

сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна

3499/2-80

28/7-80

1-80-244

Глаголев В. В.

ВЫХОД ДЕЙТРОНОВ
В ^4He -ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ
ПРИ ИМПУЛЬСЕ 8,6 ГэВ/с

1980

1-80-244

Глаголев В В

ВЫХОД ДЕЙТРОНОВ
В ^4He -ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ
ПРИ ИМПУЛЬСЕ 8,6 ГэВ/с

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

ВВЕДЕНИЕ

За последние годы был выполнен ряд экспериментов по исследованию взаимодействий нуклонов с ядрами ${}^4\text{He}$ при релятивистских энергиях. Эксперименты проводились в инклюзивной постановке, регистрировались быстрые продукты реакций.

В данной работе использовался пучок ускоренных ядер ${}^4\text{He}$ импульса 8,6 ГэВ/с, который сбрасывался на 100-сантиметровую водородную пузырьковую камеру. Такая постановка опыта позволила хорошо измерить импульсы фрагментов ядра в ${}^4\text{He}$ -взаимодействиях.

Ошибка в величине импульсов, трансформированных в систему покоя ядра, составила $10 \div 20$ МэВ/с.

Работа посвящена выходу дейтронов, имеющих спектаторные характеристики, что дает возможность судить о существовании d -ассоциации в ядре ${}^4\text{He}$.

§1. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА

Анализ результатов основан на 10689 событиях ${}^4\text{He}$ -взаимодействий /12,09 мкб на событие/. Величина милли-

барн-эквивалента получена на основе топологического сечения двухлучевых взаимодействий $^{1/}$. Реакции с вылетом дейтрона выделялись по результатам кинематического анализа с использованием ионизационных критериев. Визуальная оценка ионизации позволила различать дейтроны от протонов до импульса $\sim 2,3$ ГэВ/с. Кроме того, на основании импульсных спектров пионов и нуклонов в реакциях ${}^4\text{He} + p \rightarrow d + \pi + X$ и ${}^4\text{He} + p \rightarrow d + N + X$ были введены верхние границы импульсов этих частиц, что не внесло существенных искажений в характер спектров, как видно из рис.1 и 2. Сводка использованных при идентификации событий граничных значений импульсов для различных частиц приведена в табл.1.

С использованием этих дополнительных критериев получены сечения реакций, приведенные в табл.2. В таблицу включены также реакции, имеющие более одной нейтральной частицы /так называемые NOFIT-реакции/.

Величинами, характеризующими достоверность полученных сечений, могут служить, например, известные изотопические соотношения между каналами

$$\frac{\sigma(ddp\pi^0)}{\sigma(ddn\pi^+)} = 0,63 \pm 0,14; \quad \frac{\sigma({}^3\text{He}d\pi^0)}{\sigma({}^3\text{H}d\pi^+)} = 0,65 \pm 0,22$$

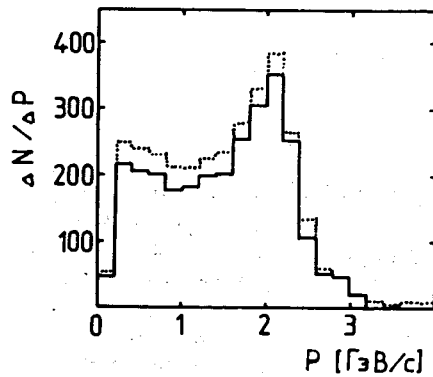


Рис.1. Импульсное распределение нуклонов в реакциях ${}^4\text{He}+p \rightarrow d+N+X$ до введения ограничений на импульсы пиона и нуклона /пунктир/ и после введения таких ограничений /сплошная гистограмма/.

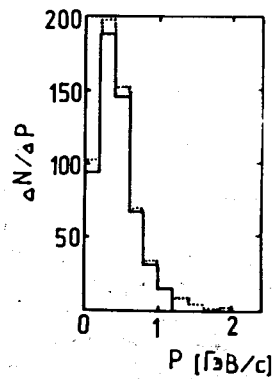


Рис.2. Импульсное распределение π -мезонов в реакциях ${}^4\text{He}+p \rightarrow d+\pi+X$ до введения ограничения на импульсы пиона и нуклона /пунктир/ и после введения таких ограничений /сплошная гистограмма/.

Таблица 1

$P_\pi < 1,2$ ГэВ/с	$P_{{}^3\text{H}} > 5,2$ ГэВ/с
$P_N < 3,2$ ГэВ/с	$P_{{}^3\text{He}} < 7,2$ ГэВ/с
$P_d < 5,2$ ГэВ/с	$P_{{}^4\text{He}} > 7,2$ ГэВ/с

при теоретическом значении 0,5. Полное сечение каналов с выходом дейтронов оказалось равным $27,8 \pm 0,6$ мб, а инклюзивное сечение образования дейтронов - $30,3 \pm 0,6$ мб.

На рис.3 показано распределение импульсов дейтронов для реакций не более чем с одной нейтральной частицей /FIT-каналы/. Основная часть дейтронов сосредоточена в области импульса около $\frac{m_d}{m_{{}^4\text{He}}} P_{{}^4\text{He}}$, т.е. при значении, характерном для фрагментов ядра гелия. Имеется также значительное количество дейтронов меньших импульсов. Мы будем далее их называть медленными.

Причиной появления медленных дейтронов могут служить квазинуклон-нуклонные взаимодействия с протоном-мишенью, родственные реакции срыва. На это, в частности, указывает вид импульс-

Таблица 2

Канал	σ , мб	Канал	σ , мб
${}^3\text{He} d\pi^0$	$0,15 \pm 0,4$	$ddp\pi^+\pi^-\pi^0$	$0,02 \pm 0,02$
${}^3\text{He} d\pi^0\pi^0$	$*0,06 \pm 0,03$	$dppp\pi^-$	$0,89 \pm 0,10$
${}^3\text{He} d\pi^+\pi^-$	$0,19 \pm 0,05$	$dppp\pi^-\pi^0$	$0,25 \pm 0,05$
${}^3\text{He} d\pi^+\pi^-\pi^0$	$0,01 \pm 0,01$	$dppn$	$9,30 \pm 0,32$
${}^3\text{H} d\pi^+$	$0,23 \pm 0,05$	$dppn\pi^0$ *	$4,49 \pm 0,23$
${}^3\text{H} d\pi^+\pi^0$	$0,15 \pm 0,04$	$dppn\pi^+\pi^-$	$1,75 \pm 0,15$
ddp	$1,41 \pm 0,13$	$dppn\pi^+\pi^-\pi^0$ *	$0,13 \pm 0,04$
$ddp\pi^0$	$0,30 \pm 0,06$	$dpnn\pi^+$	$7,50 \pm 0,30$
$ddp\pi^0\pi^0$	$*0,02 \pm 0,02$	$dpnn\pi^+\pi^-\pi^-$	$0,05 \pm 0,03$
$ddn\pi^+$	$0,48 \pm 0,08$	$dnnn\pi^+\pi^+$	$0,21 \pm 0,05$
$ddn\pi^+\pi^0$	$*0,19 \pm 0,05$		
$ddp\pi^+\pi^-$	$0,19 \pm 0,05$		

* В этих реакциях число π^0 -мезонов не определено.

ного спектра дейтронов из реакций, в которых вместе с дейтроном образуется ядро ${}^3\text{He}$ или ${}^3\text{H}$ /рис.4/. Если предположить, что за появление медленных дейтронов ответственны реакции

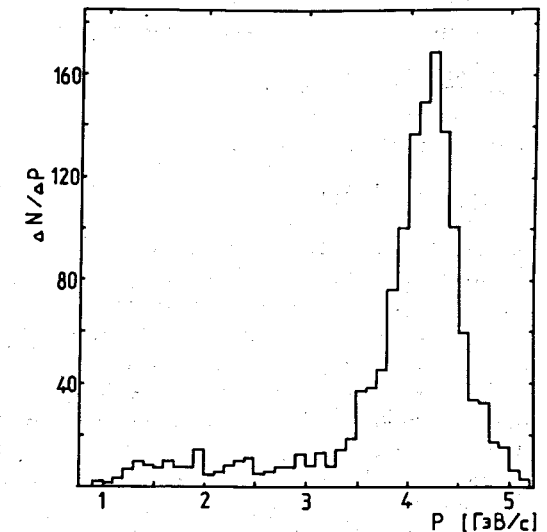
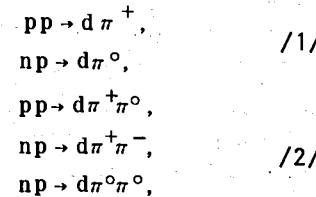


Рис.3. Распределение импульсов дейтронов в реакциях ${}^4\text{He}+p \rightarrow d+X$ /FIT-каналы/.

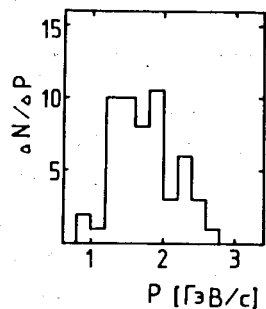


Рис. 4. Импульсное распределение дейтронов в каналах ${}^4\text{He}+p \rightarrow {}^3\text{He}+d+k\pi$ и ${}^4\text{He}+p \rightarrow {}^3\text{H}+d+k\pi$.

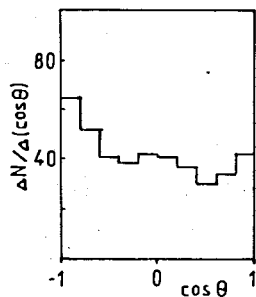


Рис. 5. Угловое распределение дейтронов-спектаторов в системе покоя ядра ${}^4\text{He}$ для реакции ${}^4\text{He}+p \rightarrow d_p p p$.

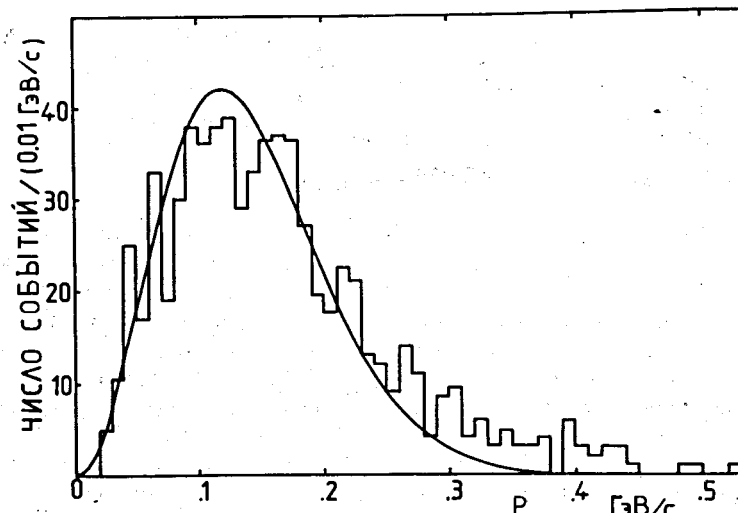


Рис. 6. Импульсное распределение дейтронов-спектаторов в FIT-каналах.

то это появление должно быть подавлено в каналах без образования π^0 - или π^+ -мезонов. Это предположение подтверждается, так как в каналах с π^0 или π^+

$$\frac{\sigma_{sl}}{\sigma_{tot}} = 0,132 \pm 0,010,$$

в то время как в каналах без π^0 или π^+

$$\frac{\sigma_{sl}}{\sigma_{tot}} = 0,017 \pm 0,004$$

и в канале ${}^4\text{He}p$

$$\frac{\sigma_{sl}}{\sigma_{tot}} = 0,041 \pm 0,020.$$

Здесь как σ_{sl} обозначено сечение выхода дейтронов с импульсом меньше 2,5 ГэВ/с, а как σ_{tot} - полное сечение выбранных реакций. Полное сечение выхода медленных дейтронов равно $2,35 \pm 0,17$ мб, откуда на FIT-каналы приходится $1,39 \pm 0,13$ мб, в том числе на реакции с одним π^+ -мезоном $0,86 \pm 0,10$ мб.

Проведенные методом Монте-Карло расчеты квазинуклон-нуклонных взаимодействий с учетом ферми-движения и фактора потока дали для реакций с медленным дейтроном и одним π -мезоном значение $\sigma = 0,52 \pm 0,07$ мб, не противоречащее экспериментальным данным.

Что касается быстрых дейтронов, то большая часть из них носит спектаторный характер. Спектатором в данном случае мы называем фрагмент ядра, имеющий наименьший импульс в системе

покоя ${}^4\text{He}$. Отношение между сечениями каналов, в которых дейтрон является спектатором либо нет, равно:

$$\frac{\sigma_{sp}}{\sigma_{nosp}} = 1,93 \pm 0,14,$$

а для реакции ${}^4\text{He}p \rightarrow d p p$ это соотношение равно

$$\frac{\sigma_{sp}}{\sigma_{nosp}} = 1,44 \pm 0,11.$$

На рис. 5 показано распределение по углу вылета дейтронов-спектаторов в системе покоя ядра ${}^4\text{He}$ для реакции ${}^4\text{He}p \rightarrow d p p$. Это угловое распределение близко к изотропному, коэффициент асимметрии $A = -0,13 \pm 0,05$. Добавим, что в канале ${}^4\text{He}p \rightarrow d d p$ угловое распределение дейтронов-спектаторов тоже близко к изотропному и $A = -0,15 \pm 0,09$.

На рис. 6 показано импульсное распределение дейтронов-спектаторов во всех FIT-каналах. Теоретическая кривая рассчитана на основе теории прямых реакций методом Монте-Карло с использованием данных И. Сика^{12/} по распределению плотности заряда в ядре ${}^4\text{He}$. В силу справедливости приближений, сделанных в работе^{13/}, теоретическая кривая должна описывать как распределение импульсов дейтронов-спектаторов в отдельных каналах, так и суммарное распределение. Сравнение показывает, что имеется хорошее согласие расчета с экспериментальными данными $\chi^2/N_D = 1,38$ в области импульсов $P < 0,28$ ГэВ/с.

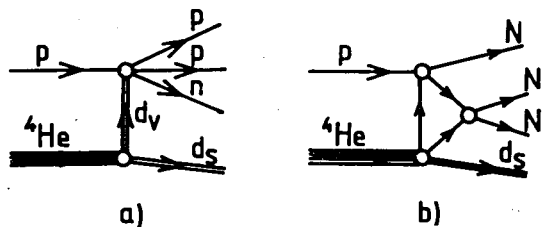


Рис.7. Диаграммы, соответствующие различным механизмам выхода вторичных нуклонов.

В случае, когда дейтрон вылетает как спектатор, остается вопрос: каким образом взаимодействуют остальные нуклоны ядра ${}^4\text{He}$ с протоном-мишенью. Уместно рассмотреть две возможности: а/ нуклоны взаимодействуют как виртуальный дейтрон /рис.7а/; б/ идет сильное взаимодействие между протоном-мишенью и двумя неассоциированными нуклонами /рис.7б/.

Попытаемся экспериментально различить эти два подхода на примере реакции ${}^4\text{He}p \rightarrow d_s p p n$, в которой виртуальный дейтрон, если он существует, разваливается.

Целесообразно сравнить результаты, касающиеся реакции $d p \rightarrow p p n$, с верхним узлом диаграммы на рис.7а. Известно, что при развале дейтрона доминируют прямые реакции с выходом спектаторного нуклона. Мы получили распределение импульсов нуклонов, являющихся спектаторами в системе покоя виртуального дейтрона. Это распределение показано на рис.8 в виде сплошной гистограммы, на том же рисунке приведено распределение импульсов спектаторных нуклонов в реакции $d p \rightarrow p p n$ при 3,3 ГэВ/с ^{4/} /сплошная кривая показывает теоретический ход этой зависимости/. Из сравнения этих распределений следует, что вероятность существования ассоциации dd в ядре ${}^4\text{He}$ весьма мала, а в реакции ${}^4\text{He}p \rightarrow d_s p p n$ доминирует механизм, соответствующий диаграмме на рис.7б.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ В работе проведен анализ выхода дейтронов в ${}^4\text{He}p$ -взаимодействиях при импульсе 8,6 ГэВ/с. Оценены сечения отдельных реакций и получено импульсное распределение дейтронов. Показано, что появление медленных дейтронов связано, по-видимому, с квазиэлементарными реакциями типа $NN \rightarrow d\pi(\pi)$. В связи с этим можно предположить, что с ростом энергии выход медленных дейтронов будет падать, например, из-за резонансного характера реакции $pp \rightarrow d\pi^+$.

Быстрые дейтроны являются фрагментами ядра ${}^4\text{He}$ и большей частью спектаторами. Анализ реакции ${}^4\text{He}p \rightarrow d_s p p n$ показал, что вероятность ассоциации dd в ядре ${}^4\text{He}$ очень мала, а несpektаторные нуклоны являются продуктами взаимодействия с протоном-мишенью и друг с другом.

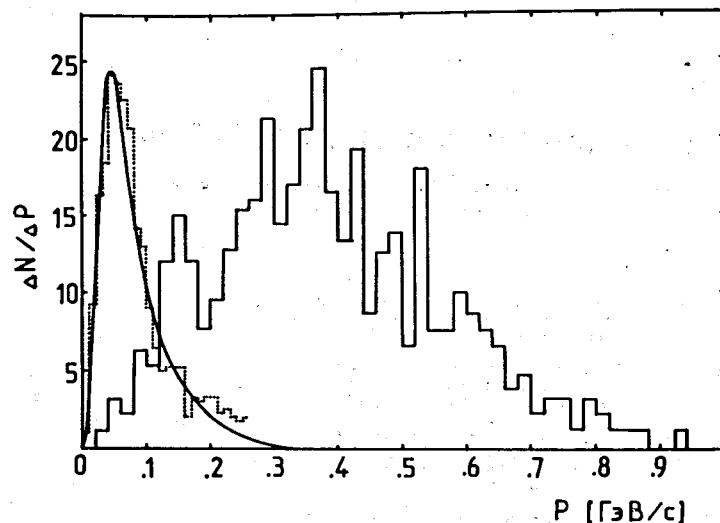


Рис.8. Распределение по импульсам самых медленных в системе виртуального дейтрона нуклонов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Glagolev V.V. et al. JINR, E16-12943, Dubna, 1979.
2. Sick I. Lepton Scattering. Presented at Conference on Few Body Systems and Nuclear Forces, Cruz, 1978.
3. Колыбасов В.М., Лексин Г.А., Шапиро И.С. УФН, 1974, 113, с.238.
4. Aladashvili B.S. et al. Nucl.Phys., 1975, B86, p.461.

Рукопись поступила в издательский отдел
26 марта 1980 года.