



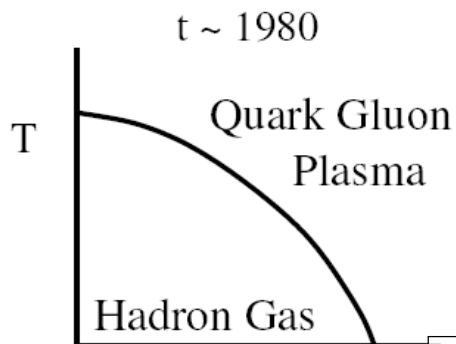
70



“От «флуктонов» до
«холодной сверхплотной
барионной компоненты»
ядерной материи”

Шиманский С.С.(ЛФВЭ, ОИЯИ)

The Evolving QCD Phase Transition

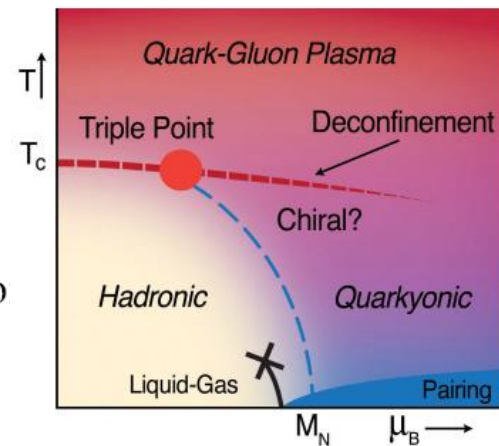
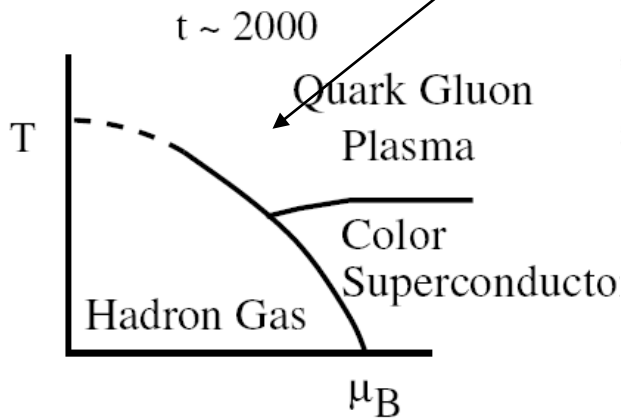
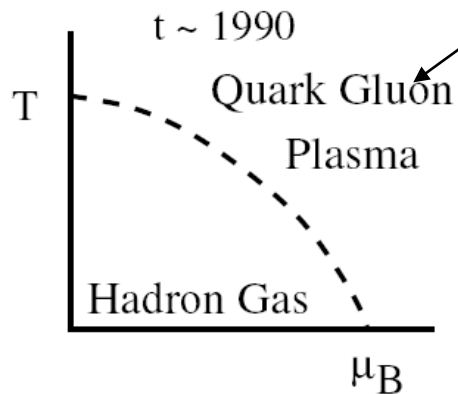


Critical Temperature 150 - 200 MeV ($\mu_B = 0$)
Critical Density 1/2-2 Baryons/Fm³ ($T = 0$)

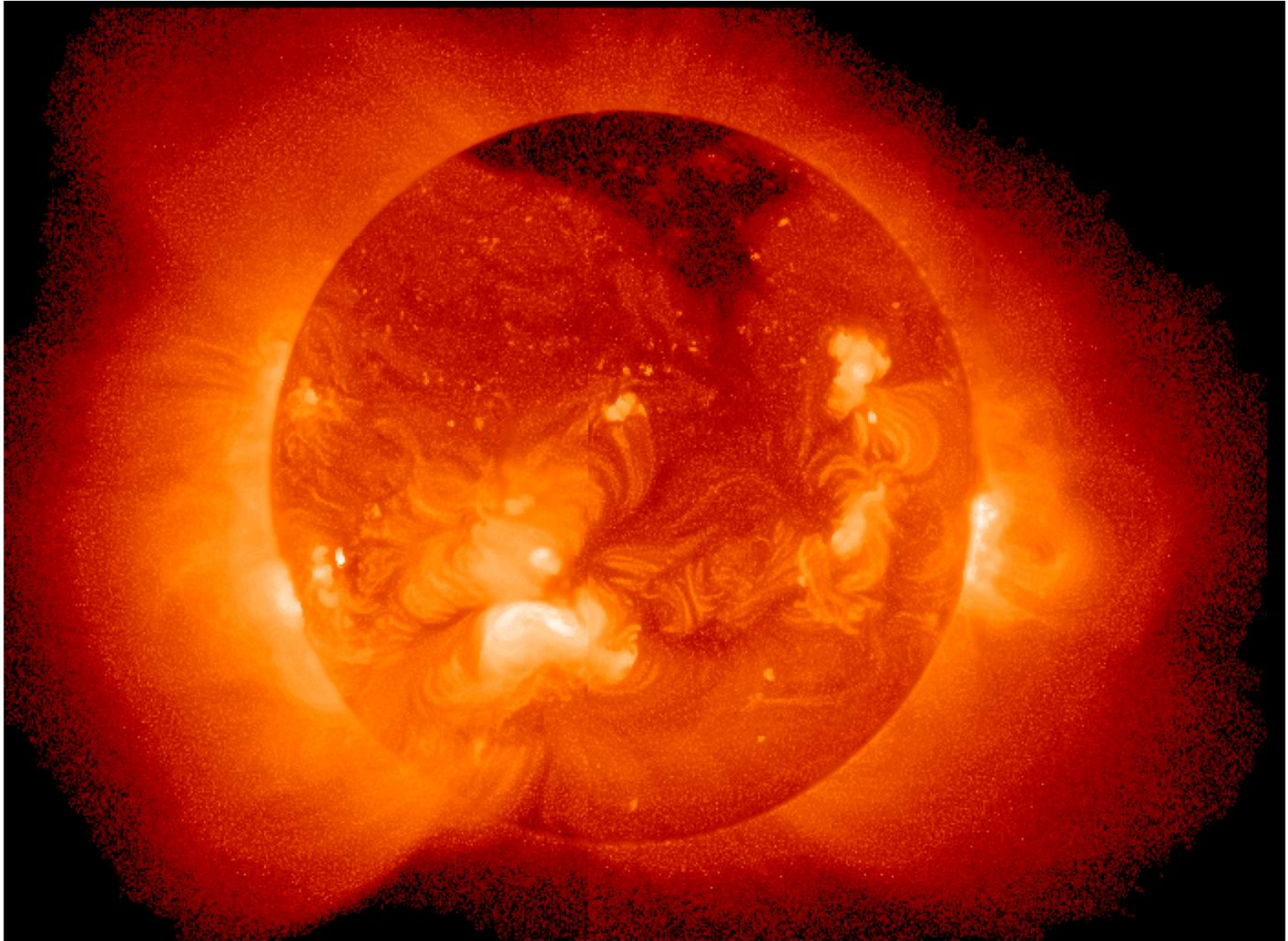
Nuclear Physics A 837 (2010) 65-86

Nuclotron-SPS Time (CERN)

RHIC Time(BNL)



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



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

THERMODYNAMICS OF STRONG INTERACTIONS

V.I.Yukalov, E.P.Yukalova

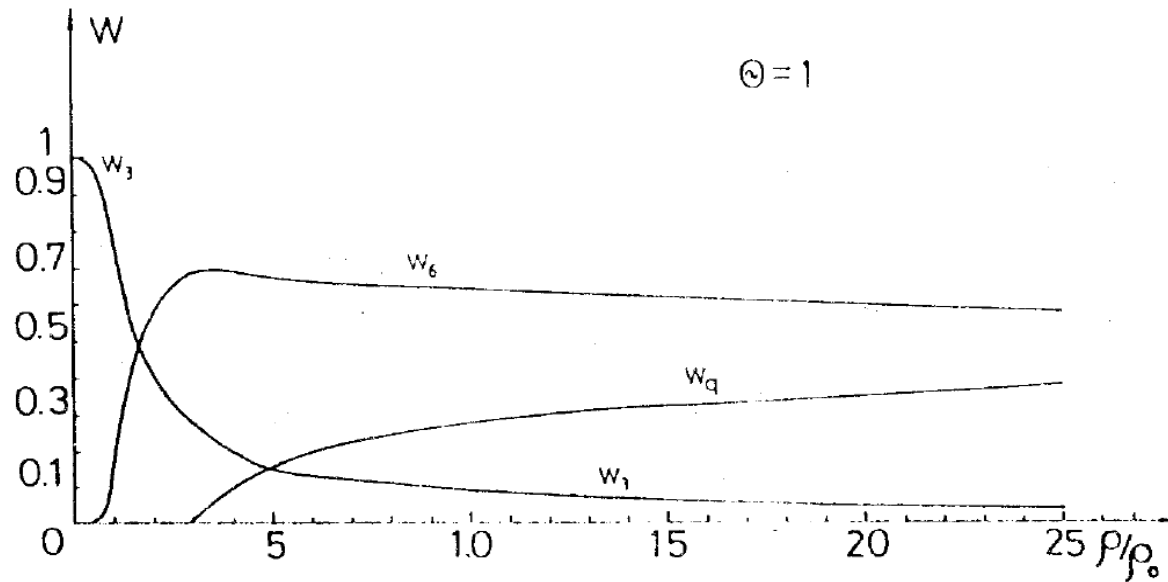


Fig.6. Nucleon, $6q$ -cluster, and unbound quark probabilities as functions of the relative density at $\Theta = 0$

Кумулятивные процессы

СБОРНИК

КРАТКИЕ
СООБЩЕНИЯ
ПО
ФИЗИКЕ

№ 1 январь 1971

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 e) 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-



P1 - 5819

НАБЛЮДЕНИЯ В ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЯХ

А. М. Балдин, Н. Гиордзеску, 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. Яцуца

НАБЛЮДЕНИЕ ПИОНОВ
ВЫСОКОЙ ЭНЕРГИИ
ПРИ СТОЛКНОВЕНИИ РЕЛЯТИВИСТСКИХ
ДЕЙТОНОВ С ЯДРАМИ

1971

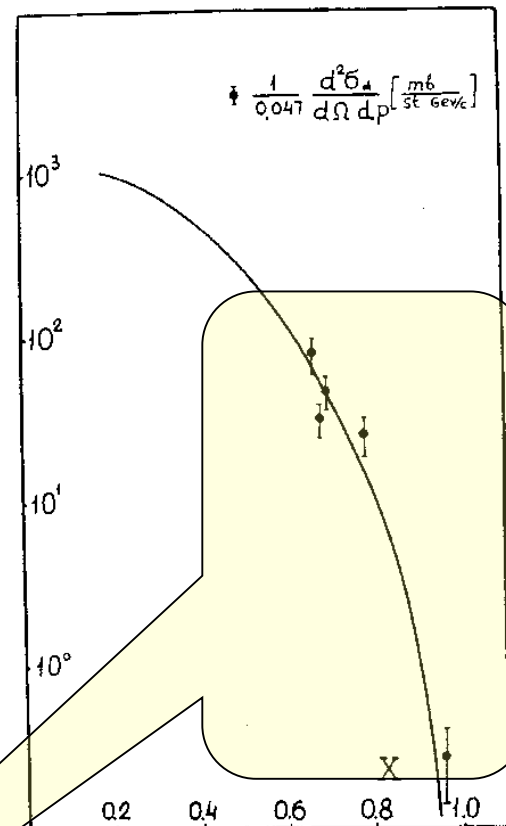


Рис. 3. Сравнение экспериментальных данных по сечению рождения пионов дейтронами с теоретической функцией, описывающей сечение рождения пионов протонами.

The first experimental data

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

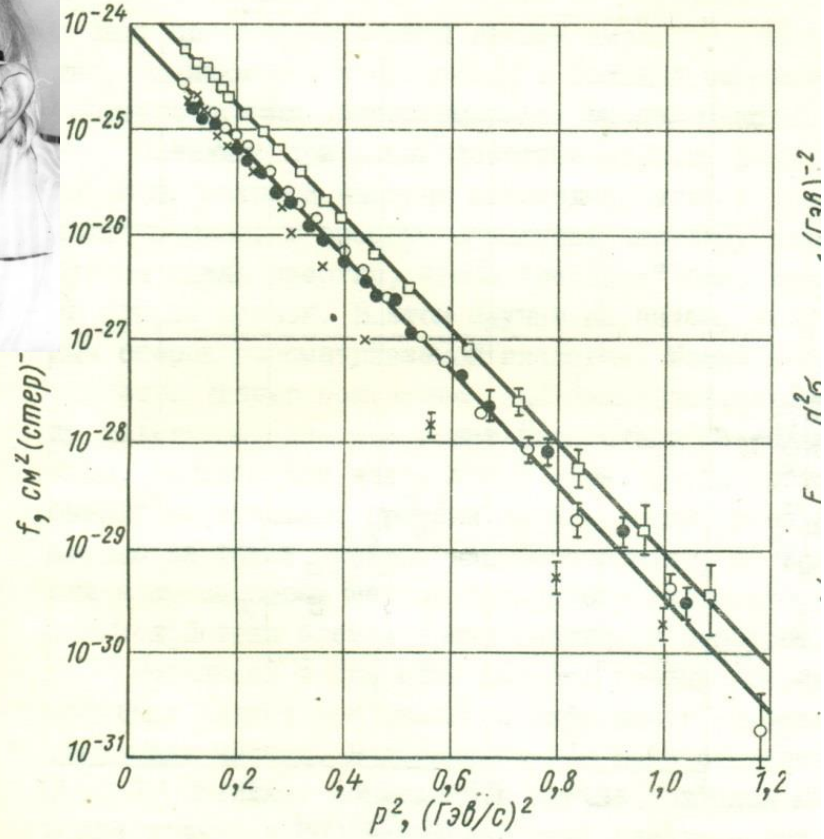
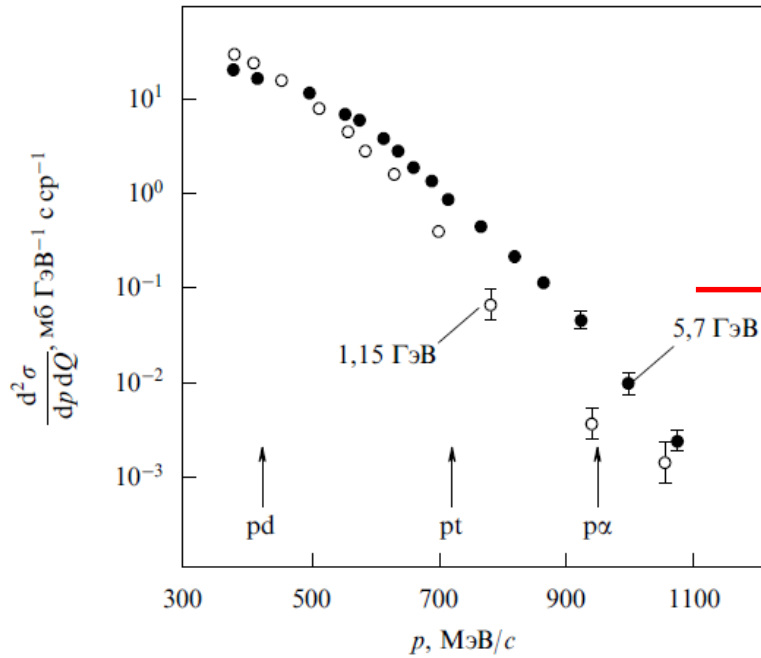
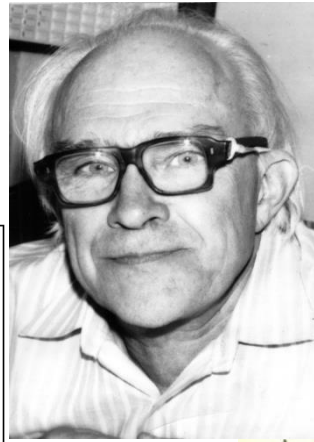


Рис.6. Зависимость инвариантной функции от квадрата импульса вторичного протона, вылетающего из меди, облученной протонами с энергией 3,66 ГэВ ϕ ; из углерода, облученного протонами с энергией 1,15 ГэВ * ; 3,66 ГэВ ϕ и 5,7 ГэВ ϕ

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

Необычные особенности кумулятивных процессов

- слабую зависимость наклона наблюдаемых спектров от типа налетающей на ядро частицы, что указывает на существование источника в самом ядерном веществе, а не создание его во время столкновения;
- источник кумулятивных частиц изотопически симметричен: наблюдается равенство сечений выхода частиц с противоположным изотопическим спином ($\pi^+/\pi^- \approx 1$ $p/n \approx 1$ $t/^3\text{He} \approx 1$);
- близкие выходы $K^+/\pi^+ (X) \approx 1$ и повышенный выход нуклонов
- наблюдается сильная A -зависимость, когда с ростом степени кумулятивности растет показатель степени при A и может превышать единицу.

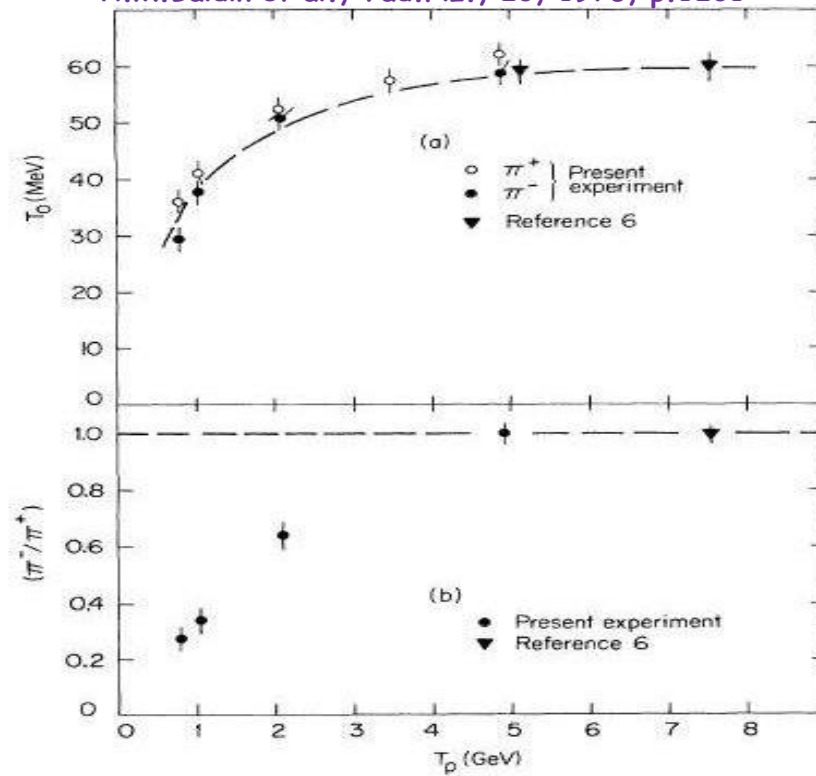


FIG. 1. Energy dependence of (a) T_0 parameter for pions, and (b) the π^-/π^+ ratio at 180° obtained by integrating each spectra up to 100 MeV for p -Cu collisions from 0.8 to 4.89 GeV. The dashed curve in both cases refers to the predictions of the "effective-target" model (Refs. 3 and 4).

ПУТИ ИССЛЕДОВАНИЯ ЯДЕРНОГО ВЕЩЕСТВА В УСЛОВИЯХ, ХАРАКТЕРНЫХ ДЛЯ ЕГО ПЕРЕХОДА В КВАРК-ГЛЮОННУЮ ПЛАЗМУ

© 2002 г. Г. А. Лексин

Институт теоретической и экспериментальной физики, Москва, Россия

Поступила в редакцию 07.02.2002 г.

Кратко представлены свойства глубоконеупругих ядерных реакций, происходящих на плотных флуктуациях ядерной материи (флуктонах). Обсуждаются свойства флуктонов, которыми могут быть многокварковые “мешки” или “капельки” кварк-глюонной плазмы: характерные параметры ядерного вещества во флуктоне — “температура” и плотность порядка критических для фазового перехода. Их значения могут быть достигнуты или превзойдены, если выделить события флуктон-флуктонных столкновений. Обсуждается способ выделения.

2044

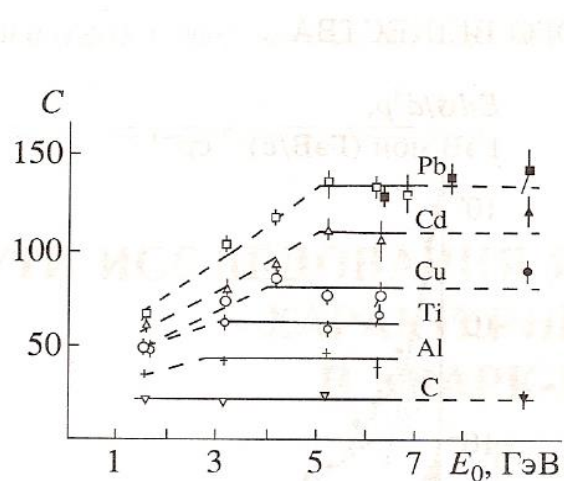


Рис. 3. Зависимость коэффициента $C(T_0 = 125 \text{ МэВ})$ в параметризации инвариантной функции $f = C \times \exp(-T/T_0)$ в реакции $pA(C, Al, Ti, Cu, Cd, Pb) \rightarrow pX$ для угла вылета протонов 120° в л.с. от энергии налетающих протонов. Черные точки справа относятся к начальной энергии 400 ГэВ.

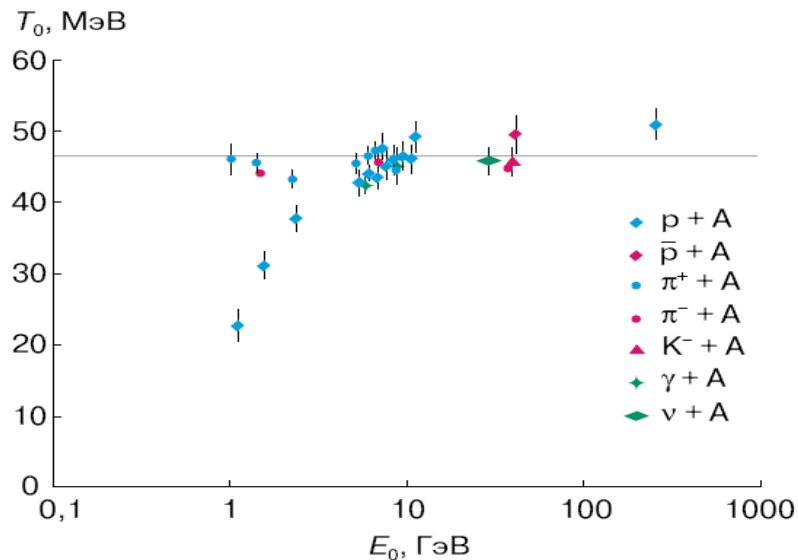


Рис. 3. Зависимость наклонов инвариантных функций кумулятивных протонов, вылетающих под углом 120° , от энергии различных налетающих частиц.

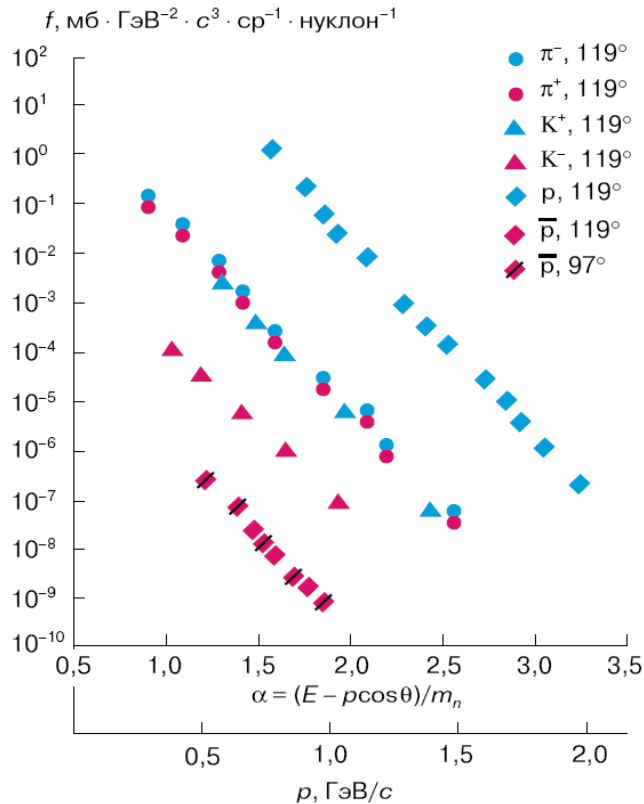


Рис. 2. Зависимость инвариантных функций различных кумулятивных частиц от их величин α . Нижняя шкала абсцисс – импульс кумулятивных протонов при соответствующем α .

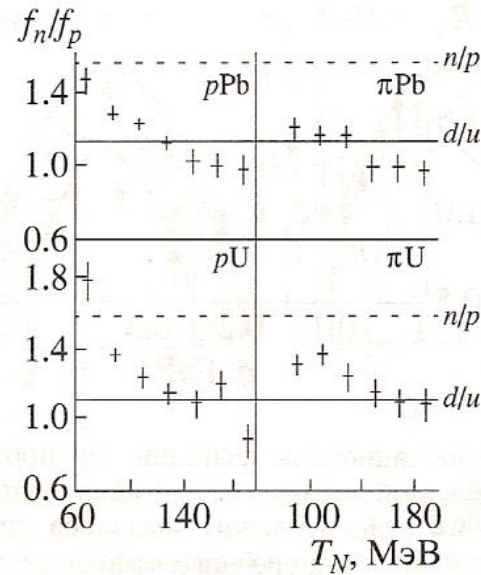


Рис. 12. Отношение выходов нейтронов к протонам из изонесимметричных ядер Pb и U в зависимости от кинетической энергии вылетающих нуклонов; угол вылета 120° , начальная энергия протонов 7.5 ГэВ и пионов 5 ГэВ. Данные, полученные под действием π^\pm -мезонов, усреднены. Штриховые линии – отношение нейтронов к протонам в ядрах мишени, сплошные – отношение d/u -кварков в ядрах Pb и U.

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 !!!

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 $< 1\text{--}2 \text{ GeV}/c$.

A.V. Efremov (1976) Parton description



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

Diagram illustrating the parton description of the reaction $A + B \rightarrow C + X$. The equation shows the differential cross-section $\varepsilon \frac{d^3 \sigma}{d^3 p}$ as an integral over parton distribution functions $F_B(y)$, $F_A(x)$, and $G_C(z)$, multiplied by the parton-level cross-section $v(xys, t \frac{x}{z}, u \frac{y}{z})$. Red arrows point from the variables x and y in the integrand to the labels X_I and X_{II} respectively, indicating the partons from the incoming particles A and B that interact to produce the final state C and X .



ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

Буров В.В., Лукьянов В.К., Титов А.И.

P2 - 9570

О реакциях кумулятивного образования пионов в протон-ядерных столкновениях

В импульсном приближении рассчитаны сечения образования пионов в рА-столкновениях. Показано, что ферми-движение ядерных нуклонов с включением эффектов немассовости и релятивизации не может объяснить выход кумулятивных мезонов. Устанавливается качественная связь этого явления с поведением ядерных формфакторов.

Работа выполнена в Лаборатории теоретической физики ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований

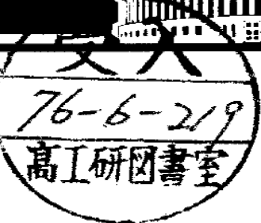
Дубна 1976

В.В.Буров, В.К.Лукьянов, А.И.Титов

О РЕАКЦИЯХ
КУМУЛЯТИВНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ПИОНОВ
В ПРОТОН-ЯДЕРНЫХ СТОЛКНОВЕНИЯХ

Напечатано в "Physics Letters"

1976



TEOPHIS

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.

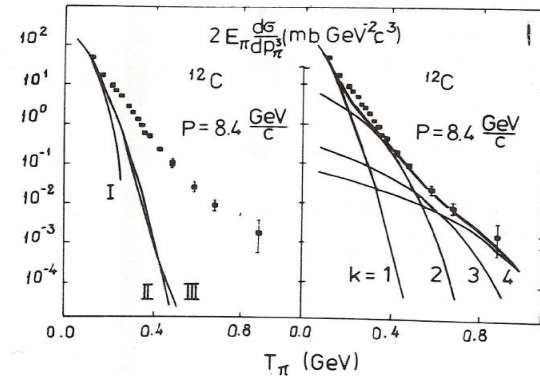


Fig. 1. (a) Calculations of the invariant pion production cross section for ^{12}C : I – for the free proton target; II – with fermi motion; III – the relativization effect. (b) The contributions of separate fluctuons with mass $M_k = km_p$ where k is the order of cumulativity.

FLUCTUONS AND HIGH MOMENTUM TRANSFER IN NUCLEAR PROCESSES*

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 $M_k = k m$ (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.

Shimanskiy S.S.

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.)

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

1978

I4I

КУМУЛЯТИВНЫЕ НУКЛОНЫ
И КОРОТКОДЕЙСТВУЮЩИЕ КОРРЕЛЯЦИИ В ЯДРЕ

М. И. Стрикман и Л. Л. Франкфурт

Кварковая модель флуктона СТБГУ

Браун М.А., Вечернин В.В.

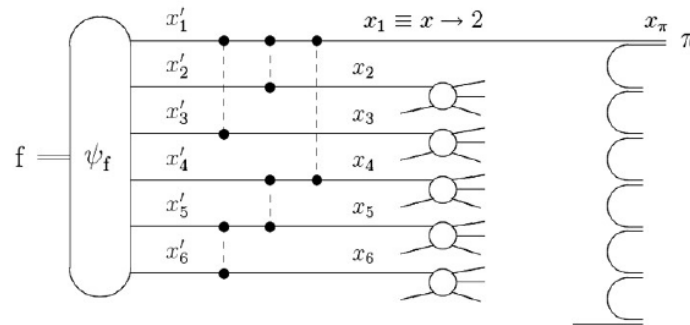


Рис. 1.3: Механизм рождения кумулятивного пиона из двухнуклонного кластера [24–26].

23. Braun M.A, Vechernin V. V. // Sov. J. Nucl. Phys. 1984. Vol. 40. P. 1008.
24. Braun M.A, Vechernin V. V. // Phys. Atom. Nucl. 2000. Vol. 63. P. 1831.
25. Braun M.A, Vechernin V. V. // Nucl. Phys. B. 1994. Vol. 427. P. 614.
26. Braun M.A, Vechernin V. V. // Phys. Atom. Nucl. 1997. Vol. 60. P. 432.

Кварковая модель флуктона СПбГУ

Браун М.А., Вечернин В.В.

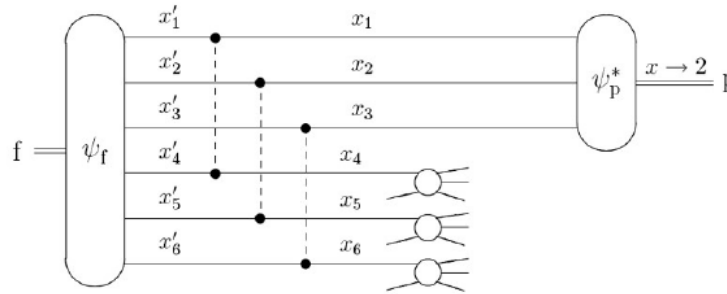
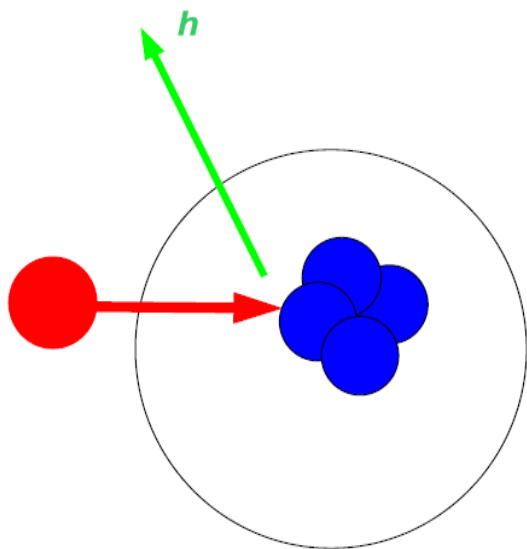


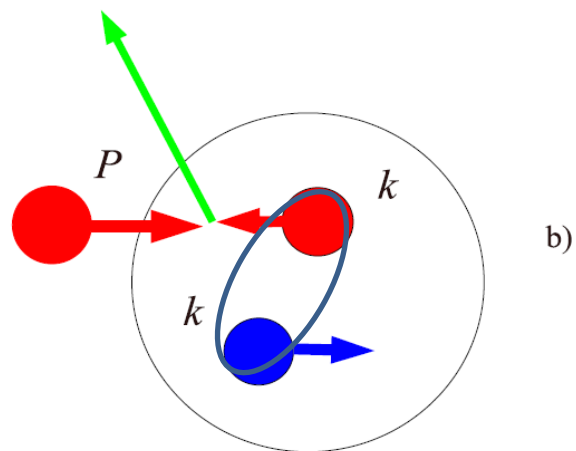
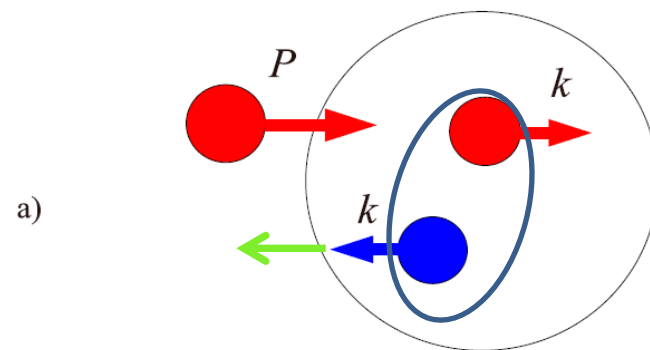
Рис. 1.4: Механизм когерентной коалесценции кварков [27, 28, 31]. $x'_1 - x'_6$ – кварки в двух-нуклонном кластере f . $x_4 - x_6$ – кварки-доноры, передающие импульс трем активным кваркам $x_1 - 3$.

27. Braun M.A, Vechernin V. V. // Theor. and Math. Phys. 2004. Vol. 139. P. 766.
28. Braun M.A, Vechernin V. V. // Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.). 2001. Vol. 92. P. 156.
31. Vechernin V.V. // AIP Conference Proceedings. 2016. Vol. 1701.

«ФЛУКТОННЫЙ» МЕХАНИЗМ



Механизм SRC



Глубоко неупругое рассеяние лептонов в кумулятивной области

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

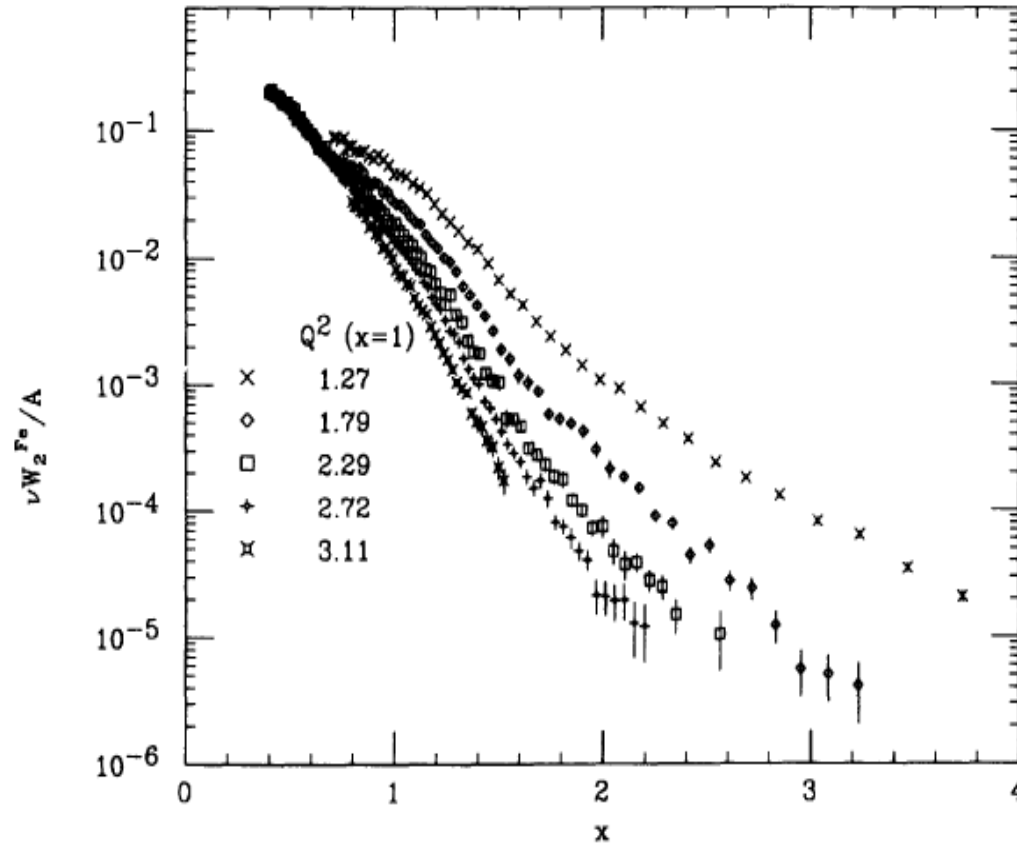


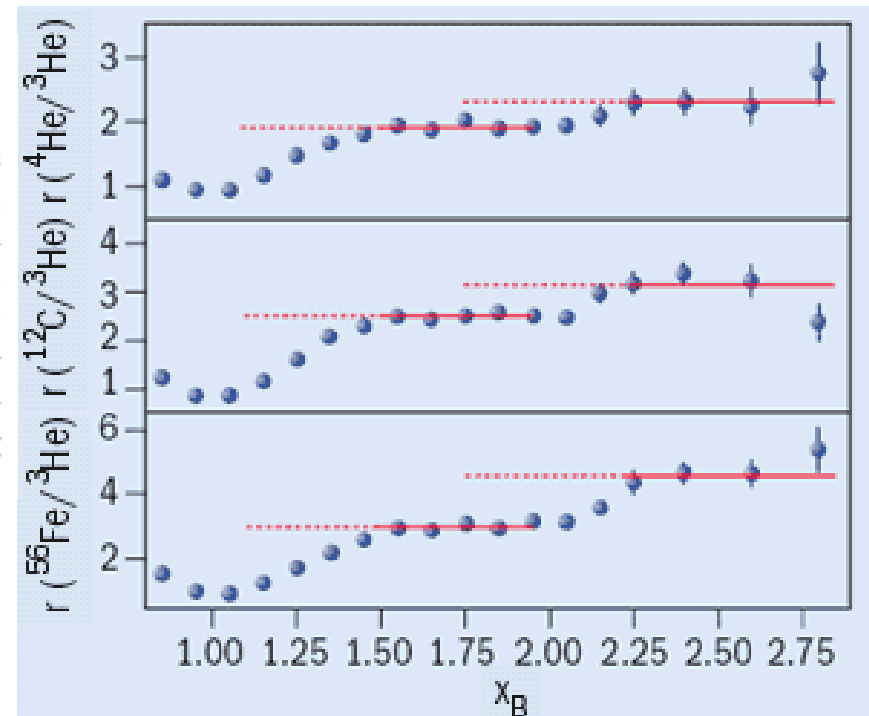
FIG. 1. Measured structure function per nucleon for Fe vs x . The Q^2 value at $x = 1$ is also listed for the different kinematics.

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

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

^{12}C - structure

RNP - program at JINR

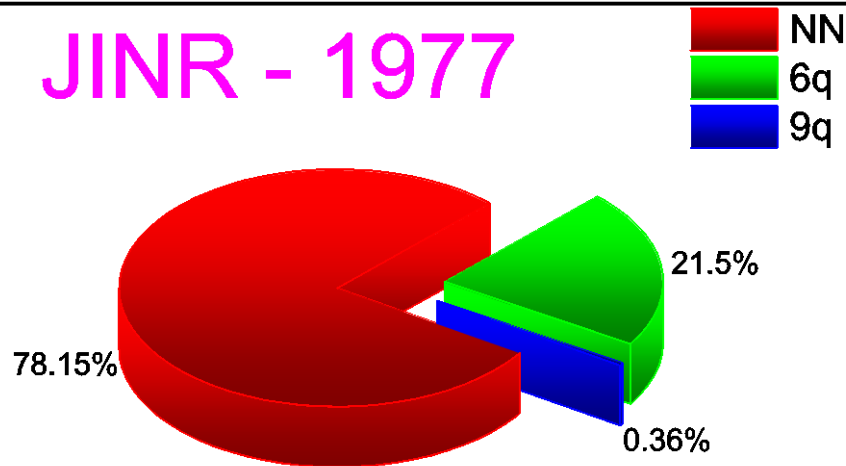
V.V.B., V.K.Lukyanov, A.I.Titov, PLB, 67, 46(1977)

eA - program at JLab

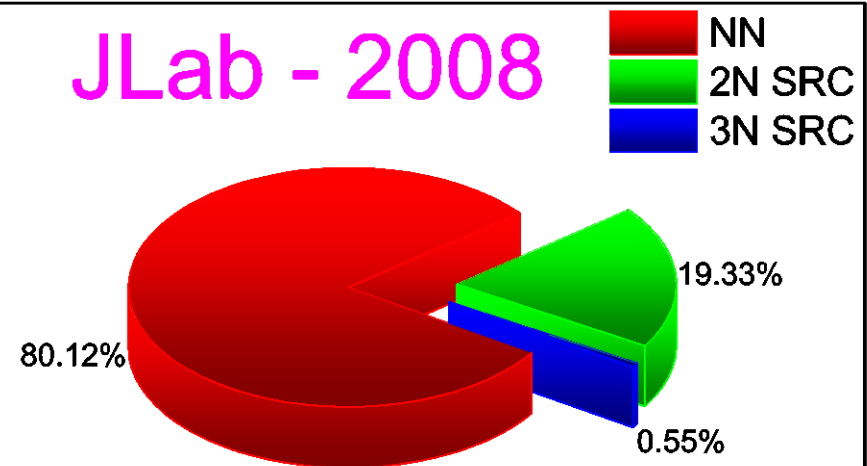
R.Subedi et al., Science 320 (2008) 1476-1478

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

JINR - 1977



JLab - 2008



Кумулятивные процессы и холодная сверхплотная барионная материя

1957

УПРУГОЕ И КВАЗИУПРУГОЕ РАССЕЯНИЕ ПРОТОНОВ С ЭНЕРГИЕЙ 660 MeV НА ДЕЙТОНАХ¹

Г. А. Лексин

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

ВЫБИВАНИЕ ДЕЙТРОНОВ ИЗ ЯДЕР Li, Be, C и O ПРОТОНАМИ С ЭНЕРГИЕЙ 675 MeV¹

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

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

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

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 в области больших p_T

Начало цитаты....

Report of the Expert Group

*Scientific Program on the
Nuclotron*



Presented by V.V. Burov

PAC for Particle Physics

November 17, 2003

April 5, 2004

Звезда несбывшихся надежд....

2003 New program For nuclotron

- 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



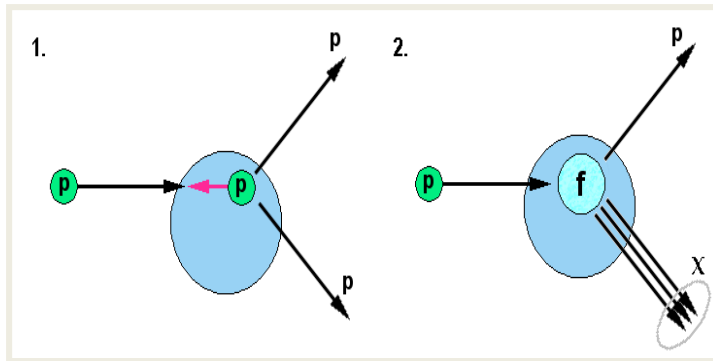
РЕЛЯТИВИСТСКАЯ
ЯДЕРНАЯ
ФИЗИКА:
от СОТЕН МэВ до ТэВ
Том 2

RELATIVISTIC NUCLEAR PHYSICS:
from HUNDREDS of MeV to TeV
Volume 2

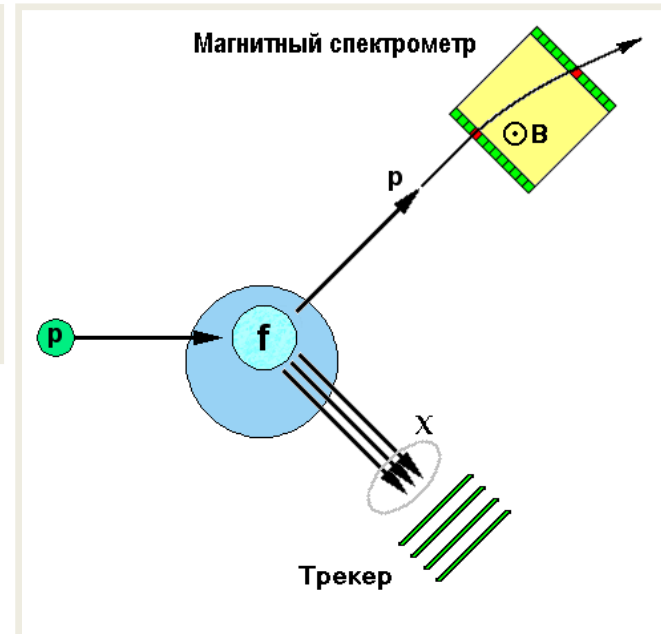


Конец 90-х начало 2000-х

Исследование кумулятивных процессов в области больших P_T на установке ДИСК



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



Конфигурация
установки

RNP 2005 and ISHEPP 2008



<i>S.S.Shimanskiy</i> Cumulative Processes	297
<i>A.N.Sissakian, A.S.Sorin et al.</i> Search for a Mixed Phase of Strongly Interacting Matter at the JINR Nuclotron	306

step which have open for us new way to resolve the cumulative puzzle. We need more complete investigation in the range of maximal p_T in semi-exclusive (and exclusive) experiment set up for comprehension of the nature of cumulative processes. It will need to investigate:

- average number of baryons accompanied high p_T cumulative particle production and its $s_{cumulat}$ dependance;

- average multiplicity accompanied high p_T cumulative particle production and its $s_{cumulat}$ dependance;

- $s_{cumulat}$ dependence of polarization characteristics (analyse power, asymmetry and so on), for SRC mechanism will be scaling repeating effects for free nucleon-nucleon interactions;

- coincidence cross sections of high p_T cumulative particle production with prediction of the "quark counting rules" [9] when using Stavinsky's variables.

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.

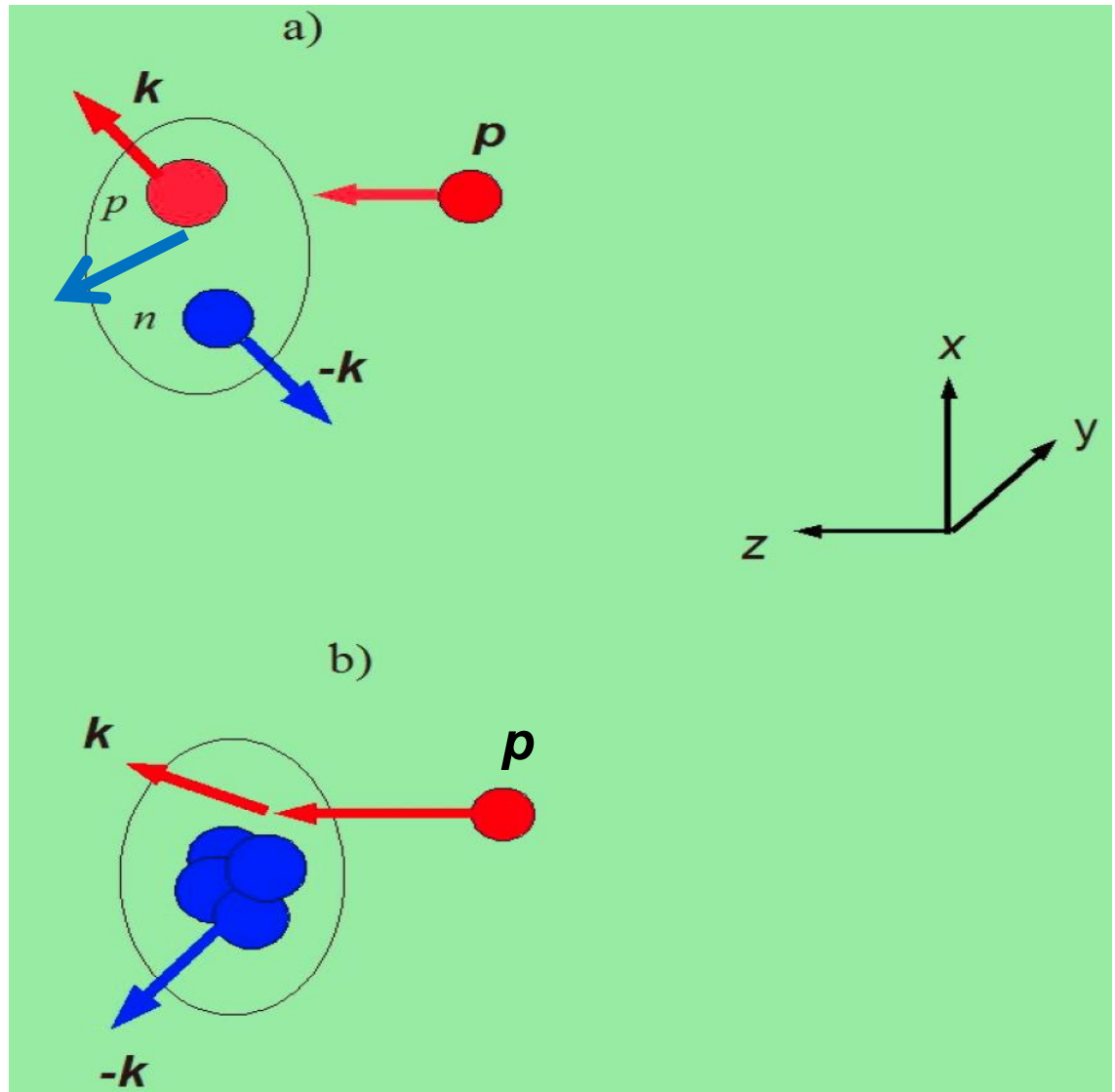
Нам необходимо ответить на два вопроса:

- есть ли мультикварковые состояния в обычной ядерной материи или реализуется сценарий SRC ?
- какие свойства мультикварковых состояний или нуклонов в сильно неравновесном случае (SRC-сценарий) ?

«Локальные» механизмы кумулятивных процессов

SRC configuration

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

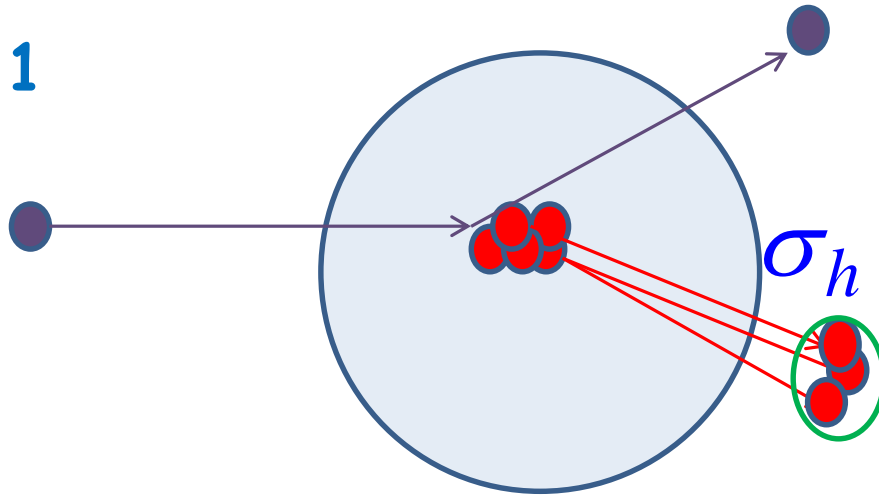


$$\langle B \rangle ?$$

Multiquark configuration

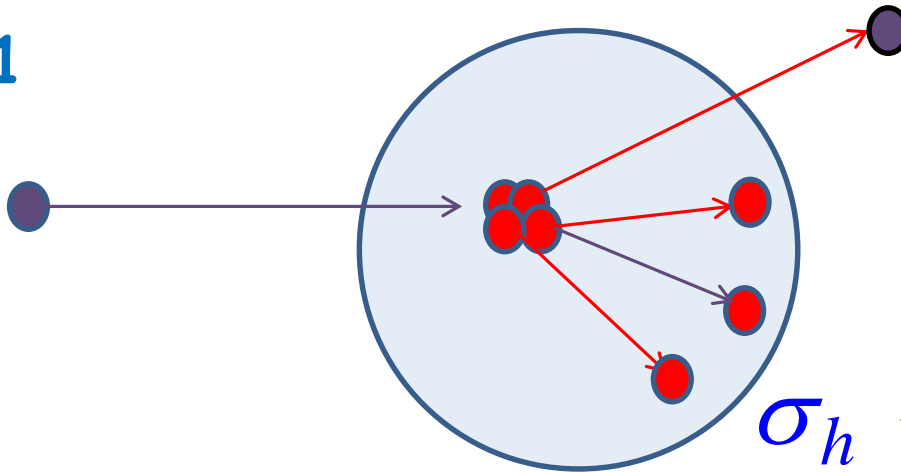
Flucton case

$\langle B \rangle > 1$



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

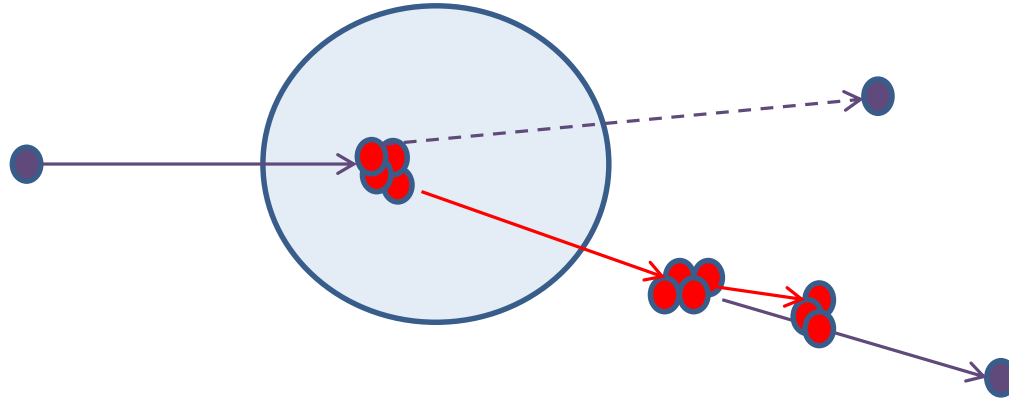
$\langle B \rangle < 1$



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

Flucton case - same side flow

$\langle B \rangle > 1$



ИФВЭ
(2004 - н/в)



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

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

ИФВЭ 2011–32
ОЭФ

А.А. Балдин¹, Я.А. Бердников², А.И. Берлёв¹, А.Ю. Бордановский,
Ю.Т. Борзунов¹, А.А. Волков, В.П. Ефремов, А.Е. Иванов²,
А.Ю. Калинин, В.Т. Ким^{2,3}, А.В. Константинов¹, А.В. Кораблёв,
В.И. Корешев, А.Н. Криницын, В.И. Крышкин, И.В. Кудашкин¹,
Н.В. Кулагин, А.А. Логинов, В.А. Мурзин³, В.А. Орешкин³,
Е.Б. Плеханов¹, В.В. Скворцов, В.В. Талов, Л.К. Турчанович,
С.С. Шиманский¹

**Программа корреляционных исследований
при взаимодействии адронов и ядер при б**

1.4. Исследования эффектов цветовой (ядерной) прозрачности

1.5. Аномалия при $p_T \sim 2$ ГэВ/с

2.1. Кумулятивные процессы

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

Протвино 2011

ЕСТЬ 300 ГэВ !

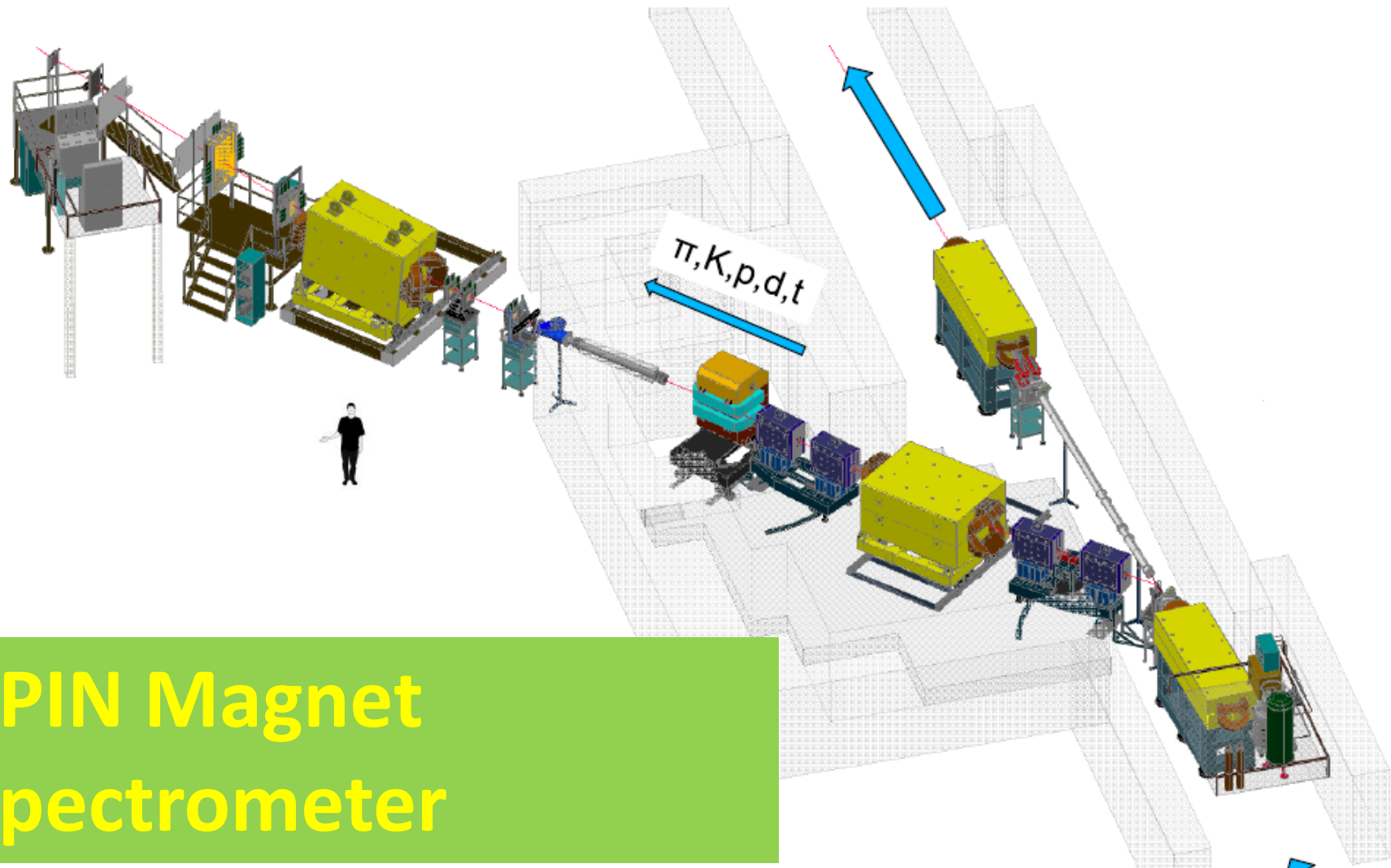
РЕЛЯТИВИСТСКИЙ УГЛЕРОД В ГНЦ ИФВЭ: УСКОРЕНИЕ
И ВЫВОД ИЗ У-70, ТРАНСПОРТИРОВКА ПО КАНАЛУ
№22 И РЕГИСТРАЦИЯ НА УСТАНОВКЕ ФОДС

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.

SPIN Magnet Spectrometer



протоны
 $10^{12} - 10^{13} / \text{цикл}$

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)

СТПИН



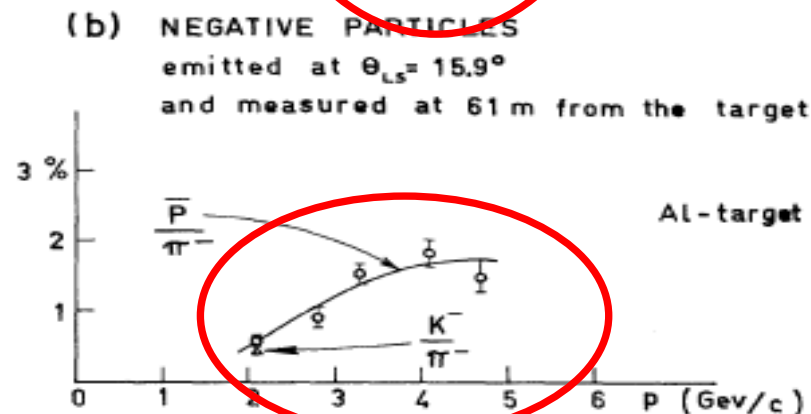
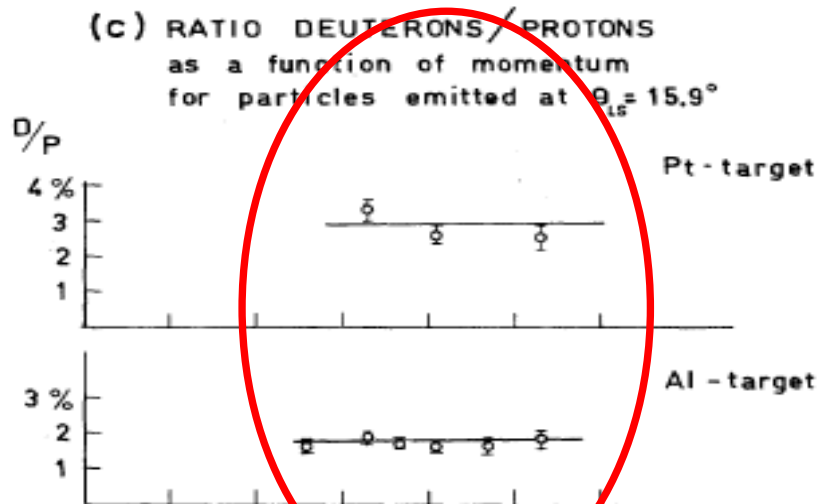
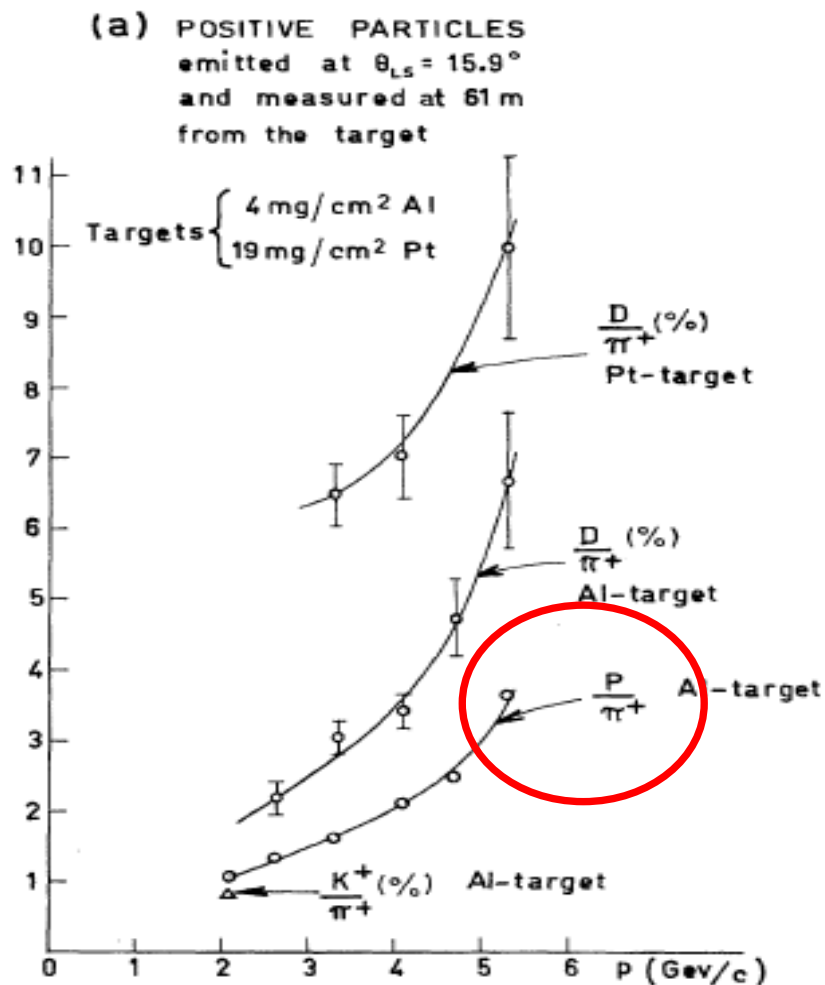
 **RAIVOLA**



04 03 2019

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

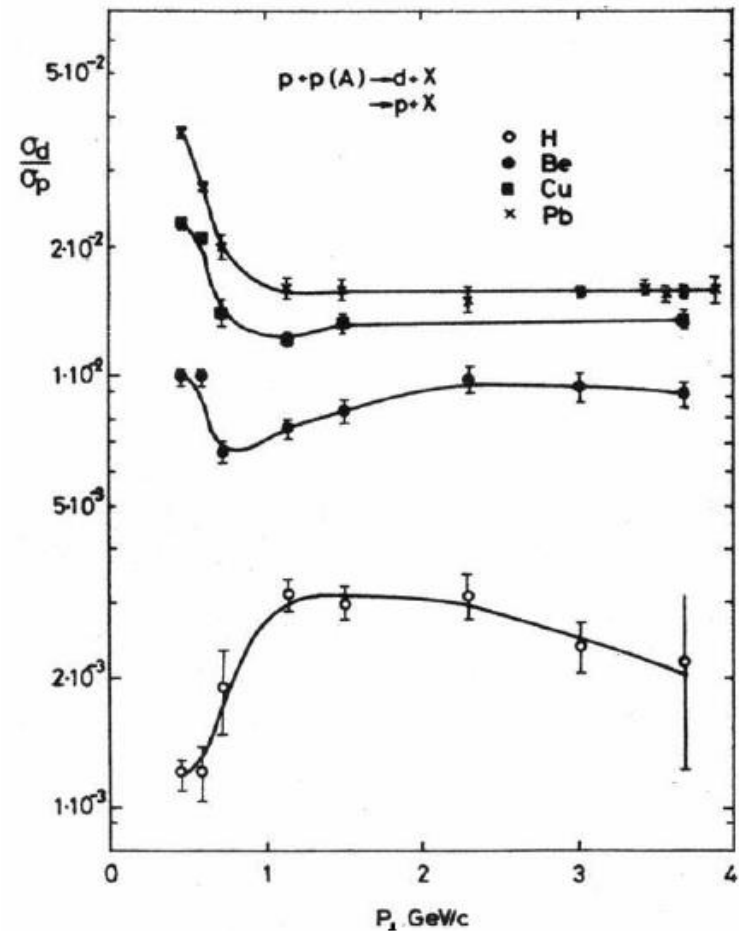
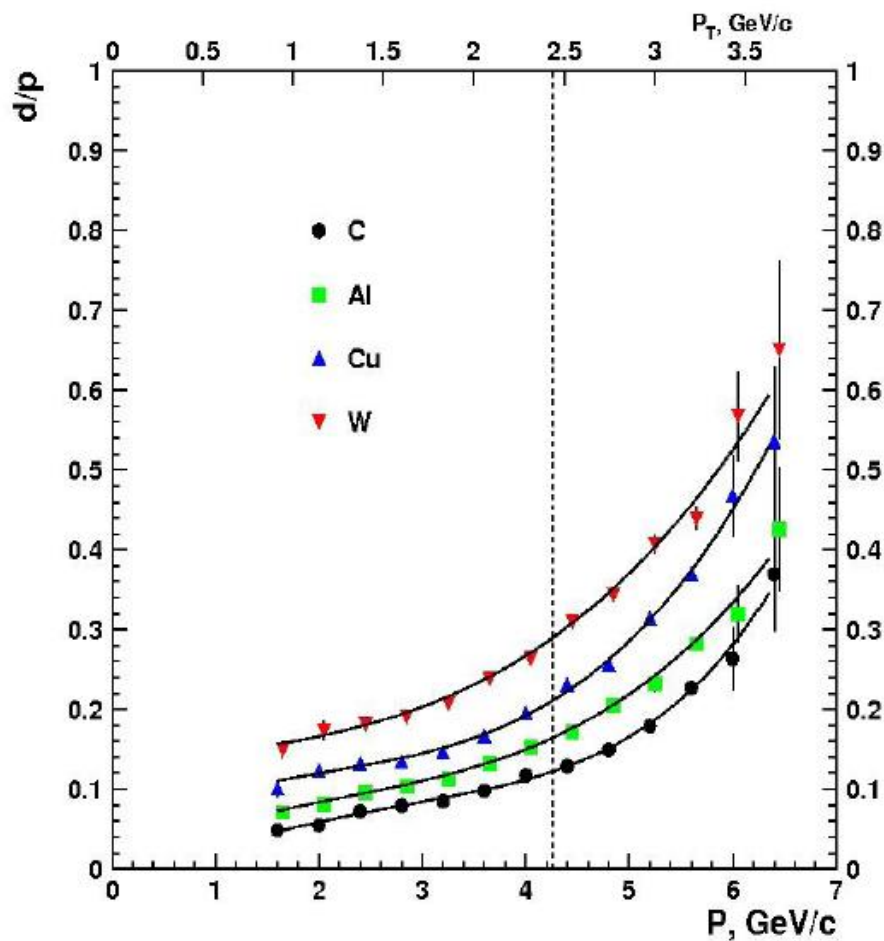


SPIN data

Ratio d/p

ФОДС

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



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.

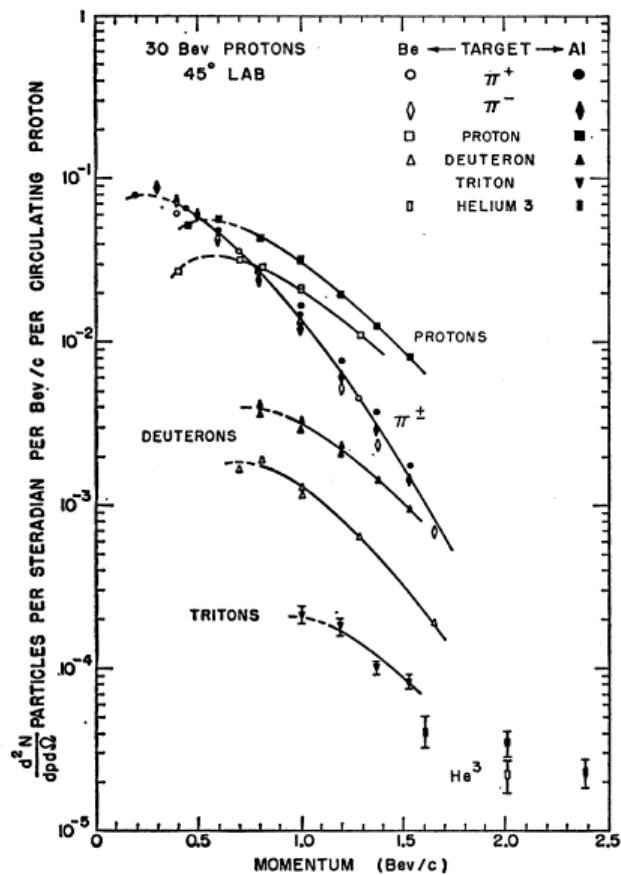


FIG. 3. Momentum spectra of particles emitted at 45° from aluminum and beryllium targets when struck by 30-Bev protons. Tritons from Be were not measured. For general remarks refer to Fig. 2 caption.

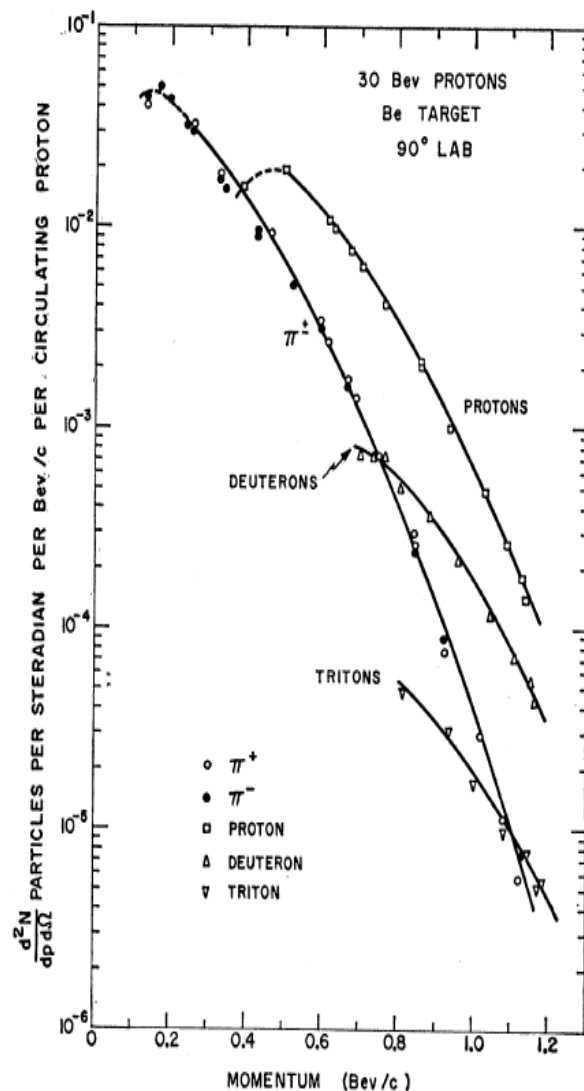
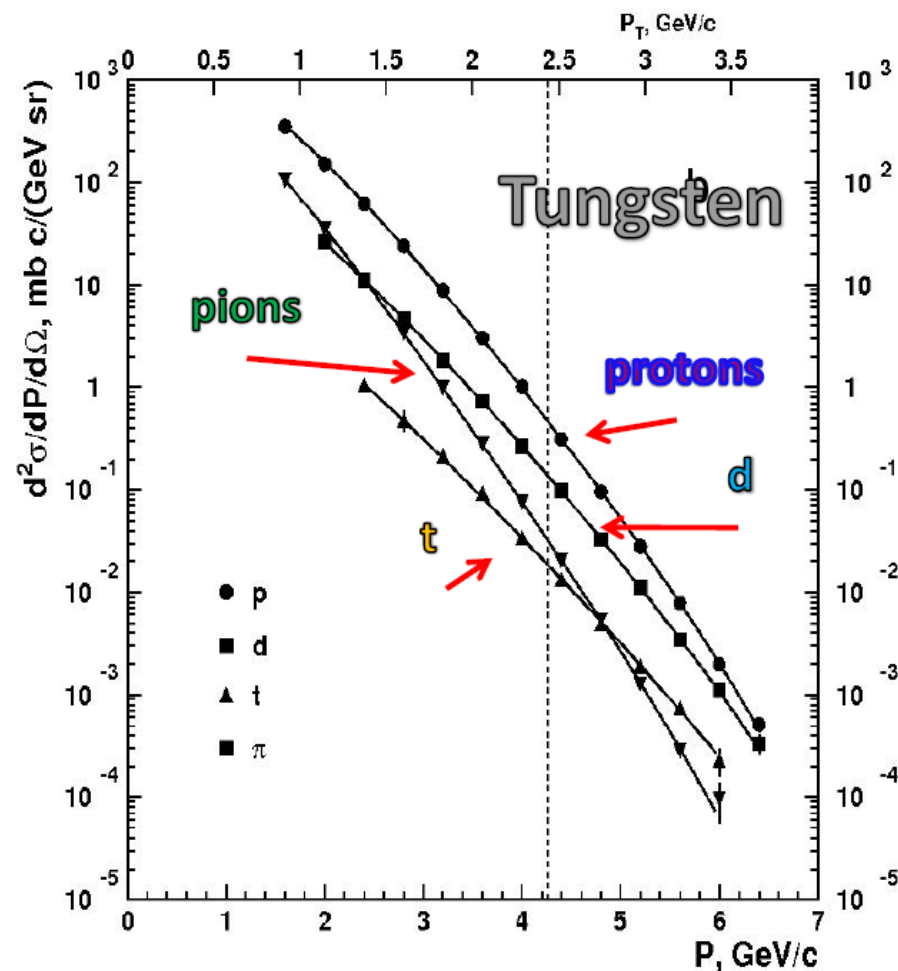
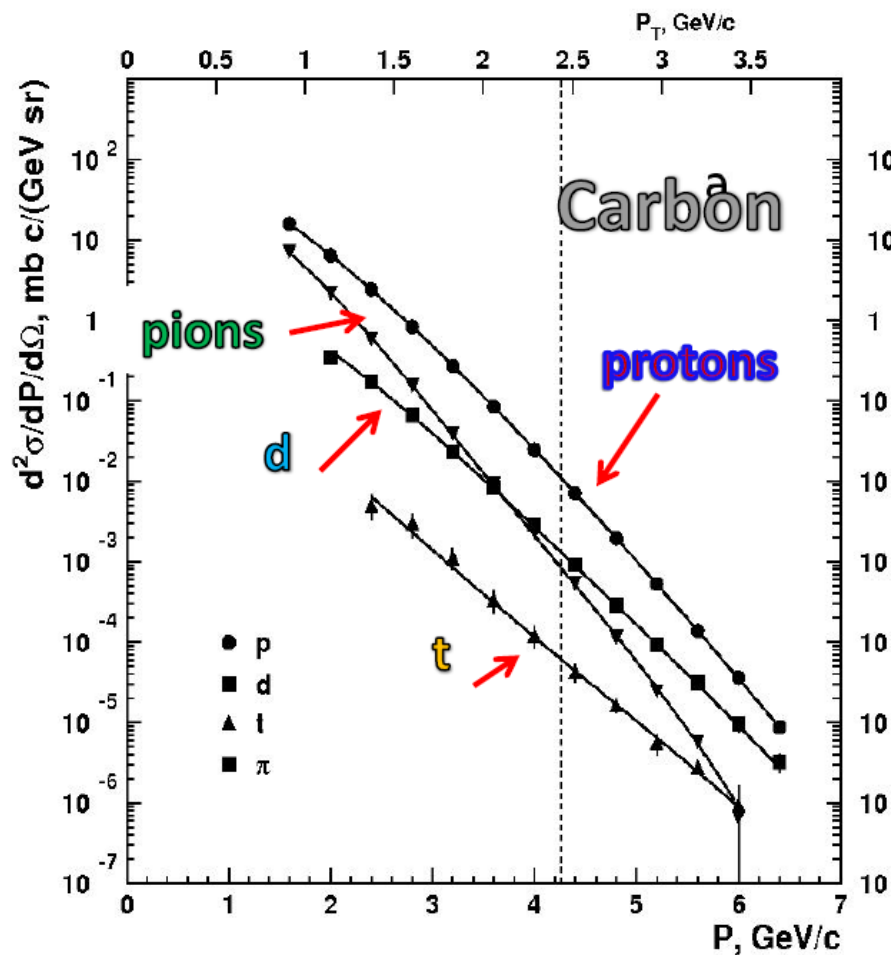


FIG. 2. Momentum spectrum of particles emitted at 90° from a beryllium target struck by 30-Bev protons. The ordinate is the number of particles produced at the target per steradian per Bev/c per circulating proton. The dashed portions of the curves indicate regions where the corrections due to multiple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



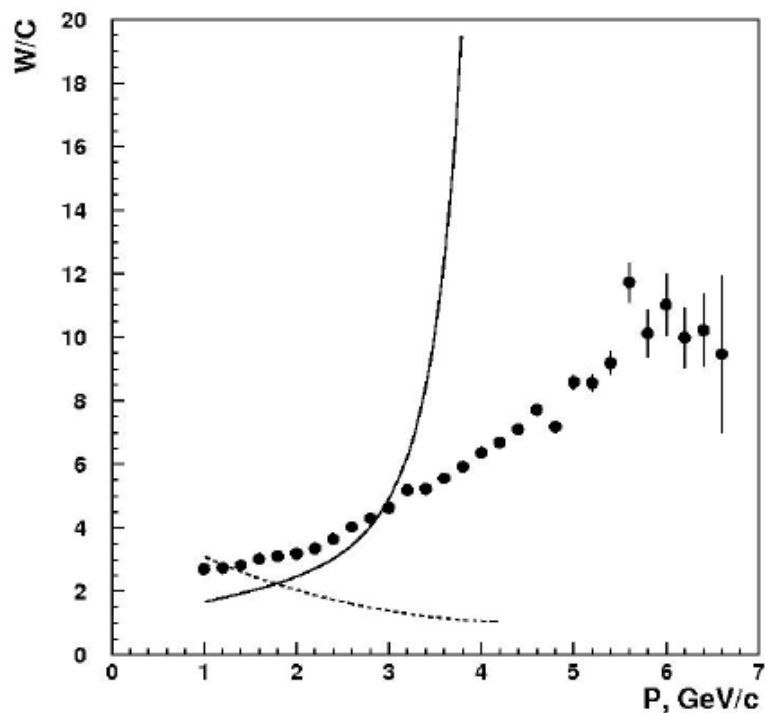
Invariant function found for positive pion, proton, deuteron and triton.
 The vertical dashed lines indicate the kinematical limit for elastic nucleon–nucleon scattering. The upper horizontal scale shows values of the transverse momentum p_T .

h^+ - spectrum

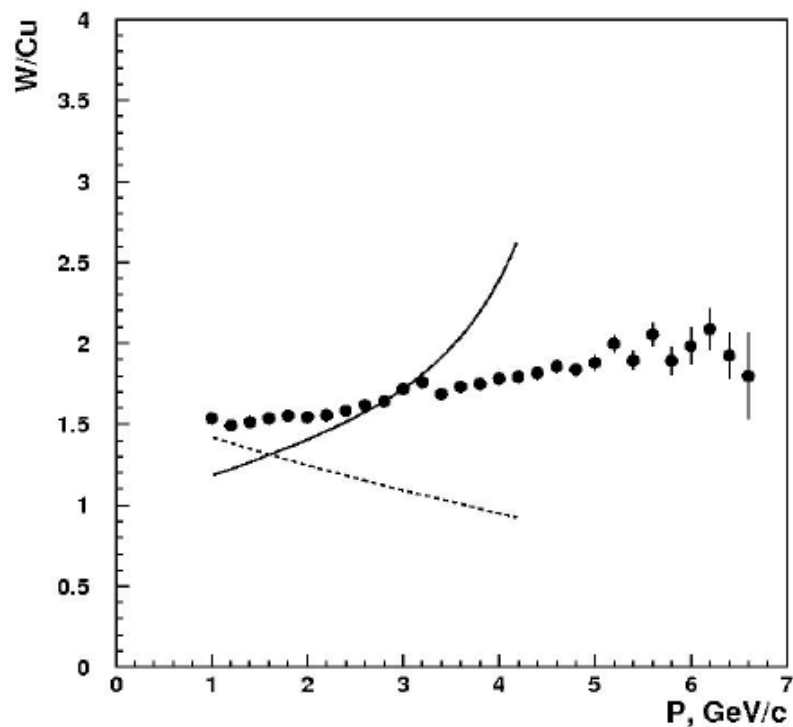
Сплошные кривые: HIJING 1.3 <http://www-nsdth.lbl.gov/~xnwang/hijing/doc.html>

Пунктирные кривые: UrQMD 3.3 <http://urqmd.org/>

W / C



W / Cu



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

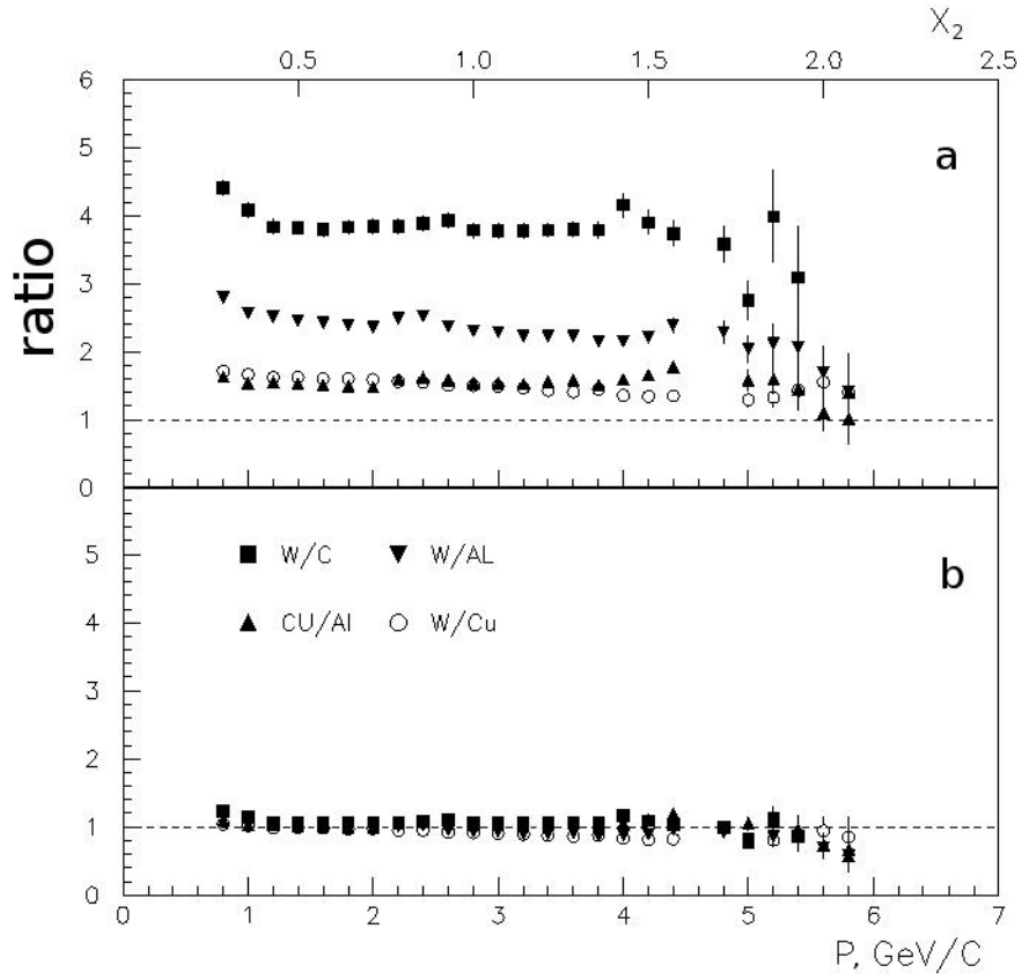
$$\gamma_{I,II} = \frac{(P_I \cdot P_{II})}{M_I \cdot M_{II}}$$

Inclusive data parameterization

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

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

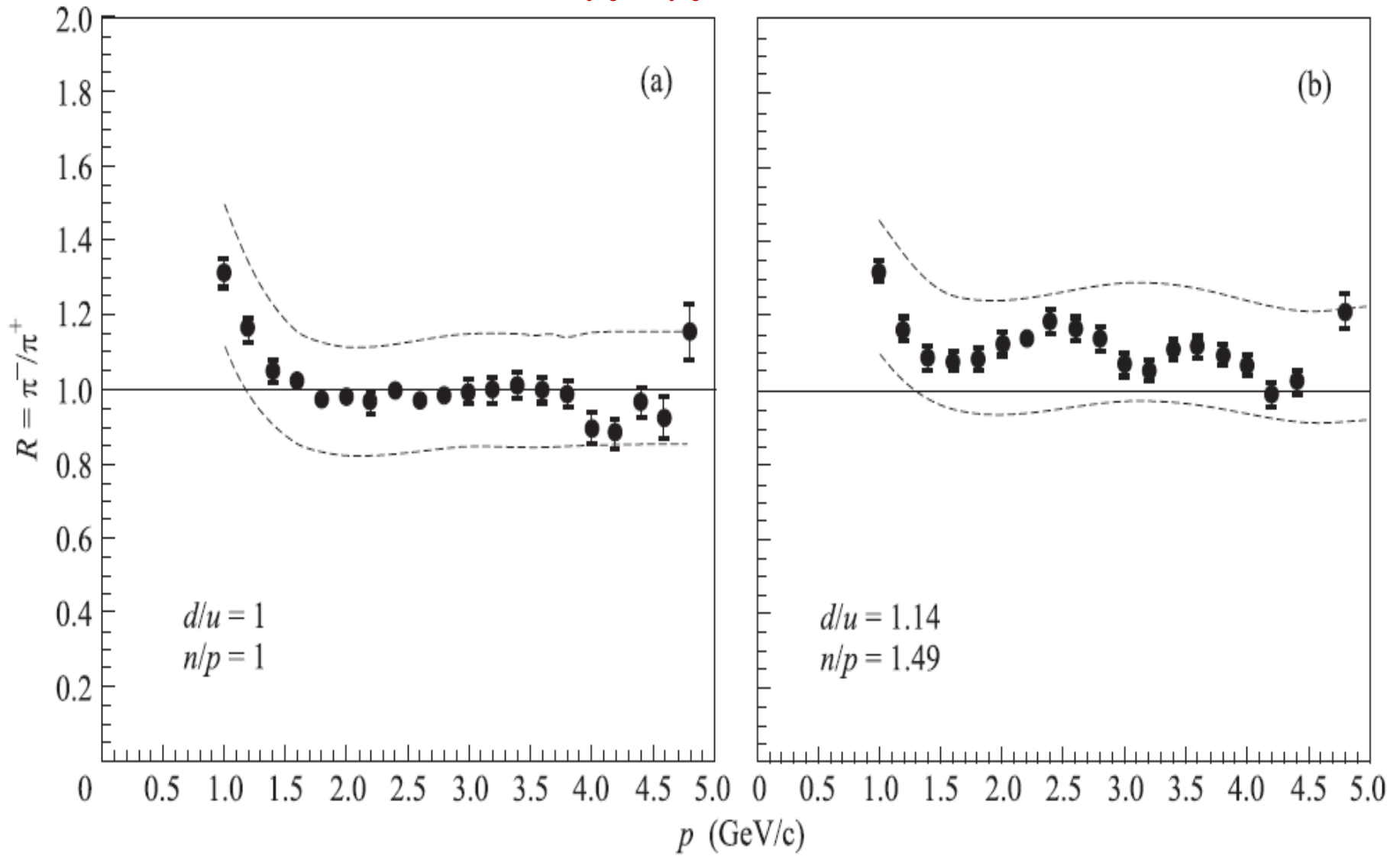
$$\frac{f_{(p+A_I)}}{f_{(p+A_{II})}} \times \left(\frac{A_I}{A_{II}} \right)^{-\left(\frac{1}{3} + \frac{X_2}{3}\right)} = 1$$



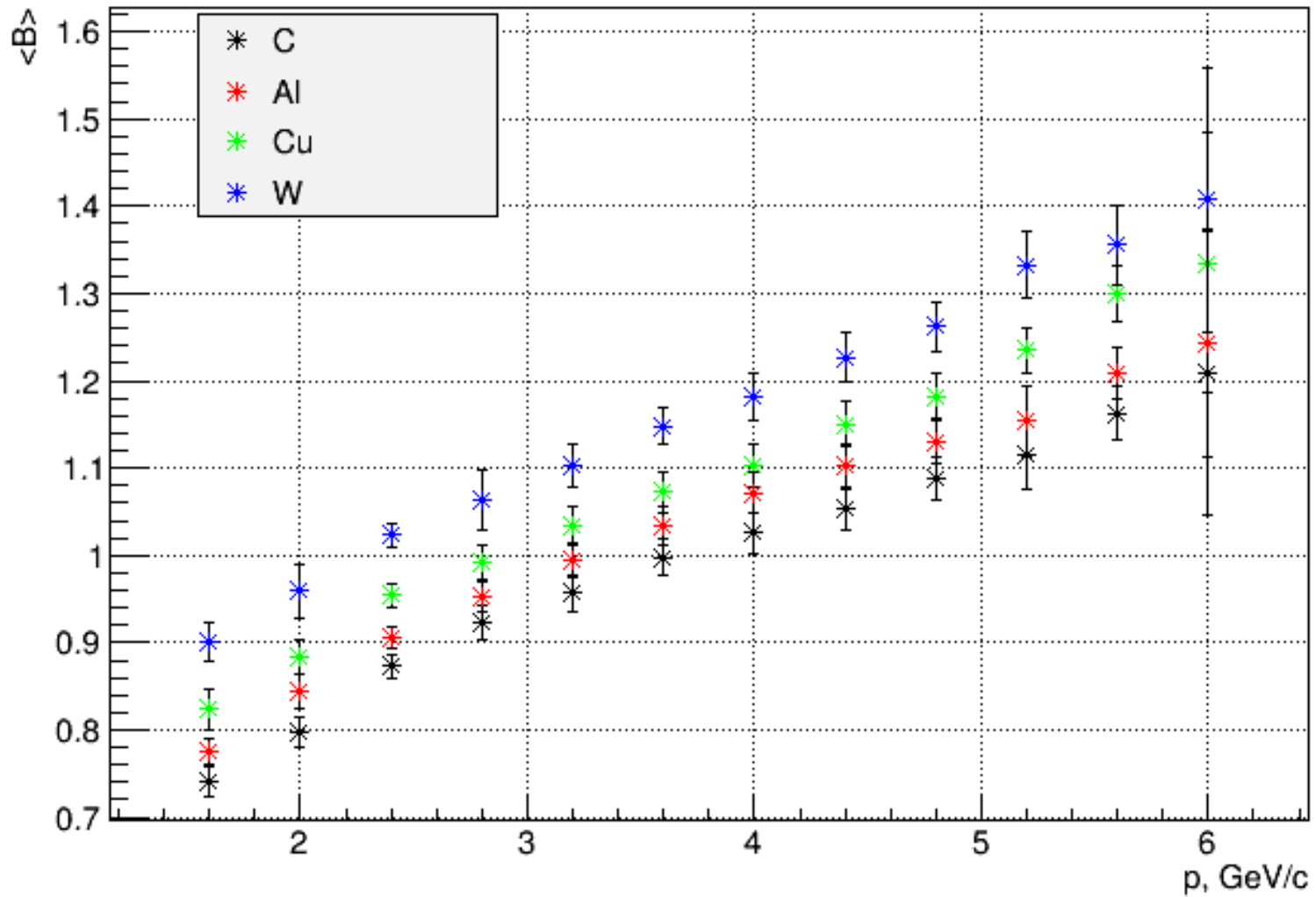
$$A^{-(2.45+X_2)/3}$$

Fig.5 Ratio of cross sections of negative pion production on different nuclei multiplied by inverse A-dependence (see the text). The lower axis shows the momentum, the upper axis, X_2 . (a) The ratios are obtained using the A-dependence in the form [8] $A^{(1+X_2)/3}$, (b) the ratios are obtained using the A-dependence in the form $A^{(2.45+X_2)/3}$.

π^-/π^+



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

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

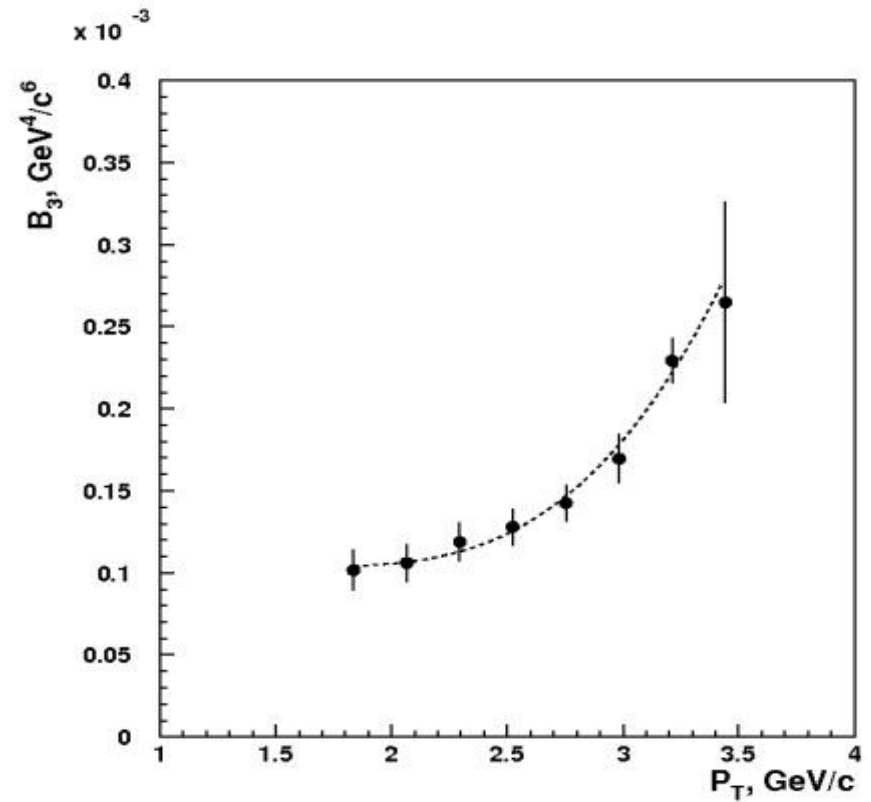
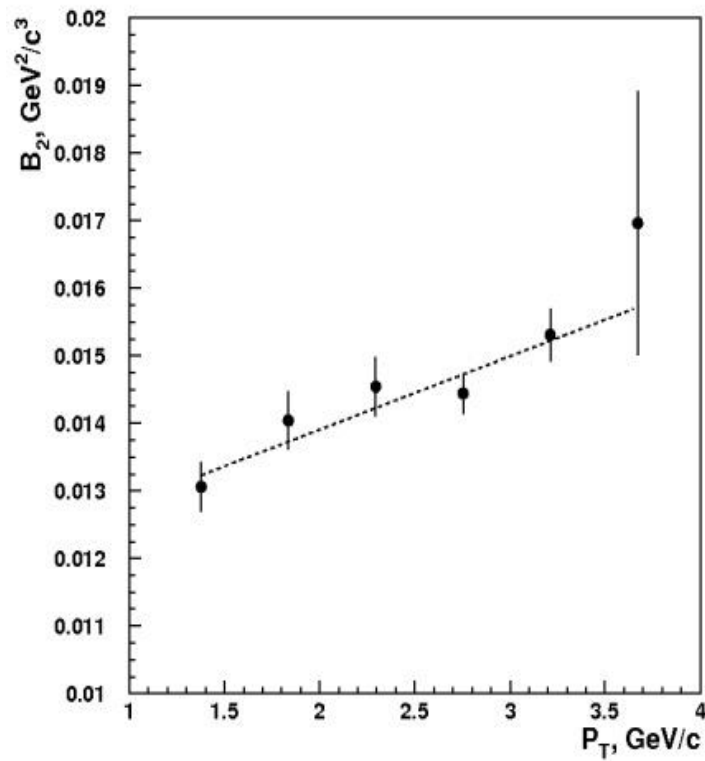
Mean values of the B_2 parameter

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).

“Кто виноват и что делать ?”

- Корреляционные измерения (телесный угол $\sim 4\pi$).
- Чистые мишени.
- Область больших передач (малые сечения).
- Поляризационные характеристики.

НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ – НОВЫЕ ДЕТЕКТОРЫ

“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’



SPD Hybrid system

1/2 model symmetry

$$B^{(z)}(x, y, 0) = 0.$$

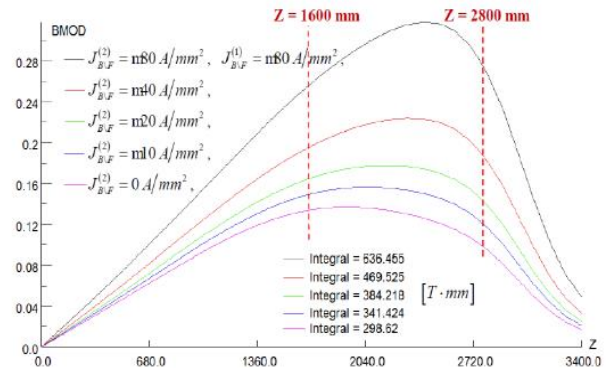
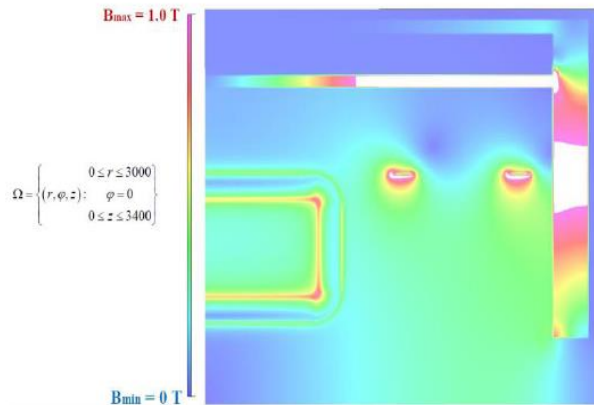
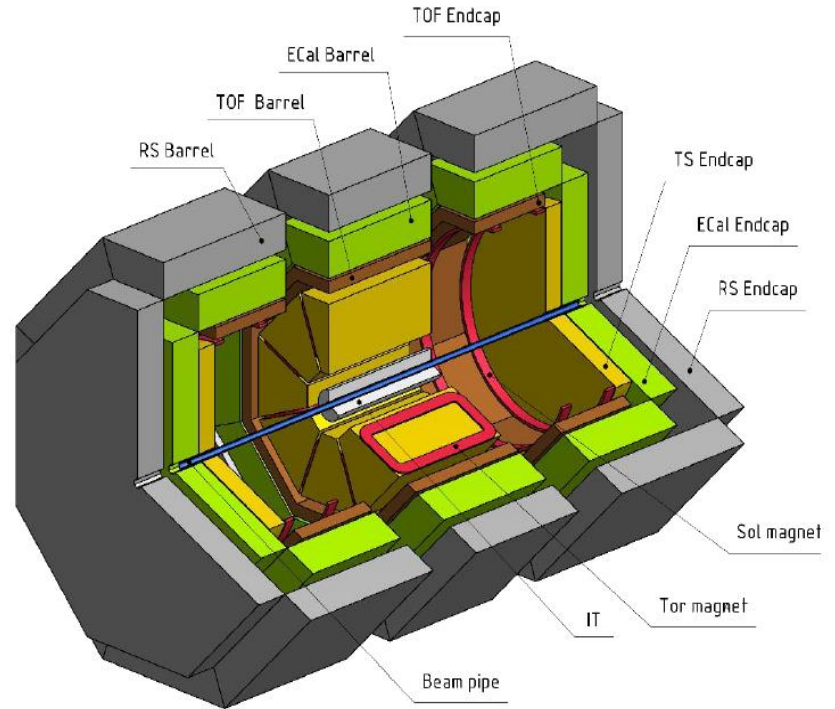
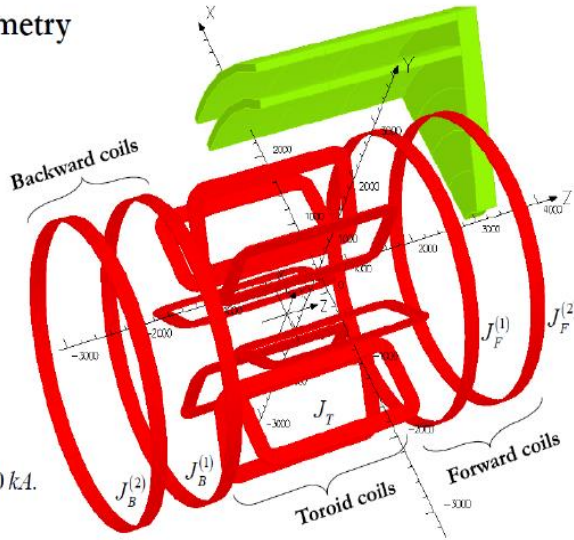
$$J_T = 40 \frac{A}{mm^2},$$

$$J_{B^iF}^{(1,2)} = n80 \frac{A}{mm^2},$$

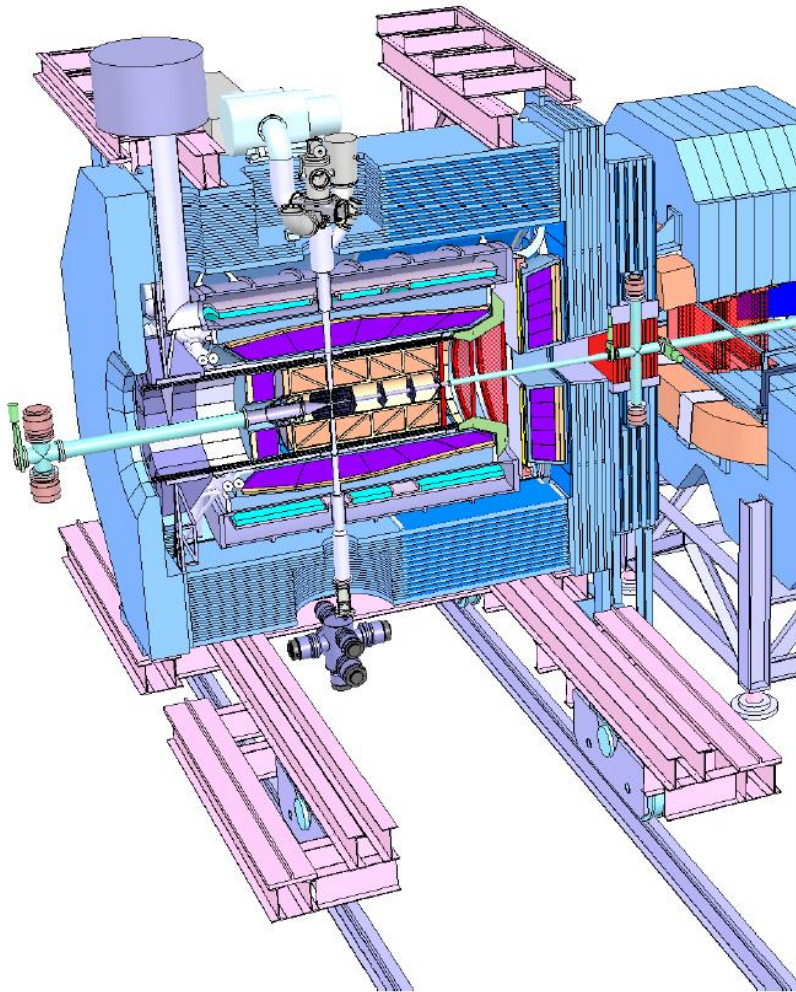
$$S = 200 \times 20 mm^2,$$

$$I_T = J_T \cdot S = 160 kA,$$

$$I_{B^iF} = J_{B^iF} \cdot S = n320 kA.$$



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_s^0 , Υ
($c\tau = 317 \mu\text{m}$ for D^\pm)
→ *Good tracking*
- Good PID (γ , e, μ , π , K, p)
→ *Cherenkov, ToF, dE/dx*
- γ -detection MeV – 15 GeV
→ *Crystal Calorimeter*

JPARC HI LoI-2016

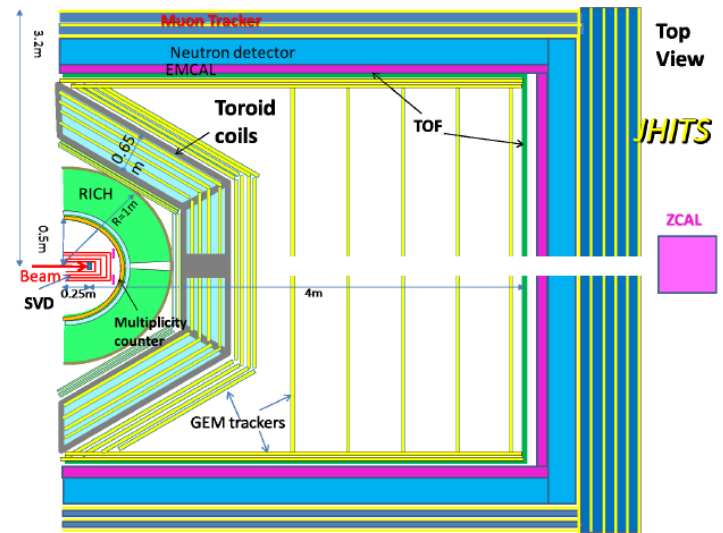
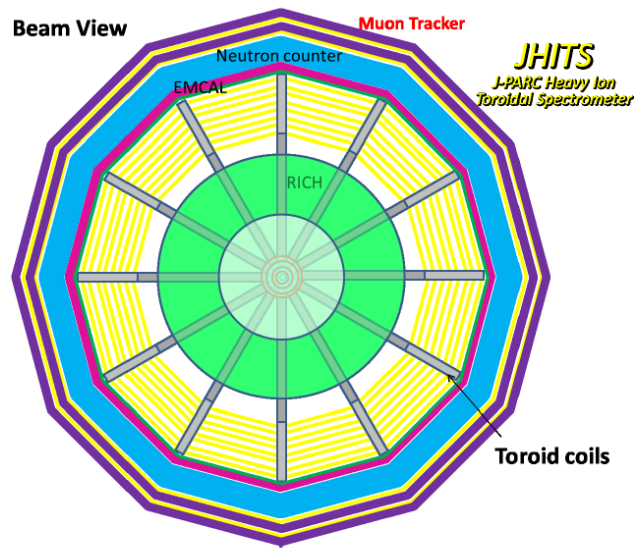


Figure 31: The beam view of the toroidal spectrometer (JHITS; J-PARC Heavy-Ion Toroidal Spectrometer).

Figure 32: The top view of the toroidal spectrometer (JHITS; J-PARC Heavy-Ion Toroidal Spectrometer).

A Final Thought...

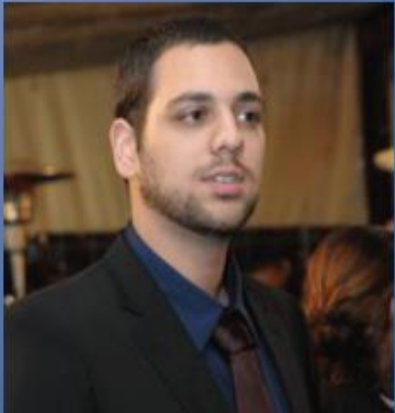


*“This is not the end.
It is not even the
beginning of the end.
It is, perhaps, the end
of the beginning...”*

-- Winston Churchill

Спасибо за терпение!

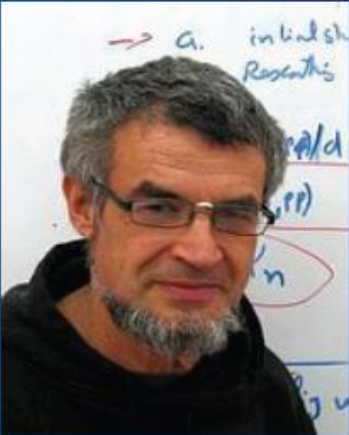
SRC in VBLHEP



Or Hen



Guy Ron



Eli Piasetzky

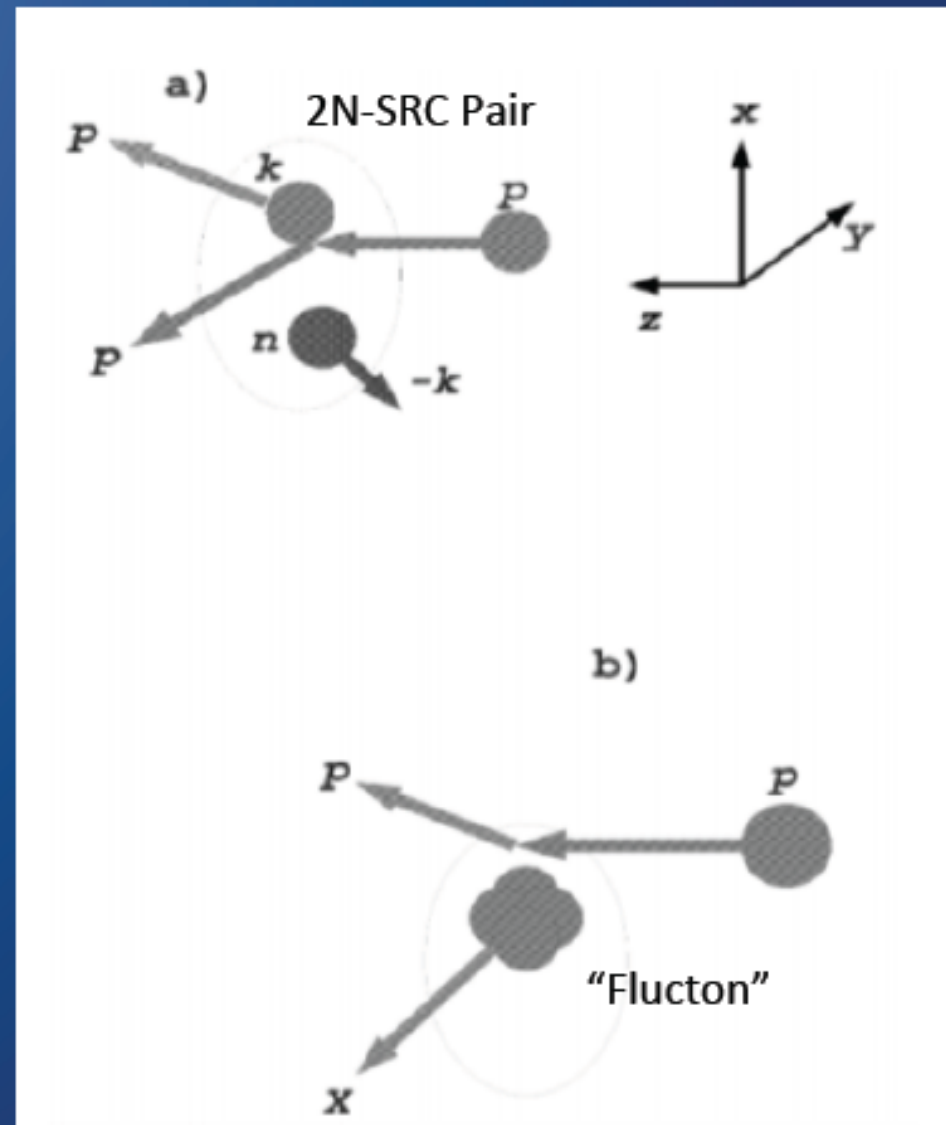


Massachusetts
Institute of
Technology



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)