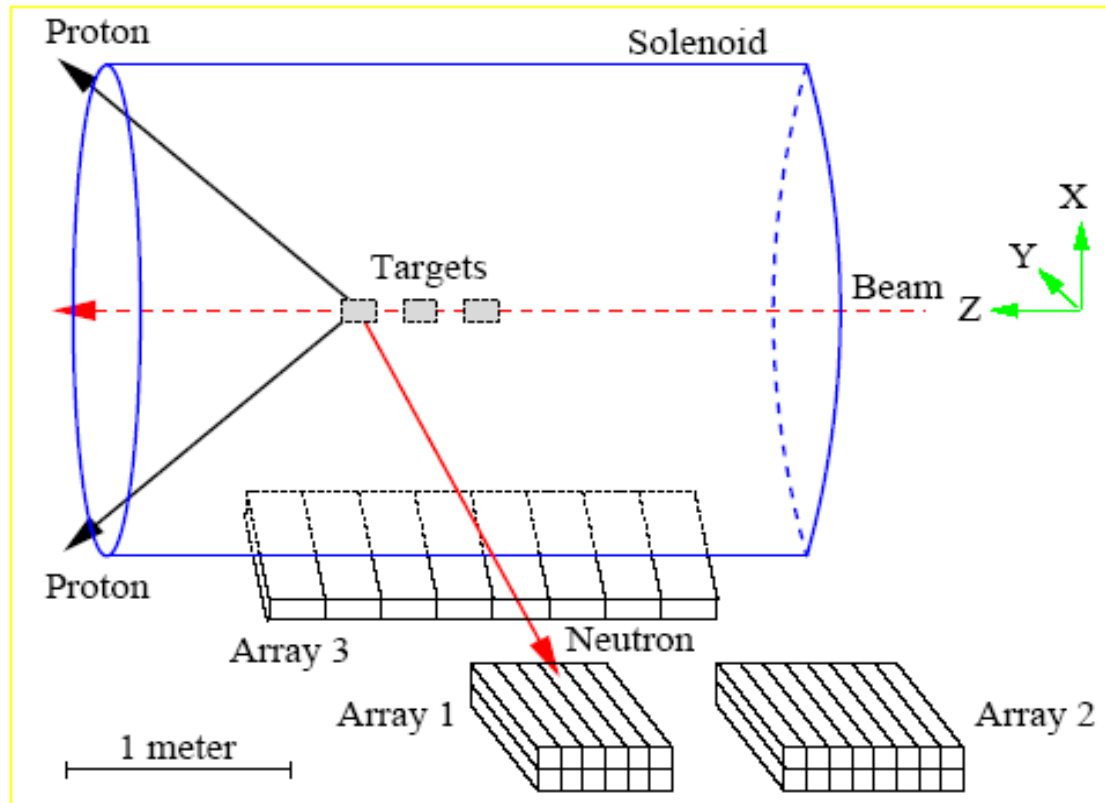


Figure I.3: A schematic view of the EVA solenoid and the neutron counters in the 1998 measurement.

***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. Piasezky,² A. Schetkovsky,^{6,5} S. Shimanskiy,⁸ and
 D. Zhalov⁶

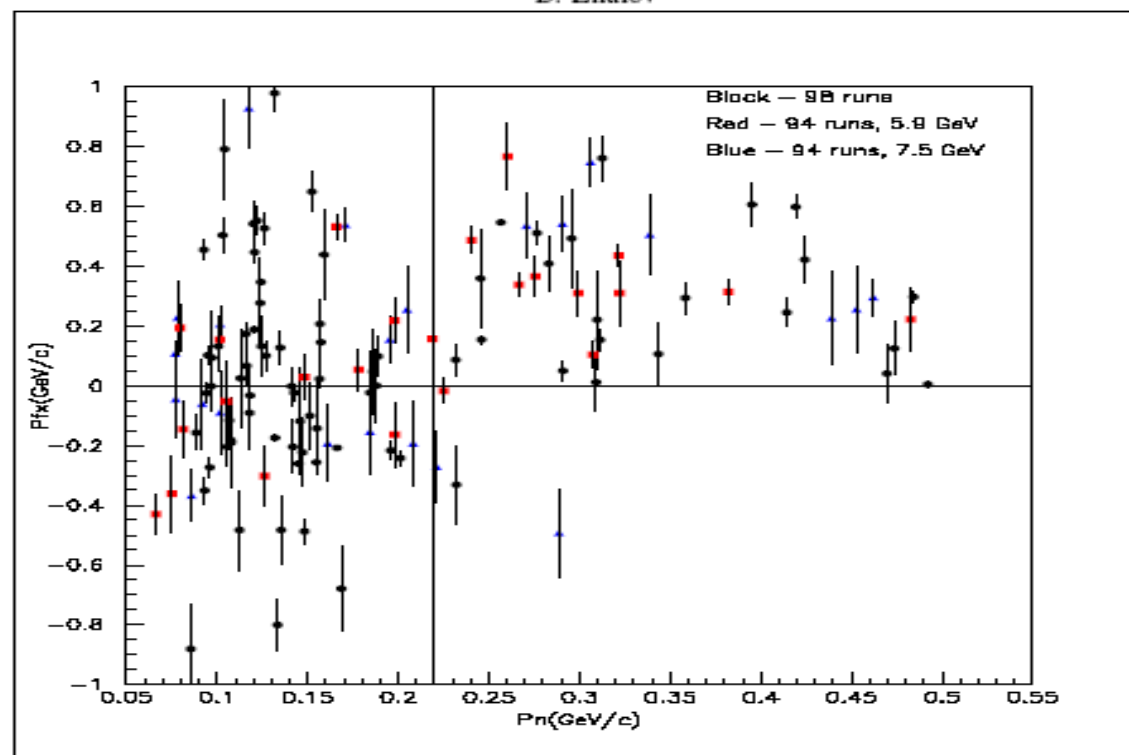


Figure I.5: The vertical component of the target nucleon momentum vs. the total neutron momentum. The positive vertical axis is the upward direction. The events shown are for triple coincidences of the neutron with the two high energy protons emerging from the QE $C(p, 2p)$ reaction. The squares are 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.

Dubna interest for 98's EVA/E850 data
(from Stepan Shimanskiy)

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.

What we can investigate from EVA data?

1) The inclusive particle spectras for the near cumulative and the cumulative regions (Which particles and for what momentum we will have possibility to identify?). Its dependences upon: $E_{project}$, type of the projectile particles, N_{ch} . Pity we will haven't the data for A-dependences. I saw some problems with the beam flux definition. But talks with Eli and Steve have shown that we can go round this problem.

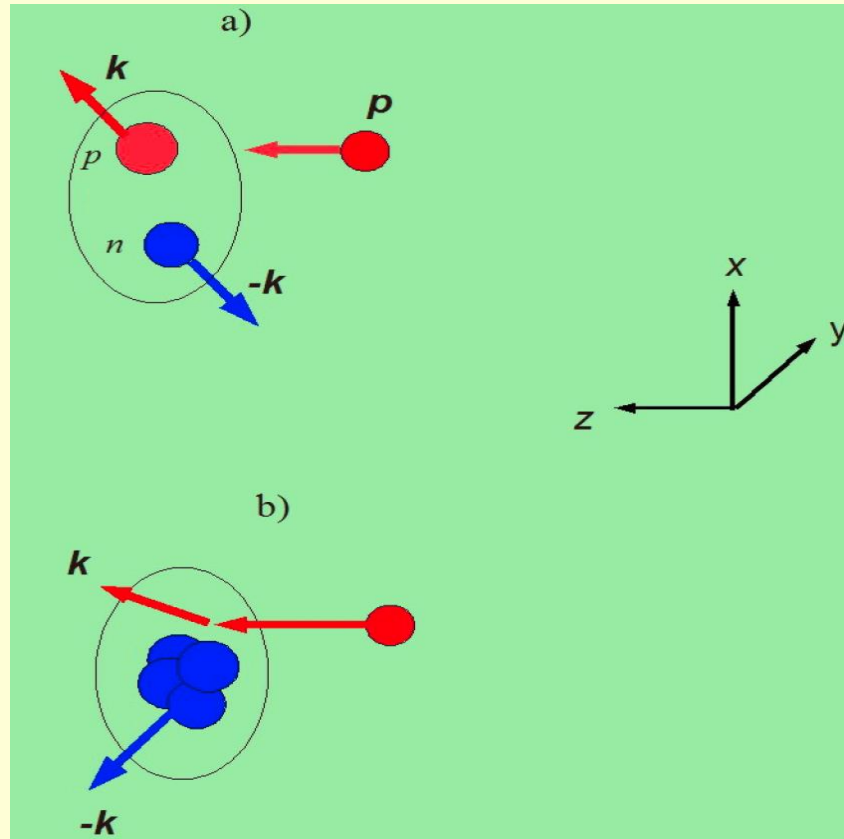
2) The correlation investigations of the cumulative particle and accompanying particles (and its compare with non-cumulative regions). Plane of the cumulative particle production and accompanying particle flows. The cumulative particle and the lightest fragments ($D, {}^3H, He$). The cumulative particle and the flow of the close momentum particles. And s.o. Here will need GEANT simulation which will include the real efficiencies of detectors.

In Dubna we haven't experience to analyze EVA data and will need close cooperation with PennState and Tel-Aviv Univ. Our problems with nets and computer limitations have shown that for us more preferable to have the software and the data on CDs.

Knot out cold dense nuclear configurations

SRC configuration

$$\langle B \rangle \sim 1$$



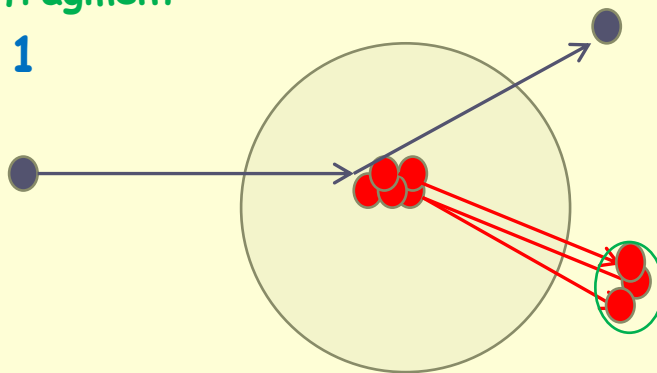
$$\langle B \rangle ?$$

Multiquark configuration

Flucton case

Knock out of a nuclear fragment

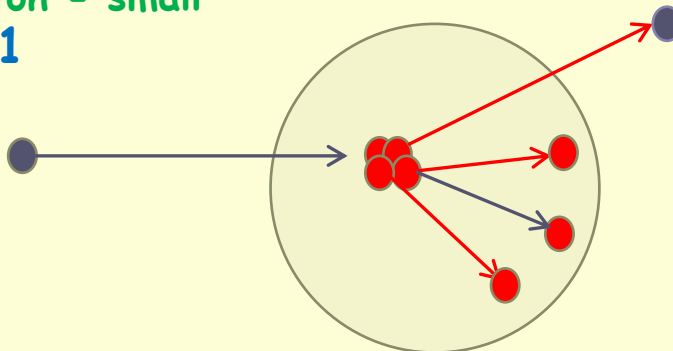
$$\langle B \rangle > 1$$



$$\sigma_h \sim P_K \cdot \frac{d\sigma_{el}(K)}{dt}$$

Collision with hot flucton - small explosion

$$\langle B \rangle < 1$$

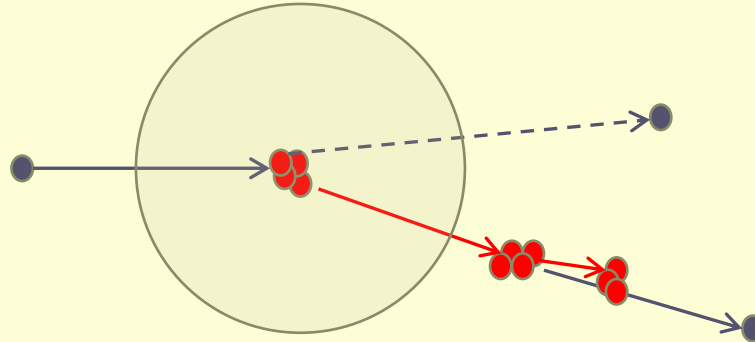


$$\sigma_h \sim P_K \cdot \frac{d\sigma_{inel}(K)}{dt}$$

Flucton case (cont.)

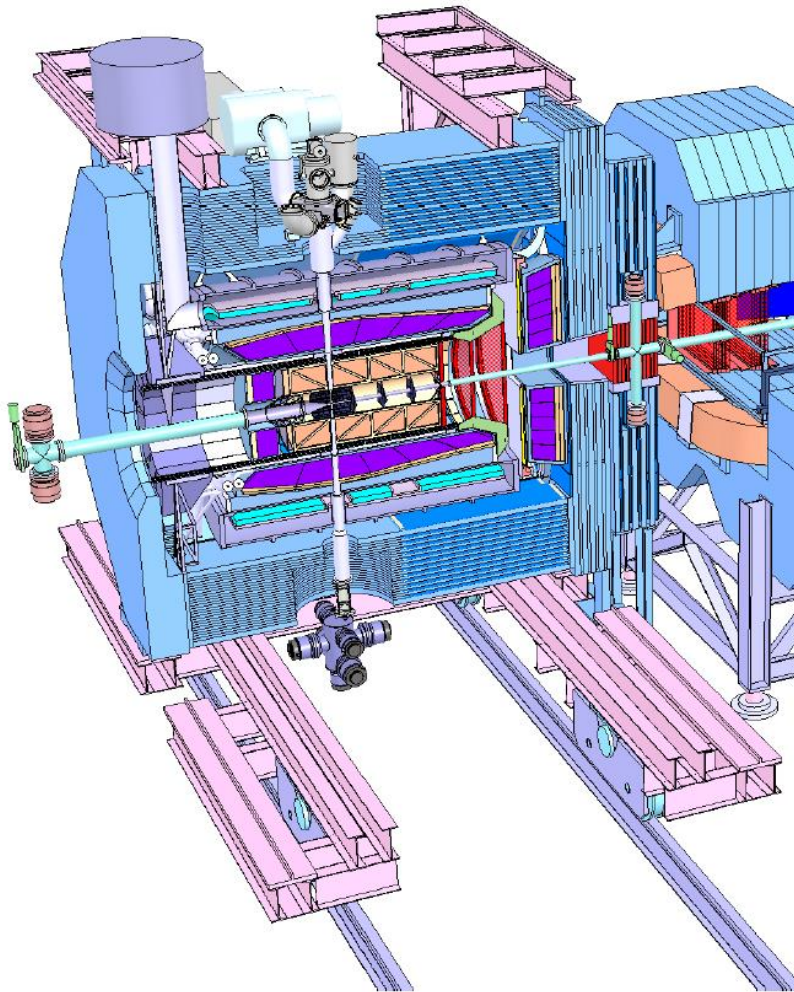
Knock out of a flucton in an excited state

$$\langle B \rangle > 1$$



? for SPD, PANDA and J-PARC-HI

PANDA Spectrometer



Detector requirements:

- 4π acceptance
- High rate capability:
 $2 \times 10^7 \text{ s}^{-1}$ interactions
- Efficient event selection
→ *Continuous acquisition*
- Momentum resolution $\sim 1\%$
- Vertex info for D, K^0_s , Y
($c\tau = 317 \mu\text{m}$ for D^\pm)
→ *Good tracking*
- Good PID (γ , e, μ , π , K, p)
→ *Cherenkov, ToF, dE/dx*
- γ -detection MeV – 15 GeV
→ *Crystal Calorimeter*

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

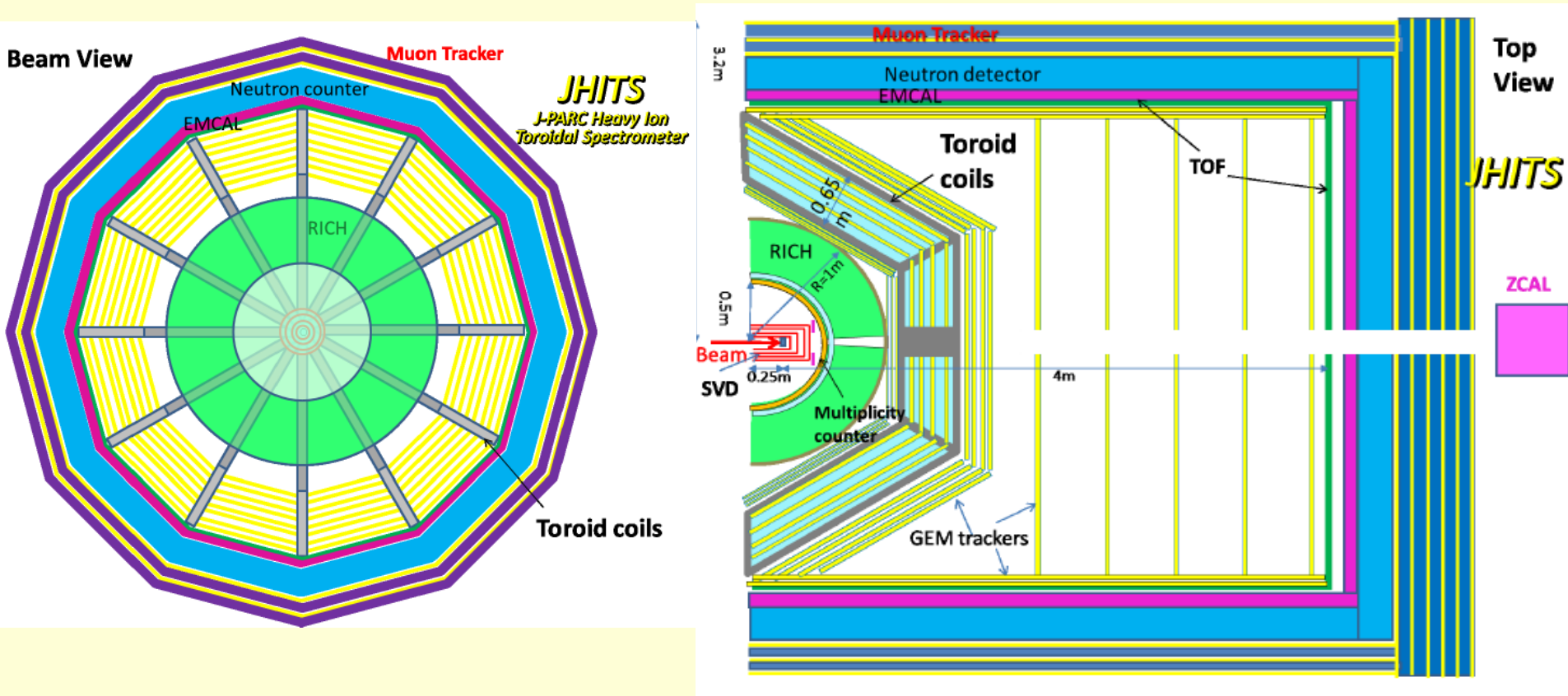
the dependence on the cumulative number X . SRC mechanism predicts $\langle m \rangle \approx 1$ and no dependence on X .

- 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.

Studies of extremely dense matter in heavy-ion collisions at J-PARC, J-PARC-HI Collaboration
(by H. Sako for the collaboration), 2019, 4 pp.
Published in **Nucl.Phys. A982 (2019) 959-962**



Установка СПИН (ИФВЭ, Протвино)



3d рисунок установки СПИН
в текущей конфигурации

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

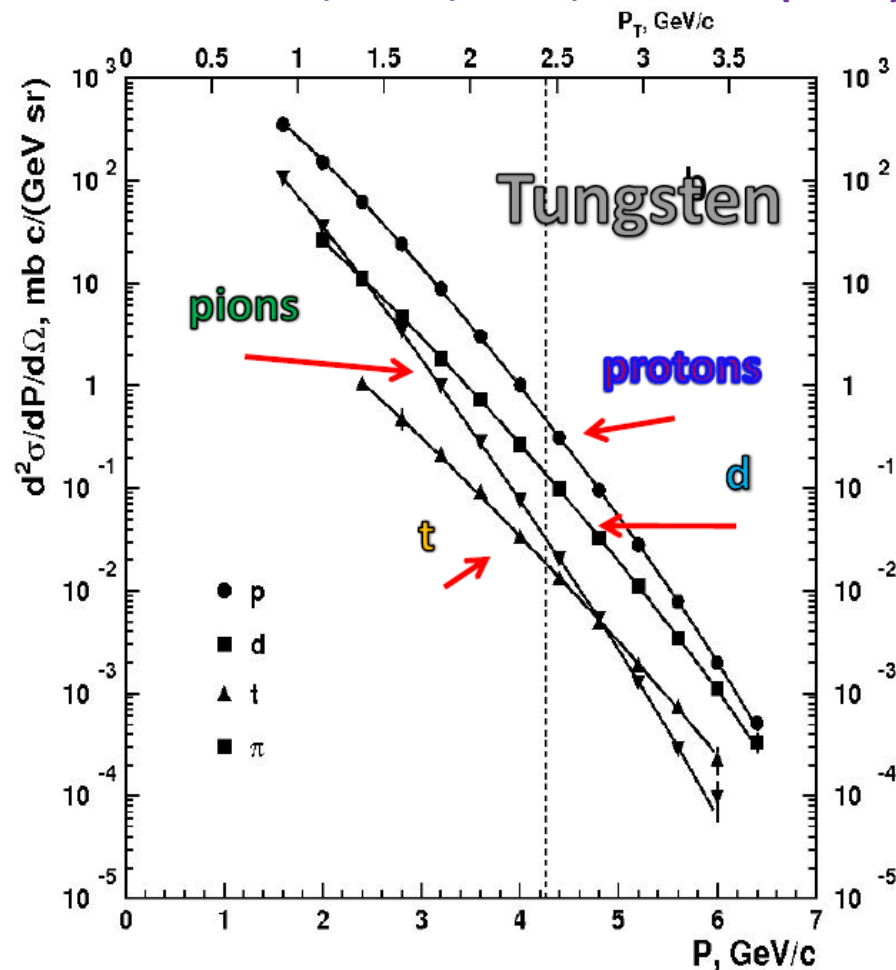
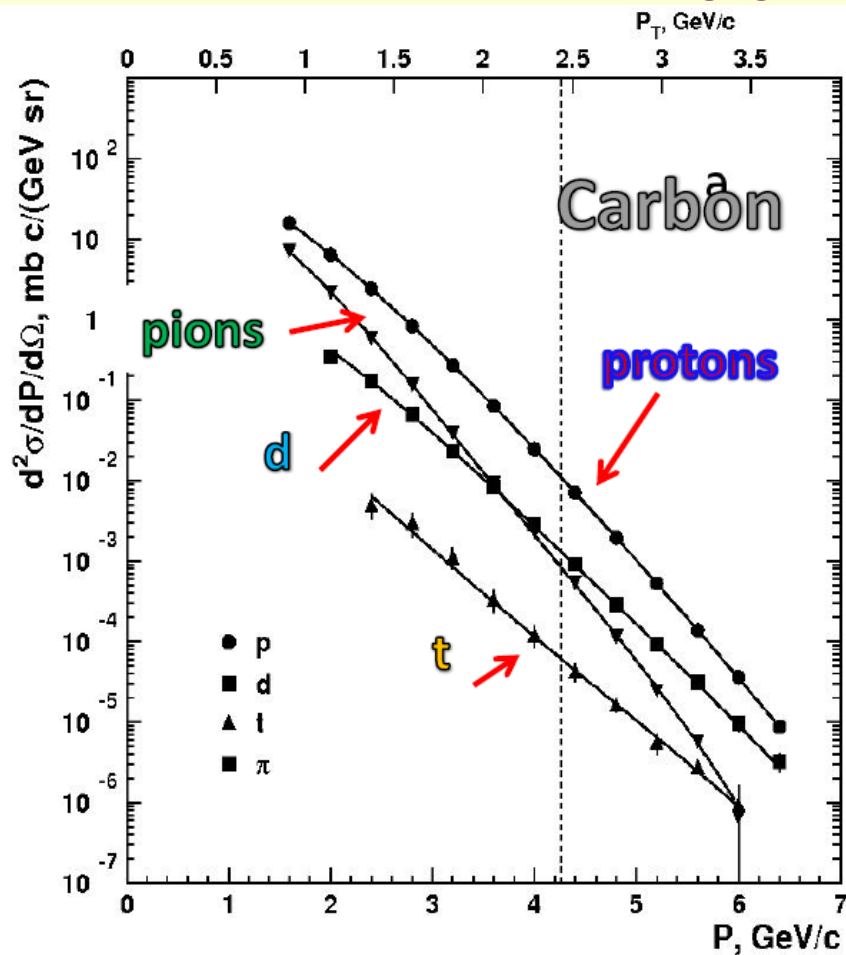
Dear Stepan,
the important point is that your secondaries can be produced in interaction with several target nucleons but from my point of view they can not be absorbed, see

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



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 .

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 $13\frac{1}{4}^\circ$ 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.

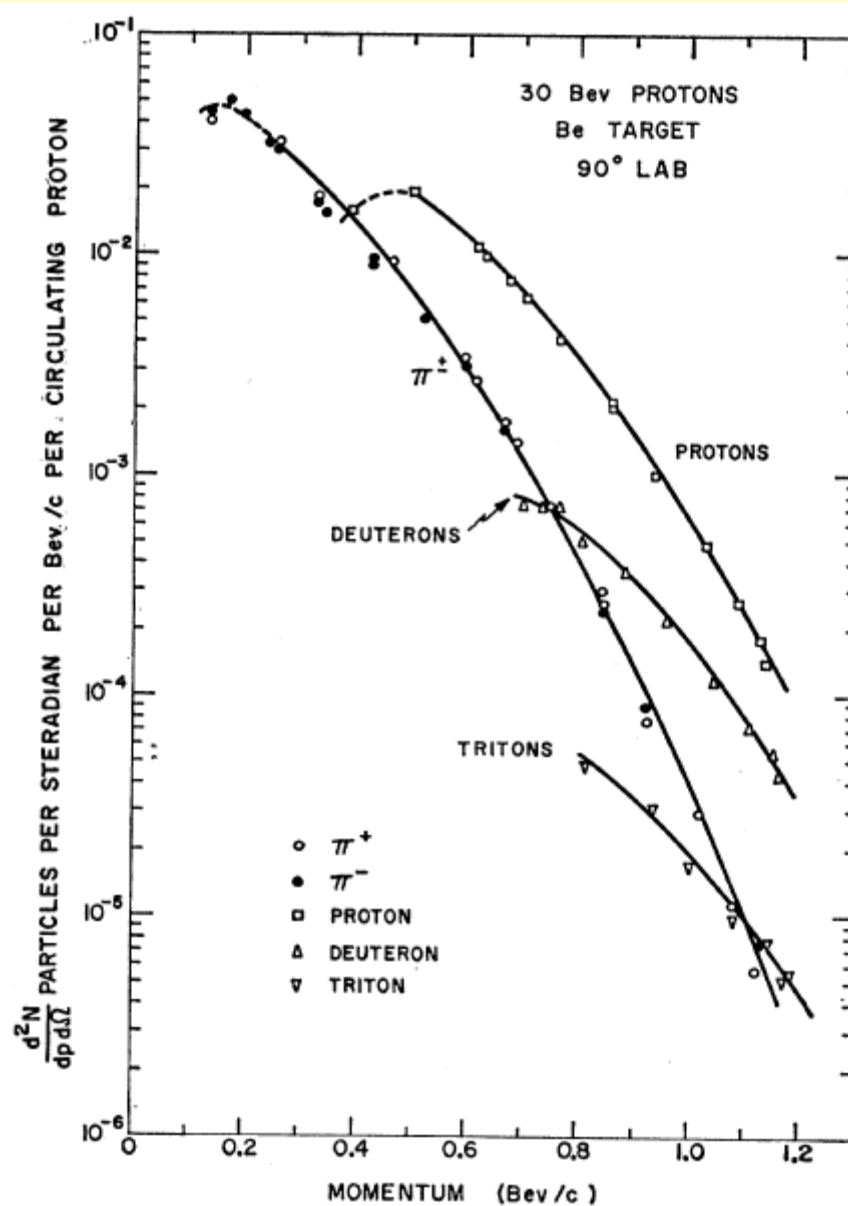
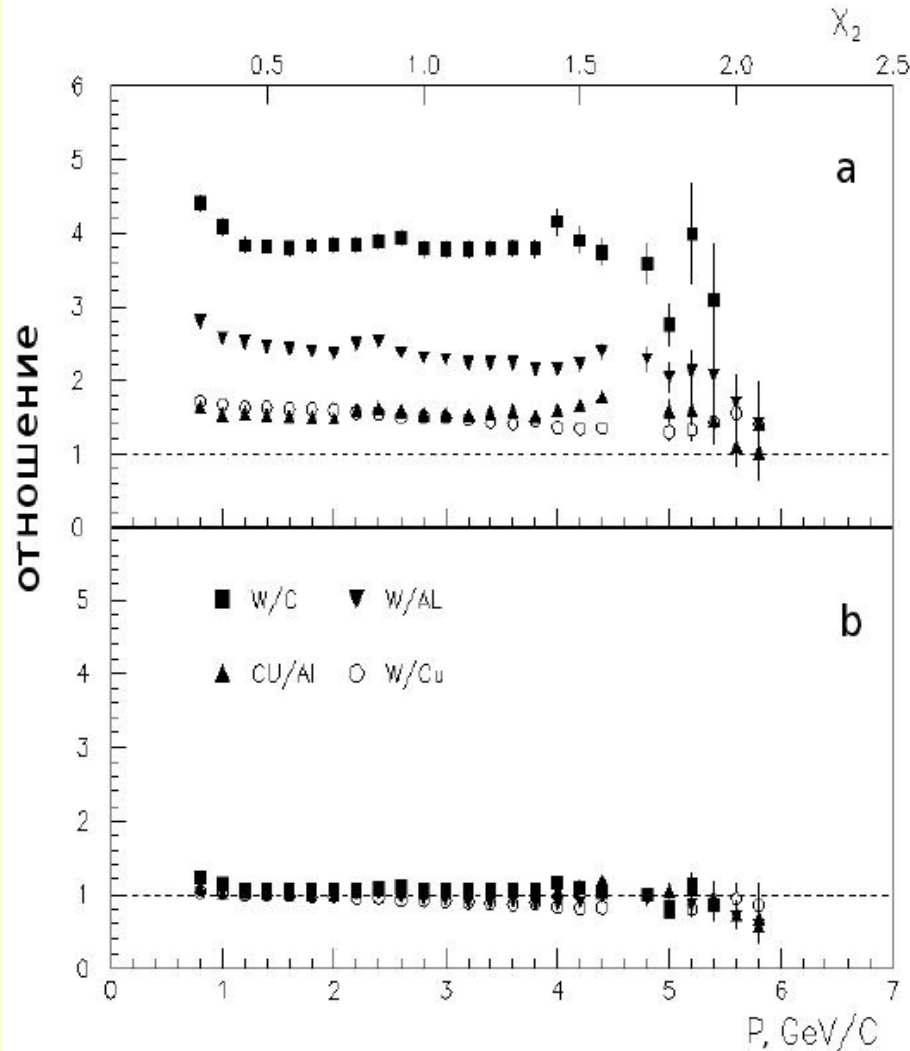
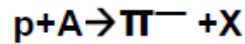


FIG. 2. Momentum spectrum of particles emitted at 90° from a beryllium target struck by 30-Bev protons. The ordinate is the number of particles produced at the target per steradian per Bev/c per circulating proton. The dashed portions of the curves indicate regions where the corrections due to multiple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

SPIN data



Анализ [Балдин А.А., Сообщения ОИЯИ, № 3-92, 1992, С. 27-37; № 4-96, 1996, С. 61-68; № 2-99, 1999, С. 20-29] большого набора данных по рождению частиц в предкумулятивной и кумулятивной областях с малыми P_t позволило получить параметризацию для сечений (1)

$$f = E \frac{d^3\sigma}{dp^3} = C_1 \cdot A_1^{\frac{1+X_1}{3}} \cdot A_2^{\frac{1+X_2}{3}} \cdot e^{-\frac{\Pi}{C_2}}$$

здесь C_1 и C_2 - константы,
 A_1 и A_2 - атомные массы
 сталкивающихся ядер,

$$\Pi = \frac{\sqrt{s_{\min}}}{2m_N},$$

Согласно параметризации (1), отношение сечений для pA, умноженное на обратную A-зависимость, равно единице

$$\frac{f_{(p+A_I)}}{f_{(p+A_{II})}} \times \left(\frac{A_I}{A_{II}} \right)^{-\left(\frac{1+X_2}{3}\right)} = 1$$

На верхнем рисунке дано отношение сечений, умноженное на обратную A-зависимость в предположении, что верна параметризация (1)

При аппроксимации данных зависимостью $A^{(\alpha+X_2)/3}$ лучшее описание достигается (нижний рисунок) при $\alpha = 2.45 \pm 0.04$

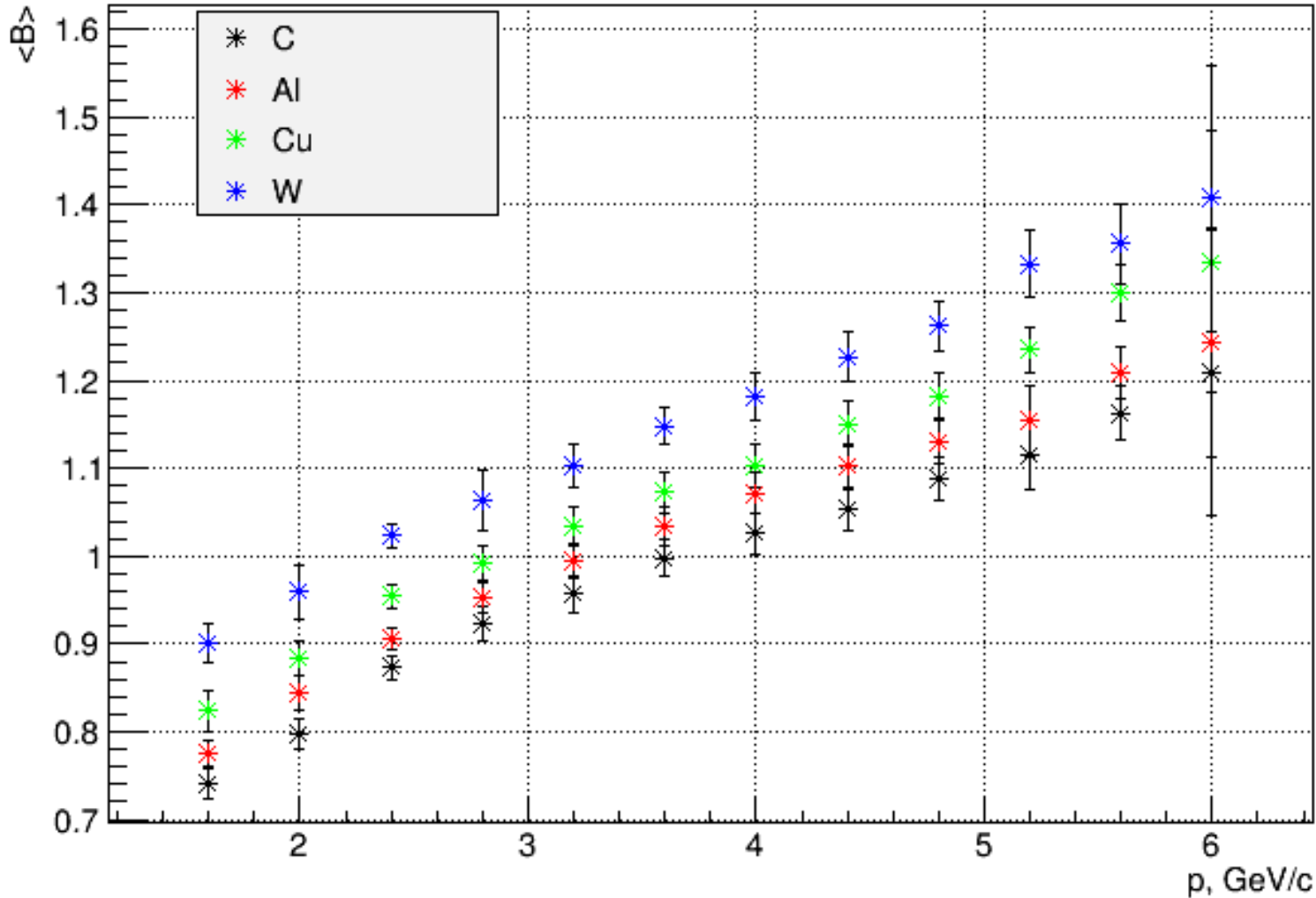
➤ Наблюдается более сильная A-зависимость, чем это следует из параметризации, работающей для "мягкого" кумулятива

➤ Динамическая зависимость от X_2 соответствует (1)

SPIN data

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

Average baryon number $\langle B \rangle$



FIELDS, PARTICLES,
AND NUCLEI

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

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

SPIN data

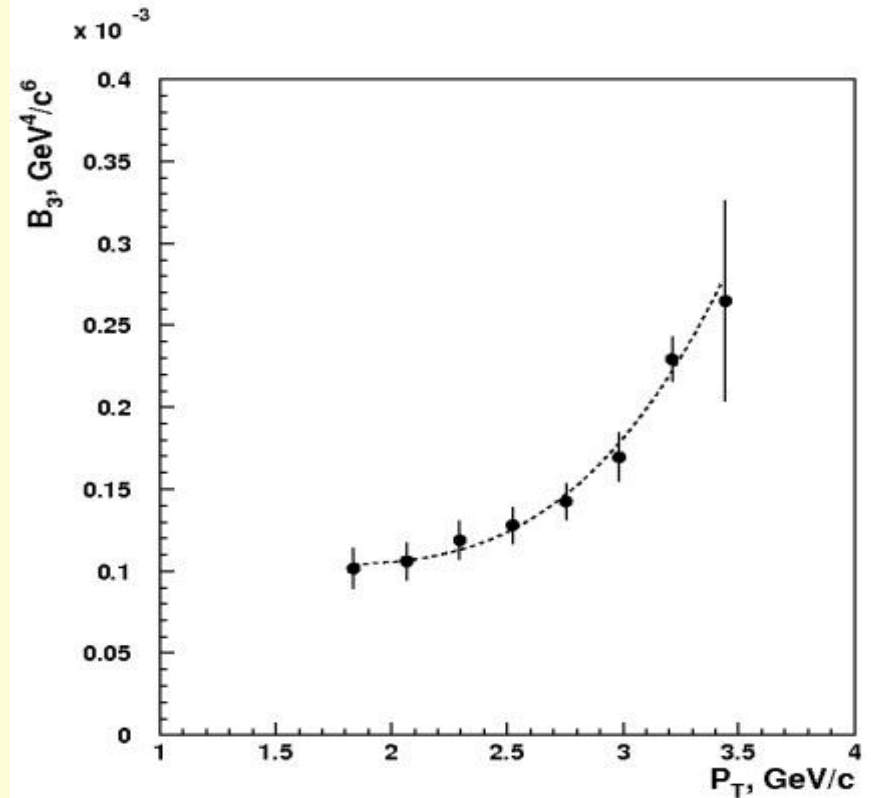
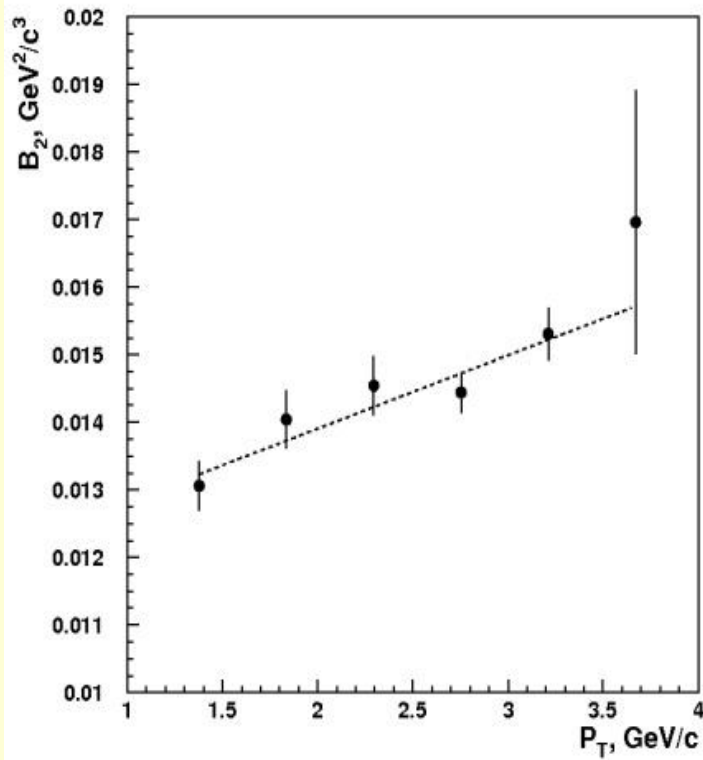
Mean values of the B_2 parameter

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

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

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



FIELDS, PARTICLES,
AND NUCLEI

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

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

^a *Institute for High Energy Physics, National Research Center Kurchatov Institute,
Protvino, Moscow region, 142281 Russia*

^b *Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Moscow region, 141980 Russia*

**e-mail: Vladimir.Gapienko@ihep.ru*

Received December 24, 2019; revised January 23, 2020; accepted January 23, 2020

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

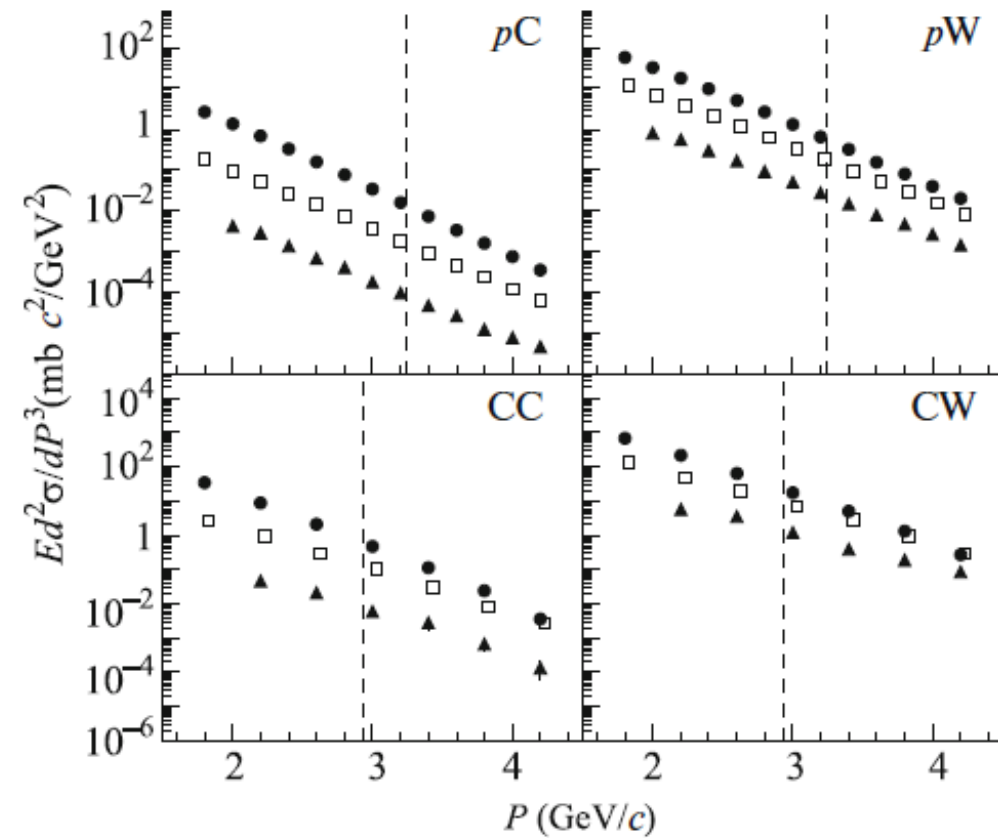


Fig. 1. Spectra of (circles) protons, (rectangles) deuterons, and (triangles) tritons in four different collisions. The vertical dashed straight lines indicate the kinematic limit of elastic nucleon–nucleon scattering at 40° .

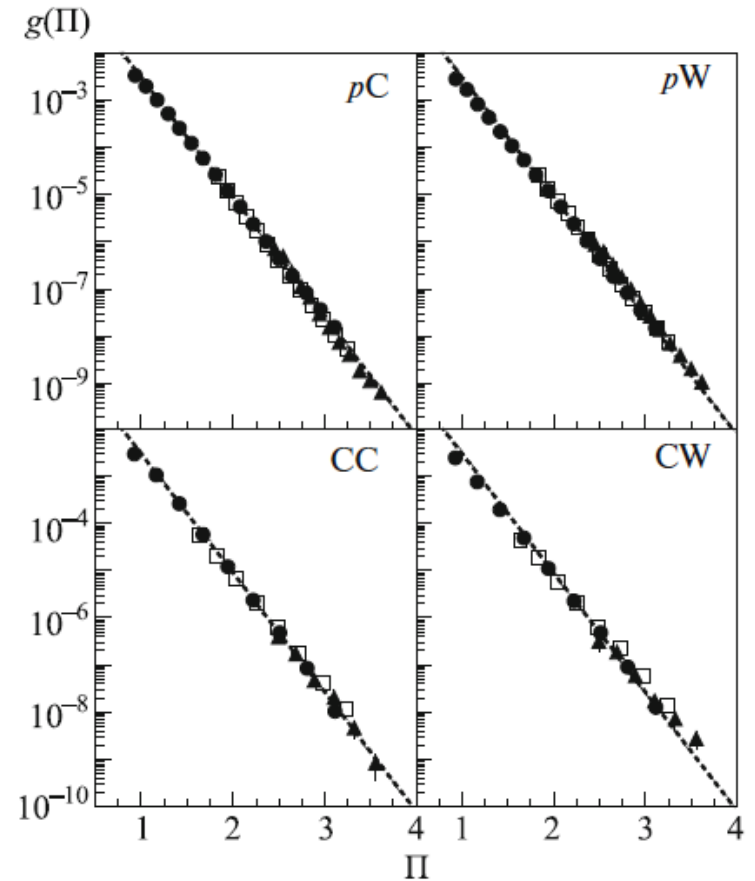
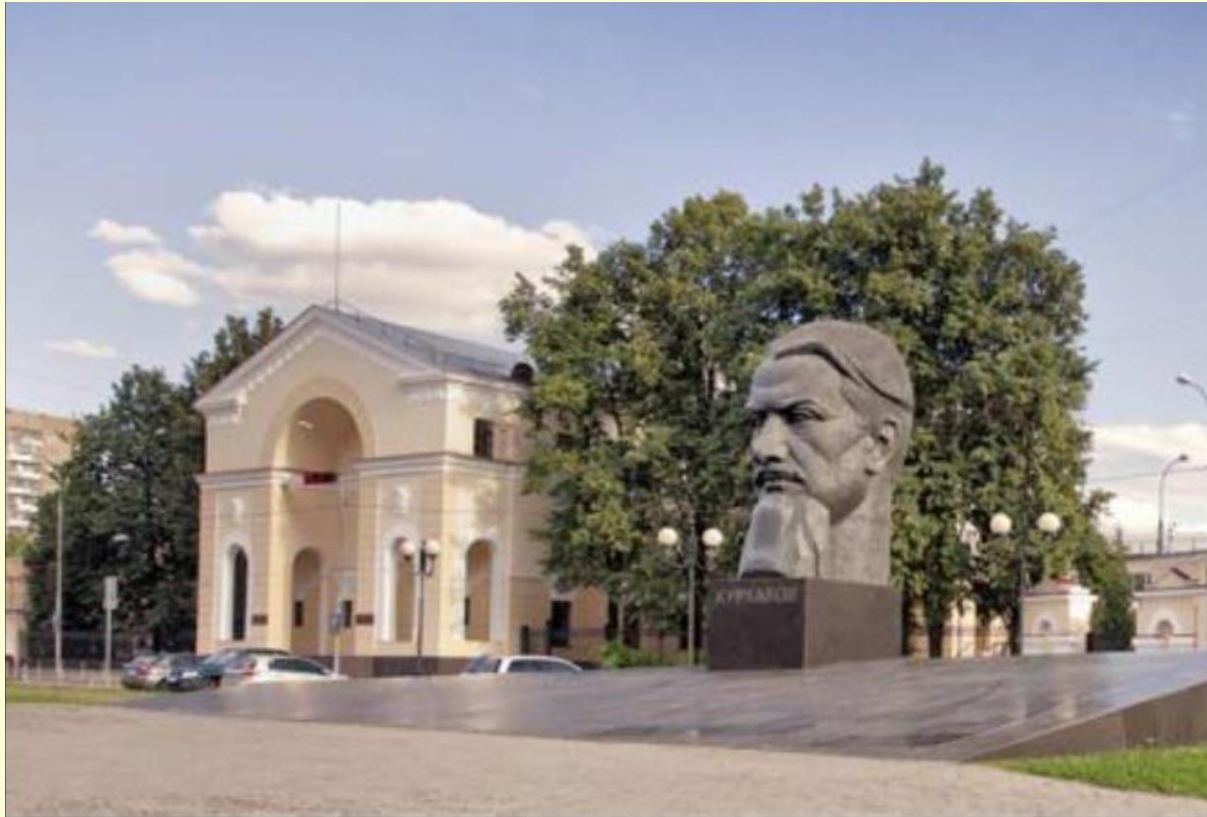


Fig. 4. Exponential dependence of the cross sections on Π for (circles) protons, (squares) deuterons, and (triangles) tritons. The dashed lines represent the function $\exp(-\Pi/0.172)$.

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)

A Final Thought...

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

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

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

From Freeman Dyson
'Imagined Worlds'

