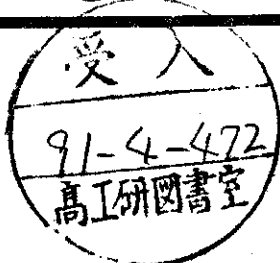


СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА

---



P1-90-554

С.А.Авраменко, А.И.Голохвастов, Ю.Лукстиньш,  
П.А.Рукояткин, С.А.Седых, С.А.Хорозов

СЕЧЕНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ  $^{12}\text{C}$   
С ЯДРАМИ В ИНТЕРВАЛЕ ЭНЕРГИЙ  
500-800 МэВ/нуклон

---

1990

---

© Объединенный институт ядерных исследований Дубна, 1990

## Метод измерения сечений

Для измерения сечений ядро-ядерных взаимодействий мы использовали метод /1/, основанный на анализе зарядового состава пучка за мишенью. Эксперимент проводился на пучке медленного вклада синхрофазотрона ЛВЭ ОИЯИ (канал 6В). В качестве задающего и анализирующего детекторов использовались сцинтилляционные счетчики с размерами пластмассовых сцинтилляторов - диаметр 25 мм, толщина - 3 мм и 150 x 150 x 10 мм соответственно. Расстояние между счетчиками - 175 см, расстояние между задающим счетчиком и мишенью - 15 см. Задающий счетчик работал в режиме регистрации ядер углерода. При каждом срабатывании задающего счетчика формировался строб-сигнал для измерения суммарного заряда импульса анализирующего счетчика. Характер полученного спектра показан на рис. 1.

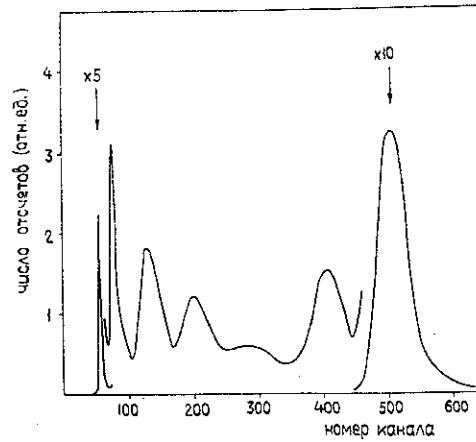


Рис. 1. Спектр сигналов анализирующего счетчика.

Видны пики, соответствующие пролету через анализирующий счетчик частиц с различными зарядами. Отсчеты в пьедестале (крайний левый пик) соответствуют случаям, когда в анализирующий счетчик ни одна заряженная частица не попала. Если теперь измерить величины  $W_\phi = N_\phi^\phi / N_\phi$  и  $W_M = N_\phi^M / N_M$ , где  $N_\phi^\phi$  и  $N_\phi^M$  - число отсчетов в пиках, соответствующих заряду  $\phi$ , а  $N_\phi$  и  $N_M$  - число срабатываний задающего счетчика (или полное число отсчетов во всем спектре) в экспериментах без мишени и с мишенью соответственно, то отношение  $R = W_M / W_\phi$  есть вероятность того, что ядро углерода пройдет мишень без изменения заряда. То есть в такой постановке эксперимента

измеряется сечение изменения заряда падающего на мишень ядра. Это сечение отличается от полного неупругого на сумму сечений фрагментации  $^{12}\text{C} + \text{A} + ^{11}\text{C}, ^{10}\text{C}, ^9\text{C}$ , которая не превосходит 10% от полного неупругого сечения /2/. Некоторые другие вопросы, связанные с описанным методом измерения, рассмотрены в нашей работе /1/.

#### Эксперимент

Целью эксперимента было измерение сечений  $^{12}\text{C} + \text{A}$  взаимодействий в области энергий 500 - 800 МэВ/нуклон. В эксперименте использовались мишени: углерод ( $3,46 \text{ г/см}^2$ ), алюминий ( $2,46$  и  $4,92 \text{ г/см}^2$ ) и медь ( $7,10 \text{ г/см}^2$ ). Энергия ядер углерода изменялась крупными шагами настройкой ускорителя (поля 3,05; 3,31; 3,57 и 3,83 кГс) и систем медленного вывода, более мелкие шаги по энергии при каждом значении поля осуществлялись постановкой замедлителей (полистирол 5, 10, 15 и  $20 \text{ г/см}^2$ ) в фокусе  $\Phi 5$  канала ВП-1. На поле 3,57 кГс, которое соответствует энергии углерода 840 МэВ/нуклон, была проведена проверка энергии ядер в канале 6В. Проверка проводилась по измерению угла поворота пучковых частиц в магнитном поле 1СП-41 и дала значение энергии  $740 \pm 40$  МэВ/нуклон. Различие энергий ядер в ускорителе и в канале 6В объясняется значительным количеством вещества (воздух, различные детекторы) в каналах ВП-1 и 6В. Изменение тока магнита 3СП-12, осуществляющего поворот пучка из канала ВП-1 в канал 6В, использовалось как косвенный контроль изменения энергии пучковых частиц при установке замедлителей или при переходе к другому режиму вывода пучка из ускорителя.

#### Результаты измерений

На рис. 2 приведена энергетическая зависимость сечений изменения заряда на мишенях С, Al, Cu. Горизонтальные черточки у каждой точки соответствуют диапазону изменения энергии пучкового ядра при прохождении через мишень (ионизационные потери энергии). Значками  $\nabla, \circ, \square, \Delta$  для каждой мишени обозначены результаты измерений при выводе пучка из ускорителя на полях 3,05; 3,31; 3,57 и 3,83 кГс соответственно.

На рис.3 приведены энергетические зависимости вероятности  $W(0;1)$  процессов, когда в анализирующий счетчик либо не попадает ни одна заряженная частица, либо попадает не больше трех частиц с единичными зарядами (сильный развал ядра-снаряда). В отличие от

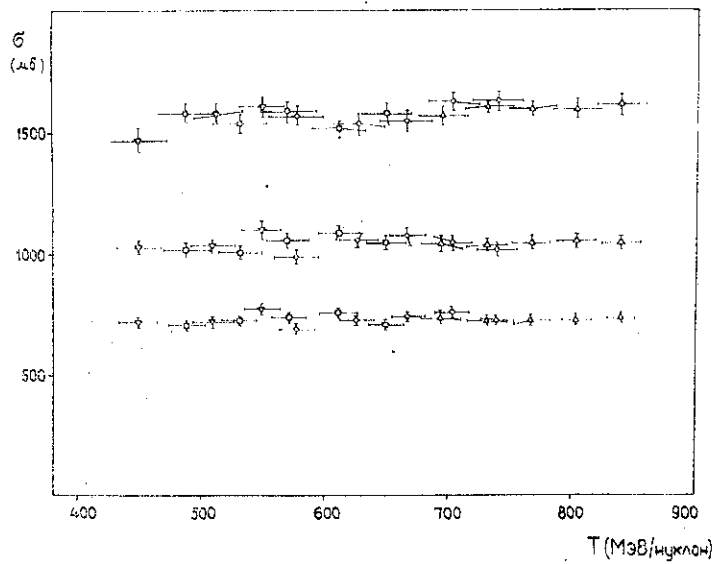


Рис. 2. Сечения изменения заряда для мишеней С, Al, Си.

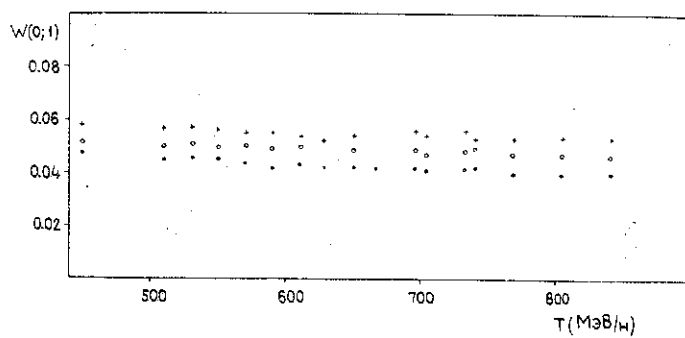


Рис. 3. Величины  $W(0;1)$  (см. текст) для мишеней С, Al, Си.

сечения изменения заряда, которое в выбранных условиях не зависит от размеров анализирующего счетчика (углы вылета, перекрываемые счетчиком, значительно больше углов кулоновского многократного и упругого рассеяния ядер углерода в мишени), величины  $W(0;1)$  существенно зависят от размеров детекторов и взаимного расположения детекторов и мишени. Поэтому сечения указанных процессов не рассчитывались.

#### Обсуждение результатов

Данные, приведенные на рис.2, говорят об очень слабой энергетической зависимости сечений изменения заряда. На первый взгляд, это вызывает некоторое недоумение, поскольку в указанной области энергий сечение протон-протонного взаимодействия меняется в 1,7 раза /3/. Следует иметь в виду, однако, что в этом же энергетическом диапазоне сечение нейтрон-протонного взаимодействия практически постоянно. Сечение взаимодействия двух ядер определяется в основном их геометрическими размерами, а зависимость их от сечений элементарных процессов (pp, pn) - логарифмическая /4/. Непосредственный расчет, выполненный по модели /4/, дает в рассматриваемом диапазоне энергий рост полных неупругих сечений углерода с углеродом, алюминием и медью всего на 5-8%, что не противоречит полученным экспериментальным данным.

В работе /2/ приводятся сечения фрагментации  $^{12}\text{C} + ^{11}\text{C}$ ,  $^{10}\text{C}$  и  $^9\text{C}$  на различных мишенях при энергиях 1,05 и 2,1 ГэВ/нуклон. Величины соответствующих сечений в пределах ошибок одинаковы при обеих энергиях. Если использовать эти сечения как поправку, переводящую сечения изменения заряда в полные неупругие, то для углерода, алюминия и меди получаем соответственно  $790 \pm 30$  мб,  $1100 \pm 40$  мб и  $1750 \pm 70$  мб, что хорошо согласуется с измеренными нами ранее /5/ полными неупругими сечениями ( $780 \pm 30$ ,  $1130 \pm 80$ ,  $1700 \pm 90$  мб) при энергии 3,7 ГэВ/нуклон.

Медленный монотонный рост величины  $W(0;1)$  с уменьшением энергии ядер углерода скорее всего связан с методикой измерения. Поскольку продольный импульс фрагментов ядра-снаряла падает вместе с его импульсом, а уменьшение поперечного импульса происходит медленнее, то увеличиваются углы вылета фрагментов и они с меньшей вероятностью попадают в анализирующий счетчик.

Когда эта работа была завершена и готовилась к печати, вышла в свет статья /6/, в которой, в частности, приводились результаты измерения сечений изменения заряда в реакции  $^{12}\text{C} + \text{C}$  при энергиях

418, 561, 693 и 915 МэВ/нуклон. Энергетический ход сечений, как и в нашем эксперименте, очень слабый (от  $670 \pm 7$  мб при 418 МэВ/нуклон до  $709 \pm 7$  мб при 915 МэВ/нуклон). Однако абсолютные значения сечений, приведенные в работе /6/, систематически меньше полученных нами на 3-4%. При этом авторы /6/ использовали точно такой же метод измерения, как и мы. Вполне возможно, что упомянутое систематическое расхождение обусловлено несколько отличающимися процедурами выделения углеродных пиков в амплитудных спектрах и характеризует точность метода.

Авторы благодарны А.М.Балдину и И.Н.Семеншикину за постановку задачи, В.Г.Гришину за полезные обсуждения, а также персоналу ускорителя за четкую и оперативную перестройку режимов вывода пучка и обеспечение устойчивой работы синхротрона.

#### Литература

1. М.Х.Аникина и др. - ЯФ, 1983, 38, 149.
2. D.L.Olson et al. - Phys.Rev., 1983, C28, 1602.
3. G.Benary, L.R.Price and G.Alexander - UCRL-20000, Berkeley, 1970.
4. P.J.Karol - Phys.Rev., 1975, C11, 1203.
5. V.D.Aksinenko et al. - Nucl.Phys., 1980, A348, 518.
6. W.R.Webber, J.C.Kish and D.A.Schrier - Phys.Rev., 1990, C41, 520.

Рукопись поступила в издательский отдел  
11 декабря 1990 года.

Д9-89-801	Труды Международной школы молодых ученых по проблемам ускорителей заряженных частиц. Дубна, 1988	2 р.25 к.
Д7-90-142	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Дубна, 1989.	7 р.00 к.
Р2-90-245	Труды II семинара "Гравитационная энергия и гравитационные волны". Дубна, 1989.	1 р.70 к.
Д19-90-457	Труды рабочего совещания по исследованию механизма радиационно-индуцированного мутагенеза и репарации ДНК. Дубна, 1990.	4 р.00 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:  
101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79. Издательский отдел Объединенного  
института ядерных исследований.



НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

Д11-85-791	Труды Международного совещания по аналитическим вычислениям на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1985.	4 р.00 к.
Д1,2-86-668	Труды 8 Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1986. /2 тома/	7 р.35 к.
Д3,4,17-86-747	Труды Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1986.	4 р.50 к.
Д2-87-798	Труды 8 Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1987.	3 р.55 к.
Д14-87-799	Труды II Международного симпозиума по проблемам взаимодействия мюонов и пионов с веществом. Дубна, 1987	4 р.20 к.
Д17-88-95	Труды IV Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1987.	5 р.20 к.
Д17-88-681	Труды Международного совещания "Механизмы высокотемпературной сверхпроводимости". Дубна, 1988.	1 р.50 к.
Д13-88-938	Труды XIII Международного симпозиума по ядерной электронике. Варна, 1988.	4 р.30 к.
Р2-89-138	Труды семинара "Гравитационная энергия и гравитационные волны". Дубна, 1988.	1 р.10 к.
Д4-89-221	Труды рабочего совещания по разработке и созданию излучателя и детектора гравитационных волн. Дубна, 1988.	1 р.60 к.
Д9-89-52	Труды XI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1988 /2 тома/	14 р.35 к.
Д9-89-708	Труды II Международного совещания по циклотронам и их применению. Бехин, ЧССР, 1989.	4 р.00 к.
Д7-87-123	Труды Совещания "Ренормгруппа-86". Дубна, 1986.	4 р.45 к.
Д7-87-68	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Дубна, 1986.	7 р.10 к.

Авраменко С.А. и др.  
Сечения взаимодействия  $^{12}\text{C}$  с ядрами  
в интервале энергий 500-800 МэВ/нуклон

P1-90-554

Приводятся результаты измерения сечений изменения заряда при столкновениях ядер углерода с С, Al и Cu в интервале энергий углерода 500-800 МэВ/нуклон. Энергетическая зависимость сечений очень слабая. Полученные данные хорошо согласуются с измерениями, выполненными при энергии несколько ГэВ/нуклон.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1990

Перевод авторов

Avramenko S.A. et al.  
Cross Sections of the  $^{12}\text{C}$  - Nuclei Interactions  
at the Energy of 500-800 MeV/nucleon

P1-90-554

Charge changing cross sections were measured for  $^{12}\text{C}$  nuclei on C, Al and Cu targets in the energy range of 500-800 MeV/nucleon. Energy dependence of the cross sections is very weak. The data are consistent with the cross sections at the energy about some GeV/nucleon.

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1990

12 коп.

Редактор Е.К.Аксенова. Макет Т.Е.Попеко.

Подписано в печать 20.12.90.

Формат 60x90/16. Офсетная печать. Уч.-изд.листов 0,78.

Тираж 475. Заказ 43990.

Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований.  
Дубна Московской области.