# ЭКСПЕРИМЕНТ СПИН. ИЗУЧЕНИЕ КУМУЛЯТИВНЫХ ЧАСТИЦ С БОЛЬШИМИ ПОПЕРЕЧНЫМИ ИМПУЛЬСАМИ.

Гапиенко В.А.

Сессия-конференция секции ЯФ РАН, Протвино, 8 ноября 2013 г.



Фазовая диаграмма сильно взаимодействующей КХД материи

Главной задачей экспериментов с тяжёлыми ионами является обнаружение и исследование новой формы КХД-материи Основные усилия экспериментаторов сосредоточены на исследовании области фазовой диаграммы при больших температурах и малых барионных плотностях и при промежуточных температурах и плотностях (задача проектов FAIR и NICA.)

Однако есть еще одна интересная область- область низких температур и сверхвысоких плотностей, область, которая в природе, возможно, реализуется в виде плотных нейтронных звёзд. Сверхплотное состояние может присутствовать в ядерной материи. Идея о существовании в ядрах флуктуаций ядерной плотности восходит к гипотезе

**Д.И. Блохинцева.[**Д.И. Блохинцев, ЖЭТФ т.33 (1957) 1295]

Г.А.Лексин ЯФ т.65 №11 (2002) стр.2042-2051:

..."флуктоны это капельки КГП".

..."плотность флуктуации ... почти на порядок выше ядерной плотности

Наличие сверхплотной материи внутри ядер приводит в реакциях с участием ядер к появлению кумулятивных частиц частиц, рождающихся в областях, запрещенных по кинематике для взаимодействий с простыми нуклонами.



### 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/<sup>3</sup>He  $\approx 1$ );
- близкие выходы К<sup>+</sup>/π<sup>+</sup> ( s̄/d̄ ) ≈1
- •наблюдается сильная А-зависимость, когда с ростом степени кумулятивности растет показатель степени при А и может превышать единицу.

### Чем интересен эксперимент СПИН

### Теоретический анализ

[А.В. Ефремов, В.Т. Ким, Г.И. Лыкасов, ЯФ 44 (1986) 241-249] показал, что при X<sub>T</sub>~1 основной вклад должны давать процессы взаимодействия с многокварковыми (многонуклонными) конфигурациями при малом вкладе фоновых процессов перерассеяния.

### Эксперимент:

Данные по кумулятивному эффекту в области больших Р<sub>т</sub>отсутствуют





## 3d рисунок. Оборудование в районе мишенной станции





### Характеристики спектрометра

- □ Можно отбирать частицы, вылетающие из мишени с углами в лаб.сист.: 22<sup>0</sup> 55<sup>0</sup> (углы в с.ц.м. 129<sup>0</sup> – 165<sup>0</sup>)
- □ Система проволочных камер, стоящих перед магнитом М3 и после него, позволяет измерять импульс частицы с разрешением σ(p)/p≈3×10<sup>-3</sup>
- □ Угловой аксептанс установки составляет по азимуту ∆ φ≈100 мрад, а по полярному углу, ∆ θ≈40 мрад
- □ Захват установки по импульсу меняется от 5.5% при 1 ГэВ/с до 3.5% при импульсе 6 ГэВ/с.
- Интенсивность протонного пучка измерялась с помощью камеры вторичной эмиссии. Поперечные геометрические характеристики протонного пучка и его положение контролировались посредством двухкоординатных профилометров

• Список используемых тонких мишеней:

мишень	С	ΑΙ	Cu	W
Толщина(г/см²)	0.86	0.81	0.90	0.64

ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА, 2013, том 76, № 10, с. 1275–1280

#### ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ЧАСТИЦЫ И ПОЛЯ

### ИЗМЕРЕНИЕ ВЫХОДОВ ПОЛОЖИТЕЛЬНО ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ ПОД УГЛОМ 35° ВО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ ПРОТОНОВ С ЯДЕРНЫМИ МИШЕНЯМИ ПРИ ЭНЕРГИИ 50 ГэВ

© 2013 г. В. В. Аммосов<sup>1)</sup>, Н. Н. Антонов<sup>1)</sup>, А. А. Балдин<sup>2)</sup>, В. А. Викторов<sup>1)</sup>,
В. А. Гапиенко<sup>1)</sup>, Г. С. Гапиенко<sup>1)</sup>, А. А. Головин<sup>1)</sup>, В. Н. Гресь<sup>1)</sup>,
А. А. Иванилов<sup>1)</sup>, В. И. Корешев<sup>1)</sup>, В. А. Коротков<sup>1)</sup>, А. И. Мысник<sup>1)</sup>,
А. Ф. Прудкогляд<sup>1)</sup>, Ю. М. Свиридов<sup>1)</sup>, А. А. Семак<sup>1)\*</sup>, В. И. Терехов<sup>1)</sup>,
В. Я. Углеков<sup>1)</sup>, М. Н. Уханов<sup>1)</sup>, Б. В. Чуйко<sup>1)</sup>, С. С. Шиманский<sup>2)</sup>

Поступила в редакцию 03.05.2012 г.

Впервые получены импульсные спектры кумулятивных частиц в области больших  $P_T$  в реакции  $pA \rightarrow \rightarrow h^+ + X$ . Эксперимент выполнен на установке СПИН (ИФВЭ, Протвино) на пучке протонов с энергией 50 ГэВ, взаимодействующих с ядрами С, Al, Cu и W. Положительно заряженные частицы регистрировались под углом 35° в л.с. и в диапазоне поперечных импульсов от 0.6 до 3.7 ГэВ/с. Наблюдена сильная зависимость сечения рождения частиц от атомного числа. В предкумулятивной области проведено сравнение с расчетами по моделям HIJING и UrQMD.



Наблюдено существование положительно заряженных кумулятивных частиц с большими поперечными импульсами, Р<sub>т</sub>> 2.5 ГэВ/с. Измерены импульсные спектры h+ для четырех мишеней.

$$\frac{d^{2}\sigma}{dPd\Omega} = \frac{A}{N_{A}\rho t} \cdot \frac{1}{\varepsilon \Delta P\Delta\Omega} \cdot \frac{1}{N_{prot}} \cdot N^{h+}$$
$$\frac{d^{2}\sigma}{dP_{A}\rho} = A \cdot \exp\left(B \cdot P + C \cdot P^{2} + D \cdot P^{3}\right)$$

мишень	A[ mb·c·GeV-1·sr-1]	B[c· GeV-1]	C[c2· GeV-2]	D[c3 · GeV-3]
С	629.8±13.8	-1.626±0.012	-0.272±0.024	0.0146±0.0005
AI	1165.0± 84.9	-1.473 ±0.069	-0.266±0.021	0.0132±0.0019
Cu	3374.8±190.9	-1.612 ±0.056	-0.191± 0.016	0.0059±0.0014
w	10290.0±1116.8	-1.604+0.102	-0.171±0.029	0.0040±0.0025

 $dPd\Omega$ 

Предкумулятивная область, h<sup>+</sup>: сравнение с популярными Монте-Карло программами, созданными моделировать pA и AA взаимодействия

Сплошные кривые: HIJING 1.3 http://www-nsdth.lbl.gov/~xnwang/hijing/doc.html Пунктирные кривые: UrQMD 3.3 http://urqmd.org/



Полученные в предкумулятивной области спектры расходятся с предсказаниями стандартных Монте-Карло генераторов UrQMD и HIJING.

### А-зависимость



Показатель степенной зависимости сечения от атомной массы, приведенный как функция поперечного импульса.

$$\alpha = \ln\left(\frac{\sigma_w}{\sigma_c}\right) / \ln\left(\frac{A_w}{A_c}\right)$$

Наблюдается сильная А-зависимость, что характерно для кулятивных процессов

### РОЖДЕНИЕ КУМУЛЯТИВНЫХ ЧАСТИЦ С БОЛЬШИМИ ПОПЕРЕЧНЫМИ ИМПУЛЬСАМИ В ПРОТОН-ЯДЕРНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ ПРИ НАЧАЛЬНОМ ИМПУЛЬСЕ ПРОТОНА 50~ГЭВ/С.

В. В. Аммосов, Н. Н. Антонов, В. А. Викторов, В. А. Гапиенко,

Г. С. Гапиенко, В. Н. Гресь, А. А. Иванилов, В. А. Коротков,

А. И. Мысник, А. Ф. Прудкогляд, Ю. М. Свиридов, А. А. Семак,

В. И. Терехов, В. Я. Углеков, М. Н.Уханов, Б. В.Чуйко

Институт Физики Высоких Энергий, Протвино

#### А. А. Балдин, С. С. Шиманский

Объединенный Институт Ядерных Исследований, Дубна

Представлены первые данные по рождению кумулятивных частиц в области больших поперечных импульсов в протон-ядерных столкновениях. Наблюдено уменьшение влияния внутриядерного перерассеяния с ростом поперечных импульсов. Проведена проверка применимости к данным параметризации, разработанной ранее для описания сечений в подпороговых и кумулятивных ипроцессах в областях малых поперечных импульсов. Эксперимент проводился в ИФВЭ (г.Протвино) на пучках протонов с импульсом 50 ГэВ/с, получаемых на ускорителе У70.



Кумулятивный эффект в области больших поперечных импульсов наблюдается для заряженных частиц обоего знака

### Отношение h+/h-



 С ростом поперечного импульса наблюдается значительно больший выход h+ по отношению к h-.

 Отсутствие сильной зависимости h+/h - от атомного числа при больших Р<sub>т</sub>может рассматриваться как указанием на локальный механизм образования частиц и малый вклад процессов вторичного взаимодействия



Максимальную энергию кумулятивная частица будет иметь когда остальная масса будет как единый объект. Закон сохранения энергии-импульса для такой квазибинарной реакции можно записать в обозначениях 4-х векторов так:

$$X_I \cdot P_I + X_{II} \cdot P_{II} = P_c + P_X.$$

Здесь  $P_I$  и  $P_{II}$  четырех-импульсы приходящиеся на один нуклон налетающего ядра и мишени соответственно,  $P_c$  четырех-импульс кумулятивной частицы, а  $P_X$  четырехимпульс компенсирующей массы.

Переносим  $P_c$  в левую часть, возводим в квадрат и приводим подобные, после чего получаем соотношение:

$$M_c^2 + 2 \cdot X_I \cdot X_{II} \cdot (P_I \cdot P_{II}) - 2 \cdot X_I \cdot (P_I \cdot P_c) - 2 \cdot X_{II} \cdot (P_{II} \cdot P_c) =$$

$$2 \cdot X_I \cdot X_{II} \cdot (M_I \cdot M_{II}) + 2 \cdot X_I \cdot (M_I \cdot M_\Delta) + 2 \cdot X_{II} \cdot (M_{II} \cdot M_\Delta) + M_\Delta^2$$

Собираем все члены содержащие  $X_{II}$  в левой части и выносим  $X_{II}$  в качестве общего множителя получим:

$$\begin{split} 2\cdot X_{II}\{X_I[(P_I\cdot P_{II})-M_I\cdot M_{II}]-[(P_{II}\cdot P_c)+M_{II}\cdot M_{\Delta}]\} = \\ 2\cdot X_I[(P_I\cdot P_c)+M_I\cdot M_{\Delta}]+M_{\Delta}^2-M_c^2. \end{split}$$

X

Отсюда получаем связь между X<sub>I</sub> и X<sub>II</sub>:

$$\xi_{II} = \frac{X_I \cdot A + B}{X_I - C},\tag{1}$$

$$A = \frac{\left[ (P_I \cdot P_c) + M_I \cdot M_\Delta \right]}{\left[ (P_I \cdot P_{II}) - M_I \cdot M_{II} \right]},\tag{2}$$

$$B = \frac{M_{\Delta}^2 - M_c^2}{2 \cdot \left[(P_I \cdot P_{II}) - M_I \cdot M_{II}\right]},\tag{3}$$

$$C = \frac{\left[(P_{II} \cdot P_c) + M_{II} \cdot M_{\Delta}\right]}{\left[(P_I \cdot P_{II}) - M_I \cdot M_{II}\right]}.$$
(4)

V.S. Stavinsky, JINR Rapid Commun. N18-86, p.5, 1986. "Единый алгоритм вычисления инклюзивных сечений рождения частиц с большими поперечными импульсами и адронов кумулятивного типа"

Рассматривая кумулятивный процесс как квазибинарный подпроцесс можно получить кинематические переменные X<sub>I</sub> и X<sub>II</sub>, которые будут параметрами подобия для сравнения таких процессов. В.С. Ставинским был предложен подход, позволяющий однозначно определить X<sub>I</sub> и X<sub>II</sub>, характеризующие инклюзивную реакцию.

Согласно Ставинскому[1], для определения единственных значений  $X_I$  и  $X_{II}$  выберем условие, что величина s определенная как:

$$s = (X_I \cdot P_I + X_{II} \cdot P_{II})^2 = (X_I^2 \cdot M_I^2 + X_{II}^2 \cdot M_{II}^2 + 2 \cdot X_I \cdot X_{II} (P_I \cdot P_{II})).$$
(5)

Или в другом виде

$$= (X_{I}^{2} \cdot M_{I}^{2} + X_{II}^{2} \cdot M_{II}^{2} + 2 \cdot X_{I} \cdot X_{II} \cdot D), \qquad (6)$$

где

$$D = (P_I \cdot P_{II}). \tag{7}$$

s выраженная как (6) через переменные X<sub>I</sub> и X<sub>II</sub> должна иметь минимальное значение.

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

где



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 Рt позволило получить параметризацию для сечений (1)

$$f = E \frac{d^{3}\sigma}{dp^{3}} = C_{1} \cdot A_{1}^{\frac{1}{3} + \frac{X_{1}}{3}} \cdot A_{2}^{\frac{1}{3} + \frac{X_{2}}{3}} \cdot e^{-\frac{\Pi}{C_{2}}}$$

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

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

 $(\alpha + X_2)/3$ 

Согласно параметризации (1), отношение сечений для **рА**, умноженное на обратную А-зависимость, равно единице

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

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

При аппроксимации данных зависимостью 🖌

лучшее описание достигается (нижний рисунок) при  $\alpha$  = 2.45  $\pm$  0.04

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

Динамическая зависимость от X<sub>2</sub> соответствует (1)

### Рождение протонов, дейтронов и тритонов с большими поперечными импульсами в протонядерных взаимодействиях при импульсе пучка 50 ГэВ/с

Антонов Н. Н., В. А. Викторов, <u>В. А. Гапиенко</u>, Г. С. Гапиенко, В. Н. Гресь, А. А. Иванилов, М. А. Илюшин В. А. Коротков, А. И. Мысник, А. Ф. Прудкогляд, Ю. М. Свиридов, А. А. Семак, В. И. Терехов, В. Я. Углеков, М. Н. Уханов, Б. В. Чуйко

Представляются данные по относительному выходу протонов, дейтронов и тритонов с большими поперечными импульсами, рождаемых под углом 35<sup>0</sup> в протон-ядерных взаимодействиях. Данные получены на установке СПИН при облучении мишеней **С,АІ,Си** и **W** пучком протонов с импульсом 50 ГэВ/с, получаемых на ускорителя У70. Приводится сравнение с данными других экспериментов. Сеанс на У70 март-апрель 2013. Основной упор на изучение состава заряженных частиц, вылетающих под углом 35<sup>0</sup>

Черенковский пороговый газовый детектор

TOF-2013:

♣

Времяпролетное расстояние ~12м.

Две 12-зазорных стеклянных RPC со стриповым съемом информации. Ширина стрипа – 25 мм

Передняя RPC с активной площадью 20х22 см<sup>2</sup>. Задняя RPC имеет активную площадь 33х68 см<sup>2</sup>

Обе RPC изготовлены из обычного стекла. Чтобы увеличить загрузочную способность передней (старт) RPC, находящейся в потоке 2-3 кГц/см<sup>2</sup>, эта RPC снабжена обогревателями. Рабочая температура старт-RPC поддерживается на уровне 40 ±0.5 °C.

В качестве накамерной электроники используются FEE карты эксперимента ALICE



### Создание ТОГ-СПИН базируется на предварительной исследовательской работе

В.А.Гапиенко и др. ВРЕМЕННОЕ РАЗРЕШЕНИЕ 63АЗОРНОЙ РЕЗИСТИВНОЙ ПЛОСКОЙ КАМЕРЫ СО СТРИПОВЫМ СЪЕМОМ ИНФОРМАЦИИ ПРИБОРЫ И ТЕХНИКА ЭКСПЕРИМЕНТА, 2010, № 2, с. 20–24





В.А.Гапиенко и др. ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАГРУЗОЧНОЙ СПОСОБНОСТИ СТЕКЛЯННОЙ МНОГОЗАЗОРНОЙ РЕЗИСТИВНОЙ ПЛОСКОЙ КАМЕРЫ ПРИ ПОВЫШЕНИИ РАБОЧЕЙ ТЕМПЕРАТУРЫ

ПРИБОРЫ И ТЕХНИКА ЭКСПЕРИМЕНТА, 2013, № 3, с. 21–26



Стартовая ТОF-камера установки СПИН: теплая RPC в термоизоляционной упаковке

25

### **ТОF-2013.** Пример сырого распределения по времени пролета

RPC1 - RPC2 h+



6

0

Черенковский газовый пороговый детектор выделения пионов в диапазоне 2.5 -7 ГэВ/с

Газ: фреон 318 под давлением 1.7 атм (n-1)=1.03х10<sup>-3</sup> при норм.давлении Длина радиатора: 3 метра

Регистратор: XP2041/Q (кварцевое окно,d=110 mm) Эффективность ~99%, случайные срабатывания 1%





отношение выхода дейтронов к выходу протонов как функция импульса





Спектры протонов и дейтронов в зависимости от импульса и переменной Ставинского X<sub>2</sub>



минимальная масса мишени для рождения дейтронов ≥ 2×m<sub>n</sub>

сравнение отношения d/p для W и более легких ядер

### ФОДС

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





rig. 7. P<sub>1</sub> dependence of the ratio  $[\sigma_d/\sigma_p]_{A1}/[\sigma_d/\sigma_p]_{A2}$ . Data: • - Cu/Be, o - Pb/Be. The solid lines were obtained in the framework of the fusion model setting that  $\Re R$  is independent on A. отношение выхода тритонов к выходу протонов как функция импульса

спектр тритонов как функция импульса и переменной Ставинского Х<sub>2</sub>



### отношение выхода тритонов к выходу дейтронов



выход тритонов с импульсом растет быстрее, чем выход дейтронов

### отношение выхода протонов к выходу положительных пионов

### сравнение отношения протон/пион для W и более легких ядер



При больших Р<sub>т</sub> выход π+ незначителен.

 Отсутствие сильной зависимости Р/π + от атомного числа при больших Р<sub>т</sub>может рассматриваться как указанием на локальный механизм образования частиц и малый вклад процессов вторичного взаимодействия

### СПИН 2011-2013. Основные выводы

≻Впервые получены импульсные спектры кумулятивных заряженных частиц в области больших Р<sub>т</sub> в реакции pA→h + X.

Сильная А-зависимость сечений, подобная наблюдаемой для кумулятивных процессов в области малых поперечных импульсов, и указание на локальность процессов взаимодействия позволяет рассматривать представленные данные как указание на существенный вклад процессов взаимодействие с многонуклонными (многокварковыми) конфигурациями в ядерной материи.

>Наблюдено выбивание из ядра многонуклонных (многокварковых) образований.

Следующим шагом в изучении процессов жесткого рассеяния на многонуклонных (многокварковых) могло бы стать проведение корреляционных исследований свойств холодной сверхплотной компоненты ядерной материи.

## BACKUP

UrQMD (Ultra-relativistic Quantum-Molecular-Dynamics Model, S.A.Bass et al., Prog.Part.Nucl.Phys.41,(1998)225) представляет собой микроскопическую транспортную модель, в которой разыгрываются множественные взаимодействия изначальных частиц и частиц вновь рожденных, выполняется фрагментация цветовых струн в адроны, симулируется распад адронных резонансов. UrQMD не рассматривает фазового перехода в кварк-глюонную плазму, поэтому модель активно используется для сравнения с данными по рождению адронов в столкновении тяжелых ионов для поисков эффектов фазового перехода. Примеры использовани UrQMD можно найти в работах сотрудничества NA49 (например, M.Mitrovski for the NA49 Collaboration, 2010 J.Phys.G: Nucl.Part.Phys. 37 094003 и T.Anticic et al., Phys.Rev., C79(2009)044904) по множественному рождению адронов в переднюю полусферу для центральных **А+А** столкновений в диапазоне CERN SPS энергий ≈6.3-17.3 ГэВ.

Программа **HIJING** (Heavy Ion Jet INteraction Generator Xin-Nian Wang and Milks Gyulassy, Phys. Rev. D 44, 3501–3516 (1991)) была создана для описания рождения частиц в **p+p**, **p+A** и **A+A** взаимодействиях с помощью симуляции множественного рождения струй. Особенностью HIJING является включение жесткого и полужесткого рассеяния партонов с переданными импульсами в несколько ГэВ. Расчеты, выполненные по этой модели, активно используются при анализе данных с экспериментов на RHIC машине при =22.5-200 ГэВ ( например, J.T.Mitchel for the PHENIX Collaboration, 2005 J. Phys.: Conf. Ser. 27 88, A.Adare et al., Phys.Rev., C78(2008)044902)



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

K. S. Egiyan (Yerevan Physics Institute), N. B. Dashyan (Yerevan Physics Institute), M. M. Sargsian (Florida State University), M. I. Strikman (Pennsylvania State University), L. B. Weinstein (Old Dominion University), CLAS Collaboration

(Submitted on 24 Aug 2005)

The ratios of inclusive electron scattering cross sections of He4, C12 and Fe56 to He3 have been measured at 1 <  $x_B$  < 3. At Q<sup>A</sup>2 > 1.4 GeV<sup>A</sup>2, the ratios exhibit two separate plateaus, at 1.5 <  $x_B$  < 2 and at  $x_B$  > 2.25. This pattern is predicted by models that include 2- and 3-nucleon short-range correlations (SRC). Relative to A=3, the per-nucleon probabilities of 3-nucleon SRC are 2.3, 3.2, and 4.6 times larger for A=4, 12 and 56. This is the first measurement of 3-nucleon SRC probabilities in nuclei. W

Comments:	5 pages, 1 figure
Subjects:	Nuclear Experiment (nucl-ex)
Journal reference:	Phys.Rev.Lett.96:082501,2006

TABLE I.  $a_j(A/{}^{3}\text{He})$  and  $a_{jN}(A)$  (j = 2, 3) are the per nucleon relative (to  ${}^{3}\text{He}$ ) and absolute probabilities of (jN) SRC, respectively. Errors shown are statistical and systematic for  $a_j$  and are combined (but systematic dominated) for  $a_{jN}$ . The systematic uncertainties due to the Coulomb interaction and SRC c.m. motion are not included. For the  ${}^{56}\text{Fe}/{}^{3}\text{He}$  ratio they are expected to be <2%-6% and <20%, respectively, and are somewhat smaller for  ${}^{12}\text{C}/{}^{3}\text{He}$  and smaller still for  ${}^{4}\text{He}/{}^{3}\text{He}$  ratios.

	$a_2(A/^3\text{He})$	$a_{2N}(A)$ (%)	$a_3(A/^3\text{He})$	$a_{3N}(A)$ (%)
<sup>3</sup> He	1	$8.0 \pm 1.6$	1	$0.18 \pm 0.06$
<sup>4</sup> He	$1.93 \pm 0.02 \pm 0.14$	$15.4 \pm 3.3$	$2.33 \pm 0.12 \pm 0.19$	$0.42 \pm 0.14$
<sup>12</sup> C	$2.41 \pm 0.02 \pm 0.17$	$19.3 \pm 4.1$	$3.05 \pm 0.14 \pm 0.21$	$0.55 \pm 0.17$
<sup>56</sup> Fe	$2.83 \pm 0.03 \pm 0.18$	$22.7 \pm 4.7$	$4.38 \pm 0.19 \pm 0.33$	$0.79 \pm 0.25$

FIG. 1. Weighted cross section ratios [see Eq. (2)] of (a) <sup>4</sup>He, (b) <sup>12</sup>C, and (c) <sup>56</sup>Fe to <sup>3</sup>He as a function of  $x_B$  for  $Q^2 >$  1.4 GeV<sup>2</sup>. The horizontal dashed lines indicate the *NN* (1.5 <  $x_B < 2$ ) and 3*N* ( $x_B > 2.25$ ) scaling regions.

#### **A.A.Baldin** Краткие сообщения ОИЯИ №4[78]-96

Анализ большого набора данных по кумулятивному и подпороговому рождению частиц с малыми Р<sub>т</sub> в инклюзивных процессах позволил при использовании переменных X<sub>I</sub> и X<sub>II</sub> получить общее выражение для параметризации инвариантных сечений рождения частиц:

$$f = E \frac{d^{3} \sigma}{dp^{3}} = C_{1} \cdot A_{1}^{\frac{1}{3} + \frac{X_{1}}{3}} \cdot A_{2}^{\frac{1}{3} + \frac{X_{2}}{3}} \cdot e^{-\frac{\Pi}{C_{2}}} \qquad \Pi = \frac{s_{\min}^{\frac{2}{3}}}{2 \cdot m_{p}}$$

-корень квадратный от минимальной энергии, деленный на 2 массы нуклона





Fig.1. The cumulative pion production cross section in the reactions  $p + A \rightarrow \pi^{-} + \dots$  Ref. [6,11] as a function of  $\Pi$  (taking into account the factor describing the A-dependences

Fig.2. The experimental invariant cross section from Ref. [7,8,9,10] as a function of parameter  $\Pi$  (taking into account the A-dependences proposed)

Начиная с некоторой энергии E<sub>0</sub> величина эффекта не зависит от энергии. E<sub>0</sub> зависит от типа частицы и от ядра.



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  $pA(C, Al, Ti, Cu, Cd, Pb) \rightarrow pX$  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.

INSTITUTE OF THEORETICAL AND EXPERIMENTAL PHYSICS



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

受入 9(-2-306)

109-90

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

T<sub>0</sub> не зависит от типа вылетающей частицы
 Выходы π<sup>+</sup> и π<sup>-</sup> частиц одинаковы
 Выходы К<sup>+</sup> и π<sup>+</sup> близки

$$K - /K + \approx \overline{d/u}$$
$$K - /\pi - \approx s/d$$
$$K + /\pi + \approx \overline{s}/\overline{d}$$

This supports a model of flucton as multiquark bag and not a short range nucleon correlation