

ИССЛЕДОВАНИЕ ЯДЕРНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РЕЛЯТИВИСТСКИХ ФРАГМЕНТОВ ^{24}Mg С ПОМОЩЬЮ ЧЕРЕНКОВСКОГО СПЕКТРОМЕТРА ЗАРЯДОВ

И.А.Голутвин, Н.В.Горбунов, В.Х.Додохов, С.Н.Доля, В.Е.Жильцов, А.В.Зарубин, А.Г.Карев, В.Ю.Каржавин, В.Н.Лысяков, Э.И.Мальцев, В.А.Мончинский, Б.А.Морозов, В.А.Никитин, В.В.Перелыгин, Ю.П.Петухов, А.А.Повторейко, Д.Позе, В.П.Саранцев, В.А.Свиридов, А.И.Семенюшкин, А.Е.Сеннер, Д.А.Смолин, А.Ю.Суханов, В.В.Тихомиров, В.П.Токарский, А.Г.Федунов, В.С.Хабаров, В.И.Цовбун, А.И.Черненко, Ю.А.Яцуенко

Представлены результаты электронного эксперимента по исследованию ядерных взаимодействий с изменением заряда ^{24}Mg и его релятивистских фрагментов в интервале времени 10^{-10} – 10^{-9} с с момента их образования. Опыты выполнены на пучке ядер магния с импульсом 4,5 ГэВ/с нуклон, ускоренных на синхрофазотроне Лаборатории высоких энергий Объединенного института ядерных исследований. Основу экспериментальной установки составляет секционированный черенковский спектрометр /40 счетчиков с толщиной плексигласового радиатора 5 мм/. Измерены функции поглощения в веществе ($\text{C}_5\text{H}_8\text{O}_2$) первичных ядер и образовавшихся фрагментов с $6 \leq Z \leq 11$. Приводятся данные о средних пробегах и вероятностях их образования, основанные на анализе $\sim 10^5$ взаимодействий.

Работа выполнена в Отделе новых методов ускорения ОИЯИ.

Investigation of the ^{24}Mg Projectile Fragments Interaction Using the Segmented Cerenkov Detector

I.A.Golutvin et al.

The results of the electronic experiment on investigation of the projectile fragments interaction are presented. The experiment is done at 4.5 GeV/c. A ^{24}Mg beam of the JINR synchrotron. The main part of the apparatus is the live target assembled of 40 Cerenkov counters with 5 mm thick lucite radiators. Charge changing reactions for the primary beam and secondary fragments with $6 \leq Z \leq 11$ have been registered. The interaction mean free path of the projectile fragments and

probabilities of its productions based on the analysis of ~ 10 interactions are presented.

The investigation has been performed at the Department of New Methods of Acceleration, JINR.

В работе^{/1/} был предложен метод исследования свойств сильного взаимодействия релятивистских ядерных фрагментов вблизи точки их рождения. В настоящем сообщении мы приводим результаты исследования этим методом вероятностей фрагментации пучкового ядра ^{24}Mg с образованием в конечном состоянии вторичных ядер с зарядами $6 \leq Z \leq 11$ и сечений взаимодействия с изменением заряда этих фрагментов в интервале времени $10^{-9} - 10^{-10}$ с с момента их образования. Основу экспериментальной установки составляет "живая" мишень, состоящая из 40 черенковских счетчиков с радиаторами из плексигласа. Толщина радиатора по пучку ~ 5 мм. В счетчиках реализованы условия полного внутреннего отражения черенковского света, излучаемого пучковыми ядрами и релятивистскими фрагментами /РФ/, и, соответственно, осуществлен его полный сбор. Анализ интенсивности черенковского излучения ядер позволяет измерять заряд фрагмента, координаты точек образования и взаимодействие фрагментов. Пропорциональные камеры определяют координаты и угол входа пучкового ядра в мишень-детектор. Подробнее экспериментальная установка описана в^{/2/}.

Эксперимент выполнен на пучке ядер магния ^{24}Mg с импульсом $p \approx 4,5$ ГэВ/нуклон.

Обработка экспериментальной информации включает решение 4 основных задач: калибровка черенковских счетчиков; реконструкция треков пучковых ядер; определение координат взаимодействия пучкового ядра или РФ в мишени-детекторе /или определение длин пробега ядер и РФ в веществе мишени/; и, наконец, определение характеристик взаимодействия ядер и РФ.

Процедура калибровки заключается в переводе величины средней амплитуды сигнала ФЭУ, пропорциональной интенсивности черенковского света, в единицы квадрата заряда. Калибровка проводится по двум точкам: по пучковым ядрам ^{24}Mg и ^{12}C . Углерод содержится в пучке магния в виде 10%-ной примеси. Среднее значение по всем счетчикам среднеквадратичного отклонения зарядового распределения при регистрации пучка магния составляет 0,26e /рис.1/.

Анализ материала начинается с восстановления траектории первичной частицы в пучковых камерах. Отбираются события с одиночным первичным треком в определенном диапазоне пространственных и угловых координат /отклонение от центра счетчика $R \leq 5$ мм, угол с осью пучка $\theta \leq 3 \cdot 10^{-8}$ рад/. Затем исследуется картина события в черен-

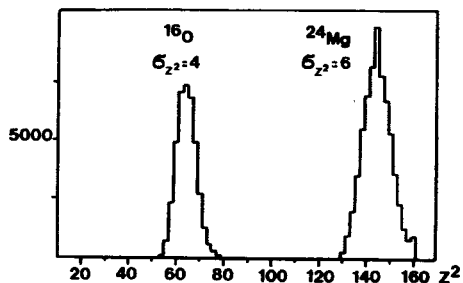
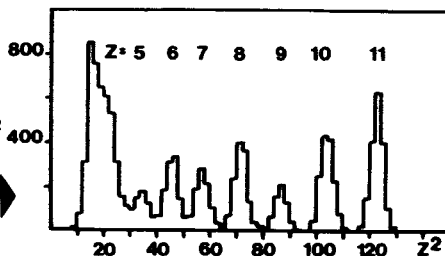


Рис.2. Зарядовое распределение фрагментов с длиной $l > 3$ см.

Рис.1. Распределение по квадрату заряда пучковых ядер.



ковском детекторе. Алгоритм обнаружения акта взаимодействия и измерения его координаты основан на анализе амплитуды сигналов со счетчиков - поиске скачка, соответствующего изменению заряда пучкового ядра или фрагмента.

Функция поглощения первичных ядер и фрагментов получена двумя способами: изучением распределений индивидуальных событий по длине до взаимодействия /описание последовательности амплитуд черенковских счетчиков отдельного события кусочно-постоянной функцией - топологический метод/ и анализом эволюции зарядовых распределений РФ как функции расстояния от вершины взаимодействия, где они образовались /спектральный метод/.

Зарядовое распределение РФ второго поколения /первое поколение - первичные ядра/ с длиной пробега больше 3 см /время жизни больше 10^{-10} с / показано на рис.2. Видно, что фрагменты удовлетворительно разделяются по зарядам в интервале $6 \leq Z \leq 11$. Характерной особенностью спектров является сдвиг максимумов распределений вправо относительно квадрата заряда фрагмента на $1 \div 9$ единиц. Сдвиг увеличивается с приближением к точке рождения фрагмента и с уменьшением его заряда Z /рис.3/. Это естественно объясняется тем, что старший фрагмент /с наибольшим зарядом/ сопровождается, в основном, однозарядными быстрыми частицами, которых тем больше, чем больше изменение заряда пучкового ядра во взаимодействии. Доминирование старшего фрагмента является интересной особенностью реакции расщепления ядра. Для процесса $^{24}\text{Mg} \rightarrow \text{B} + \dots$ существует много зарядовых комбинаций, которые могли бы полностью размыть соответствующий бору пик $Z^2 = 25$. В действительности /см. рис. 2/ наблюдается лишь медленное нарастание фона сопровождающих частиц при уменьшении заряда РФ, и только в области $Z < 5$ выделить фрагмент невозможно.

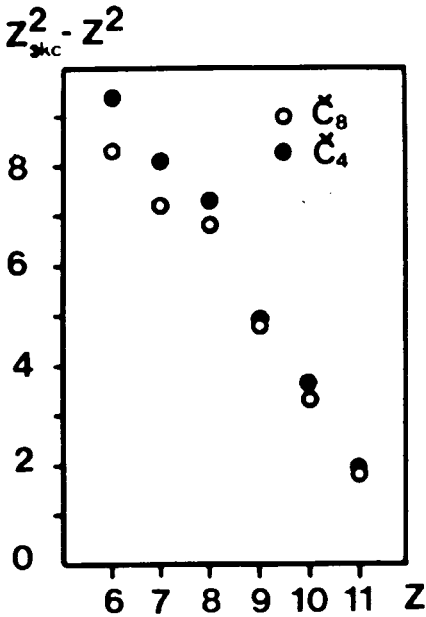


Рис.3. Сдвиг центра зарядового распределения фрагментов по отношению к квадрату заряда фрагмента как функция его заряда для четвертого (C_4) и восьмого (C_8) счетчиков после точки взаимодействия.

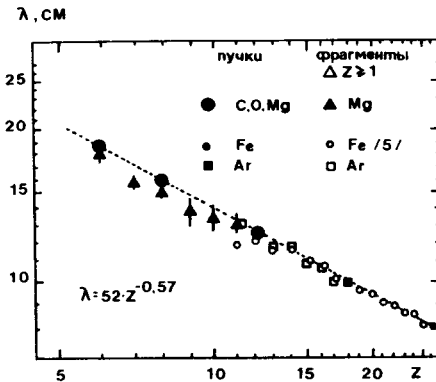
Результаты измерения средних длин ядерного пробега ^{24}Mg и его РФ вместе с вероятностями различных по заряду /без разделения по изотопам/ каналов фрагментации Mg представлены в таблице. Приведенные здесь значения ядерных пробегов фрагментов определены как средние для пробегов с дли-

ной в интервале $3 \div 15$ см. Проведены исследования взаимодействия РФ в интервале пробегов $0,5 \leq l \leq 3$ см, где наблюдалось ^{3/} аномальное взаимодействие /о проблеме аномалов см. также ^{4,5/}.

Зависимости вероятности каналов ядерных реакций от заряда и средней длины ядерного пробега фрагментов согласуются с опубликованными данными ^{5,6/}, полученными при энергии 2 ГэВ/нуклон на ускорителе в Беркли. Средняя длина пробега λ ядерных фрагментов с зарядом Z в плексигласе для взаимодействий, где заряд фрагмента изменяется на величину $\Delta Z \geq 1$, удовлетворительно аппроксимируется формулой $\lambda(z) = 52 \cdot Z^{-0,57}$ /точность аппроксимации $\sim 2,5\%$ в диапазоне $Z = 6 \div 26$, отклонение λ для фрагментов азота может быть объяснено изотопным составом/.

Вероятности фрагментации ^{24}Mg в изотопы элементов с нечетными значениями Z /фтор, азот/ подавлены по сравнению с четными элементами /углерод, кислород, неон/.

Рис.4. Зависимость длины ядерного пробега фрагментов от их заряда.



Таблица

Вероятности фрагментации W и длина свободного пробега λ для фрагментов ^{24}Mg и пучковых ядер ^{24}Mg , ^{16}O и ^{12}C в мишени из плексигласа ($\text{C}_5\text{H}_8\text{O}_2$), $\rho = 1,18 \text{ г/см}^3$

Ядро	Mg		O		C		
λ /мм/	126 \pm 2		157 \pm 6		188 \pm 7		
Фрагменты	Na	Ne	F	O	N	C	Z \leq 5
λ /мм/	130 \pm 6	133 \pm 8	136 \pm 8	155 \pm 7	157 \pm 5	177 \pm 7	-
W /%/	10,6 \pm 0,5	10,0 \pm 0,5	4,9 \pm 0,4	9,9 \pm 0,7	8,1 \pm 0,6	9,1 \pm 0,7	47,4 \pm 1,4

явление наблюдается и для фрагментации ионов в области нерелятивистских энергий ^{/7/}. Качественно закономерность выхода фрагментов в реакции с релятивистскими ионами ^{24}Mg совпадает с предсказаниями модели Лукьянова и Титова ^{/8/}, где фрагментация объясняется на основе двухстадийного механизма /на первой стадии при периферическом столкновении с мишенью ядро возбуждается, на второй - распадается статистически, образуя фрагменты с вероятностями, пропорциональными фазовым объемам в конечном состоянии/.

Авторы считают своим долгом выразить глубокую благодарность А.М.Балдину, Л.Г.Макарову и И.Н.Семенюшкину за содействие в проведении эксперимента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Голутвин И.А., Никитин В.А., Свиридов В.А. ОИЯИ, P1-83-583, Дубна, 1983.
2. Вереш И. и др. В сб.: Краткие сообщения ОИЯИ, №4-84, Дубна, 1984.
3. Fridlander E.M. et al. Phys.Rev.Lett., 1980, 45, p. 1084; Phys.Rev.C, 1983, 27, p. 1489.
4. Банник Б.П. и др. Письма в ЖЭТФ, 1984, т. 39, вып.4, с. 184.
5. Symons T.J.M. et al. Phys.Rev.Lett., 1984, 52, p.982.
6. Olson D.L. et al. Phys.Rev., 1983, C28, p. 1602.
7. Artukh A.G. et al. JINR, E7-6970, Dubna, 1973.
8. Lukyanov V.K., Titov A.I. Phys.Lett., 1975, 57B, p.11.

Рукопись поступила 12 декабря 1984 года.