

УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СЕЧЕНИЙ СИЛЬНОГО
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ФРАГМЕНТОВ РЕЛЯТИВИСТСКИХ ЯДЕР
НА СИНХРОФАЗОТРОНЕ ОИЯИ

И.Вереш, 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, Б.А.Морозов, В.М.Нахратский,
В.А.Никитин, В.В.Перельгин, Ю.П.Петухов, А.А.Повторейко,
Д.Позе, А.А.Попов, В.П.Саранцев, В.А.Свиридов, Д.А.Смолин,
А.Ю.Суханов, В.В.Тихомиров, Л.В.Светов, В.П.Токарский,
А.Г.Федунов, В.С.Хабаров, Ю.А.Яцуценко

Для исследования характеристик взаимодействия фрагментов релятивистских ядер с веществом создана установка, с помощью которой выполнены эксперименты на пучках ускоренных в синхрофазотроне ЛВЭ ОИЯИ ядер углерода, кислорода, неона и магния. Основу установки составляет секционированная "живая" мишень из 40 черенковских счетчиков с тонкими /0,5 см/ твердыми радиаторами, при помощи которой измеряются заряд и координаты образования и взаимодействия фрагментов. Среднее зарядовое разрешение одного счетчика $\sigma = 0,25 e$, точность измерения координаты взаимодействия $\sim 0,3$ см.

Работа выполнена в Отделе новых методов ускорения ОИЯИ.

Experimental Set-Up to Study Relativistic Nuclear
Fragment Interactions at the Dubna Synchrophasotron
Veres I. et al.

The paper describes an experimental set-up for measuring the mean free path for charge changing interactions of relativistic heavy nuclear fragments. The principal part of the apparatus is a stack of 40 Cerenkov counters with 0.52 cm thick plexiglass radiators. The measurements were made with beams of 4.5 GeV/cA nuclei of ^{12}C , ^{16}O , ^{22}Ne and ^{24}Mg at the Dubna synchrophasotron. Proportional chambers were used to reconstruct particle trajectories. The mean charge resolution of a counter is equal to 0.25 e; the accuracy in measuring the interaction coordinate is ~ 0.3 cm.

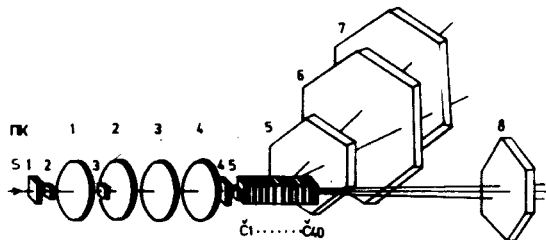
The investigation has been performed at the
Department of New Methods of Accelerations, JINR.

Выполненные в 1980-1982 гг. фотоэмульсионные эксперименты^{/1/}, в которых получено указание на необычно большое сечение взаимодействия ядерных фрагментов высокой энергии с веществом, инициировали интерес к проблеме аномалона. В ОИЯИ предложен^{/2/} электронный метод исследования этой проблемы, обеспечивающий высокую статистическую точность и возможность изучения зависимости явления от многих параметров /энергия пучка, заряд фрагментов и пр./ . Для исследования проблемы аномалона на синхрофазотроне ЛВЭ, где получены рекордные энергии ускоренных ядер, создана на основе этого метода установка и проведены эксперименты на пучках ядер кислорода, фтора, неона и магния. Одновременно аналогичные эксперименты проведены и другими группами^{/3,4/}.

Выбор метода исследования определяется свойствами взаимодействия ядер, которые до энергий 4 ГэВ/нуклон хорошо изучены^{/5/}: большая часть быстрых фрагментов образуется как частицы-наблюдатели в периферических взаимодействиях, они излучаются в узком конусе вперед и имеют скорости, близкие к скорости первичного ядра. Эти обстоятельства позволяют использовать для исследования взаимодействия фрагментов релятивистских ядер их черенковское излучение^{/2/}.

Схема экспериментальной установки показана на рис.1. Принципиальной частью ее является "живая" мишень-детектор из 40 черенковских счетчиков с радиаторами из плексигласа толщиной по пучку 5,2 мм и фотоумножителями типа ФЭУ-84. По оси пучка счетчики расположены с шагом 6 мм, в перпендикулярной плоскости они развернуты веером с шагом $25,7^\circ$ и периодом 180° , образуя чувствительную область диаметром 20 мм. Интенсивность черенковского света релятивистского фрагмента пропорциональна квадрату заряда фрагмента. Свет испытывает полное внутреннее отражение в радиаторе, если отклонение фрагмента с импульсом 4,2 ГэВ/с от оси пучка не превышает $+2,5^\circ$ ^{/6/}. Полное внутреннее отражение света создает условия для полного сбора фотонов черенковского излучения фрагментов на фотокатод ФЭУ, обеспечивая оптимальное зарядовое разрешение счетчиков. Первый счетчик

Рис.1. Схема экспериментальной установки. ПК1-8 - модули пропорциональных камер; S1-5 и C1-40 сцинтилляционные и черенковские счетчики.



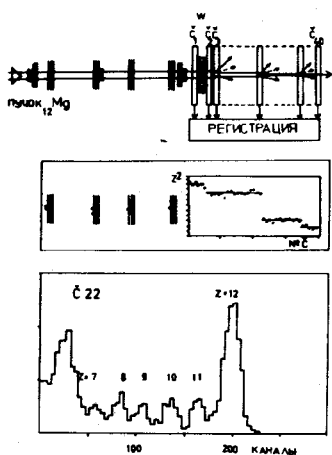


Рис.2. Схема черенковского детектора-мишени; дисплей-картина, иллюстрирующая принцип его работы; типичное амплитудное разрешение черенковского счетчика.

измеряет зарядовый состав пучка. Сменная мишень W позволяет получать информацию о зависимости явления от вещества мишени. Остальные счетчики измеряют заряд ядер и фрагментов, что и позволяет определять вершину взаимодействия по изменению их заряда. Амплитуды черенковских

импульсов измеряются 256-канальными зарядо-цифровыми преобразователями. В паузах между сбросами пучка работа всех счетчиков контролируется световыми сигналами, которые подводятся к каждому радиатору с помощью волоконного световода от одного светодиода. Дисплей события с тремя взаимодействиями ($Mg \rightarrow Na \rightarrow C \rightarrow B$) в мишени-детекторе показан на рис.2. Здесь же приведено типичное распределение по амплитуде сигналов черенковского счетчика (C22), образуемых пучковыми ядрами и его фрагментами.

Пакеты пропорциональных камер ПК1-ПК4 /рис.1/ измеряют координаты и углы пучкового ядра. Счетчики S1-S5 вырабатывают триггерный сигнал. Пакеты пропорциональных камер ПК5-ПК8 предназначены для уточнения координат взаимодействия первичного ядра и вторичных фрагментов. Каждый из пакетов ПК1-ПК8 состоит из трех однокоординатных пропорциональных камер, повернутых друг относительно друга на 60° . Катоды камер изготовлены из алюминиевой фольги толщиной 14 мкм, шаг сигнальных проволок 2 мм, зазор между электродами 7 мм. Размер чувствительной области камер ПК1-ПК4 - 128 мм, ПК5 и ПК8 - 384 мм, ПК6 - 640 мм, ПК7 - 896 мм. Газовая смесь состояла из аргона, изобутана /28%/, изопропилового спирта /30%/ и фреона 13B1 /0,2%/ [7].

Для контроля набора данных используется ЭВМ СМ-3 и программа реального времени MULTI/ЕС. Как правило, между циклами ускорителя анализируется одно событие с приоритетом набора данных. Контролируются значения амплитуд черенковских счетчиков, строятся типичные распределения с пропорциональных камер. Можно формировать и вычислять количественные и логические критерии при гистограммировании и анализе данных. Возможна геометрическая реконструкция треков в камерах и счетчиках.

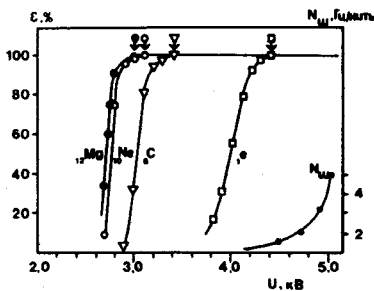


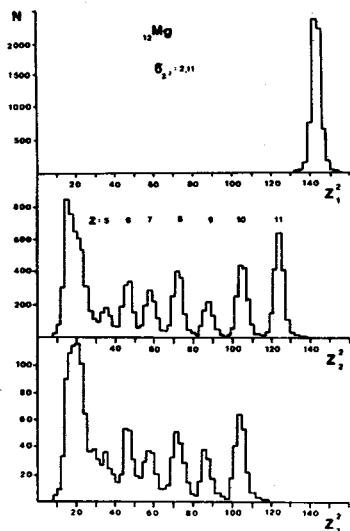
Рис. 3. Зависимость эффективности пучковых камер от высокого напряжения для различных ядер.

Измерения проведены на пучках ускоренных ядер углерода, кислорода, фтора, неона и магния. Интенсивность пучков до 10^6 1/цикл. По "у" координате пучок практически параллелен

с $\sigma_y = 13$ мм, по "х" координате - расходимость не превышает 10 мрад, а размер на входе в мишень $\sigma_x = 9$ мм. Длительность сброса пучка составляет 480 мс. Зарядовый состав пучка существенно зависит от режима работы синхрофазотрона, при ускорении ядер с $Z/A = 1/2$ примесь ядер ^{12}C составляет 10%.

На рис. 3 показана эффективность регистрации различных ядер пучковыми камерами в зависимости от высокого напряжения. Стрелками указано начало плато для соответствующего заряда Z . Средняя множественность числа сработавших групп проволок для одноканальных событий определяется электронами и не превышает 2 в области начала плато эффективности регистрации от напряжения. Точность измерения координаты входа в мишень составляет $\pm 0,4$ мм, а угловая точность $\pm 0,3$ мрад.

Амплитудное разрешение черенковских счетчиков одинаково для сигналов от ядер и светодиода и составляет 5,0% для заряда $Z = 8$.



Эффективность разделения нормальных фрагментов с пробегом более 3,5 см иллюстрируется рис. 4, где показаны зарядовые спектры ядер ^{24}Mg (Z_1^2) и его фрагментов второго (Z_2^2) и третьего (Z_3^2) поколений. Видно, что выделяются фрагменты до бора включительно. Зарядовое разрешение по семи счетчи-

Рис. 4. Зарядовые спектры ядра ^{24}Mg (Z_1^2) и его фрагментов второго (Z_2^2) и третьего (Z_3^2) поколения при отборе событий с пробегом более 3,5 см.

кам для $Z = 11$ составляет 0,1 е. Хорошее выделение линий /максимумов/ отдельных фрагментов на рис.4 свидетельствует о нетривиальной особенности фрагментации пучкового ядра: доминируют события с образованием одного фрагмента при довольно стабильном сопровождении другими частицами.

Точность измерения продольной координаты вершины взаимодействия, оцениваемая из независимого измерения ее в мишени и камерами плеча, составляет ~0,3 см.

Точность измерения средней длины свободного пробега ядра составляет 2,0% для ^{24}Mg .

Заключение

Предложена и реализована методика исследования взаимодействий фрагментов с ядерными мишенями на основе секционированного черенковского детектора /СЧД/.

Замечательной особенностью СЧД является почти полная нечувствительность к медленным и сильно ионизирующим вторичным продуктам, а также пониженная чувствительность к релятивистским частицам, которые отклонились от оси пучка на угол более 5° .

Установка эффективно разделяет фрагменты, измеряет вероятность их рождения, подавляет частицы сопровождения, измеряет средние длины свободного пробега ядер и релятивистских фрагментов.

Установка позволила провести исследования взаимодействия ядер углерода, кислорода, неона, магния и их фрагментов с легкими /углерод, кислород/ и тяжелыми /вольфрам/ ядрами мишени. Выполнен поиск аномальных фрагментов.

Литература

1. Friedlander E.M. et al. Phys.Rev.Lett., 1980, 45, p. 1084.
2. Голутвин И.А. и др. ОИЯИ, Р1-83-53, Дубна, 1983.
3. Stevenson J.D. et al. Phys.Rev.Lett., 1984, 52, p. 515.
4. Symons T.J.M. et al. Phys.Rev.Lett., 1984, 52, p. 982.
5. Агакишиев Г.Н. и др. ОИЯИ, Р1-84-35, Дубна, 1984.
6. Волков В.И. и др. ОИЯИ, Б1-1-83-584, Дубна, 1983.
7. Вишневский А.В. и др. ОИЯИ, 13-83-15, Дубна, 1983.

Рукопись поступила 22 ноября 1984 года.