

Московский ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени Государственный
университет имени М.В.Ломоносова. Научно-исследователь-
ский институт ядерной физики

На правах рукописи

Р - 173

1-81-341

РАЗИН
Степан Васильевич

ИССЛЕДОВАНИЕ
ИМПУЛЬСНЫХ СПЕКТРОВ ВТОРИЧНЫХ ПРОТОНОВ
ОТ СОУДАРЕНИЙ
ПРОТОНОВ И ДЕЙТРОНОВ С ЯДРАМИ
ПРИ 4,3; 6,3 И 8,9 ГэВ/с

Специальность 01.04.16 - физика атомного ядра
и элементарных частиц

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Работа выполнена в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации Объединенного института ядерных исследований.

Научный руководитель:

кандидат физико-математических наук
старший научный сотрудник

Л.С. АЖГИРЕЙ.

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук
профессор

В.В. БАЛАШОВ,

кандидат физико-математических наук
старший научный сотрудник

В.В. КОМАРОВ.

Ведущее научно-исследовательское учреждение:

Институт физики высоких энергий, г. Серпухов.

Защита диссертации состоится " _____ " _____ 1981 года
в _____ час. на заседании Специализированного совета № I Отделения
ядерной физики в Московском государственном университете имени
М.В. Ломоносова (К - 053.05.23). Москва, НИИЯФ МГУ, Ленинские горы,
19 корпус, аудит. 2-15.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке НИИЯФ МГУ.

Автореферат разослан " _____ " _____ 1981 года.

Ученый секретарь
Специализированного совета № I ОЯФ
в МГУ им. М.В. Ломоносова
кандидат физико-математических наук

 Н.Е. КАШ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы

Изучение соударений адронов и ядер с ядрами при высоких энергиях является важным источником информации о механизме их взаимодействия и внутренней структуре сложных ядерных систем. При энергиях, больших нескольких десятков МэВ, дебройлевская длина волны частицы становится много меньше среднего расстояния между нуклонами в ядре и основную роль начинают играть взаимодействия падающей частицы с отдельными внутриядерными нуклонами.

Уже первые исследования неупругих взаимодействий протонов с ядрами при 660 МэВ^{/1/} показали, что неупругие столкновения высокоэнергетических протонов с ядрами являются уникальным средством изучения явления кластеризации ядерной материи. Дальнейшее развитие проблема передачи налетающими протонами больших энергий ядерным фрагментам нашла в экспериментах по исследованию явлений, происходящих в областях, кинематически запрещенных для столкновений свободных нуклонов (кумулятивный эффект)^{/2/}

Изучение энергетических и угловых характеристик продуктов ядерных реакций, вызываемых частицами высокой энергии, дает возможность получать сведения об импульсных распределениях нуклонов в основном состоянии ядер. Самым непосредственным образом характер импульсного распределения нуклонов в основном состоянии ядер проявляется при квазиупругом рассеянии быстрых протонов в легких ядрах. Ширина наблюдаемого в импульсном спектре рассеянных протонов пика от квазиупругого рассеяния обусловлена движением внутриядерных нуклонов^{/3/}.

Падающие адроны могут испытывать многократные столкновения с нуклонами в ядре. По мере возрастания величины переданного импульса столкновения, в которых принимают участие два и более нуклонов ядра-мишени, становятся более частыми. Наблюдение кратных столкновений высокоэнергетических адронов с нуклонами в ядре^{/4-8/} помимо выявления механизма взаимодействия дает возможность изучения эффектов, связанных с внутриядерными корреляциями нуклонов.

Упругое и неупругое рассеяние электронов из-за электромагнитного характера взаимодействия является одним из наиболее эффективных методов изучения пространственного распределения заряда в ядре, т.е. протонов. В отличие от электронов протоны являются сильновзаимодействующими частицами, их использование в качестве пробных частиц позволя-

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
БИБЛИОТЕКА

ет получить информацию о пространственном распределении как протонов, так и нейтронов в ядрах /9/

Исследования взаимодействий ядер высокой энергии с ядрами помимо сведений, имеющих непосредственное отношение к структуре атомного ядра, могут дать новую информацию для развития подходов, рассматривающих рассеяние адронов как столкновения между некоторыми своеобразными составными системами. В центральных столкновениях высокоэнергетичных ядер оказывается возможным наблюдать процессы образования частиц в условиях экстремально высоких температур, плотностей и давления в ядрах. Периферические столкновения, где возможно кинематически разделить процессы, связанные с мишенью и с налетающим ядром, представляют интерес с точки зрения изучения структуры ядер, релятивистских компонент волновых функций нуклонов в ядрах, и, по-видимому, можно надеяться, что в таких реакциях окажется возможным получить информацию о кварковой структуре ядер /10/.

Открываются новые возможности и в детектировании многократного дифракционного нуклон-нуклонного рассеяния высокой кратности. Когда в качестве падающих частиц используются дейтроны /11/, то уже процессы упругого и квазиупругого дейтрон-протонного рассеяния могут интерпретироваться как двукратные нуклон-нуклонные столкновения.

Цель работы - экспериментальное исследование спектров вторичных протонов, испущенных в соударениях протонов и дейтронов высокой энергии с атомными ядрами в широком интервале изменения массового числа ядре-мишени.

Научная новизна и практическая ценность. В диссертации приводятся результаты проведенных на синхрофазотроне ОИЯИ с помощью одноплечевое магнитного спектрометра с проволочными искровыми камерами на линии с ЭВМ измерений спектров протонов, испущенных под углом 103 мрад в соударениях протонов с импульсами 4,3; 6,3 и 8,9 ГэВ/с с ядрами водорода, дейтерия и углерода. До недавнего времени были известны лишь результаты измерений импульсных спектров протонов, рассеянных на ядрах вблизи 20 ГэВ/с /8/. При энергиях 4-9 ГэВ данные об импульсных спектрах вторичных протонов получены впервые. Анализ полученных экспериментальных данных в рамках теории многократного дифракционного рассеяния показал, что при передачах импульса $0,2-0,8$ (ГэВ/с)² существенную роль в протон-ядерных взаимодействиях играют многократные нуклон-нуклонные столкновения в ядре-мишени.

В диссертации получены новые экспериментальные данные об импульсных спектрах протонов, испущенных под углом 103 мрад в результате развала дейтронов с импульсом 6,3 ГэВ/с на ядрах водорода, дейтерия, углерода, алюминия и висмута. Известные экспериментальные исследования

процессов развала релятивистских дейтронов во взаимодействиях с ядрами состояли преимущественно в измерениях выходов протонов и нейтронов под углами, близкими к 0° /12-14/. Анализ результатов этих исследований показал, что основными процессами, ответственными за развал дейтронов, являются стриппинг дейтронов, а также процессы когерентной дифракционной диссоциации, кулоновской диссоциации и некогерентной диссоциации дейтронов на ядрах /15/. Другой подход к исследованию процессов развала дейтронов на ядрах состоит в измерениях под фиксированными углами импульсных спектров испущенных протонов. Этот метод был использован для изучения процессов развала дейтронов на протонах при 2,95 ГэВ/с и на ядрах при 3,5 и 5,8 ГэВ/с /16,17/.

В описываемых в диссертации экспериментах угол наблюдения протонов составлял 103 мрад и находился за пределами конуса, в котором сосредоточена подавляющая часть протонов-спектаторов, испущенных в результате стриппинга и когерентной диссоциации дейтронов. Поэтому в настоящих экспериментах наблюдались большей частью не протоны-спектаторы от стриппинга и когерентной дифракционной диссоциации, а протоны, испущенные в результате упругого p-p или обменного p-p рассеяния одного из нуклонов налетающего дейтрона на нуклоне ядре-мишени.

Полученные в диссертации данные о взаимодействиях протонов и дейтронов с ядрами могут найти практическое применение при проектировании биологической защиты ускорителей заряженных частиц, в физике космических лучей, а также при конструировании различных космических объектов.

Апробация работы и публикации. Основные результаты, изложенные в диссертации, докладывались на научных семинарах Лаборатории теоретической физики и Лаборатории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ, на VII Международной конференции по физике высоких энергий и структуре атомного ядра, Цюрих, 1977 год; на Международной конференции по кластерным аспектам ядерной структуры и ядерных реакций, Виннипег, 1978 год; на VIII Международной конференции по физике высоких энергий и структуре атомного ядра, Ванкувер, 1979 год. По результатам выполненных исследований опубликовано 4 работы, список которых приведен в конце автореферата.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и приложения, содержит 137 страниц машинописного текста, 27 рисунков, 8 таблиц и библиографический список литературы из 100 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение содержит краткий обзор имеющихся в настоящее время экспериментальных данных, относящихся к взаимодействиям частиц и ядер высокой энергии с ядрами. Обсуждаются возможности исследования структуры ядра и механизмов взаимодействия адронов и ядер с ядрами при высоких энергиях. Рассматриваются теоретические модели, используемые для интерпретации экспериментальных данных.

В первой главе излагаются основные положения модели многократного дифракционного рассеяния, приводятся формулы, используемые в последующем для расчетов дифференциальных сечений и импульсных распределений вторичных частиц, испущенных в протон- и дейтрон-ядерных соударениях, выводятся выражения для расчета импульсных спектров протонов от соударений с дейтронами с учетом взаимодействия нуклонов в конечном состоянии дейтрона.

Вторая глава диссертации посвящена вопросам, связанным с методом исследования импульсных спектров вторичных частиц, испущенных в протон- и дейтрон-ядерных столкновениях. Измерения импульсных спектров проводились с помощью одноплечевого магнитного спектрометра с детектирующей аппаратурой из двухкоординатных искровых камер и сцинтилляционных счетчиков на линии с ЭВМ. Основные характеристики спектрометра приведены в таблице I.

Таблица I. Основные характеристики спектрометра

Количество вещества на пути частиц	9,0 г/см ²
Число каналов регистрации	около 6000
Частота срабатывания	125 Гц
Горизонтальный угловой эксептанс	±1,7 мрад
Вертикальный угловой эксептанс	±1,7 мрад
Телесный угол входной ветви	1,19 · 10 ⁻⁵ ср
Импульсный эксептанс (при 6 ГэВ/с)	±11,4%
Импульсное разрешение (при 6 ГэВ/с)	±0,25%
Разрешение по времени пролета	±0,8 нс

Схема эксперимента показана на рис. I. Пучок выведенных из синхрофазотрона ОИИИ протонов или дейтронов падал на мишени из CH_2 , CD_2 и C , а также Al и Bi в случае пучка дейтронов. Интенсивность пучка составляла от $5 \cdot 10^8$ до $5 \cdot 10^9$ частиц за цикл длительностью ~300 мкс. Траектории частиц до и после анализирующего магнита регистрировались искровыми камерами $K_I \dots K_{II}$. Триггером системы искровых камер служил импульс совпадений от сцинтилляционных счетчиков

$C_I \dots C_4$. Экспериментальная информация через аппаратуру связи поступала на ЭВМ БЭСМ-4, записывалась на магнитные ленты и подвергалась предварительной обработке в ходе эксперимента. Окончательная обработка данных проводилась на ЭВМ СДС-6400. При измерении спектров протонов, испущенных в $p-A$ соударениях, в интервале импульсов от 2,6 до 3,6 ГэВ/с протоны отделялись от дейтронов с помощью измерения времени пролета на базе ~20 м между счетчиками C_0 и C_4 .

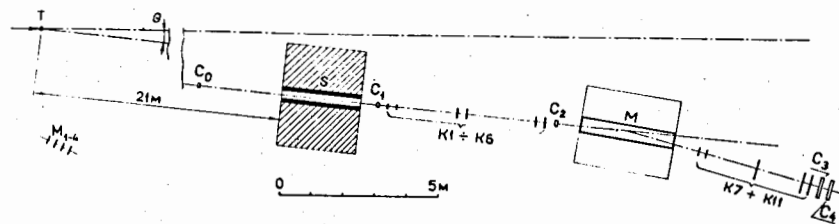


Рис. I.

Схема эксперимента. T - мишень, S - защита, M - анализирующий магнит, $C_0 - C_4$ - сцинтилляционные счетчики, $K_1 - K_{11}$ - двухкоординатные проводочные искровые камеры, M_{1-4} - монитор.

Конструкция и основные параметры, характеризующие работу искровых камер, описываются в § 2 второй главы. В § 3 рассматривается процедура проведения абсолютной нормировки импульсных спектров, измеренных в относительных единицах, а также порядок определения импульсов вторичных заряженных частиц. Абсолютное мониторирование пучка дейтронов проводилось посредством измерения наведенной в результате реакции $^{27}\text{Al}(d, X)^{24}\text{Na}$ активности ядер ^{24}Na в тонких алюминиевых фольгах, облученных в месте расположения мишени. Такие же измерения выполнялись и для пучка протонов с импульсом 8,9 ГэВ/с. Во всех опытах с пучками протонов абсолютная нормировка спектров производилась путем приравнивания площадей пиков от упругого $p-p$ рассеяния соответствующим значениям дифференциального сечения этого процесса, полученным из известных экспериментальных данных.

В главе 3 диссертации обсуждаются результаты измерений импульсных спектров протонов, испущенных под углом 103 мрад в лабораторной системе в столкновениях протонов с ядрами водорода, дейтерия и углерода при 4,3; 6,3 и 8,9 ГэВ/с. Наблюдаемые импульсные спектры показаны на рис. 2. Путем анализа низкоимпульсных частей измеренных спектров протонов от $p-p$ соударений при 6,3 и 8,9 ГэВ/с методом недо-

стающих масс определены дифференциальные сечения образования нуклонных резонансов $N^*(1236)$, $N^*(1410)$, $N^*(1520)$ и $N^*(1690)$.

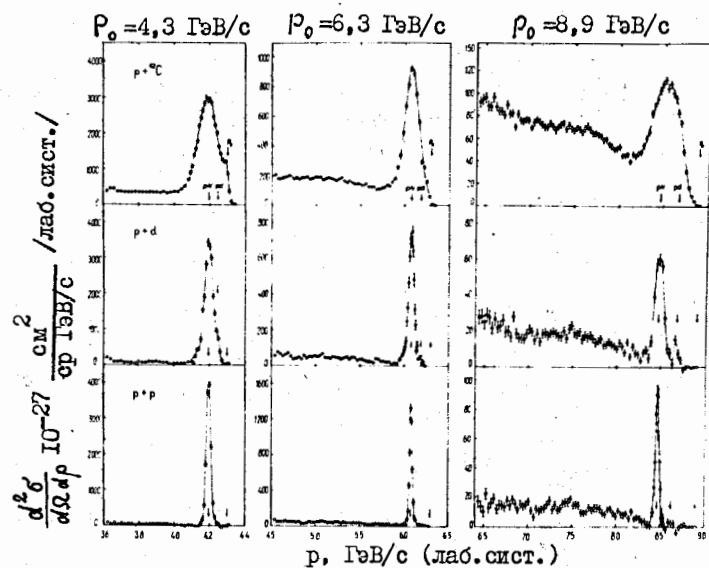


Рис. 2.

Импульсные спектры протонов от соударения протонов с протонами, дейтронами и ядрами углерода. Сплошные кривые проведены визуально.

Характер высокоимпульсных частей спектров вторичных протонов свидетельствует о важной роли многократных нуклон-нуклонных рассеяний в ядерных взаимодействиях протонов в условиях описываемых экспериментов. В высокоимпульсной области спектров вторичных протонов, испущенных в $p-d$ соударениях, обнаруживается двухпиковая структура. При 8,9 ГэВ/с в спектре заметны два четко разделенных пика, первый из которых, отвечающий большим импульсным потерям и кинематически соответствующий упругому $p-p$ рассеянию, обязан своим происхождением протонам, испытавшим квазиупругое рассеяние на протоне или нейтроне в дейтроне, тогда как в область второго пика, кинематически отвечающего упругому $p-d$ рассеянию, помимо упругого рассеяния на дейтроне как целом вносит вклад также процесс двукратного протон-нуклонного рассеяния в дейтроне.

Вклады от однократного и двукратного протон-нуклонного рассеяния в $p-d$ соударениях наблюдались ранее и вблизи 20 ГэВ/с.¹²⁾

Высокоимпульсные участки спектров анализируются в рамках модели многократного дифракционного рассеяния. Исследуется чувствительность

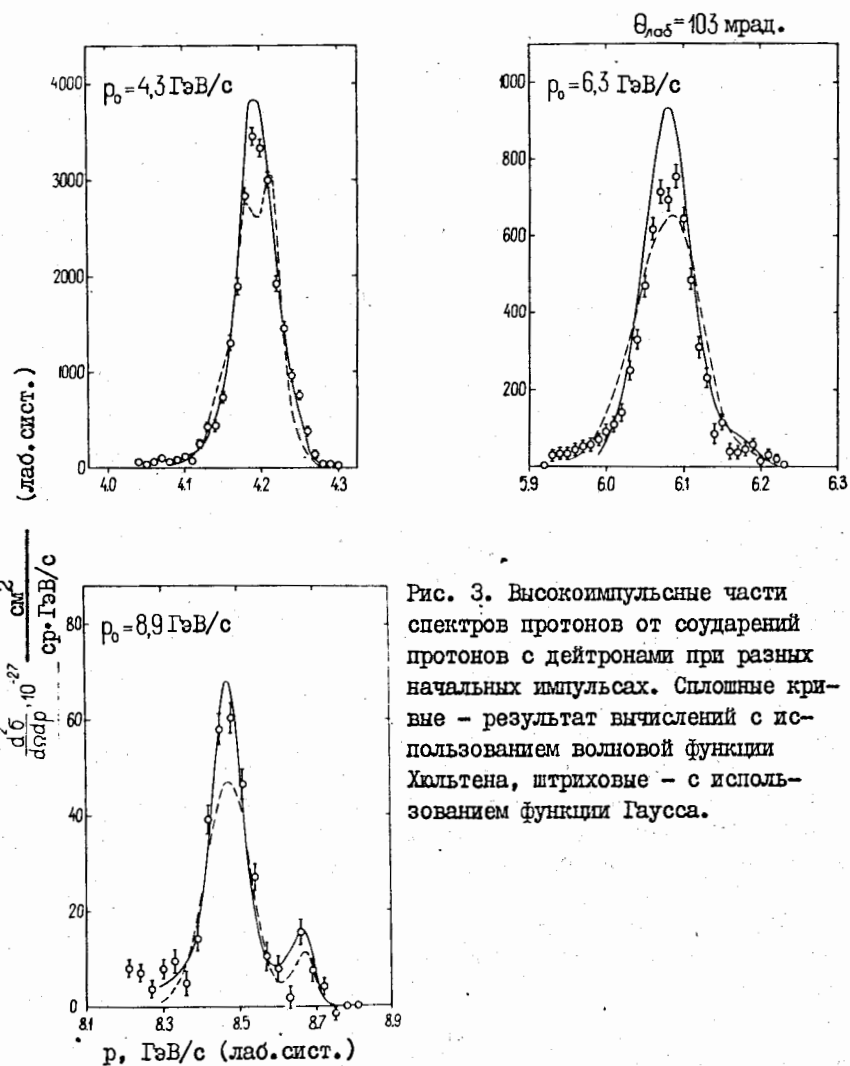


Рис. 3. Высокоимпульсные части спектров протонов от соударений протонов с дейтронами при разных начальных импульсах. Сплошные кривые - результат вычислений с использованием волновой функции Хильтена, штриховые - с использованием функции Гаусса.

результатов расчетов $p-d$ спектров к выбору волновых функций начального и конечного состояний дейтрона-мишени. Сопоставление результатов расчетов с экспериментальными данными приводится на рис. 3. Лучшее согласие рассчитанных распределений вторичных протонов от $p-d$ соударений с экспериментальными данными достигается при описании начального и конечного состояний дейтрона-мишени волновыми функциями, являющимися решениями уравнения Шредингера для связанного и несвязанного состояний $n-p$ системы.

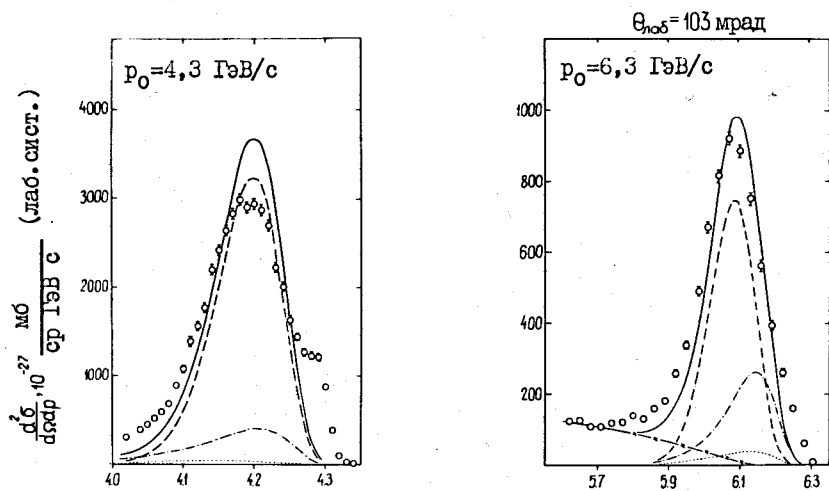


Рис. 4. Высокоимпульсные части спектров протонов от соударений протонов с ядрами углерода при разных начальных импульсах. Штриховая кривая - результат вычислений вклада протонов, испытавших однократные, штрих-пунктирная - двукратные, пунктирная - трехкратные $N-N$ рассеяния, происходящие без образования мезонов. Штриховая кривая со звездочками - результат экстраполяции неупругих частей экспериментальных спектров в область пиков от квазиупругого рассеяния. Сплошная кривая - результат суммирования вкладов от рассеяний различной кратности.

На рис. 4 приводятся результаты расчетов импульсных распределений протонов, испущенных в $p-C$ соударениях. Сопоставление их с экспериментальными данными показывает, что рассчитанные распределения удовлетворительно воспроизводят экспериментальные спектры. Видно также, что с увеличением начального импульса возрастает вклад в спектр протонов, испытавших $N-N$ рассеяния высокой кратности.

Четвертая глава диссертации посвящена результатам исследований процесса развала дейтронов на ядрах. Измеренные в интервале 2,6-3,6 ГэВ/с импульсные спектры протонов, испущенных под углом

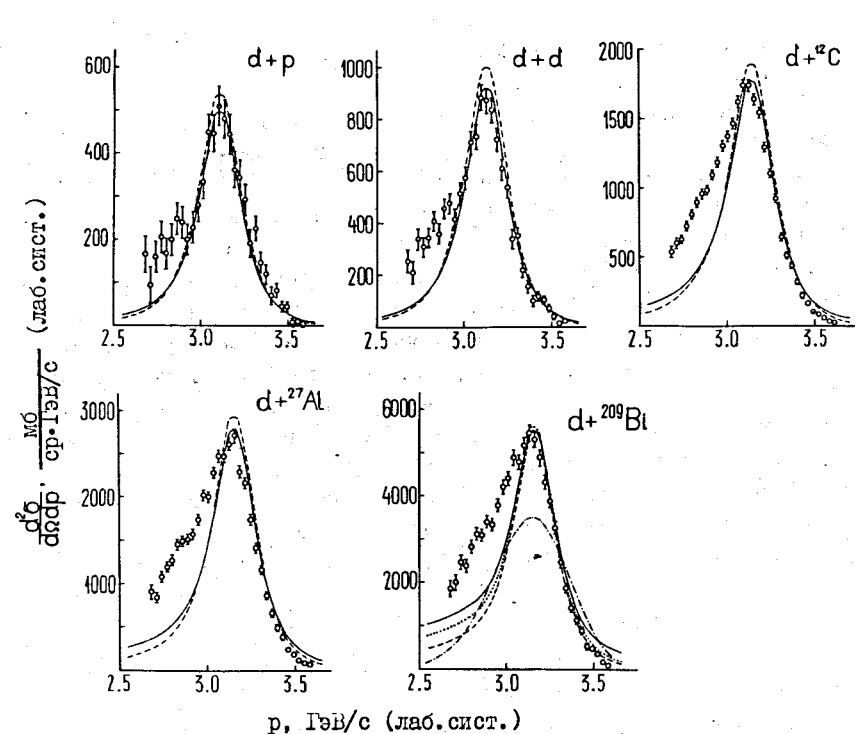


Рис. 5

Импульсные спектры протонов от соударений дейтронов с ядрами водорода, дейтерия, углерода, алюминия и висмута при 6,3 ГэВ/с. Сплошные кривые - результат вычислений с использованием волновой функции Рейда, штриховые кривые - с функцией Моравчика-Гартенхауза. Для $d-Bi$ соударений показаны также результаты вычислений с волновой функцией Хьюлтена (точечная кривая) и с волновой функцией в виде гауссового распределения (штриховая кривая).

103 мрад в лаб. системе в соударениях дейтронов с импульсом 6,3 ГэВ/с с ядрами водорода, дейтерия, углерода, алюминия и висмута, показаны на рис. 5. Все измеренные спектры имеют максимум при $\sim 3,1$ ГэВ/с и полную ширину на полувысоте 280-300 МэВ/с. На левом склоне протонных пиков виден характерный уступ, наличие которого свидетельствует о том, что процессы развала дейтронов в некоторых случаях сопровождаются образованием пионов.

Полученные экспериментальные данные интерпретируются в рамках модели многократного дифракционного рассеяния с учетом релятивистской

деформации волновой функции дейтрона. Результаты проведенных для различных волновых функций дейтрона расчетов также показаны на рис. 5. Сопоставление их с экспериментальными данными позволяет сделать вывод, что распределения, рассчитанные с использованием функций Рейда и Моравчика-Гартенхауза, удовлетворительно воспроизводят форму правых склонов всех протонных пиков. Так же ведет себя и распределение, рассчитанное с функцией Хюльтенё. С другой стороны, результаты расчетов с волновой функцией в виде функции Гаусса плохо согласуются с экспериментальными данными. Форма импульсных распределений в основном определяется импульсным распределением нуклонов в дейтроне, лоренцевски уширенным при переходе из системы покоя дейтрона в лабораторную систему.

Для оценки величины дифференциальных сечений испускания протонов, соответствующих только процессам квазиупругого рассеяния нуклонов дейтрона на нуклонах ядра-мишени, рассчитанные с функцией Рейда распределения были проинтегрированы по импульсу в пределах 2,5-3,6 ГэВ/с. Полученные таким путем значения сечений $d\sigma/dw$ для всех ядер, кроме водорода, можно аппроксимировать зависимостью $d\sigma/dw \sim A^{0,44}$, что свидетельствует о том, что развал дейтрона происходит в основном в узком кольце вблизи края ядра.

В приложении выписаны формулы для расчета импульсных спектров протонов, испущенных в протон-дейтронных столкновениях, с учетом взаимодействия нуклонов в конечном состоянии дейтрона.

В заключении обсуждаются физические следствия полученных результатов и некоторые дальнейшие проблемы.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ, ВЫДВИГАЕМЫЕ ДЛЯ ЗАЩИТЫ

1. С помощью одноплечевого магнитного спектрометра с детектирующей аппаратурой из проволочных искровых камер и сцинтилляционных счетчиков на линии с ЭВМ под углом 103 мрад в лаб. системе измерены импульсные спектры протонов, испущенных в соударениях протонов с ядрами водорода, дейтерия и углерода при начальных импульсах протонов 4,3; 6,3 и 8,9 ГэВ/с. При этих энергиях такие данные получены впервые.

2. Из анализа низкоимпульсных частей измеренных спектров протонов от $p-p$ соударений при 6,3 и 8,9 ГэВ/с определены дифференциальные сечения образования нуклонных резонансов $N^*(I236)$, $N^*(I410)$, $N^*(I520)$ и $N^*(I680)$. Найденные значения дифференциальных сечений качественно согласуются с данными, полученными при других энергиях.

3. Характер высокоимпульсных частей измеренных спектров свидетельствует о важной роли многократных нуклон-нуклонных рассеяний в процессах взаимодействия протонов с атомными ядрами при рассматриваемых энергиях. Во взаимодействиях протонов с дейтронами при

8,9 ГэВ/с экспериментально разделены вклады в импульсный спектр протонов, испытавших однократные и двукратные рассеяния на нуклонах в дейтроне.

4. Высокоимпульсные части спектров протонов от соударений протонов с ядрами дейтерия и углерода удовлетворительно воспроизводятся в рамках модели многократного дифракционного рассеяния. Согласно расчетам вклад двукратного протон-нуклонного рассеяния в область пика, кинематически отвечающего упругому $p-d$ рассеянию при 8,9 ГэВ/с, составляет 65-75%.

5. Исследована задача учета взаимодействия нуклонов в конечном состоянии в протон-дейтронных соударениях. Лучшее согласие рассчитанных распределений протонов с экспериментальными данными достигается при использовании в качестве волновых функций начального и конечного состояний дейтрона функций, определенных в результате решения уравнения Шредингера с потенциалом Хюльтенё для связанного и несвязанного состояний $n-p$ системы.

6. Для угла 103 мрад в лабораторной системе определены дифференциальные сечения рассеяния протонов с импульсом 4,3; 6,3 и 8,9 ГэВ/с на ядрах дейтерия и углерода.

7. Под углом 103 мрад в лаб. системе измерены импульсные спектры протонов, испущенных в результате развала дейтронов с импульсом 6,3 ГэВ/с на ядрах водорода, дейтерия, углерода, алюминия и висмута. В этой области импульсов дейтронов данные получены впервые. Впервые наблюдается образование пионов в процессе развала дейтронов на ядрах.

8. Определены дифференциальные сечения испускания протонов в соударениях дейтронов с ядрами при 6,3 ГэВ/с. Для всех ядер за исключением водорода их можно аппроксимировать зависимостью вида

$$d\sigma/dw \sim A^{0,44}$$

Такая зависимость свидетельствует о том, что взаимодействия, приводящие к развалу дейтрона, локализованы в основном в узком кольце вблизи края ядра.

9. Спектры испущенных протонов удовлетворительно воспроизводятся в рамках модели многократного дифракционного рассеяния с учетом деформации волновой функции дейтрона. Ширина протонных пиков определяется в основном импульсным распределением нуклонов внутри дейтрона, лоренцевски уширенным при переходе из системы покоя дейтрона к лабораторной системе, и слабо зависит от атомного номера ядра-мишени. Эффект взаимодействия нуклонов в конечном состоянии $n-p$ системы в условиях настоящих экспериментов оказывается небольшим.

Результаты диссертации опубликованы в работах:

1. Ажгирей Л.С., Алавердян Г.Б., Взоров И.К., Жмыров В.Н., Иванов В.В., Игнатенко М.А., Кузнецов А.С., Лыкасов Г.И., Мещеряков М.Г., Рэзин С.В., Столетов Г.Д. ОИЯИ, PI-II455, Дубна, 1978; ЯФ, 1978, 28, с. 1005.
2. Ажгирей Л.С., Взоров И.К., Жмыров В.Н., Иванов В.В., Игнатенко М.А., Кузнецов А.С., Мещеряков М.Г., Рэзин С.В., Столетов Г.Д. ОИЯИ, I-10842, Дубна, 1977; ЯФ, 1978, 26, с. 1027; In: Intern. Conf. on High-Energy Phys. & Nucl. Structure, 7th, Zürich, 1977, Abstracts, Villigen, 1977, p. 184.
3. Azhgirei L.S., Ignatenko M.A., Ivanov V.V., Kuznetsov A.S., Mescheryakov M.G., Rasin S.V., Stoletov G.D., Vzorov I.K. and Zhmyrov N.N. Nucl. Phys., 1978, A305, p. 404; JINR, E1-10831, Dubna, 1977.
4. Azhgirei L.S., Ignatenko M.A., Ivanov V.V., Kuznetsov A.S., Mescheryakov M.G., Rasin S.V., Stoletov G.D., Vzorov I.K. and Zhmyrov V.N. In: Clustering Aspects of Nuclei Structure and Nucl. Reactions. Winnipeg, 1978. Proc... New York, AIP, 1978, p. 670.

Цитированная литература

1. Ажгирей Л.С. и др. ЖЭТФ, 1967, 33, с. 1185; Sutter R.J. e.a. Phys. Rev. Lett., 1967, 19, p. 1189.
2. Балдин А.М., ЭЧАЯ, 1977, 8, 429.
3. Ажгирей Л.С. и др., ЖЭТФ, 1969, 36, с. 1631.
4. Cocconi G. e.a. Phys. Rev., 1962, 126, p. 277.
5. Allaby J.V. e.a. Phys. Lett., 1969, B30, p. 549.
6. Amaldy U. e.a. Nucl. Phys., 1972, B39, p. 39.
7. Allaby J.V. e.a. Nucl. Phys., 1973, B52, p. 316.
8. Klovning A., Kofoed-Hansen O., Schlüppmann K. Nucl. Phys., 1973, B54, p. 29.
9. Alkhasov G.D. e.a. Phys. Repts., 1978, C42, p.89.
10. Goldhaber A.S., Heckman H.H. Ann. Rev. Nucl. Part. Sci., 1978, 28, p. 161.
11. Ажгирей Л.С. и др., ОИЯИ, PI-9265, Дубна, 1975.
12. Lander R.L. e.a. Phys. Rev., 1965, B137, p. 1228.
13. Bizard G. e.a. Nucl. Instr. and Meth., 1973, 111, pp. 445, 451.
14. Bowles P. e.a. Santa Fe Conference on High Energy Physics and Nuclear Structure, June 1975, Abstracts, p. 336, Los Alamos, 1975.
15. Faldt G. Phys. Rev., 1970, D2, p. 846.
16. Fabbri F.L. e.a. Lett. Nuovo Cim., 1976, 17, p. 21.
17. Steiner H. In: "Particle Physics", ed. by M.Martinis, Amsterdam, 1974, p. 69.

Рукопись поступила в издательский отдел

21 мая 1981 года.