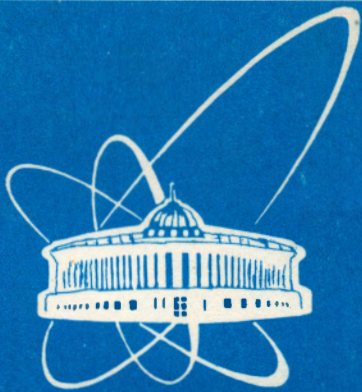


98-350



СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

98-350

P1-98-350

ТОПОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ  
РЕАКЦИИ ПЕРЕЗАРЯДКИ  ${}^3\text{H} \rightarrow {}^3\text{He}$   
НА УГЛЕРОДЕ ПРИ 6 ГэВ/с И 9 ГэВ/с

1998

С.А.Авраменко, В.Д.Аксиненко, М.Х.Аникина, Б.П.Банник, Ю.А.Беликов,  
А.Г.Гальперин, Н.С.Глаголева, А.И.Голохвастов, С.Н.Комарова,  
Ю.Лукстиньш, П.К.Маньяков, А.Т.Матюшин, В.Т.Матюшин, Т.Г.Останевич,  
О.В.Охрименко, В.Б.Радоманов, П.А.Рукояткин, И.С.Саитов, С.А.Седых,  
О.Ю.Тятюшкина, С.А.Хорозов

*Объединенный институт ядерных исследований, Дубна*

В.П.Кондратьев, Л.В.Краснов, И.В.Степанов

*Санкт-Петербургский государственный университет*

К.Гаевский, Я.Мирковский, Э.Павловский, А.Пиатковский

*Варшавский университет*

Н.Н.Нургожин, Е.К.Хусаинов

*Институт физики высоких энергий, Алма-Ата*

Исследования процесса перезарядки нуклонов и ядер на ядрах при энергиях в несколько ГэВ на нуклон дали много интересных результатов, в частности, о поведении дельта-изобары в ядрах (см., например, обзор [1] и ссылки там).

В данной работе приводятся данные о топологических характеристиках реакции  $C(^3H, ^3He)$ , полученные на установке ГИБС при импульсе ядер трития около 6 ГэВ/с и 9 ГэВ/с.

Эксперимент проводился на выведенном пучке синхрофазотрона ЛВЭ ОИЯИ. Ядра  $^4He$ , ускоренные до 8 ГэВ/с (или до 12 ГэВ/с), выводились из ускорителя приблизительно за время около 0,5 с и направлялись на мишень-фрагментатор из полистирола толщиной несколько граммов на квадратный сантиметр. Ядра трития, образовавшиеся в результате процесса фрагментации ядер гелия, формировались в пучок магнитным каналом, расположенным за мишенью-фрагментатором. Магнитные элементы канала (три дипольных магнита и магнитные линзы) были настроены на импульс 6 ГэВ/с (или 9 ГэВ/с), то есть на максимумы спектров ядер трития, образующихся в процессе фрагментации. Проведенные проверки показали, что на выходе получается практически чистый пучок ядер трития (незначительные примеси протонов и дейтонов обусловлены взаимодействием ядер трития в воздухе уже в месте расположения установки ГИБС). Интенсивность тритиевого пучка была  $10^5 - 10^6$  частиц в цикл при интенсивности первичного (гелиевого) пучка несколько единиц на  $10^8$  частиц в цикл, а характерный разброс по импульсу составлял несколько процентов. Подробные сведения о методе получения тритиевого пучка и его параметрах можно найти в работах [2,3].

Основной регистрирующей частью спектрометра ГИБС является стримерная камера, наполненная неоном при атмосферном давлении и расположенная в магнитном поле 0,9 Тл. Размер стримерной камеры  $2 \times 1 \times 0,6$  м<sup>3</sup>. Углеродная мишень толщиной 1,3 г/см<sup>2</sup> и поперечными размерами  $3 \times 6$  см<sup>2</sup> смонтирована внутри чувствительного объема стримерной камеры приблизительно в 70 см от входного окна, закрытого тонкой лавсановой пленкой. Ядра  $^3He$ , образовавшиеся в

результате перезарядки тритонов на внутренней мишени, пролетали в чувствительном объеме расстояние около 130 см и выходили через выходное окно. Стримерная камера фотографируется тремя фотоаппаратами, так, что их оси приблизительно перпендикулярны направлению полета ядер трития и гелия-3.

Для быстрого отбора событий использовалась триггерная система, включающая в себя несколько групп сцинтилляционных счетчиков и электронику. Принцип отбора основан на измерении амплитуд сигналов заряженных частиц. Счетчики, расположенные перед стримерной камерой, настраивались на регистрацию однозарядных частиц (тритоны), а счетчики, расположенные за выходным окном камеры, — на регистрацию двухзарядных (ядра гелия-3). Размер счетчиков, расположенных за выходным окном, 30x40 см<sup>2</sup>, расстояние от внутренней мишени до них около 4м. Это позволяет с достаточно высокой эффективностью регистрировать практически все ядра гелия-3, образовавшиеся в реакции перезарядки на мишени. Опыт эксплуатации установки показал, что описанная триггерная система позволяет получать фотографии реакции перезарядки в мишени приблизительно в 40% случаев срабатывания триггерной системы. Остальные 60% стереоснимков связаны с перезарядкой во входном и выходном окнах камеры, а также в последнем слое счетчика, стоящего перед камерой, или в начальном слое счетчика, стоящего за камерой. Описание установки ГИБС приведено в работе [4], а характеристики сцинтилляционных счетчиков, используемых для идентификации частиц по заряду, — в работах [5,6].

Экспериментальные данные об относительной частоте различных топологий для обеих исследованных энергий приведены в таблице.

| Топология | 6 ГэВ/с | 9 ГэВ/с |
|-----------|---------|---------|
| 0         | 0,52    | 0,41    |
| -         | 0,30    | 0,37    |
| +         | 0,10    | 0,10    |
| -+        | 0,05    | 0,08    |
| Другие    | 0,03    | 0,04    |

Топология "0" соответствует каналу реакции, в котором процесс перезарядки трития в гелий-3 не сопровождается испусканием заряженных частиц. Топологии "-", "+" и "-+" соответствуют каналам реакции перезарядки, в которых испускаются соответственно одна отрицательно заряженная частица (это в подавляющем большинстве случаев отрицательно заряженный пион), одна положительно заряженная частица (практически всегда это протон) и одна отрицательно заряженная с одной положительно заряженной (как правило, пион с протоном). Уверенность в том, что в перечисленных топологиях положительно заряженная частица практически всегда является именно протоном (а не, например, положительно заряженным пионом или позитроном) основана на возможности идентификации частиц в стримерной камере по плотности ионизации, по крайней мере до импульсов в несколько сот МэВ/с, то есть именно в той области импульсного спектра, где находится большинство вторичных частиц. В графе "другие" приведены относительные частоты каналов перезарядки, которые сопровождаются испусканием более чем двух заряженных частиц. К этой же группе отнесены сравнительно редкие события (их не больше одного процента), в которых хотя бы одна из двух разноименно заряженных частиц по импульсу и ионизации идентифицируется как электрон или позитрон. Примерно в 5% всех событий надежное определение знака заряда, по крайней мере одной из испущенных частиц, невозможно (события с неопределенной топологией). Почти всегда это треки частиц, испущенных в направлениях, близких к направлению магнитного поля в стримерной камере. Эти события при расчете относительных частот различных топологий в ансамбль не включались.

Приведенные в таблице данные основаны на просмотре и анализе примерно 3000 событий для каждой энергии, что обеспечивает относительную случайную погрешность на уровне единиц процентов. Дальнейшее увеличение статистики нецелесообразно из-за довольно значительного числа случаев перезарядки с неопределенной топологией.

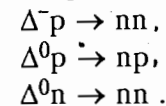
Процедура отбора событий перезарядки во внутренней мишени основана на визуальной оценке отношения оптических

плотностей треков до и после мишени. Поскольку плотность ионизации гелия-3 в четыре раза больше плотности ионизации ядер трития, то выделение таких событий в большинстве случаев не представляет труда. Лишь в сравнительно редких случаях, когда из-за значительного числа пятен на треках визуальная идентификация затруднена, при отборе событий использовались результаты измерений импульсов вторичных частиц. Импульс ядер гелия-3 обычно близок к импульсу  $p$  первичного тритона, в то время как импульсы дейтонов и протонов, образовавшихся при фрагментации тритона, группируются вокруг  $0,66 p$  и  $0,33 p$  соответственно. Точность измерения импульса ядер гелия-3 равна 2 — 3 %.

При рассматриваемых здесь энергиях первичных тритонов основной вклад в сечение реакции перезарядки дают процесс квазиупругой перезарядки и процессы с возбуждением дельта-изобары в ядре-мишени или ядре-снаряде [1]. Поскольку при перезарядке тритона в гелий-3 заряд снаряда увеличивается на единицу, то в мишени должны возбуждаться дельта-ноль- (передача пи-минус-мезона и его взаимодействие с протоном) и дельта-минус-изобары (при взаимодействии пи-минус мезона с нейтроном). Распад образовавшейся дельта-ноль-изобары по каналу  $\pi^- p$  дает вклад в топологию “+”, а ее распад по каналу  $\pi^0 p$  — в топологию “0”. Распад дельта-минус-изобары дает вклад в топологию “-”. Если же дельта-изобара возбуждается в ядре-снаряде, то в случае возбуждения  $\Delta^0$ -изобары вторичной частицей должен быть отрицательно заряженный пион (распад по каналу  $\pi^0 p$  не может привести к образованию гелия-3), что дает вклад в топологию “-”, а в случае возбуждения  $\Delta^+$ -изобары, распадающейся по каналу  $\pi^0 p$  (распад по каналу  $\pi^+ p$  не может привести к образованию гелия-3), вторичных заряженных частиц нет.

Как показывает приведенная выше таблица, перечисленные топологии и являются доминирующими. Однако есть и весьма заметный вклад топологии “+”, которая не появлялась в рассмотренной схеме. При этом импульсный спектр протонов в этой топологии указывает на их явно неиспарительное происхождение. Наиболее вероятная причина появления этих протонов — так называемая безмезонная разрядка дельта-изобары. Гипотеза о важности этого процесса впервые была

выдвинута в работе [7] при исследовании инклюзивных спектров перезаряженных ядер, а первые теоретические расчеты эффекта содержались в работах [8,9]. В соответствии с этой гипотезой  $\Delta^-$ - и  $\Delta^0$ -изобары, образовавшиеся в ядре-мишени, взаимодействуют с нуклонами ядра:



Таким образом, протоны в топологии “+”, скорее всего, обязаны своим происхождением второй из приведенных реакций. Анализ изотопических соотношений, проведенный в работе [10], показывает, что сечение образования  $\Delta^-$ -изобары в ядре мишени гораздо больше сечения образования  $\Delta^0$ -изобары. Учитывая это обстоятельство и десятипроцентный выход протонов, можно заключить, что роль безмезонной разрядки дельта-изобары, которую можно рассматривать как проявление коллективных эффектов, весьма значительна и ее исследование может дать новые интересные сведения о поведении дельта-изобары в ядерном веществе.

Работа проводилась при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант 96-02-19170).

#### Литература

1. Мухин К.Н., Патаракин О.О. УФН 165 (1995), 841.
2. Кириллов А.Д., Комолов Л.Н., Рукояткин П.А., Хорозов С.А. Сообщение ОИЯИ P13 - 97 - 344. Дубна, 1997.
3. Avramenko S.A. ao JINR Rapid Communication 6[86] - 97, 61. Dubna, 1997.
4. Авраменко С.А. и др. Препринт ОИЯИ P13 - 98 - 111. Дубна, 1998.
5. Беликов Ю.А. и др. Сообщение ОИЯИ P1 - 91 - 209. Дубна, 1991.
6. Авраменко С.А. и др. Сообщение ОИЯИ P1 - 91 - 206. Дубна, 1991.
7. Аблеев В.Г. и др. Письма в ЖЭТФ 40 (1984) 35.
8. Dmitriev V. et al Nucl.Phys.A 459 (1986) 503.
9. Гареев Ф.А., Ратис Ю.Л. ОИЯИ P2-89-805, Дубна, 1989.
10. Oset E. et al Phys.Lett. B224 (1986)249.

Рукопись поступила в издательский отдел  
17 декабря 1998 года.