

К вопросу об образовании кумулятивных протонов во взаимодействиях адронов и ядер с ядрами при высоких энергиях

**Бекмирзаев Рахматулла Нурмурадович - проф.¹,
Юлдашев Бехзод Садилович - академик², Набиев Баходир Элмурад угли-
магистр³**

^{1,3} Джизакский Государственный педагогический институт,

² Институт ядерной физики АН Республики Узбекистан

e-mail: bekmirzaev@mail.ru

***Аннотация:** В условиях полной геометрии и на достаточно большом статистическом материале исследовано образование кумулятивных протонов в π^-C -, pC - ${}^4\text{He}_2C$ - и CC -соударениях при высоких энергиях. Показано, что зависимость инклюзивных сечений образования кумулятивных протонов от кумулятивного числа β имеет универсальную закономерность, заключающуюся в независимости, как от типа снаряда, так и от первичной энергии. Обнаружена независимость среднего числа кумулятивных протонов от типа снаряда и первичной энергии.*

To a issue of production of cumulative protons in interactions of hadrons and nucleus with nucleus at high energies

***Annotation:** In conditions of full geometry on large statistics the production of cumulative protons in π^-C , pC , ${}^4\text{He}_2C$ and CC collisions at high energies is investigated. It is shown, that a dependence of inclusive cross sections of production of cumulative protons on cumulative number β has the universal law consisting in a independence on both of type of a projectile and primary energy. Independence of an average of cumulative protons on type of a projectile and primary energy is found out.*

К настоящему времени по кумулятивному рождению частиц накоплен огромный экспериментальный материал и установлен ряд закономерностей этого явления. Следует, однако, отметить, что основная часть экспериментальных данных получена в электронных экспериментах, как правило, при малых телесных углах вылета кумулятивных частиц, далеких от полной 4π -геометрии. В связи с этим, естественно, не все утверждения, полученные в этих условиях, могут быть подтверждены в экспериментах с полной геометрией. Конечно, имеются некоторые работы, выполненные в условиях 4π -геометрии [1-4], однако, из-за ограниченной статистики они в основном качественно подтверждают выводы электронных экспериментов. В связи с этим представляет интерес провести изучение образования кумулятивных частиц при большей статистике экспериментального материала, в условиях, близких к полной геометрии для различных снарядов и мишеней и естественно единой методикой.

Настоящая работа посвящена изучению образования кумулятивных протонов в π^-C -, pC - 4He_2C - и CC -соударениях при высоких энергиях. В ней также исследованы корреляции выхода кумулятивных и некумулятивных протонов.

Экспериментальный материал получен с помощью 2 м пропановой пузырьковой камеры Лаборатории высоких энергий ОИЯИ, облученной π^- -мезонами при импульсе 40 ГэВ/с на Серпуховском ускорителе У-70, протонами при 4.2 и 9.9 ГэВ/с, ядрами 4He_2 и C при 4.2 А ГэВ/с на Дубненском синхрофазотроне. Общая статистика анализируемого экспериментального материала составляет более 60 000 отобранных событий. Методические вопросы, связанные с обработкой стереофотографий, восстановлением кинематических характеристик вторичных частиц, их идентификацией, а также введением поправок на потерю протонов, испущенных под большим углом к плоскости фотографирования, описаны в работах [5-8]. Разделение протонов (от мишени) и π^+ -мезонов проводилось визуально по ионизации в области $p < 0.8$ ГэВ/с.

Анализируемые ансамбли очищены от упругих взаимодействий, событий дифракционной диссоциации ядра-снаряда в соответствии с критериями, приведенными в [8]. Таким образом, анализируются преимущественно адрон-ядерные и ядро-ядерные события. Исключение составляют взаимодействия на свободном нейтроне ядра углерода.

К кумулятивным относились протоны с параметром кумулятивности $\beta \geq 1.2$, где $\beta = (E - P \cos \vartheta) / m_n$ (E – полная энергия, P – полный импульс, ϑ – угол вылета рассматриваемого протона, m_n – масса нуклона, которая взялась равной массе протона) и импульсом $P > 0.2$ ГэВ/с (т.е. испарительные протоны исключались).

В качестве примера на рисунке приведены распределения протонов по кумулятивному числу β в области $\beta > 1.2$ для CC - и π^-C -соударений при импульсах 4.2 А ГэВ/с и 40 ГэВ/с, соответственно. Там же прямыми линиями показаны результаты аппроксимации экспериментальных данных зависимостью вида

$$f(\beta) = a \exp(-b\beta) \quad (1)$$

Результаты аппроксимации всех экспериментальных данных по распределению протонов по числу β в соответствии с выражением (1) приведены в таблице. Видно, что значения параметров наклона b в пределах статистических погрешностей совпадают между собой для всех рассматриваемых типов соударений и первичных энергий. Средняя величина b по всем рассматриваемым ансамблям составляет 8.1 ± 0.1 . Интересно отметить тот факт, что не только инвариантные инклюзивные сечения образования кумулятив-

ных протонов в зависимости от кумулятивного числа β имеет экспоненциальный характер, но и распределения протонов по β также имеют тот же характер.

В таблице также приведены средние множественности кумулятивных и некумулятивных протонов в импульсном интервале $0.2 \leq p \leq 0.8$ ГэВ/с для событий с кумулятивным протоном. Видно, что средние множественности некумулятивных протонов зависят от типа снаряда, в то время как множественности кумулятивных — в пределах статистических погрешностей не зависят ни от типа снаряда, ни от первичной энергии, составляя в среднем величину 1.05 ± 0.02 .

Исследование азимутальных корреляций между кумулятивным и некумулятивным протонами показало, что имеется корреляция, указывающая на тенденцию вылета этих протонов в противоположные стороны азимутальной плоскости. Это является еще одним указанием на то, что кумулятивные протоны образуются за счет взаимодействия первичного адрона с сильно связанной малонуклонной ассоциацией. Аналогичные результаты по азимутальным корреляциям между кумулятивным протоном, летящим в заднюю полусферу, и некумулятивным протонам были получены в pC-взаимодействиях при 10 ГэВ/с [9].

Таким образом, можно заключить, что зависимость инклюзивных сечений образования кумулятивных протонов от кумулятивного числа β имеет универсальную закономерность, заключающуюся в независимости, как от типа снаряда, так и от первичной энергии.

Таблица

Параметры наклона в параметризации (1) и среднее число кумулятивных и некумулятивных протонов в событиях с образованием кумулятивного протона

Тип взаимодействия, P_0 (ГэВ/с)	Параметр наклона, b	$\chi^2/\text{ст.св}$	Среднее число некумулятивных протонов	Среднее число кумулятивных протонов
π^-C , 40.0	8.18 ± 0.26	1.1	1.23 ± 0.03	1.06 ± 0.03
pC, 4.2	8.09 ± 0.49	1.0	2.03 ± 0.06	1.04 ± 0.03
pC, 9.9	8.10 ± 0.25	0.9	1.90 ± 0.03	1.06 ± 0.03
$^4\text{He}_2C$, 4.2 A	8.00 ± 0.28	1.2	2.43 ± 0.05	1.06 ± 0.05
CC, 4.2 A	8.14 ± 0.20	0.4	2.61 ± 0.04	1.05 ± 0.04

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А.И Аношин и др. Препринт ОИЯИ, 1-81-214, Дубна (1981).

2. А.И Аношин и др. ЯФ **36**, 409 (1982).
3. В.Б. Любимов и др. Препринт ОИЯИ, Р1-82-363, Дубна (1982).
4. Д. Армутлийски, Н. Ахабабян, А.М. Балдин и др. Препринт ОИЯИ, Р1-83-327, Дубна (1983).
5. А.У. Абдурахимов и др., Препринт ОИЯИ, Р1-6277, Дубна (1972).
6. Г.Н. Агакишиев и др., Препринт ОИЯИ, Р1-83-327, Дубна (1983).
7. И.А. Ивановская, Препринт ОИЯИ, Р1-91-264, Дубна (1991).
8. А.И.Бондаренко и др., Препринт ОИЯИ, Р1-98-292, Дубна (1998).
9. Д.К. Копылова и др., Препринт ОИЯИ, Р1-86-251, Дубна (1986).

Распределение кумулятивных протонов по числу кумулятивности β (в области $\beta > 1.2$) для π^-C - и CC -соударений при 40 ГэВ/с (\bullet) и 4.2 А ГэВ/с (\circ), соответственно. Прямые линии - результаты аппроксимации экспериментальных данных зависимостью вида (1).

