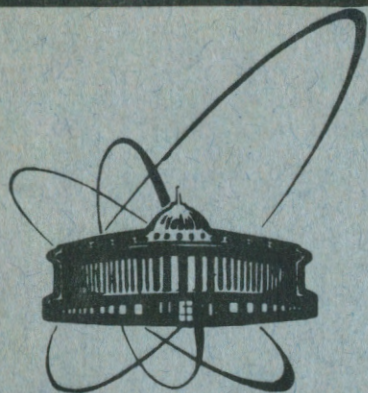


91-239



СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

P1-91-239

С. А. Авраменко, Ю. А. Беликов*, А. Г. Гальперин,
А. И. Голохвастов, В. П. Кондратьев*, Л. В. Краснов*,
Б. А. Кулаков, Ю. Лукстиньш, П. А. Рукояткин,
С. А. Седых, И. В. Степанов*, С. А. Хорозов,
И. Е. Шевченко*

СЕЧЕНИЯ ПЕРЕЗАРЯДКИ ${}^3\text{H} \rightarrow {}^3\text{He}$ НА ВОДОРОДЕ,
УГЛЕРОДЕ, АЛЮМИНИИ, МЕДИ И СВИНЦЕ
ПРИ 9 ГэВ/с

*Ленинградский государственный университет

Сечения перезарядки ${}^3\text{H} \rightarrow {}^3\text{He}$ на водороде, углероде, алюминии, меди и свинце при 9 ГэВ/с

Проведенные измерения сечений перезарядки ядер трития (около 9 ГэВ/с) в ядра гелия-3 на разных мишенях дали следующие результаты: H — $0,71 \pm 0,06$ мб, C — $1,96 \pm 0,15$ мб, Al — $2,55 \pm 0,20$ мб, Cu — $3,42 \pm 0,27$ мб, Pb — $4,88 \pm 0,39$ мб. Описана методика измерений. Рассмотрены основные источники возможных систематических ошибок.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1991

Перевод Л.Н.Барабаш

Cross Sections of the ${}^3\text{H} \rightarrow {}^3\text{He}$ Reaction on Hydrogen, Carbon, Aluminium, Copper and Lead at 9 GeV/c

The cross sections of the (${}^3\text{H}$, ${}^3\text{He}$) reaction on nuclei at 9 GeV/c have been measured. The results obtained with different targets are the following: H — $0.71 \pm .06$ mb, C — $1.96 \pm .015$ mb, Al — $2.55 \pm .20$ mb, Cu — $3.42 \pm .27$ mb, Pb — $4.88 \pm .39$ mb. The method of measurement is described. Possible sources of systematic errors are considered.

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.

Интерес к реакциям перезарядки ядер на ядрах обусловлен в значительной мере тем, что эксперименты /1,2/, проведенные в Дубне и Сакле, указывают на существенную роль эффектов коллективного возбуждения дельта-изобары в этих процессах. Детальный теоретический анализ этих эффектов, связанных с характеристиками взаимодействия дельта-изобары с ядерным веществом, требует значительно более полных, чем имеющиеся, экспериментальных данных. В частности, важную роль в анализе ситуации играют экспериментальные данные по полным сечениям перезарядки ядер на ядрах /3,4/.

В этой статье мы опишем метод и приведем результаты измерения сечений реакции перезарядки ${}^3\text{H} \rightarrow {}^3\text{He}$ на H , C , Al , Cu и Pb при импульсе тритонов около 9 ГэВ/с.

Эксперимент проводился на выведенном пучке синхрофазотрона ЛВЭ ОИЯИ. Использовались счетчики и электроника триггерной системы установки ГИЭС /5/. Поскольку ускорение ядер трития сопряжено с серьезными техническими проблемами, мы использовали вторичный тритиевый пучок, формируемый из фрагментов ускоренных ядер. В синхрофазотроне ускорялись ядра ${}^4\text{He}$ до импульса 12 ГэВ/с. Пучок, выведенный из ускорителя, попадал на мишень из полистирола (около 4 г/см^2). Все магнитные элементы (три поворотных магнита и семь дублетов линз), расположенные за мишенью, настраивались на транспортировку пучка ${}^3\text{H}$ с импульсом 9 ГэВ/с.

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

Метод измерения сечений перезарядки трития в гелий основан на измерении амплитуд сигналов со сцинтилляционного счетчика, расположенного за мишенью. Аналогичный метод мы использовали для измерения сечений перезарядки лития в бериллий /6/.

В случае измерения сечений реакции ${}^3\text{H} + {}^3\text{He}$ задача сводится к определению доли частиц с зарядом 2 за мишенью. Вероятность образования ядер ${}^4\text{He}$ из трития при наших энергиях мала и в дальнейшем не учитывалась. Задающий счетчик (счетчик А) размером 3x5 см располагался на входе в магнит СП-4I. Мишени устанавливались непосредственно за счетчиком А. Четыре счетчика (группа С) размером 30x40 см каждый располагались за магнитом СП-4I приблизительно в 5 м от мишени. Сигналы с первого счетчика (C_1) этой группы подавались через линейные ворота на анализатор NTA. Сигналы с трех остальных счетчиков группы С подавались на формирователи, пороги которых устанавливались так, чтобы вероятность срабатывания счетчика от релятивистской частицы с зарядом 1 была около 0,5. Команда (строб) на измерение импульса счетчика C_1 подавалась при одновременном срабатывании счетчика А и счетчиков C_2, C_3, C_4 . Магнитное поле между мишенью и группой счетчиков С позволяло пропустить первичный пучок мимо этих счетчиков. Поэтому даже такой "мягкий" режим работы счетчиков C_2-C_4 позволил снизить число стробов до нескольких десятков в цикл при интенсивности пучка тритонов около $3 \cdot 10^4$ частиц в цикл. Вероятность же регистрации двухзарядной частицы, прошедшей через группу С, была практически 100%.

В качестве иллюстрации на рис. 1 приведен спектр сигналов анализирующего счетчика, полученный с углеродной мишенью толщиной 8,50 г/см².

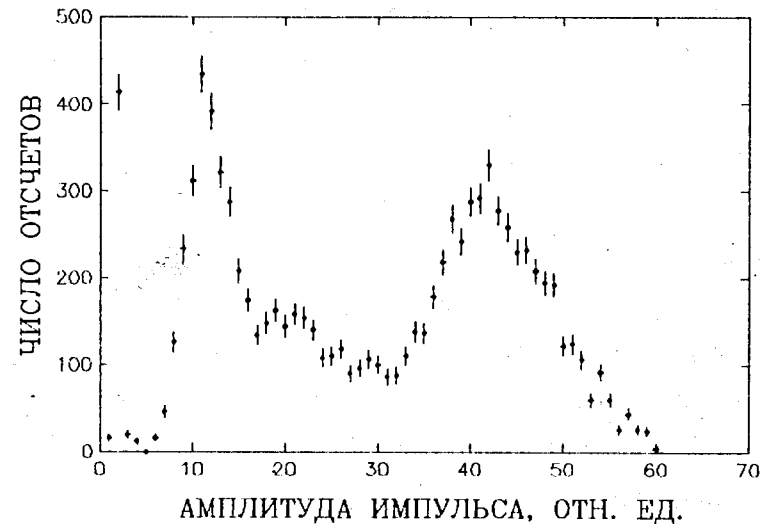


Рис. 1

В измерениях использовались мишени: С (3,45; 8,50 и 11,95 г/см²), Al (6,02 и 12,3 г/см²), Cu (21,3 и 28,4 г/см²), Pb (11,4; 28,3 и 56,5 г/см²) и CH₂ (2,26 и 4,50 г/см²). Использование мишеней большой толщины требует введения поправок на поглощение в них как первичных ядер ${}^3\text{H}$, так и перезаряженных — ${}^3\text{He}$. Сечения поглощения ${}^3\text{H}$ и ${}^3\text{He}$ на ядрах предполагались одинаковыми и находились по данным работ /7,8/. В таблице приведены полученные нами данные по полным сечениям ($\sigma_{\text{св}}$) перезарядки и зависимость относительной величины сечений перезарядки (R_1 , сечение перезарядки на углероде принято за единицу) от атомного веса ядер-мишени. Сечение перезарядки на водороде получено по данным с углеродной и полиэтиленовой мишенями.

Ошибки в относительных величинах сечений включают, кроме статистических, ошибки, связанные с неточностью знания сечений поглощения трития и гелия в мишенях.

Таблица

Мишень	σ_{ce} (мб)	R_1	R_2
H	$0,71 \pm 0,06$	$0,36 \pm 0,02$	-
C	$1,96 \pm 0,15$	1,00	1,00
Al	$2,55 \pm 0,20$	$1,30 \pm 0,05$	1,22
Cu	$3,42 \pm 0,27$	$1,75 \pm 0,10$	1,53
Pb	$4,88 \pm 0,39$	$2,49 \pm 0,09$	2,14

В нашей работе /6/ было показано, что в рамках геометрической модели столкновений /9/ ядра-снаряда A_p с ядром-мишенью A_t зависимость сечений периферических столкновений от A_t должна описываться формулой:

$$\sigma_p \propto (A_p + A_t - b), \quad (1)$$

где параметр b определяется из аппроксимации данных по сечениям неупругих столкновений формулой:

$$\sigma_{in} \propto (A_p + A_t - b)^2. \quad (2)$$

К сожалению, экспериментальные данные по сечениям неупругих столкновений ${}^3\text{He}$ (${}^3\text{H}$) имеются только на легких ядрах (Be, C, Al - см. /7/). Наилучшее значение параметра b , найденное по этим данным, равно 0,54. Если теперь использовать формулу (1) с $b=0,54$ во всем диапазоне атомных весов ядер-мишеней, то для A_t -зависимости относительных сечений R_2 периферических столкновений получатся значения, приведенные в четвертой колонке таблицы. Сравнение колонок 3 и 4 таблицы показывает, что сечения перезарядки трития в гелий с увеличением атомного веса мишени растут несколько быстрее, чем сечения периферических столкновений. Аналогичная особенность A_t -зависимости отмечалась нами в работе /6/ для реакции ${}^7\text{Li} + A_t \rightarrow {}^7\text{Be} + \dots$. Еще раз подчеркнем, что проведенный анализ предполагает справедливость геометрической модели столкновения ядер.

Ошибки измеренных полных сечений перезарядки, кроме уже упоминавшихся, включают:

- ошибку, связанную с возможной примесью в пучке трития протонов или дейтонов;
- ошибку, связанную с выделением частиц с зарядом 2 в спектре сигналов анализирующего счетчика;
- ошибки в расчетах аппаратурной и геометрической эффективности регистрации ${}^3\text{He}$.

Геометрическая эффективность, т.е. вероятность ядру ${}^3\text{He}$ попасть в счетчики группы С, оценивалась на основании экспериментальных данных /10/ об угловых и импульсных распределениях ядер трития, образовавшихся в реакции ${}^3\text{He} + \text{C} \rightarrow {}^3\text{H} + \dots$. Импульсно-угловые распределения ${}^3\text{He}$ на разных мишенях предполагались одинаковыми. Правомерность такого предположения подтверждается экспериментальными данными /2/. Рассчитанная геометрическая эффективность оказалась равной $0,90 \pm 0,05$. Сравнительно низкая чувствительность рассчитанной геометрической эффективности к вариациям входных данных (угловое и импульсное распределение ${}^3\text{He}$, угловой и импульсный разброс пучка и т.д.) обусловлена довольно большим телесным углом, который перекрывали счетчики группы С.

В работе /10/ приведен результат измерения сечения перезарядки ($1,4 \pm 0,4$ мб при 6,81 ГэВ/с) гелия-3 в тритий на углеродной мишени в кинематической области, не включающей процесс квазиупругой перезарядки. Если учесть вклад этого процесса по данным, приведенным в той же работе /10/, то получающаяся величина полного сечения перезарядки ($1,75 \pm 0,5$ мб) хорошо согласуется с соответствующим сечением, измеренным нами ($1,96 \pm 0,15$ мб).

Мы благодарим Ф.А.Гареева, С.М.Елисеева, В.И.Иноземцева, Ю.Л.Ратиса и Е.А.Строковского за плодотворные дискуссии и полезные замечания, а также персонал ускорителя за обеспечение устойчивой работы синхрофазотрона.

Литература

1. Аблеев В.Г. и др. Письма в ЖЭТФ, 1984,40,35. ЯФ,1988,48,27.
2. Contardo D. et al. Phys.Lett.,1986,В168,331.
3. Ableev V.G. et al. Proc. Int. Symp. "Modern Developments in Nuclear Physics", 1987, Novosibirsk, p.690. Edited by O.P.Sushkov. World Science Publ.Comp.,Singapore,1988.
4. Гареев Ф.А. и Ю.Л.Ратис. ОИЯИ,Р2-89-805, Дубна, 1989.
5. Беликов Ю.А. и др. ОИЯИ, Р1-91-209, Дубна, 1991.
6. Авраменко С.А. и др. ОИЯИ, Р1-91-206, Дубна,1991.
7. Tanihata I. et al. Phys.Lett.,1985, В160,380.
8. Абдуллин С.К. и др. ЯФ, 1989,49,169.
9. Bradt H.L. and B.Peters. Phys.Rev.,1950, 77,54.
10. Аблеев В.Г. и др. ЯФ,1991,53,457.

Рукопись поступила в издательский отдел
29 мая 1991 года.