

сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна

4576/2-80

22/9-80
1-80-361

В.Ф.Вишневский, В.В.Глаголев

ПОСТАНОВКА ЭКСПЕРИМЕНТА
ПО ЭКСКЛЮЗИВНОМУ ИССЛЕДОВАНИЮ
 d_p - ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ
С ВЫХОДОМ КУМУЛЯТИВНЫХ ПРОТОНОВ

1980

§ 1. ВВЕДЕНИЕ

При взаимодействии адронов с покоящимся нуклоном вылет нуклонов назад запрещен кинематикой, но разрешен при взаимодействии с дейтроном или более тяжелым ядром.

Измерение инклюзивных спектров таких нуклонов было за последние годы проделано в целом ряде экспериментов и на различных ядрах ^{1-5/}. Полученные данные продемонстрировали ряд характерных особенностей. В частности, оказалось, что инвариантное сечение $\frac{1}{\sigma_t} \cdot \frac{1}{p} \cdot \frac{d\sigma}{dT}$ имеет две ярко выраженные области:

область малых значений T / T_0 - кинетическая энергия нуклона в системе покоя ядра/ с большим наклоном, характерным для "простого стриппинга", и область больших T с малым наклоном, остающимся практически неизменным в широком интервале энергий падающего адрона.

Почти все известные нам эксперименты выполнены в инклюзивной постановке. Такие эксперименты не могут дать достаточной информации о динамике процессов, и потому многие вопросы, даже имеющие принципиальное значение, остаются без ответа. Например, на важный для физики вопрос - какую часть сечения взаимодействия составляют коллективные эффекты /проявление групп нуклонов как многокварковых систем/ - можно ответить, лишь исключив долю взаимодействий, объясняемых "обычными" механизмами. К этим обычным механизмам можно отнести описание квазиупругих и квази-неупругих адрон-ядерных взаимодействий простыми диаграммами однократного рассеяния или различного типа "треугольными" диаграммами ^{6,7/}, с помощью моделей, допускающих возможность больших ферми-импульсов нуклонов в ядре ^{8/} и других.

Выбор между альтернативными моделями часто можно сделать, используя дополнительную информацию о корреляциях в импульсах вторичных частиц, сопровождающих выход нуклона в кинематически запрещенную для адрон-нуклонного взаимодействия область. В связи с этим следует подчеркнуть важность проведения более информативных экспериментов, к которым можно отнести исследования в полунклюзивной или эксклюзивной постановках и опыты в поляризованных пучках.

В качестве примера сошлемся на исследование протон-дейтронных взаимодействий при $P_p = 1,67$ ГэВ/с, в котором, в частности, было показано, что выход протонов в область, запрещенную

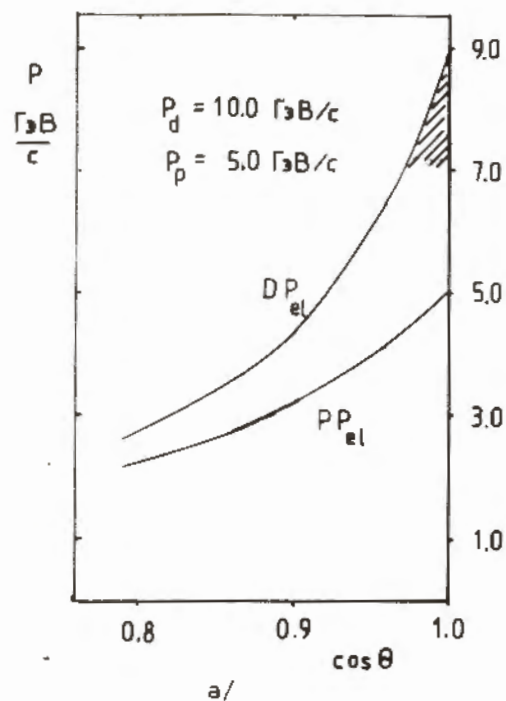


Рис.1а. Область выхода кумулятивных нуклонов на диаграмме импульс-угол для дейтрон-протонных взаимодействий при 10 ГэВ/с.

кинематикой упругого рассеяния, связан, главным образом, с механизмом промежуточной Δ -изобары^{/9/}. Такой вывод был сделан на основании изучения корреляций импульсов продуктов реакции и относительного выхода протонов и нейтронов в кинематически запрещенную для упругого нуклон-нуклонного рассеяния область. Однако импульс падающего ядра в указанном эксперименте был невелик. Поэтому вывод имеет частный характер и, чтобы решить вопрос в общем, необходимо получить данные в области предельной фрагментации, которая наступает при энергиях ~ 4 ГэВ/нуклон для падающего ядра^{/10/}.

В связи с изложенным, рассматривается вариант эксперимента по изучению корреляций вторичных частиц во взаимодействии

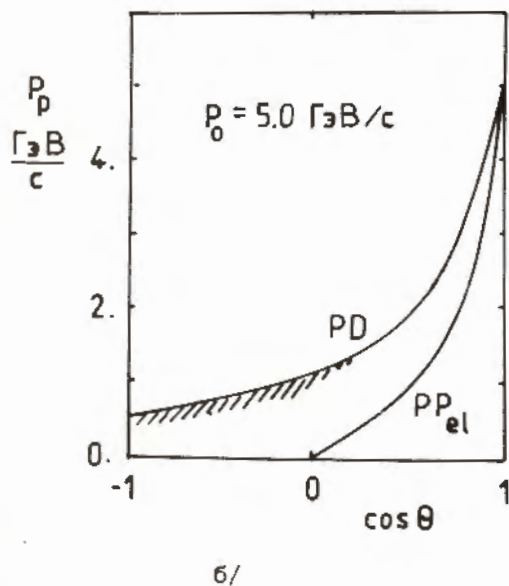


Рис.1б. Область выхода кумулятивных нуклонов на диаграмме импульс-угол для протон-дейтронных взаимодействий при 5 ГэВ/с.

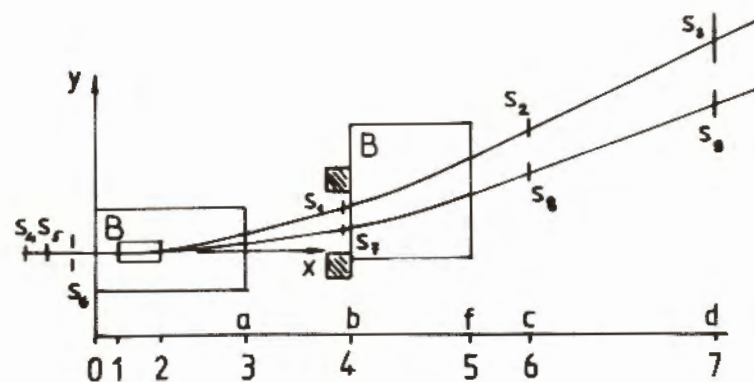


Рис.2. Схема эксперимента.

ях ядро-нуклон с выходом протона максимально возможного импульса /кумулятивного протона/ при импульсе падающего ядра 4,5-5,0 ГэВ/с на нуклон.

§ 2. ПОСТАНОВКА ЭКСПЕРИМЕНТА

По-видимому, оптимальной для решения подобных задач установкой является стримерная камера с внутренней жидководородной мишенью^{/11/}.

На рис.1 /а и б/ заштрихована область углов и импульсов вылетающих кумулятивных нуклонов для случая взаимодействия падающего дейтрона с импульсом 10 ГэВ/с с протоном мишени /а/, а также для обратной геометрии /б/. Видно, что в первом случае телесный угол примерно в 40 раз меньше. Максимально возможный импульс нуклона составляет $\approx 8,9$ ГэВ/с. В этом предельном случае импульсы двух других нуклонов, вылетающих тоже под 0° по отношению к направлению падающего дейтрона, равны 0,56 ГэВ/с.

Такая кинематика вылета нуклонов предельно возможных импульсов определила выбор схемы опыта, которая представлена на рис.2.

Пучок дейтронов /10 ГэВ/с/ падает на водородную мишень, помещенную внутри стримерной камеры, находящейся в магнитном поле. Импульсный анализ вылетающих вперед быстрых частиц производится дополнительным магнитом. Простой триггер, основанный на совпадении сигналов от рассредоточенных вдоль траектории быстрого протона $\langle P \rangle = 8$ ГэВ/с/ сцинтилляционных счетчиков $s_1 s_2 s_3$ обеспечивает отбор интересующих нас событий.

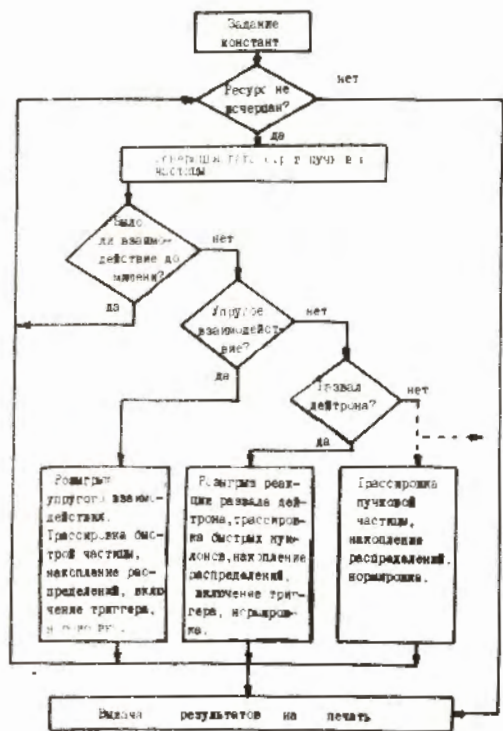


Рис. 3. Схема программы генерации.

§ 3. МОДЕЛИРОВАНИЕ УСЛОВИЙ ЭКСПЕРИМЕНТА

Условия эксперимента моделировались с помощью программы Монте-Карло - генерации искусственных событий. Схема программы представлена на рис. 3. Генерируются события упругого рассеяния и развала дейтрона на протоне в водородной мишени, помещенной в стримерную камеру. Непровзаимодействовавшие частицы пучка, упруго рассеянные дейтроны, быстрые вторичные нуклоны от развала дейтрона трассируются через магнит камеры и анализирующий магнит.

нит до любой заданной поперечной плоскости, в которой получают распределения их следов.

Вдоль траектории "расставлены" счетчики и производится суммирование случаев совпадения, соответствующих выбранной геометрии, т.е. определяется эффективность триггера.

Изменение размеров, расположения и "наполнения" мишени позволяет проводить оценки количества фоновых запусков.

Предусмотрено варьирование параметров пучка и геометрии элементов установки.

Для иллюстрации метода на рис. 4а,б показаны распределения быстрых заряженных частиц в плоскости, отстоящей на 15 м от мишени. Размер мишени по пучку составляет 40 см, магнитное поле в магните камеры - 1т, в анализирующем магните - 1,5 т, длина магнитной дорожки взята 1,3 м и 2,0 м соответственно. На рисунках заштрихованы области попадания протонов-спектаторов (S) и упруго рассеянных дейтронов (D').

Эффект выхода кумулятивных протонов имитировался при генерации продлением "хвоста" импульсного распределения нуклонов в ядре дейтерия до 600 МэВ/с. Это привело к импульсному спектру протонов-спектаторов в лабораторной системе координат,

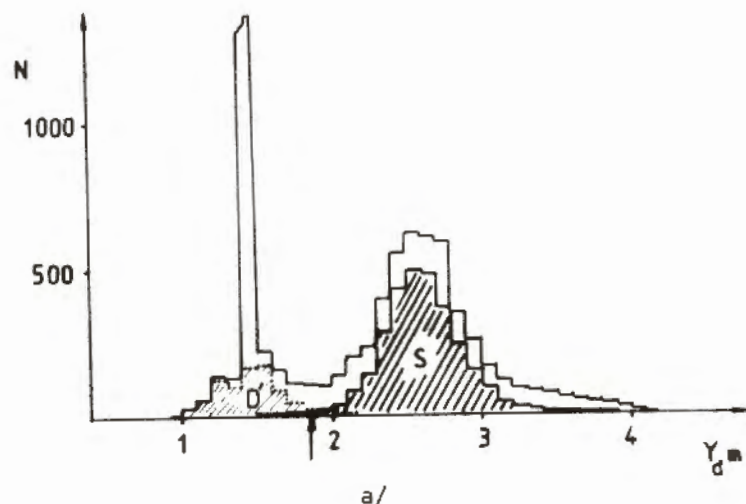


Рис. 4. Распределения быстрых протонов в плоскости "D" по оси Y /а/ и по оси Z /б/ в обозначениях рис. 2.

изображенному на рис. 5. Масштаб изображения в области отбора событий на этом рисунке взят равным 100. Стрелкой показана ось телескопа счетчиков. Основные характеристики эксперимента приводятся в таблице.

Таблица

Импульс пучка дейтронов	10 ГэВ/с
Число дейтронов в импульсе	10^5
Поперечное сечение пучка	1 см
Угловой разброс пучка	$5'$
Длина жидководородной мишени	40 см
Полное сечение выхода кум. протонов	$5 \cdot 10^{-29}$ см ²
Частота срабатываний триггера	~ 400 в час
Доля фоновых запусков от событий в газе камеры и окнах	≤ 20 в час

Видно, что при разумных параметрах пучка дейтронов эффективность триггера близка к 100%.

Следует отметить, что фона от π -мезонов и K-мезонов в исследуемом интервале импульсов нет, так как предельно допустимые в реакциях типа $d\pi$ импульсы этих частиц равны соответственно 6,45 и 6,99 ГэВ/с, т.е. лежат ниже области, охватываемой системой триггерных счетчиков.

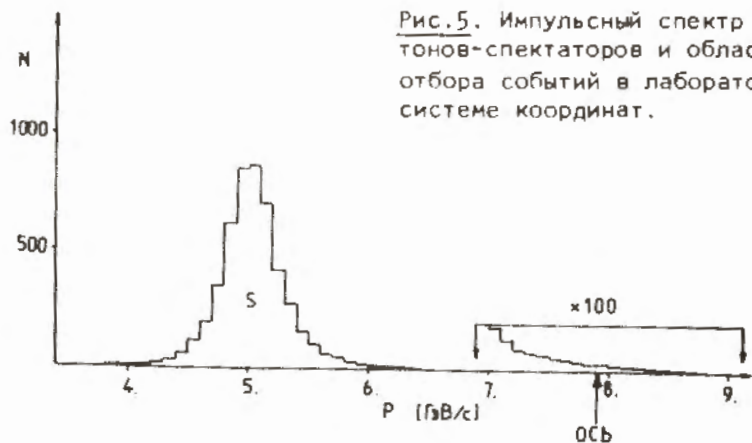
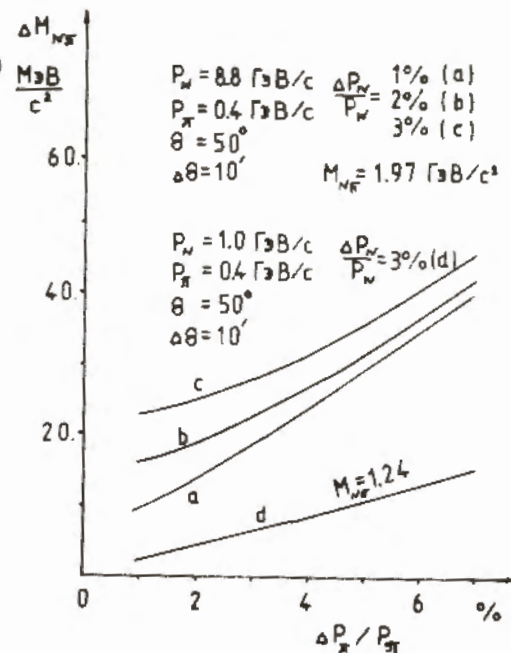


Рис. 5. Импульсный спектр протонов-спектаторов и область отбора событий в лабораторной системе координат.

Рис. 6. Зависимость ошибок в определении эффективной массы системы (πN) от точности измерений импульса π -мезона.



До сих пор при оценках мы не учитывали, что в рассматриваемых взаимодействиях, кроме протонов с импульсами в интервале 7-9 ГэВ/с и в телесном угле, определяемом системой триггерных счетчиков, будут возникать также дейтроны, которые, как и протоны, могут инициировать запуски установки. Такие дейтроны наблюдались экспериментально во взаимодействиях дейтронов с импульсами

6,3 ГэВ/с и 8,9 ГэВ/с с водородом и другими ядрами ^{12,13}. Отношение числа дейтронов к числу протонов в изучаемом диапазоне импульсов может достигать двух порядков.

В принципе запуски от дейтронов можно подавить. Однако механизм появления дейтронов в случаях большой передачи импульса такому "рыхлому" ядру сам по себе представляет значительный интерес. Поэтому события с выходом дейтронов желательно регистрировать и исследовать.

Для разделения событий с выходом протонов или дейтронов можно использовать разницу в скоростях у самого медленного протона и самого быстрого дейтрона в рассматриваемом интервале импульсов / $\beta_p^{\min} = 0,991$, $\beta_d^{\max} = 0,979$ /. Эта разница достаточна, чтобы в 30-40 раз подавить запуск от дейтронов с помощью газового порогового черенковского счетчика, либо, используя времяпролетную технику /на расстоянии ≈ 25 м $\Delta t \approx 1$ нс/, производить запуск только от протонов или только от дейтронов.

Поскольку целью эксперимента является выяснение механизмов, приводящих к образованию протонов предельно возможных импульсов, необходимо изучать корреляции параметров частиц - продуктов взаимодействия. Имеются в виду: пространственные корреляции, множественность, состав сопровождающих частиц по массам и зарядам.

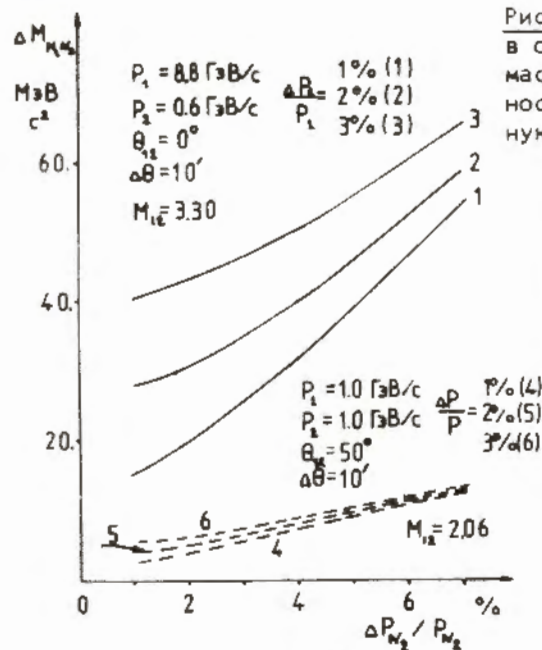


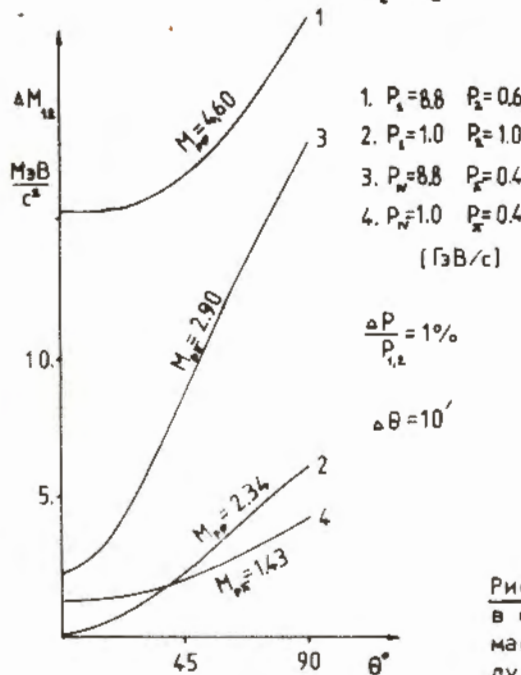
Рис.7. Зависимость ошибок в определении эффективной массы системы (NN) от точности измерений импульса нуклона.

Не исключено, что быстрый протон может быть продуктом распада резонанса, либо сопровождаться образованием резонанса. Некоторые модели предсказывают появление узких барионных резонансов. В этом случае необходимо с достаточной степенью точности измерять эффективные массы комбинаций частиц различного импульса.

Расчеты ошибок в эффективной массе для комбинаций нуклона или π -мезона небольшого импульса с нуклоном как малого, так и предельно большого импульса, показаны на рис.6-8.

При этом на рис.6 и 7 ошибки приведены в зависимости от точности измерений импульса медленного адрона, а в качестве параметра взяты точности измерения импульса быстрого протона.

Рис.8. Зависимость ошибок в определении эффективных масс от угла разлета продуктов распада системы.



На рис.8 проиллюстрирована зависимость ошибки в эффективной массе от угла разлета продуктов распада резонанса в лабораторной системе координат.

Из расчетов видно, что при измерениях импульсов максимальной величины ~ 9 ГэВ/с/ точность в определении импульсов порядка 1,5-2%, достижимая на стримерной камере, позволяет определить эффективную массу комбинации π или N с быстрым протоном с точностью порядка 20 МэВ/с.

Имеется возможность значительного повышения точности путем измерения координат быстрых протонов после магнитного анализа.

§ 4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение можно сформулировать преимущества предлагаемой редакции опыта. К ним следует отнести: достаточно большую величину ~ 5 ГэВ/нуклон/ импульса для изучения процессов релятивистской ядерной физики и в связи с этим использование уникальных на сегодняшний день возможностей синхрофазотрона /ускорение ядер до больших энергий/.

Четкое кинематическое выделение кумулятивных протонов в простейшей ядерной реакции (dp); вылет сопровождающих быстрый протон продуктов взаимодействия в переднюю полусферу и с импульсами, достаточными, чтобы выйти за пределы мишени; простота триггера; малую долю фоновых событий, что экономит ресурсы обработки.

Авторам хотелось бы поблагодарить Д.И.Копылову и Л.С.Аджирия за обсуждение вопросов, связанных с дейтронным фоном.

ЛИТЕРАТУРА

1. Балдин А.М. и др. ОИЯИ, P1-5819, Дубна, 1971; ЯФ, 1973, 18, с.79.
2. Бажков Ю.Д. и др. ЯФ, 1967, 5, с.337; ЯФ, 1973, 18, с.1245.
3. Сотрудничество. ЯФ, 1977, 25, с.1013.
4. Shahbasian V.A. et al. JINR, E1-11519, Dubna, 1978.
5. Аладашвили Б.С. и др. ЯФ, 1978, 27, с.704.
6. Амелин Н.С., Лыкасов Г.И. ЯФ, 1978, 28, с.1258.
7. Копелиович В.Б., Радоманов В.Б. ОИЯИ, P2-11938, Дубна, 1978.
8. Лобов Г.А. и др. Письма в ЖЭТФ, 1976, 24, с.311.
9. Глаголев В.В. и др. ОИЯИ, E1-12550, Дубна, 1979; ЯФ, 1979, 30, с.1569; ОИЯИ, P1-12907, Дубна, 1979.

10. Baldin A.M. JINR, E1-11368, Dubna, 1978.
11. Борзунов Ю.Т., Вишневский В.Ф., Голованов Л.Б. ОИЯИ, 13-80-30, Дубна, 1980.
12. Ажгирей Л.С. и др. ЯФ, 1978, 28, с.1027.
13. Baldin A.M. Proc. of the 19th Intern. Conf. on High Energy Physics. Tokyo, 1978, p.455-464.

Рукопись поступила в издательский отдел
21 июня 1980 года.