

ДУБНА·1980

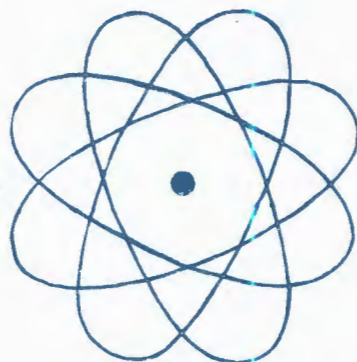
ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ



JOINT INSTITUTE FOR NUCLEAR RESEARCH

1980·DUBNA

**ОТЧЕТ
О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ**



ЕЖЕГОДНОЕ ИЗДАНИЕ

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
РУКОВОДЯЩИЕ И КОНСУЛЬТАТИВНЫЕ ОРГАНЫ ОИЯИ	
Деятельность руководящих и консультативных органов	10
Премии ОИЯИ за 1979 год	15
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ РАБОТЫ, ВЫПОЛНЕННЫЕ ЛАБОРАТОРИЯМИ И ОБЩЕИНСТИТУТСКИМИ ОТДЕЛАМИ ОИЯИ В 1980 ГОДУ	
Лаборатория теоретической физики	18
Лаборатория высоких энергий	24
Лаборатория ядерных проблем	36
Лаборатория ядерных реакций	46
Лаборатория нейтронной физики	58
Лаборатория вычислительной техники и автоматизации	68
Отдел новых методов ускорения	78
Отдел радиационной безопасности и радиационных исследований	84
МЕЖДУНАРОДНЫЕ СВЯЗИ И НАУЧНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО	86
НАУЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ	
Издательский отдел	106
Научно-техническая библиотека	106
Патентный отдел	108
АДМИНИСТРАТИВНО-ХОЗЯЙСТВЕННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ	110

ВВЕДЕНИЕ

1980 год явился для интернационального коллектива Объединенного института ядерных исследований завершающим годом пятилетки 1976-1980 гг. Успешно выполнен план научно-исследовательских работ и международного сотрудничества, получены новые важные результаты в области физики высоких, средних и низких энергий, в создании новых базовых и экспериментальных установок. Значительным успехом минувшего года явилось проведение энергетического пуска импульсного реактора ИБР-2. Реактор выведен на первую ступень мощности и испытан в импульсном режиме с натриевым охлаждением. При частоте 5 Гц достигнута импульсная мощность 120 МВт, что уже превышает мощность лучших стационарных исследовательских реакторов.

Теоретиками Института завершен важный этап работы по созданию замкнутой теории поля с фундаментальной длиной. Установлены новые масштабные свойства инклюзивных процессов с большими передачами импульса. Определены границы применимости теории возмущений в квантовой хромодинамике. Дальнейшее развитие получили методы аналитических вычислений на ЭВМ, теоретические исследования проблемы существования осцилляций нейтрино. Разработан новый подход к супергравитации.

На основе квазичастично-фононной модели ядра выполнены исследования основных состояний сферических и деформированных ядер, а также гигантских мультипольных резонансов. Для гигантских дипольного и квадрупольного резонансов в быстровращающихся ядрах показано, что вращение сильно влияет на характеристики резонансов. В теории ядерных реакций предложен микроскопический подход к описанию механизма глубоконеупругих столкновений тяжелых ионов. Проведен цикл исследований по мезон-ядерным

процессам. Исследована возможность фазового перехода ядер в состояние пионного конденсата и кварковую фазу. Развита теория динамики решетки при структурных фазовых переходах в сегнетоэлектриках, магнетиках, сверхпроводниках.

В экспериментах на синхрофазотроне получены новые экспериментальные данные о кумулятивном образовании частиц в столкновениях релятивистских ядер, подтверждающие гипотезу кумулятивного ядерного эффекта. Показано, что изучение кумулятивного эффекта является главным источником информации о распределении кварков в ядрах. Получены подробные данные о характеристиках ядро-ядерного взаимодействия и сведения о его механизме. Проведены исследования мультикварковых состояний и корреляций в процессах множественного образования частиц.

На пучке серпуховского ускорителя с помощью установки БИС-2 получены указания на существование новых узких резонансов с массами 1950 и 2260 МэВ. Подробно проанализированы процессы множественного образования обычных и странных частиц в $\bar{p}p$ -взаимодействиях при импульсе 23 ГэВ/с. На основе результатов, полученных с установки МИС, доказан резонансный характер АЗ-системы, определены зависимости сечения когерентного рождения трех пионов от атомного веса ядра-мишени. На установке РИСК продолжалось изучение данных о процессах множественного рождения на ядрах от водорода до свинца адронами с импульсом 40 ГэВ/с. Получены первые сведения о спиновых эффектах в обменном πp -рассеянии при энергиях свыше 20 ГэВ.

В совместном мюонном эксперименте на 400-ГэВ ускорителе ЦЕРНа получена обширная информация о процессах

глубокоупругого взаимодействия мюонов высокой энергии на ядре углерода. Получены важные физические данные о характере поведения структурных функций и масштабных свойствах процессов.

С помощью фотоэмульсий, облученных в нейтринных и протонных пучках ИФВЭ (Серпухов) и ФНАЛ (Батавия), исследовано образование очарованных частиц и суперядер. Идентифицирован распад очарованного F-мезона на 4 пиона. Зарегистрирован возможный случай образования и распада суперядра.

В опытах по поиску ядра ${}^7\text{H}$ и суперплотных ядер установлены верхние границы выхода. Завершен цикл исследований ориентированных радиоактивных ядер и получены новые сведения об их структуре. Эксперименты с поляризованными мюонами дали новые сведения о свойствах металлов в сверхпроводящей и нормальной фазах, о различных фазовых переходах.

На ускорителе У-400 проведен цикл экспериментов по синтезу и изучению изотопов курчатовия и более тяжелых элементов, по изучению характеристик спонтанного деления короткоживущих ядер с $Z > 100$. Продолжались поиски ядер сверхтяжелых элементов в космических лучах по трекам в оливинах из метеоритов. Обнаружено два трека, которые интерпретируются как следы ядер с $Z \geq 110$. Проведен цикл исследований нового процесса - эмиссии высокоэнергичных заряженных частиц при столкновении тяжелых ионов с ядрами, приводящего к образованию холодных ядер с высоким угловым моментом.

На реакторе ИБР-30 продолжалось изучение малонуклонных систем. Проведено исследование взаимодействия нейтронов промежуточных энергий с гелием-3. Впервые измерены полное сечение и сечение рассеяния в интервале энергий 1-200 кэВ. Измерены угловые распределения рассеянных нейтронов в килоэлектронвольтовой области с целью обнаружения влияния однопионного обмена на вариации амплитуд р-рассеяния у соседних нечетно-четных и четно-четных ядер. В экспериментах с ультрахолодными нейтронами зарегистрирован поток нагретых УХН из ядерной ловушки, который зависит от температуры ловушки. Получены пер-

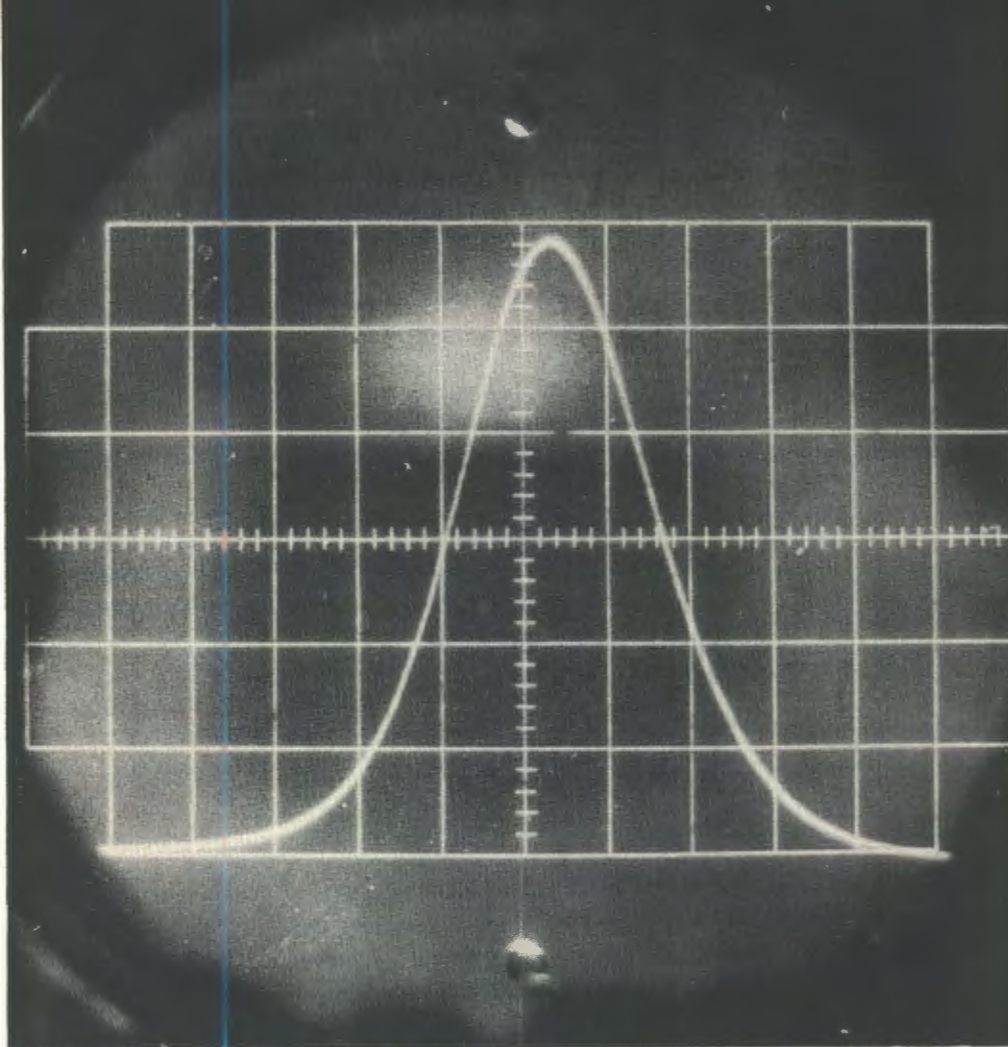
вые экспериментальные данные об альфа-распаде нейтронных резонансов селена-77. В исследованиях по физике конденсированных сред методом неупругого рассеяния нейтронов определены параметры кристаллического поля в трех интерметаллических соединениях. Методом малоуглового рассеяния нейтронов получены прямые экспериментальные данные о гидратации ионов полиметакриловой кислоты.

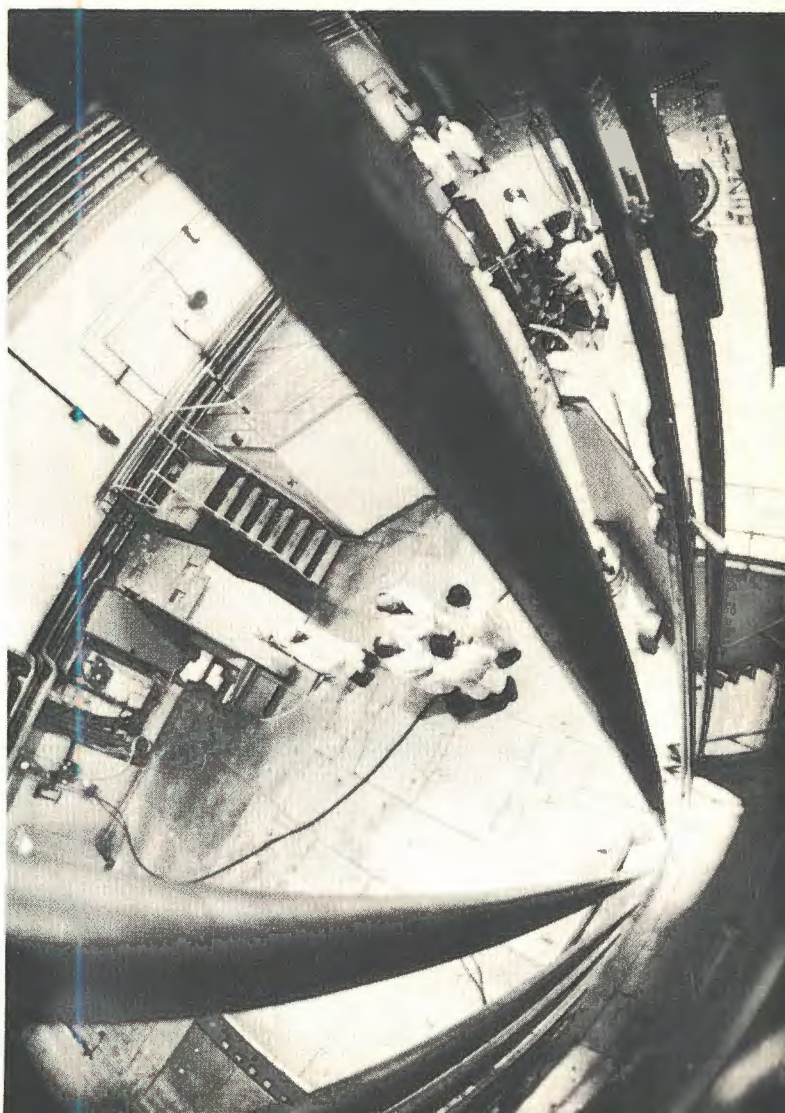
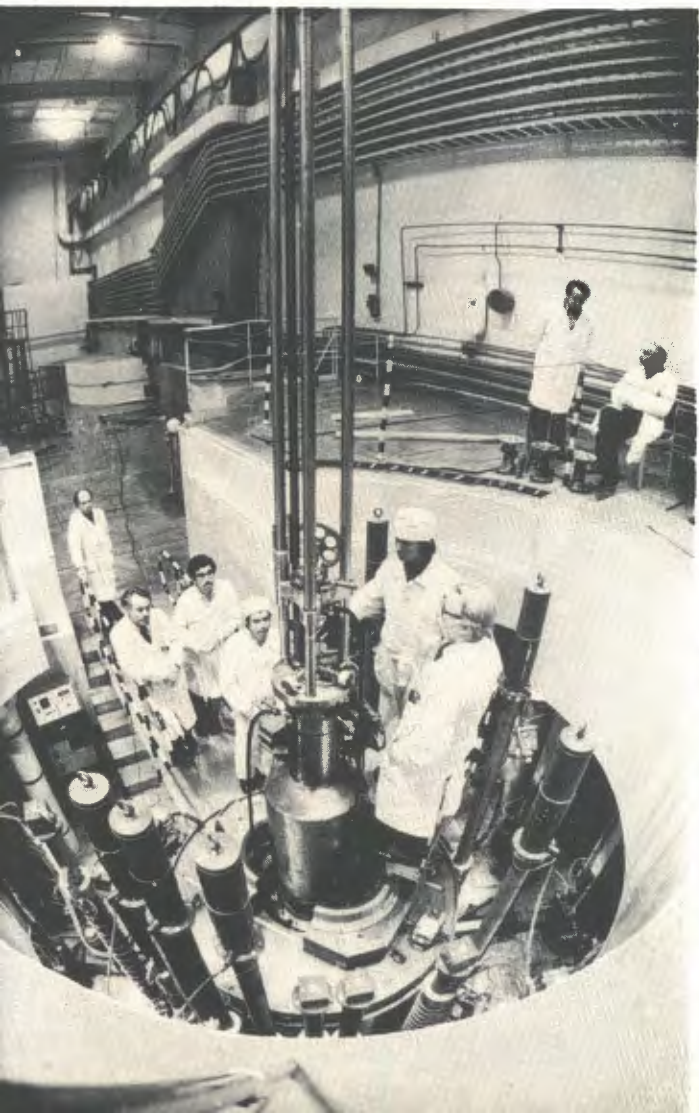
Большой объем работ выполнен по созданию и совершенствованию базовых и экспериментальных установок Института, развитию центрального вычислительного центра ОИЯИ и измерительно-вычислительных центров лабораторий. Завершено экспериментальное обоснование возможности создания нового типа ускорителя тяжелых ионов - коллективного линейного ускорителя с эффективностью ускорения, превышающей эффективность существующих линейных систем. Проведен ряд важных исследований в области ускорительной техники. Выполнен комплекс работ по реконструкции синхроциклотрона в сильноточный фазотрон. Дальнейшее развитие получил синхрофазотрон, возросли интенсивности имеющихся пучков, созданы новые пучки ${}^3\text{H}$ и ${}^3\text{He}$. На циклотроне У-400 осуществлен вывод пучка в двух направлениях и созданы два канала, на которых начаты эксперименты.

Проведены проектные и исследовательские работы по криогенному обеспечению ускорительно-накопительного комплекса. Создан проект по разработке полномасштабной станции перестройки частоты мощностью 200 кВ, успешно проведен запуск первой очереди станции.

В 1980 году успешно продолжало развиваться международное сотрудничество с научными центрами стран-участниц и научными организациями других стран. Сотрудники Объединенного института принимали участие в работе многих международных и национальных конференций, симпозиумов, совещаний. Представительные делегации ОИЯИ были направлены на такие крупнейшие научные форумы 1980 года, как Международная конференция по физике ядра в Беркли, Междуна-

29 октября 1980 года осуществлен энергетический пуск ИБР-2 - самого мощного в мире импульсного реактора периодического действия на быстрых нейтронах. Ученые ОИЯИ получили возможность проводить новые физические исследования атомного ядра, конденсированных сред и элементарных частиц.

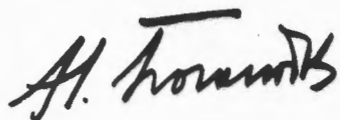




родная конференция по физике высоких энергий в Мэдисоне, Международная конференция по ускорителям высоких энергий в Женеве.

Институт явился организатором целого ряда больших научных конференций и школ, научно-организационных и рабочих совещаний.

Успех научной и производственной программы ОИЯИ обусловлен огромным творческим вкладом, который внесли ученые и инженеры ОИЯИ в тесном сотрудничестве с рабочими и служащими лабораторий, производственных подразделений, управления и других коллективов Института.



Н. Боголюбов
Директор Объединенного института
ядерных исследований

**РУКОВОДЯЩИЕ
И КОНСУЛЬТАТИВНЫЕ
ОРГАНЫ ОИЯИ**



ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ РУКОВОДЯЩИХ И КОНСУЛЬТАТИВНЫХ ОРГАНОВ

XLVII сессия Ученого совета Объединенного института ядерных исследований состоялась 8-12 января 1980 года. Члены Ученого совета заслушали доклад о выполнении решений XLV и XLVI сессий Ученого совета, отчеты о научно-исследовательской деятельности лабораторий в 1979 году, информацию о решениях секций Ученого совета ОИЯИ по теоретической физике, физике высоких и низких энергий, отчеты о международном сотрудничестве и связях ОИЯИ в 1979 году и планах на 1980 год, о кадрах специалистов из стран-участниц.

Ученый совет одобрил научно-исследовательскую деятельность лабораторий Института в 1979 году и утвердил проблемно-тематический план научно-исследовательских работ и международного сотрудничества ОИЯИ на 1980 год. Совет определил главные задачи Института на этот год, в числе которых:

- проведение проектных и исследовательских работ по ускорительному комплексу тяжелых ионов;

- монтаж оборудования отдельных систем установки "Ф" и их подготовка к физическому пуску;

- энергетический пуск реактора ИБР-2 и выполнение работ в соответствии с программой энергетического пуска ИБР-2;

- работы по созданию трактов пучков для работы на ускорителе У-400;

- создание проекта коллективного ускорителя - инжектора для ускорительного комплекса тяжелых ионов.

На сессии был заслушан доклад о состоянии дел по созданию УНК и УКТИ и перспективах работ по сооружению этих установок в пятилетии 1981-1985 годов.

Сессия Ученого совета одобрила проект "Пятилетнего плана развития

ОИЯИ на 1981-1985 гг." и отметила, что в проекте правильно отражены основные направления научной деятельности Института и предложенное в проекте распределение средств по направлениям является оптимальным.

Состоялись выборы на должности директоров и заместителей директоров лабораторий Института.

Комитет Полномочных Представителей правительств стран-участниц ОИЯИ на совещании 25-26 марта 1980 года одобрил работу Института по выполнению плана научно-исследовательских работ и международного сотрудничества в 1979 году и решения XLVI и XLVII сессий Ученого совета ОИЯИ по результатам научных исследований лабораторий, а также утвердил план научно-исследовательских работ и международного сотрудничества на 1980 год, принятый XLVII сессией Ученого совета.

Комитет Полномочных Представителей утвердил представленный дирекцией Института отчет об исполнении бюджета за 1978 год и протокол Финансового комитета Объединенного института ядерных исследований от 13-14 ноября 1979 года, принял к сведению сообщение дирекции ОИЯИ об исполнении бюджета Института за 1979 год и утвердил бюджет ОИЯИ и план капитального строительства на 1980 год.

Заслушав доклад директора Объединенного института ядерных исследований академика Н.Н.Боголюбова "О проекте пятилетнего плана развития Объединенного института ядерных исследований на 1981-1985 гг.", Комитет Полномочных Представителей утвердил пятилетний план развития ОИЯИ на 1981-1985 гг. и одобрил

предварительное распределение капиталовложений по направлениям деятельности ОИЯИ.

XLVIII сессия Ученого совета (29-30 мая 1980 года) приняла к сведению проект проблемно-тематического плана научно-исследовательских работ и международного сотрудничества лабораторий ОИЯИ на 1981 год и одобрила проекты планов проведения основных научных совещаний ОИЯИ и командирования специалистов ОИЯИ на международные и национальные конференции, симпозиумы, школы и совещания в 1981 году с учетом внесенных дополнений и изменений. Ученый совет одобрил деятельность секций Ученого совета по физике высоких и низких энергий и их комитетов и принял к сведению информацию о ходе работ по сооружению пусковых объектов и установок Института.

Ученый совет постановил приветствовать инициативу стран-участниц по проведению юбилейных мероприятий, посвященных 25-летию ОИЯИ - первого научного центра социалистических стран.

На сессии с научными докладами выступили член-корреспондент АН СССР А.М.Балдин, доктор физико-математических наук И.А.Голутвин, член-корреспондент АН СССР В.П.Джелепов, профессор И.В.Чувило.

Совет утвердил решение жюри о присуждении премий ОИЯИ за лучшие работы, выполненные в 1979 году.

XIII сессия секции Ученого совета ОИЯИ по теоретической физике состоялась 11 января 1980 года. Члены секции подвели итоги научной и научно-организационной деятельности Лаборатории теоретической физики за 1979 год и одобрили план научно-исследовательской работы и международного сотрудничества ЛТФ на 1980 год.

На сессии были заслушаны отчеты о выполнении решений XII сессии секции, об участии теоретиков ОИЯИ в международных конференциях, симпозиумах, школах, семинарах и намечены научно-организационные мероприятия на 1980 год.

Секция Ученого совета отметила существенные достижения в разработке актуальных проблем физики элементарных частиц, квантовой теории поля, физики атомного ядра и теории конденсированных сред.

Секция Ученого совета по физике высоких энергий в 1980 году заседала дважды. На XXIX сессии секции, состоявшейся 9 января 1980 года, были заслушаны отчеты о выполнении решений XXVIII сессии секции и о деятельности специализированных комитетов, доклад о сотрудничестве ОИЯИ с Институтом физики высоких энергий (Серпухов), доклад о состоянии дел по совместному ОИЯИ-ЦЕРН мюонному эксперименту и перспективах его развития в пятилетии 1981-1985 гг., отчет о состоянии дел по проекту "Нейтринный детектор". Особое внимание XXIX сессии было уделено рассмотрению предложений лабораторий в проект пятилетнего плана развития Института в 1981-1985 гг. в области физики высоких энергий, элементарных частиц и методов, обеспечивающих ее развитие.

На XXX сессии секции (27 мая 1980 года) были представлены отчеты о выполнении решений XXIX сессии секции, о деятельности специализированных комитетов, а также о состоянии обработки filmовой информации в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации и планах обработки на 1981 год. На сессии были заслушаны научные доклады, представленные Объединенным институтом ядерных исследований на XX Международную конференцию по физике высоких энергий (июль 1980 г., Мэдисон, США).

Специализированные комитеты - Комитет по электронным экспериментам, Камерный и Фотоэмульсионный комитеты - рассмотрели на своих заседаниях 12-15 февраля и 21-23 октября отчеты о работах, завершившихся в пятилетии 1976-1980 гг., и проекты крупных экспериментальных установок ОИЯИ, предназначенных для исследований в области физики высоких энергий в 1981-1985 гг. Экспертизу комитетов прошли проекты исследований на синхрофазотроне ОИЯИ, а также программа исследований, осуществляемых ОИЯИ на ускорителе Института физики высоких энергий в Серпухове. Ряд рассмотренных проектов предназначен для проведения экспериментов в области релятивистской ядерной физики на проектируемом ускорительном комплексе тяжелых ионов и экспериментов на ускорителях других исследовательских центров, с которыми ОИЯИ осуществляет научное сотрудничество.

Комитетами был рассмотрен также план развития средств обработки экспериментальной информации в ближайшем пятилетии. Все представленные лабораториями проекты рассмотрены и проанализированы. На основе проведенной сравнительной экспертной оценки проектов и рекомендаций комитетов выработаны предложения по очередности создания установок по годам пятилетия в целях наиболее эффективного использования базовых установок и ресурсов.

Секция Ученого совета ОИЯИ по физике низких энергий в 1980 году провела свои очередные сессии: XXIX сессию - 10 января 1980 года и XXX сессию - 28 мая 1980 года. Члены секции заслушали доклады о выполнении решений XXVIII и XXIX сессий, отчеты председателей специализированных комитетов о деятельности и решениях комитетов. На XXIX сессии были заслушаны и обсуждены доклады по предложениям лабораторий в проект пятилетнего плана развития ОИЯИ на 1981-1985 годы в области физики тяжелых ионов, структуры ядра, нейтронной физики и физики конденсированных сред. На этой же сессии были избраны новые составы рабочих органов специализированных комитетов: комитета по структуре ядра, комитета по нейтронной физике и комитета по физике тяжелых ионов.

На XXX сессии были заслушаны научные доклады, представленные Объеди-

ненным институтом ядерных исследований на Международную конференцию по ядерной физике (Беркли, США) и научные доклады Лаборатории нейтронной физики о наиболее важных результатах в фундаментальных и прикладных исследованиях с помощью нейтронов. Секция подвела итоги работы международных конференций и совещаний по физике низких энергий, в организации и проведении которых приняли участие сотрудники Объединенного института ядерных исследований в 1980 году.

Специализированные комитеты при секции Ученого совета по физике низких энергий проводили свои очередные сессии 11-13 марта и 28-30 октября 1980 года. Комитеты обсудили ход выполнения планов научных исследований, международного сотрудничества и новые предложения лабораторий в проблемно-тематический план на 1981 год в области физики атомного ядра и конденсированных сред. Значительное внимание комитеты уделили экспертизе проектов экспериментальных установок, включенных в пятилетний план развития ОИЯИ. За прошедшие две сессии в 1980 году комитеты рассмотрели все проекты экспериментальных установок, предложенные лабораториями, и выработали свои рекомендации по очередности создания и развития в ОИЯИ крупных экспериментальных установок в области физики атомного ядра и конденсированных сред.

ОРГАНЫ УПРАВЛЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

КОМИТЕТ ПОЛНОМОЧНЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ

Академик Х. Христов (Народная Республика Болгария)
Профессор И. Ланг (Венгерская Народная Республика)
Фак Зуй Хиен (Социалистическая Республика Вьетнам)
Доктор Ф. Гильберт (Германская Демократическая Республика)
Пак Хен Гю (Корейская Народно-Демократическая Республика)
Профессор М. Леонард (Республика Куба)

Академик Н. Содном (Монгольская Народная Республика)
А. Выжиковски (Польская Народная Республика)
Доктор-инженер Э. Роден (Социалистическая Республика Румыния)
Профессор А. М. Петросьянц (Союз Советских Социалистических Республик)
Академик Я. Кожемник (Чехословацкая Социалистическая Республика)

финансовый комитет
По одному представителю от
каждой страны-участницы
ОИЯИ

УЧЕБНЫЙ СОВЕТ ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Председатель - академик Н. Н. Боголюбов
профессор И. Златев
доктор М. Совински

Главный ученый секретарь - доктор физико-математических наук А. Н. Снсакая

Народная Республика Болгария	Венгерская Народная Республика	Социалистическая Республика Вьетнам	Германская Демократическая Республика	Корейская Народно-Демократическая Республика	Республика Куба	Монгольская Народная Республика	Польская Народная Республика	Социалистическая Республика Румыния	Союз Советских Социалистических Республик	Чехословацкая Социалистическая Республика
академик Х. Христов профессор Ж. Желев доцент Ц. Вончев	чл. - корр. ВАН Д. Берени чл. - корр. ВАН Д. Киш профессор Н. Кроо	профессор Нгуен Ван Хьеу доктор Дао Вонг Дык	академик К. Ланиус профессор Б. Кюн профессор Г. Музиоль	профессор Пак Гван О профессор Ли Хон Себ	профессор М. Леонард	чл. - корр. АН МНР Б. Чадраа профессор Д. Чултэм доцент Б. Далхсурен	чл. - корр. ПАН А. Хрынкевич чл. - корр. ПАН Е. Яник чл. - корр. ПАН Р. Сосновски	доктор М. Йвашку доктор И. Брандуш профессор Д. Барб	доктор технических наук А. А. Васильев профессор В. М. Сидоров профессор Л. Д. Соловьев	чл. - корр. САН Ю. Дубински кандидат физ. - мат. наук Я. Седлак доктор физ. - мат. наук Й. Тучек

Секция Ученого совета ОИЯИ
по физике высоких энергий
Председатель - профессор И. Златев
Ученый секретарь - кандидат физико-математических наук М. Г. Шафранова

Секция Ученого совета ОИЯИ
по теоретической физике
Председатель - академик Н. Н. Боголюбов
Ученый секретарь - кандидат физико-математических наук М. А. Смондырев

Секция Ученого совета ОИЯИ
по физике низких энергий
Председатель - профессор М. Совински
Ученый секретарь - кандидат физико-математических наук Н. К. Скобелев

Камерный комитет

Председатель - кандидат физ. - мат. наук В. Шмак

Комитет по электронным экспериментам

Председатель - доктор физ. - мат. наук Р. Лийсте

Фотоэмульсионный комитет

Председатель - кандидат физ. - мат. наук М. Хайдук

Комитет по нейтронной физике

Председатель - профессор К. Хенниг

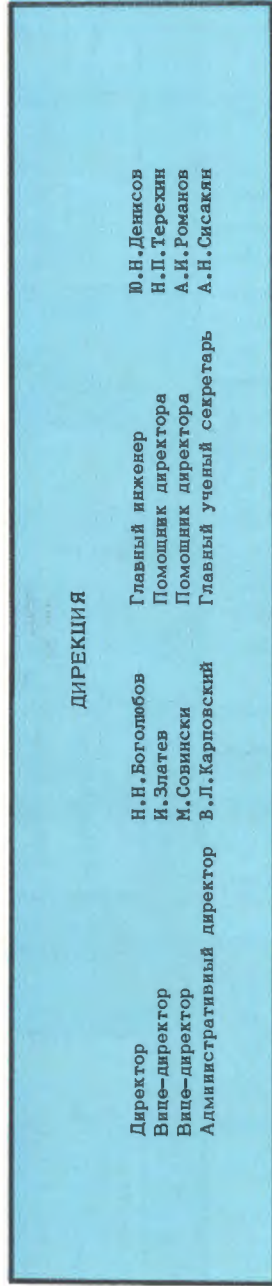
Комитет по структуре ядра

Председатель - доктор физических наук Т. Фенеш

Комитет по физике тяжелых ионов

Председатель - профессор К. -Г. Каун

**СТРУКТУРА
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**



Лаборатория теоретической физики
 Директор И. И. Боголюбов
Исследования:
 - свойства симметричных элементарных частиц;
 - структуры теории поля;
 - взаимодействия элементарных частиц;
 - теория атомного ядра;
 - теории ядерных реакций;
 - теория конденсированных состояний.

Лаборатория высоких энергий
 Директор А. М. Балдин
Исследования:
 - структуры нуклонов;
 - сильных взаимодействий частиц;
 - резонансных явлений во взаимодействиях частиц;
 - электромагнитных взаимодействий;
 - в области релятивистской ядерной физики;
 - методов ускорения частиц.

Лаборатория ядерных проблем
 Директор В. П. Желенов
Исследования:
 - ядерных, слабых и электромагнитных взаимодействий частиц, структуры частиц;
 - поиск новых частиц;
 - структуры ядра, ядерно-спектроскопические;
 - мезохимические;
 - методов ускорения частиц.

Лаборатория ядерных реакций
 Директор Г. Н. Флеров
Исследования:
 - свойства изотопов трансураниевых элементов, поиск сверхтяжелых элементов;
 - свойства ядер, удаленных от линии бета-стабильности;
 - механизма взаимодействия сложных ядер;
 - радиационного воздействия тяжелых ионов на различные материалы.

Лаборатория нейтронной физики
 Директор И. М. Франк
Исследования:
 - ядер методами нейтронной спектроскопии;
 - фундаментальных свойств нейтронов;
 - атомной структуры и динамики твердых тел и жидкостей;
 - реакций на легких ядрах.

Лаборатория вычислительной техники и автоматизации
 Директор М. Г. Мешеряков
Исследования:
 - Развитие и эксплуатация вычислительного комплекса;
 - создание алгоритмических систем обработки снимков с трековых камер;
 - развитие методов использования ЭВМ на линии с физическими установками, экспериментальное исследование на ускорителях;
 - развитие и применение математических методов решения физических задач.

Общественно-научные отделы
 - Отдел новых методов ускорения,
 - серлуховский научно-экспериментальный отдел,
 - научный отдел Главного ученого секретаря,
 - издательский отдел,
 - научно-техническая библиотека,
 - патентный отдел,
 - отдел радиационной безопасности.

Административно-хозяйственные подразделения
 - Отдел международных связей,
 - отдел кадров,
 - бухгалтерия,
 - планово-произв. отдел,
 - отдел организации труда и зар. платы,
 - отдел капит. строительства,
 - отдел оборудования,
 - отдел материально-техни. снабжения,
 - секретариат,
 - отдел техники безопасности,
 - отдел охраны, адм.-хоз. отдел.

Производственные подразделения
 - Отдел главного энергетика,
 - опытное производство,
 - автосвязь-ство,
 - производственный отдел,
 - ремонтно-строительный участок,
 - отдел технической связи,
 - отдел контроля измерительных приборов.

ПРЕМИИ ОИЯИ ЗА 1979 ГОД

На соискание премий Объединенного института ядерных исследований за 1979 год были выдвинуты лучшие научно-исследовательские теоретические и экспериментальные, а также научно-методические и научно-технические работы, выполненные сотрудниками Института.

Решением Ученого совета ОИЯИ от 29-30 мая 1980 года присуждены следующие премии:

ПО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИМ ТЕОРЕТИЧЕСКИМ РАБОТАМ

Первая премия

“Ангармонические эффекты и ширины гигантских резонансов”.

Авторы: А.И.Вдовин, В.В.Воронов, Г.Кырчев, Л.А.Малов, В.О.Нестеренко, В.Г.Соловьев, Ч.Стоянов.

Две вторые премии

1. “Обобщенное квантование на основе алгебр Ли классических групп и внутренние симметрии элементарных частиц”.

Автор: А.Б.Говорков.

2. “Разработка численных методов решения нелинейных уравнений и их приложения в физике элементарных частиц и теории ядра”.

Авторы: Е.П.Жидков, И.В.Пузынин, Е.Х.Христов, Нгуен Монг, Б.Н.Хоромский, Р.М.Ямалеев.

ПО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИМ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ РАБОТАМ

Первая премия

“Отклонение заряженных частиц изогнутыми монокристаллами”.

Авторы: В.В.Авдейчиков, В.М.Головатюк, З.Гузик, И.М.Иванченко, Р.Б.Кадыров, Т.С.Нигманов, В.Д.Рябцов, И.А.Тяпкин, Э.Н.Цыганов, М.Д.Шафранов.

Две вторые премии

1. “Изучение свойств ядер дейтерия и гелия в реакциях с медленными нейтронами”.

Авторы: В.П.Алфименков, С.Б.Борзак, Г.Г.Бунатян, Я.Вежицки, А.М.Говоров, О.Н.Овчинников, Б.П.Осипенко, Л.Б.Пикельнер, Э.И.Шарапов.

2. “Исследование свойств короткоживущих нуклидов с помощью масс-сепаратора “в линию” с синхроциклотроном”.

Авторы: В.П.Афанасьев, В.А.Быстров, В.Г.Калинников, Я.Кормицки, К.А.Мезилев, Ю.Н.Новиков, А.Потемпа, Э.Рураж, Ф.Таркани, Ю.В.Юшкевич.

ПО НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИМ И НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИМ РАБОТАМ

Первая премия

“Изохронный циклотрон тяжелых ионов U-400”.

Авторы: Г.Н.Флеров, Ю.Ц.Оганесян, А.А.Гринько, Г.Г.Гульбемян, А.И.Иваненко, М.А.Либерман, И.В.Колесов, В.Н.Покровский, К.И.Семиин, В.А.Чугреев.

Две вторые премии

1. “Разработка метода изучения конденсированного состояния вещества с помощью положительных мюонов”.

Авторы: В.Г.Гребинник, В.А.Жуков, А.П.Маньч, В.С.Роганов.

2. “Теоретическое и экспериментальное исследование накопления ионов и ускорения их в электрическом поле в коллективном ускорителе ОИЯИ”.

Авторы: Г.В.Долбилов, В.И.Казача, Н.Ю.Казаринов, В.И.Миронов, Э.А.Перельштейн, В.П.Саранцев, А.П.Сумбаев, С.И.Тютюнников, Г.Д.Ширков, А.С.Щеулин.

ПО НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИМ ПРИКЛАДНЫМ РАБОТАМ

Первая премия

“Изохронный циклотрон с глубокой регулировкой энергии”.

Авторы: В.Бейшовец, А.Т.Василенко, А.А.Глазов, Ю.Н.Денисов, В.П.Джелепов, В.П.Дмитриевский, Н.Л.Заплатин, В.В.Калиниченко, В.В.Кольга, З.Трейбал.

Две вторые премии

1. “Комплекс электронной аппаратуры для физики низких энергий”.

Авторы: Ю.К.Акимов, О.И.Елизаров, Г.П.Жуков, В.Н.Замрий, С.И.Мерзляков, Нгуен Хак Тхи, В.Г.Субботин, В.Г.Тишин, Л.П.Челноков, В.Д.Шибяев.

2. “Микропроцессорные системы в стандарте КАМАК - создание и практическое применение в физических исследованиях”.

Авторы: Т.Немеш, Л.Реттельбуш, Х.Рапп, В.М.Слепнев, Хоанг Као Зунг, К.-П.Гласнек, В.Фалькенберг, К.Пишка, В.Пфлугбайль, Э.М.Глейбман.

**НАУЧНО-
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ
РАБОТЫ,
ВЫПОЛНЕННЫЕ
ЛАБОРАТОРИЯМИ
И ОБЩЕИНСТИТУТСКИМИ
ОТДЕЛАМИ ОИЯИ
В 1980 ГОДУ**



ЛАБОРАТОРИЯ
ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

$$\psi \rightarrow \sigma_2 \psi$$

$$M \bar{\psi} \psi = m_1 \bar{\psi} \psi + m_2 \bar{\psi} \psi$$

$$\alpha \not{I} = \alpha \not{I} + \alpha \sigma_1 \psi$$

$$P_0^2 - P^2$$

$$\alpha \not{I} = \alpha \not{I}$$

СТРУКТУРА ТЕОРИИ ПОЛЯ

Построена последовательная квантовая теория поля, содержащая фундаментальную длину. Вычислены сечения процессов $e^{\pm}e^{-} \rightarrow e^{\pm}e^{-}$, $\mu^{\pm}e^{-} \rightarrow \mu^{\pm}e^{-}$ и глубокоупругого рассеяния мюонов и электронов на адронах, а также полные сечения процессов с несохранением лептонного числа, разрешенные в данном подходе.

Установлены новые масштабные закономерности и сформулированы "правила кваркового счета" для инклюзивных процессов с большими передачами импульсов.

С помощью аналитических вычислений на ЭВМ получены трехпетлевые ренормгрупповые функции квантовой хромодинамики, что открывает возможность учета трехпетлевых вкладов в физические процессы адронных (кварк-кварковых и кварк-глюонных) взаимодействий. Установлено отсутствие перенормировки заряда в трехпетлевом приближении в $SU(4)$ -суперсимметричной калибровочной модели.

Определены границы применимости теории возмущений в квантовой хромодинамике.

В нелокальной модели кварков, представляющей самосогласованную схему релятивистского квантовополевого мешка, с единой точки зрения описана физика адронов низких энергий.

Получены общие решения нелинейных уравнений в геометрическом подходе к теории релятивистской струны и построен математический аппарат для описания этого объекта в неплоском пространстве-времени. Развита квантовая теория одномерно-протяженного объекта.

По аналогии с теорией сверхтекучести Боголюбова построена квантовая хромодинамика без инфракрасных расходимостей. Адроны в такой теории описываются когерентными состояниями сверхтекучей глюонной жидкости, формирующей глюонные мешки для кварков и мезонов. Вычислен спектр адронов и показано, что "пустые мешки" не наблюдаемы.

Для суперсимметричных обобщенных нелинейных сигма-моделей доказано существование бесконечного числа нелокальных сохраняющихся токов.

Для волновой функции пиона в КХД получено квазипотенциальное уравнение и вычислен квазипотенциал в первом порядке теории возмущений.

СВОЙСТВА СИММЕТРИИ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ И ИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ

В схеме параквантования показано, что обобщение обычного квантования тождественных частиц может быть выполнено только на основе предположения существования у частиц внутренних степеней свободы.

Дана формулировка минимального геометрического подхода к супергравитации. Введены нормальная калибровка и понятие аналитичности по грасмановой переменной, упрощающие рассмотрение. Выявлены свойства космологического члена в супергравитации.

На основе анализа экспериментальных данных обсуждено влияние возможных новых каналов распада K -мезонов на вывод о нарушении T -инвариантности.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

В потенциальной модели взаимодействия кварков предложен новый подход к вычислению статических характеристик адронов - масс, радиусов, магнитных моментов, радиационных переходов между компонентами сверхтонкого расщепления, коэффициентов электрической поляризуемости. Модель объединяет релятивистское описание движения составляющих кварков и учет многочастичных аспектов задачи.

Достигнуто хорошее описание масс, магнитных моментов барионов и радиационных ширины $K^* \rightarrow K\gamma$ и $\phi \rightarrow \eta\gamma$ распадов.

Предсказано наличие радиальных возбуждений в многокварковых системах, например, π' (1225 МэВ) мезона.

Предложена модель для эйкональной фазы, учитывающая эффекты мезонной шубы адрона и позволяющая правильно воспроизвести поведение амплитуды рассеяния при высоких энергиях в широкой области передач импульса.

Исследована структура радиационных и степенных поправок к сечениям жестких процессов в квантовой хромодинамике и вычислены однопетлевые поправки к формфактору пиона и сечению рождения массивных лептонных пар с большим поперечным импульсом.

На основе дисперсионных соотношений для формфактора пиона получена формула,

хорошо описывающая все экспериментальные данные по его модулю и p -волновой изовекторной фазе $\pi\pi$ -рассеяния.

Показано, что хорошее описание спектра тяжелых ψ - и Y -мезонов достигается в квазипотенциальном подходе Логунова-Тавхелидзе с линейным запирающим потенциалом.

Найдены точные решения полученного в ковариантной гамильтоновой формулировке квантовой теории поля релятивистского двухчастичного уравнения Кадышевского.

Точные решения релятивистского двухчастичного уравнения с хромодинамическим ядром взаимодействия использованы для построения структурных функций мезонов как для случая спинорных кварков, так и для случая бесспиновых составляющих.

На основе приближенных методов континуального интегрирования исследована равновесная термодинамика поляронной системы. Введено определение эффективной массы полярона при отличной от нуля температуре системы и исследована зависимость средней энергии и эффективной массы полярона от температуры системы.

Проведенный в ИФВЭ эксперимент подтвердил сделанное в ЛТФ на основе киральной модели предсказание о том, что ширина распада $\eta \rightarrow \pi^0 \gamma \gamma$ более чем на три порядка меньше ранее известной экспериментальной величины.

Сделано предсказание величины поляризуемости пиона в киральной кварковой модели.

Проведены прецизионные вычисления уровней энергии мезомолекул с учетом их релятивистской структуры.

Вычислена скорость орто-пара перехода в мезомолекуле, что позволяет на порядок повысить точность определения констант слабого взаимодействия при измерении μ -захвата в водороде.

С помощью квазипотенциального метода в квантовой теории поля развит подход, позволяющий исследовать предасимптотические эффекты в процессах высокоэнергетического рассеяния частиц на большие углы. Полученные отклонения от точной автомодельности при конечных энергиях подтверждены в недавних экспериментах в Аргоннской национальной лаборатории (США).

Произведен расчет сечения процесса перезарядки $(p\mu^-)_{2S} + d \rightarrow (d\mu^-)_{2S} + p$,

которое оказалось аномально большим.

Доказана эквивалентность нейтрино Дирака и нейтрино Майорана в осцилляциях нейтрино. Построена новая "минимальная" схема смешивания нейтрино. Предсказывается существование нового тяжелого лептона.

ГЛУБОКОНЕУПРУГОЕ РАССЕЯНИЕ МЮОНОВ И ПОИСК НОВЫХ ЧАСТИЦ НА СУПЕРПРОТОНСИНХРОТРОНЕ

Для эксперимента NA-4 вычислены радиационные поправки к инклюзивному сечению и P -нечетным асимметриям глубоконеупругого рассеяния мюонов на нуклонах. Создана и применяется при анализе данных эксперимента NA-4 программа вычисления характеристик многомюонных событий, индуцированных рождением и распадом шарм-частиц. Проводилась обработка данных с помощью программы учета радиационных поправок.

Проведено сравнение экспериментальных данных NA-4 с выводами квантовой хромодинамики, учитывающими эффекты высших порядков по константе связи и поправки на высшие твисты.

СТРУКТУРА АТОМНОГО ЯДРА

Дальнейшее развитие и обоснование получила квазичастично-фононная модель ядра, созданная для описания структуры сложных ядер в широкой области энергии возбуждения. Исследованы корреляции основных состояний сферических и деформированных ядер, проанализировано влияние учета принципа Паули на свойства сложных ядер.

В рамках квазичастично-фононной модели рассчитана фрагментация глубоко-связанных дырочных состояний в ряде нечетных сферических ядер и показана важная роль двухфононных конфигураций, учет которых существенно изменяет энергетическую зависимость фрагментации. Для изотопов олова расчеты воспроизводят обнаруженную экспериментально зависимость фрагментации состояния $1g_{7/2}$ от массового числа A . Рассчитанные для ряда сферических ядер нейтронные s - и p -силовые функции хорошо описывают экспериментальные данные, в частности

поведение нейтронных силовых функций в минимуме и максимуме, что не удавалось сделать в рамках других теоретических подходов.

Широкое применение получила квази-частично-фононная модель ядра в теории гигантских резонансов. Рассчитаны сечения возбуждения магнитных гигантских резонансов при рассеянии электронов на сферических ядрах и показано, что известные экспериментальные данные не противоречат выводу о заметной силе $M1$ -резонанса, локализованной в ранее предсказанной энергетической области. Исследовано затухание гигантских электрических резонансов по двухфононным состояниям в деформированных ядрах, проверено выполнение гипотезы Акселя-Бринка на примере квадрупольных и октупольных резонансов в ^{176}Hf и ^{136}Gd . Проанализирована роль остаточных сил различного вида в генерации высоковозбужденных состояний.

Продолжены исследования структуры атомных ядер, в которых основное внимание сосредоточено на описании коллективного движения ядерного вещества в широкой области ядерных состояний. Существенное место в этих исследованиях занимает изучение структуры быстровращающихся ядер, а также ядерных состояний со значительной энергией возбуждения над ираст-линией, распределенной по многим степеням свободы (изучение нагретых ядер). Прделана большая работа по созданию программ для расчета одночастичных состояний среднего поля, применимых в широкой области массовых чисел, углового момента и температуры. Продолжена разработка микроскопических моделей структуры ядер. Созданы модели, позволяющие учитывать одночастичные состояния непрерывного спектра при определении структурных параметров ядер.

Получена интересная физическая информация о состояниях гигантского дипольного и квадрупольного резонансов в быстровращающихся ядрах. Показано, что вращение сильно влияет на характеристики резонансов, приводя в случае относительно легких ядер ($A \leq 100$) к расщеплению состояний резонансов, сравнимому со средней энергией возбуждения резонансных состояний при угловых моментах, близких к критическим по отношению к делению.

ТЕОРИЯ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ

Исследовалось влияние ядерных сил на свойства мезомолекулы $d\mu$. Показано, что учет этих сил может привести к изменению спектра молекулы, возникновению относительно больших ширин уровней и выходу жестких мюонов.

Продолжено исследование рассеяния пионов на трехнуклонных ядрах. Анализ имеющихся экспериментальных данных показал, что полученные ранее для описания таких процессов интегральные уравнения позволяют достичь хорошего согласия с экспериментальными данными. На основе эволюционного по константе связи метода решены уравнения, описывающие длины пион-ядерного рассеяния. Показано, что результаты расчетов слабо чувствительны к структуре ядра.

Совместно с Лабораторией ядерных проблем выполнена работа по исследованию процесса двойной перезарядки пионов на ядре ^7Li . Показано, что присутствие высокоэнергетической компоненты в спектре π^+ -мезонов может быть связано с проявлением резонанса в системе πNN или с существованием слабосвязанной системы из четырех нейтронов.

С использованием техники баргмановских потенциалов найден новый класс точно решаемых квантовых задач рассеяния для случаев как одного, так и нескольких каналов. Построена феноменологическая модель реакций при глубоконеупругих столкновениях тяжелых ионов. Показано, что для объяснения экспериментальных данных о диссипации кинетической энергии и угловом распределении рассеянных ионов важен учет не только сил трения, но и явно зависящего от времени потенциала взаимодействия ядер.

Предложен микроскопический подход к описанию механизма глубоконеупругих столкновений тяжелых ионов. В рамках этого подхода проведено исследование реакции $U+U$ и показано, что учет возбуждения состояний типа частица-дырка позволяет объяснить значительную часть потерь кинетической энергии. Проводилось исследование механизма испускания легких частиц в реакциях с тяжелыми ионами. Показано, что возбуждение колебаний плотности ядерного вещества при столкновении тяжелого иона с ядром

приводит к значительному усилению выхода наиболее быстрых частиц по сравнению с предсказаниями испарительной модели.

Проведен цикл исследований по мезон-ядерным процессам. Получена элементарная амплитуда радиационного захвата μ -мезона и выполнен расчет полностью релятивистского процесса ($\mu, \nu\gamma$) на ${}^3\text{He}$. Предсказаны спектры жестких гамма-лучей для радиационного захвата на ${}^{16}\text{O}$ и ${}^{40}\text{Ca}$. Эти расчеты послужили основой для предложения эксклюзивного эксперимента по ($\mu, \nu\gamma$)-процессу с выделением связанных состояний дочерних ядер для более надежного извлечения информации о слабом псевдоскалярном взаимодействии и его возможной перенормировке в ядерной среде.

При исследовании низкоэнергетического пион-ядерного рассеяния удалось улучшить описание соответствующих экспериментов на основе унитарной итерационной схемы вычисления фаз пион-ядерного рассеяния, построенной в рамках эволюционного по константе связи метода.

В области адрон- и ядро-ядерных взаимодействий при средних и высоких энергиях развивался кинетический подход к таким процессам. При исследовании реакций адрон-ядро при энергиях вплоть до нескольких ГэВ выявлена важная роль предравновесной эмиссии нуклонов и сложных частиц, рождающихся при больших передачах импульса. Существенный вклад при этом дают также процессы рождения в ядре пионов с последующим их поглощением двухнуклонной ассоциацией, что приводит к выходам назад быстрых нуклонов. При исследовании ядро-ядерных реакций при больших энергиях показано, что с ростом массы иона возрастает роль коалесценции нуклонов в сложные частицы. Учет этого явления позволяет согласовать с экспериментом расчеты спектров протонов и нейтронов в реакциях с ионами вплоть до аргона.

Продолжались исследования вопросов, связанных с возможной примесью многокварковых конфигураций в ядрах. Показано, что антисимметризация шестикварковой волновой функции дейтрона слабо влияет на расчет дейтронного формфактора с использованием реалистических нуклон-нуклонных сил. Включение истинных многокварковых примесей при малых от-

носительных расстояниях нуклонов позволяет согласовать расчеты и эксперимент по формфакторам дейтрона, ${}^3\text{He}$ и ${}^4\text{He}$ в области больших передач импульса.

Предложена модель с тремя движущимися файерболлами, которые одновременно описывают свойства двух- и трехструйных процессов в e^+e^- -аннигиляции в районе и за область ипсилон-резонанса. Модель можно использовать для анализа струйных процессов в ядерных реакциях.

ТЕОРИЯ КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ

Велись работы по исследованию моделей статистической механики, конкретным вопросам физики твердого тела, теории поверхностных явлений.

Новые результаты получены в области строгих исследований статистической механики частиц, взаимодействующих посредством сингулярных потенциалов. Проведено детальное изучение гауссовских изотропных автомодельных распределений Гиббса для n -векторных моделей и спектра линейризованной ренорм-группы в их окрестности. Новые результаты получены при исследовании фазовых переходов в двумерных и трехмерных моделях теории полимеров. Впервые сделаны нижняя и верхняя оценки остаточной энтропии. Многообещающие результаты получены при исследовании взаимосвязи характеристик двуагнонного спектра модели Гейзенберга и сферической модели. Развитый ранее функциональный аналог вариационного принципа Боголюбова использован для получения явного вида температурной зависимости энергии, эффективной массы и радиуса полярона. В качестве пробной модели впервые использована недавно предложенная и исследованная Боголюбовым точно интегрируемая линейная модель.

Исследованы особенности динамики решетки с примесями типа замещения с нецентральной взаимодействием, рассчитаны характеристики сегнетоэлектриков с низкотемпературным ангармонизмом, проанализирована связь мягкой моды при структурном фазовом переходе с нелинейными эффектами и исследовано влияние структурной неустойчивости на высокотемпературную сверхпроводимость. Проанализированы эффекты электрон-фононного взаимодействия в пере-

ходных металлах при рассеянии медленных нейтронов. Разработан весьма общий метод построения потенциала кристаллического поля, отвечающего определенной кристаллографической симметрии. На языке теории пространственных представлений групп проведен анализ симметрии магнитных структур, установленных в экспериментах по рассеянию нейтронов. На базе обобщения адиабатической теоремы квантовой механики изучено поведение релятивистских электронов в сильных внешних полях, блоховского электрона в одномерном внешнем поле, ряд тонких особенностей в эффекте Штарка.

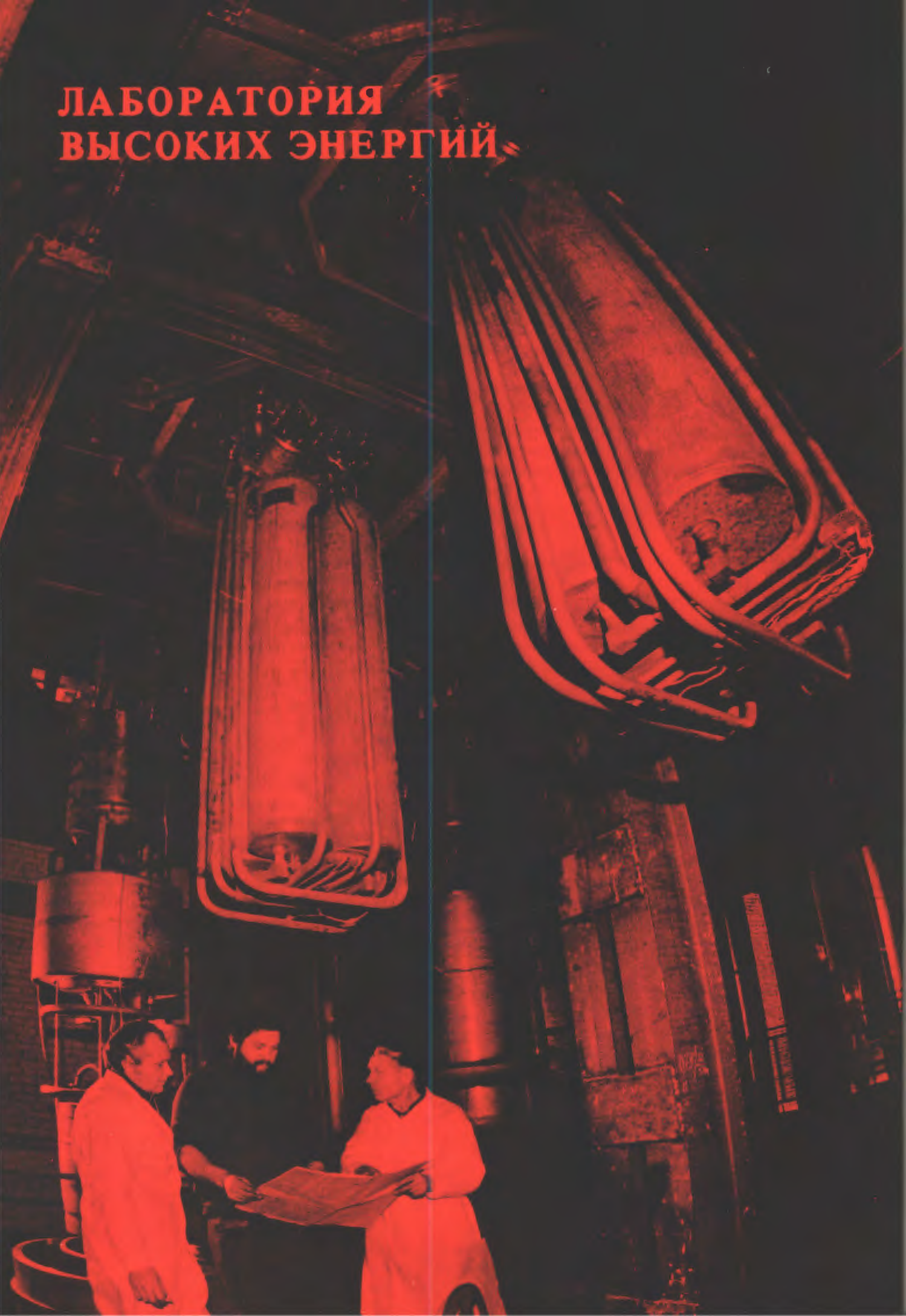
Проведено вычисление локальной функции распределения частот атомов адсорбата и адсорбента в предположении хаотичности распределения адатомов. Изучено влияние латерального взаимодействия на поверхностную диффузию адатомов, а также влияние последней на неравновесную термодесорбцию адатомов.

Проведен расчет средней поперечной энергии каналируемых частиц и средней их фракции в функции расстояния по оси каналирования.

Удалось теоретически проанализировать и объяснить аномалии диффузии μ^+ -мезона, экспериментально наблюдаемые в ЛЯП.

Проведен расчет сечений неупругого рассеяния нейтронов на смешанных плазмон-фоонных модах в кристалле InSb в условиях параметрического возбуждения и предсказано сильное возрастание сечений рассеяния при приближении интенсивности внешнего поля (поля лазера) к порогу параметрической неустойчивости. Проанализирована возможность наблюдения в экспериментах по квазиупругому рассеянию нейтронов вклада солитонной моды в одноосном ферромагнетике, квазиодномерном анизотропном магнетике типа "легкая плоскость" RhFeCl_3 и квазиодномерном магнетике типа "легкая ось" $[(\text{CH}_3)_4\text{N}][\text{NiCl}_3]$. Предложен нейтронный эксперимент по изучению температурной зависимости фоонного спектра в кристалле KD_2PO_4 , в котором имеет место структурный фазовый переход сегнетоэлектрического типа. Наблюдение ряда предсказанных особенностей поведения физических характеристик веществ в нейтронных экспериментах возможно на ИБР-30.

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ



Ученые Лаборатории высоких энергий провели изучение множественных процессов образования обычных и странных частиц, поиск новых очарованных частиц и электромагнитных явлений при высоких энергиях. Большой объем исследований проведен в области релятивистской ядерной физики в широком диапазоне энергий налетающих ядер (от водорода до кислорода) и большом наборе ядер-мишеней. С помощью физических установок набрана информация на пучках синхрофазотрона ОИЯИ, серпуховского ускорителя, на 400-ГэВ ускорителе в ЦЕРНе. Проведены

методические разработки в области электроники и криогеники для обеспечения физических экспериментов.

Достигнуты успехи в создании системы каналов частиц в новом экспериментальном павильоне, в совершенствовании синхрофазотрона, в разработках проектов УКТИ и УНК, в исследовании сверхпроводящих магнитов с железом по проекту нуклотрона.

Деятельность лаборатории осуществлялась в условиях широкого международного сотрудничества.

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ РАБОТЫ

МЕХАНИЗМ РОЖДЕНИЯ И РАСПАДА ЧАСТИЦ И РЕЗОНАНСОВ. ПОИСК НОВЫХ ЧАСТИЦ

1. На снимках с двухметровой пропановой камеры, облученной π^- -мезонами с импульсом 40 ГэВ/с на серпуховском ускорителе, проанализирован материал по исследованию образования мезонных резонансов при высоких энергиях. На основе анализа 15 000 π^-p -, 5 000 π^-n - и 11 000 π^-C -взаимодействий определены сечения образования ρ^0 -, ω^0 - и f^0 -резонансов:

На основе анализа 8642 π^-C -взаимодействий с помощью модифицированного фурье-алгоритма выявлено образование изобар с распадом на π^+p - и π^-p -системы. Сечение их образования оказалось равным:

$$\sigma(\Delta_{1232}^0) = 31 \pm 2 \text{ мб},$$

$$\sigma(\Delta_{1232}^{++}) = 11 \pm 1 \text{ мб},$$

$$\sigma(\Delta_{1650}^{++}) = 5 \pm 1 \text{ мб}.$$

Образованным изобарам в реакциях не передается большой импульс, и пионы от их распада не входят в состав лидирующих частиц. Сравнение с π^-p -взаимодействиями при той же энергии показало, что рождение изобар с массой меньше 2 ГэВ и распадом на $p\pi$ -систему в π^-C -взаимодействиях происходит с большой вероятностью.

Изучены азимутальные корреляции пар $\pi^+\pi^-$ -мезонов для центральной и фрагментационной областей в зависимости от числа внутриядерных столкновений. Для пар $\pi^+\pi^-$ -мезонов с большими поперечными импульсами замечено увеличение азимутальных корреляций наряду с корреляциями по продольным и поперечным импульсам.

Размеры области излучения пионов в пион-углеродных взаимодействиях ока-

π^-p , мб	π^-n , мб	π^-C , мб
ρ^0 8,1 \pm 0,7	6,5 \pm 1,0	70,5 \pm 7,5
ω^0 7,3 \pm 0,8	6,1 \pm 1,2	75,0 \pm 9,0
f^0 1,3 \pm 0,5	0,9 \pm 0,5	7,5 \pm 7,5

Найдено также, что сечение образования резонансов растет с увеличением множественности в событиях. Оценки показывают, что для π^-p - и π^-n -взаимодействий 50% всех π -мезонов, а для π^-C - около 30% π -мезонов образуются от распадов ρ -, ω - и f -мезонов. Основной вклад в сечение рождения ρ^0 -мезона дает центральная область взаимодействия.

зались больше, чем в пион-нуклонных при той же энергии пучковой частицы:

$$r(\pi C) = 3,4 \pm 0,5 \text{ Фм.}$$

Это различие объясняется вкладом много-нуклонных взаимодействий пиона в ядре.

Заметной оказалась поляризация Λ -гиперонов, образованных во взаимодействиях пионов с протонами и ядрами углерода. Обнаружен линейный рост поляризации относительно нормали к плоскости рождения от поперечной компоненты импульса Λ -гиперона (рис. 1).

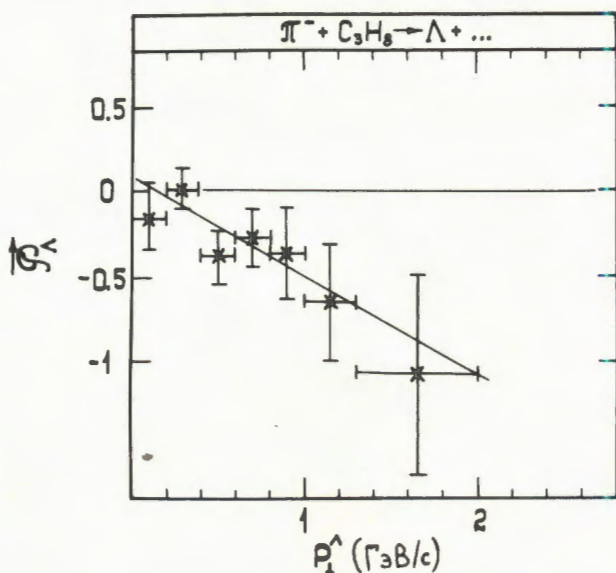


Рис. 1. Зависимость поляризации Λ -гиперона от поперечного импульса в реакции $\pi^- + C_3H_8 \rightarrow \Lambda + \dots$ при 40 ГэВ/с.

2. При облучении двухметровой жидководородной камеры "Людмила" пучком антинейтронов с импульсом 12 ГэВ/с на серпуховском ускорителе выделены \bar{p} -события (импульс \bar{p} -6,0 ГэВ/с). Определена средняя множественность заряженных частиц для них, равная $\langle n \rangle = 3,32 \pm 0,13$, и отношение средней множественности к дисперсии $\langle n \rangle / D = 1,86 \pm 0,16$. Полученные результаты близки к аналогичным данным для $\bar{p}p$ -, $\bar{p}p$ - и pp -взаимодействий при близкой энергии.

На основе анализа 42000 событий $\bar{p}p$ -взаимодействий при импульсе 22,4 ГэВ/с исследованы характеристики образования отдельных частиц. Выяснено, что гипотеза масштабной инвариантности выполняется для продольных импульсов γ -квантов, π^0 -мезонов, K^0 -мезонов и нарушается для Λ -гиперонов. Изменение поведения ассоциативной множественности в реакции $\bar{p}p \rightarrow p + X$ при $M(X) \geq 4,4$ ГэВ связано с процессом образования кластеров. На основе CP-симметрии проведено статистическое разделение спектров протонов и π^+ -мезонов, и изучены структурные функции и инвариантные сечения зависимости их образования от продольной быстроты и поперечного импульса. Конфигурации импульсов частиц в событиях соответствуют картине многоструйной структуры адронных взаимодействий. Многие данные проанализированы в рамках кварк-партоновой модели, и в целом имеется удовлетворительное согласие ее предсказаний с полученными экспериментальными данными. При изучении эффекта интерференции тождественных π -мезонов при числе заряженных частиц

Таблица 1

Резонанс	Эксперимент				Модель			
	M, МэВ	Γ , МэВ	ст. откл.	сечения, мкб	M	I	J^P	Кварковый состав
λp	$2256 \pm 0,4$	16 ± 1	$7,4 \pm 1,3$	85 ± 20	2241	1/2	2^+	$s^1 u^3 d^2$
	2358 ± 1	77 ± 7	$5,8 \pm 1,2$	22 ± 7	2353	1/2	2^-	
$\lambda p \pi^\pm$	2495 ± 9	205 ± 6	$13,0 \pm 2$	70 ± 26	2500	3/2	$0, 1, 2^-$	$s^1 u^4 d^1$ $s^1 u^2 d^3$
$\lambda \pi^+ \pi^+$	1705 ± 1	$18 \pm 0,5$	$5,3 \pm 1,6$	19 ± 6	1710		$3/2^-$	$s^1 u^3 d^1$
	2072 ± 4	173 ± 12	$10,3 \pm 1,5$	88 ± 27	2120	2	$1/2^-$	
	2604 ± 5	86 ± 21	$5,2 \pm 1,4$	32 ± 9	2615		$3/2^-$	

больше шести обнаружена сильная зависимость этого эффекта от скорости π -мезонных пар.

3. Уточнены полученные ранее данные по дибарионным странностям систем частиц на снимках с пропановой камеры,

облученной пучком нейтронов со средним импульсом 7,0 ГэВ/с на синхрофазотроне. Полученные результаты по массам резонансов хорошо согласуются с предсказаниями модели кварковых "мешков".

Результаты приведены в табл. 1.

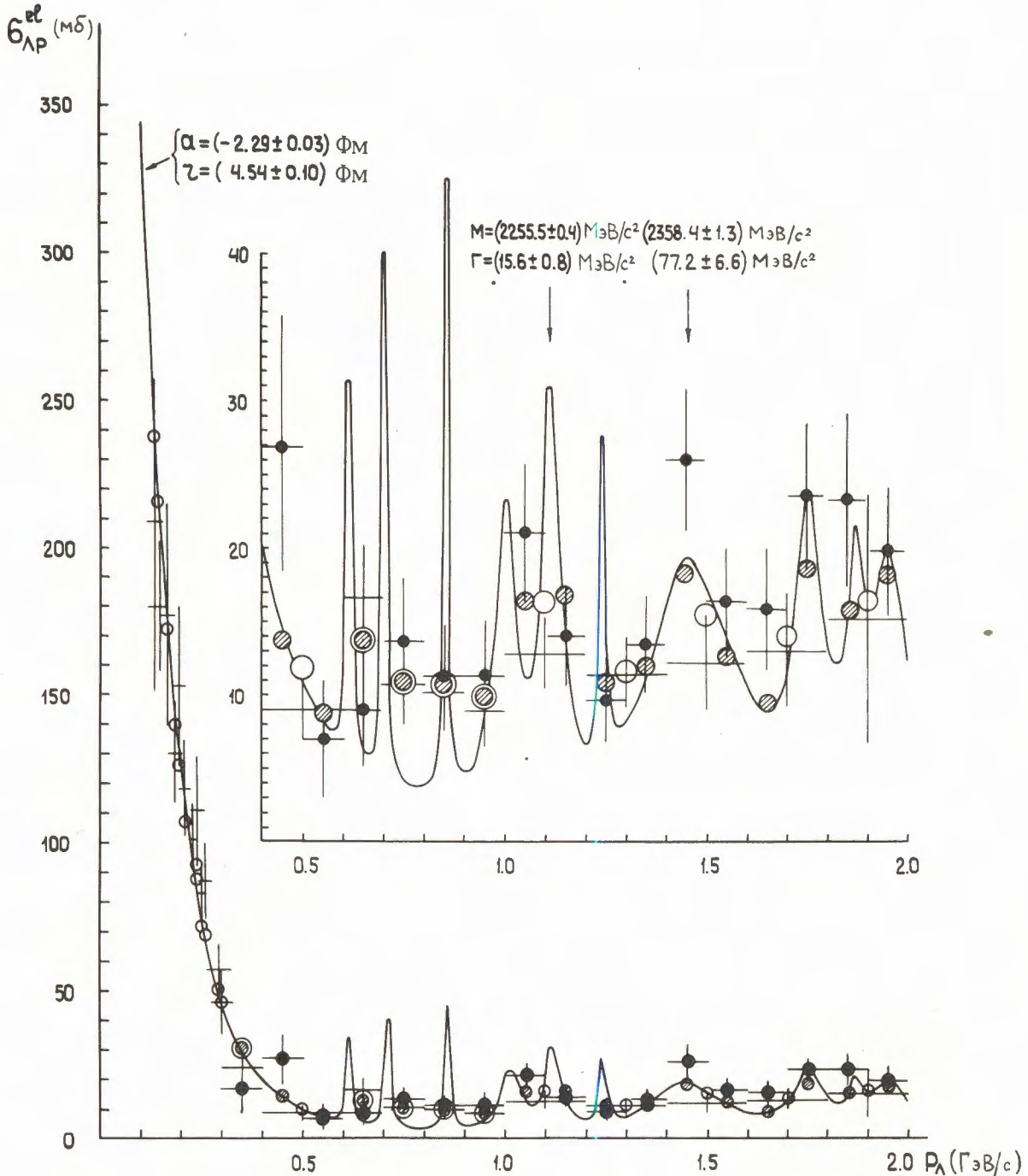


Рис. 2. Энергетическая зависимость сечения упругого рассеяния Λp .

+ - эксперимент А (Кадик и др., Сечи-Зори и др., Александр и др.) .
 ◆ - эксперимент В (Гауптман и др.) .
 — - $\sigma_{\Lambda p}^{el}(P_{\Lambda})$ сечение рассеяния Λp , вычисленное с помощью подобранных параметров.

○ - $\langle \sigma_{\Lambda p}^{el}(P_{\Lambda}) \rangle_A$ сечение рассеяния Λp , усредненное по импульсным интервалам P_{Λ} в эксперименте А.
 ● - $\langle \sigma_{\Lambda p}^{el}(P_{\Lambda}) \rangle_B$ сечение рассеяния Λp , усредненное по импульсным интервалам P_{Λ} в эксперименте В.

Надежно установлены резонансы в системах Λp (2256 МэВ), Λp (2358 МэВ), $\Lambda p \pi$ (2495 МэВ), $\Lambda \pi^+ \pi^+$ (1705 МэВ), $\Lambda \pi^+ \pi^+$ (2072 МэВ), $\Lambda \pi^+ \pi^+$ (2604 МэВ), причем для последней системы предполагается пятикварковое состояние. Экспериментальные значения распределений масс системы (Λp) были пересчитаны (по гипотезе) в распределение упругого рассеяния Λ -гиперонов, образованных на протонах ядра углерода. Полученное расчетным путем сечение Λp -рассеяния хорошо совпало с результатами прямых измерений упругого Λp -рассеяния, проведенных в ряде научных центров (рис. 2). Спектр масс системы приведен на рис. 3.

4. В пучке нейтронов со средней энергией 40 ГэВ на серпуховском ускорителе с помощью установки БИС-2 получено указание на рождение двух узких резонансов. Исследования проводились по программе поиска очарованных частиц. Масса барионного резонанса равна 1950 МэВ, ширина не превышает 15 МэВ (это величина аппаратного разрешения), распад происходит на $\Sigma^-^*(1385)$ и K^+ -мезон. В дифракционном процессе сечение образования резонанса равно $\sigma \times BR = 0,6 \pm 0,5$ мкб. Получено указание на существование другого узкого резонанса Λ_c^+ с массой 2260 МэВ и распадом на $p K_S^0 \pi^+ \pi^-$.

Путем анализа около 150000 распадов $K_L^0 \rightarrow \pi^\pm \mu^\pm \nu$ определены величины век-

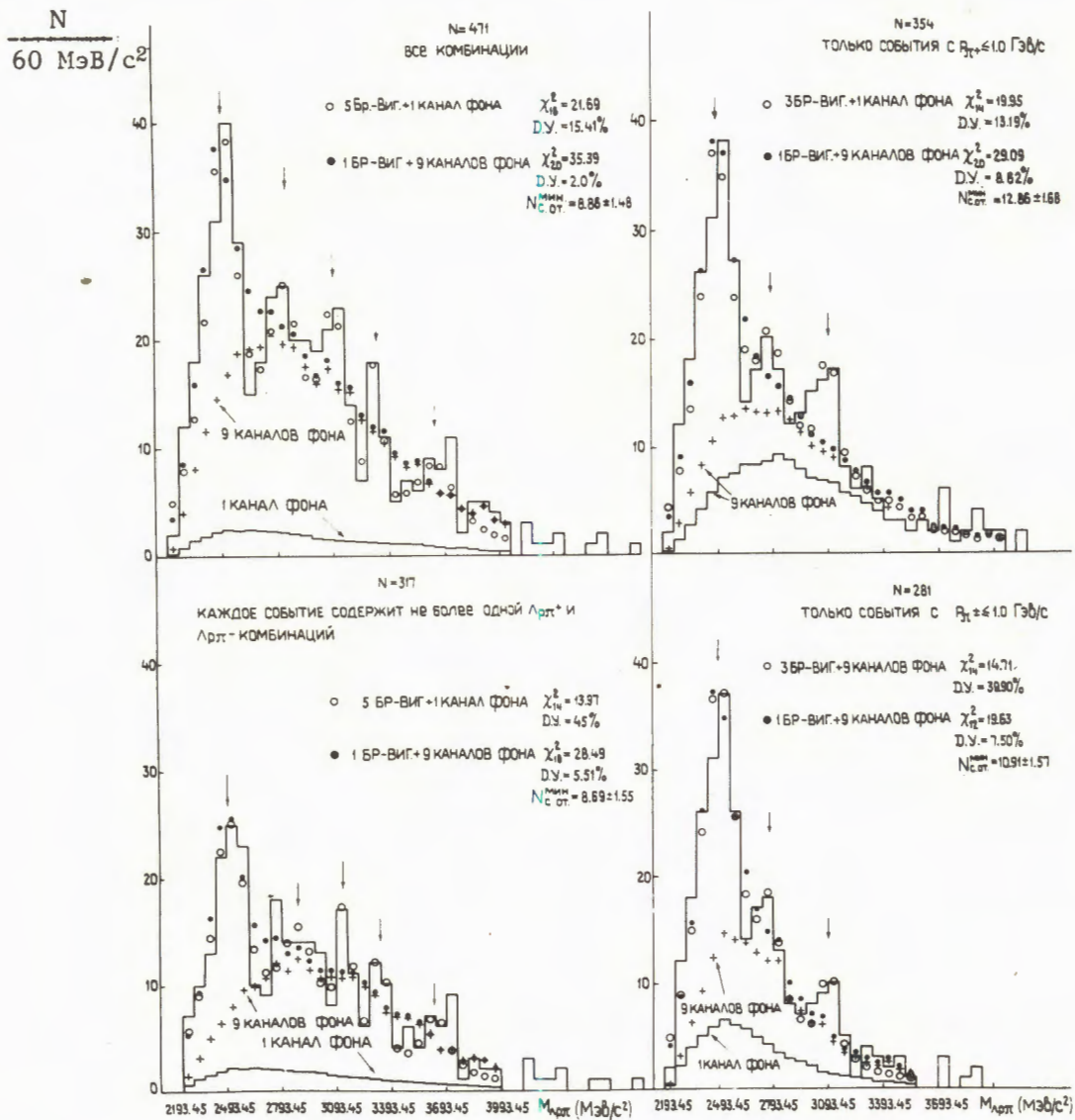


Рис. 3. Распределение эффективных масс системы (Λp).

торных формфакторов f_+ и f_- , отношение которых $\xi(t) = f_-(t)/f_+(t)$ пропорционально первому порядку параметра нарушения SU(3)-симметрии. Величина нарушения определяется разностью масс странного и обычного кварков. Из линейного разложения $\xi(t) = \xi(0) + \Lambda t/m_\pi^2$ найдена экспериментально величина $\xi(0)$ и из нее - отношение масс кварков:

$$\frac{2m_s}{m_u + m_d} = 1,23 \pm 0,22;$$

$$\frac{m_u + m_d}{m_d + m_s} = 0,09.$$

5. В результате анализа 17000 событий $p \rightarrow p\pi^+\pi^+p\pi^-\pi^-$, полученных с помощью метровой жидководородной камеры в пучке нейтронов с импульсами 3,83, 4,35 и 5,10 ГэВ/с на синхрофазотроне, обнаружен максимум с массой 1420 МэВ и шириной 40 МэВ в системах $(p\pi^+\pi^+)$ и $(n\pi^-\pi^-)$. Сечение образования предполагаемого резонанса с изотопическим спином $I = 5/2$ равно $7+4$ мб (при 3,83 ГэВ/с), $11+3$ мкб (при 4,35 ГэВ/с) и $21+3$ мкб (при 5,10 ГэВ/с). Оценка спина резонанса показала, что $J > 1/2$.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СТРУКТУРА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

1. С помощью спектрометра, имеющего в составе прецизионные дрейфовые камеры, на ускорителе ФНАЛ при энергии 250 ГэВ проведено прямое измерение электромагнитных радиусов отрицательных K- и π -мезонов. Получены величины для

K-мезона $\langle r_K^2 \rangle = 0,28 \pm 0,05 \text{ Фм}^2$,
 π -мезона $\langle r_\pi^2 \rangle = 0,43 \pm 0,03 \text{ Фм}^2$
 (см. соответственно рис. 4 и 5).

Измерения выполнены в области переданных импульсов $|t| = 0,037 \div 0,119 \text{ (ГэВ/с)}^2$.

2. В совместном эксперименте ОИЯИ-ЦЕРН на 400-ГэВ ускорителе (ЦЕРН) по изучению глубоконеупругого рассеяния мюонов на углеродной мишени набрана большая статистика при энергии мюонов 120, 200, 240 и 280 ГэВ. Анализ событий показал:

а) неупругие структурные функции нуклона $F_2(x, Q^2)$ в пределах достигнутой статистической (1-5%) и систематической (10%) точностей имеют одинаковую зависимость от величины переданного импульса в области $Q^2 = 25-250 \text{ (ГэВ/с)}^2$ и $x = 0,2-0,7$ при указанных энергиях;
 б) Q^2 -зависимость структурных функций и их моментов в отличие от другого

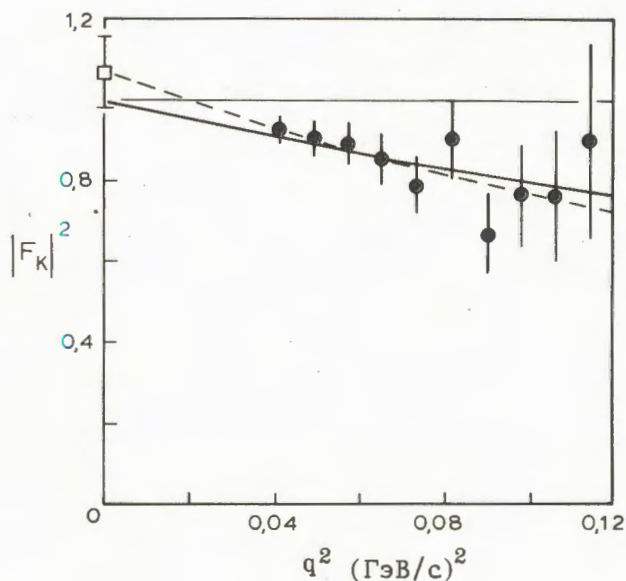


Рис. 4. t -зависимость формфактора K-мезона при энергии 250 ГэВ.

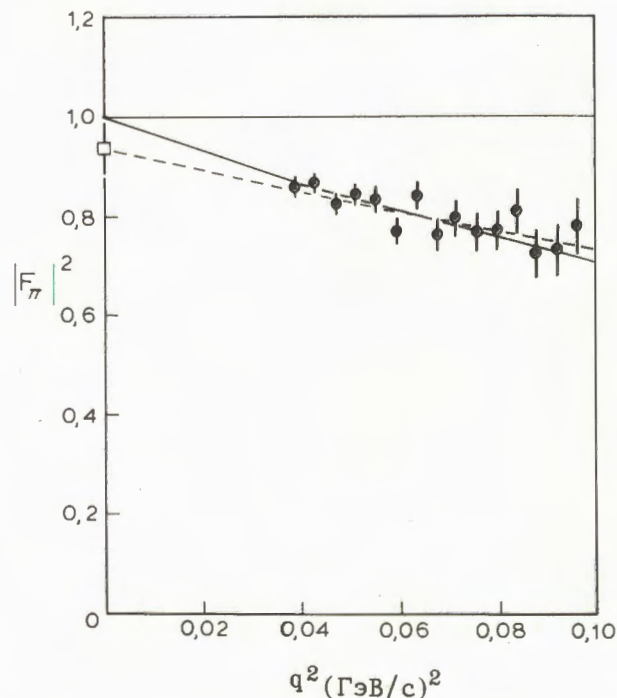


Рис. 5. t -зависимость формфактора π -мезона при энергии 250 ГэВ.

эксперимента (СЛАК, США) практически отсутствует (рис. 6).

РЕЛЯТИВИСТСКАЯ ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА

1. С помощью установки ДИСК на синхрофазотроне в пучке протонов с импульсом 8,9 ГэВ/с на ядре свинца изучено образование кумулятивных пионов и каонов. Измерения, проведенные в интервале углов $90^\circ - 168^\circ$ и интервале кинетических энергий кумулятивных частиц от 200 до 1000 МэВ, показали (рис. 7), что полученные величины сечений генерации каонов подтверждают экспоненциальный характер зависимости от величины кинетической энергии, а при равных кумулятивных числах сечения образования кумулятивных каонов и пионов равны (рис. 8). Совокупность экспериментальных данных свидетельствует о качественном согласии угловых и энергетических распределений образованных кумулятивных частиц. Такой характер экспериментальных данных является подтверждением гипотезы

кумулятивного ядерного эффекта. Найдено, что A -зависимость неупругих взаимодействий релятивистских ядер и пионов с ядрами допускает единое описание на основе геометрической модели взаимодействия протяженных объектов. В результате обработки данных найдена величина сечения свободного кварк-кваркового неупругого взаимодействия - 3,5 мб.

На основе анализа материала, полученного при обработке 8640 π -С-взаимодействий при импульсе 40 ГэВ/с, определена граница кумулятивной области. При массах, больших или равных 0,6 нуклонной массы, характеристики образованных пионов (средние импульсы, средние скорости, средние углы, средние множественности) перестают зависеть от массы мишени. Это постоянство простирается в кумулятивную область, где масса мишени больше массы нуклона. Характеристики протонов и "лидирующих" пионов не зависят от границы 0,6 m_p .

Выяснено, что изучение кумулятивного эффекта является главным источником информации по распределению кварков

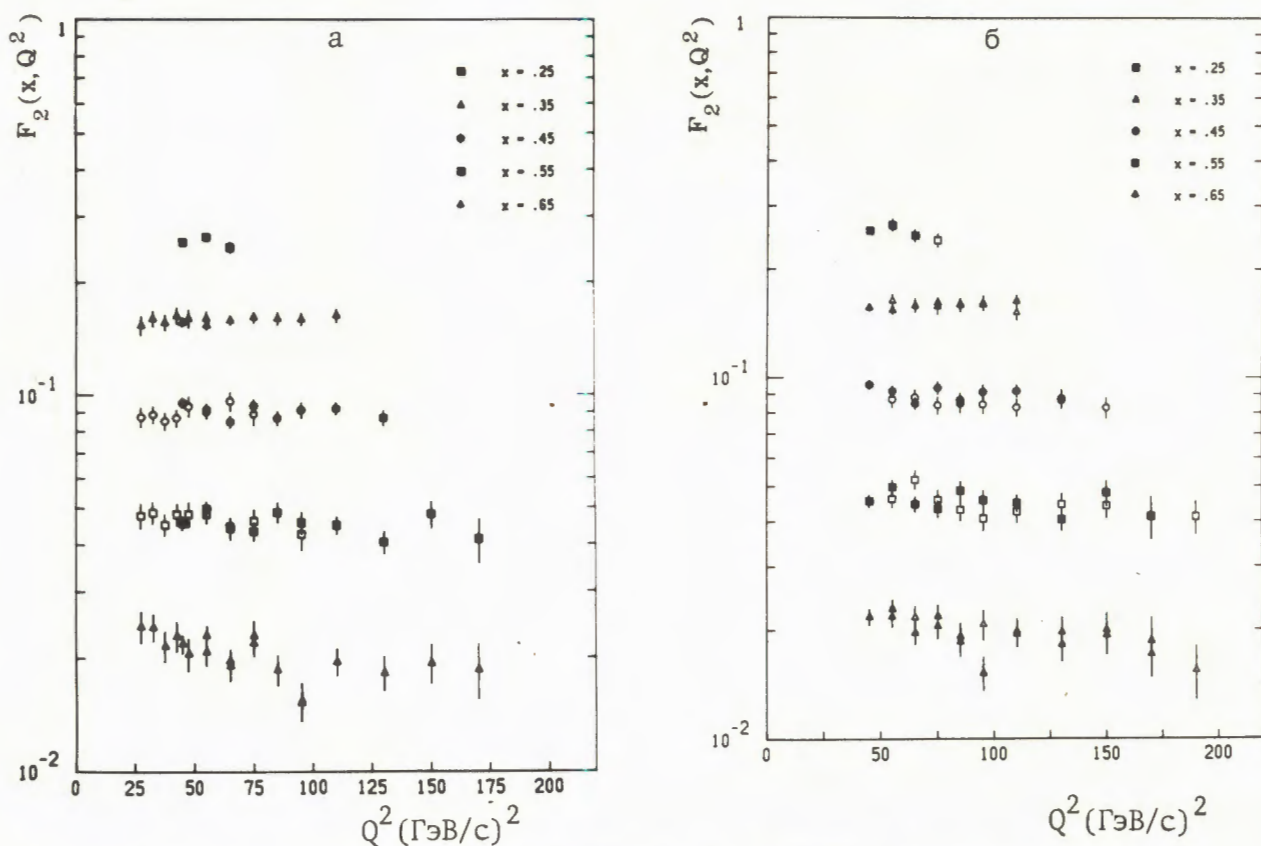


Рис. 6. Поведение структурной функции F_2 в зависимости от величины переданного импульса Q^2 : а - для энергии 120 и 200 ГэВ; б - для энергии 200 и 240 ГэВ.

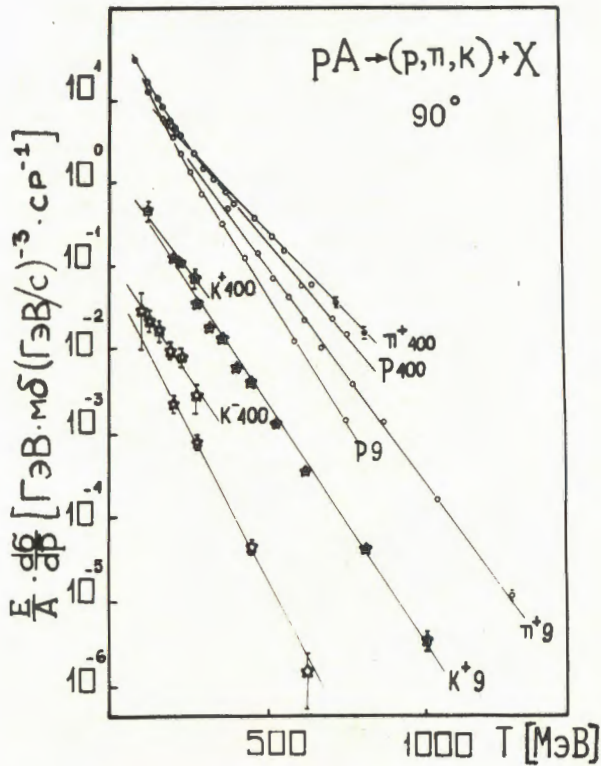


Рис. 7. Зависимость выхода кумулятивных каонов, пионов и протонов от их кинетической энергии.

в ядрах. Поведение сечения образования кумулятивных частиц π , K , p , D , T описывается экспоненциальной функцией с одним универсальным параметром, равным 0,16, т.е. показано подобие процессов адронизации кварков в адроны и легкие фрагменты. Установлено, что при передачах импульса больше 1 (ГэВ/с)^2 ядро не сводится к "нуклонному газу", а должно рассматриваться как независимый объект адронной физики. При кинетической энергии релятивистских ядер больше $3,5 \text{ ГэВ/нукл.}$ наступает асимптотический режим (т.е. предельная фрагментация ядер), при котором исчезает зависимость сечений от энергии столкновения частиц.

2. На трековых приборах (двухметровая пропановая камера, стримерная установка СКМ-200 и др.) получен большой объем информации, который помог установить наиболее характерные черты релятивистских ядерных столкновений. Сечения неупругого взаимодействия легких ядер D, He, C с ядрами C и Ta в пределах ошибок не зависят от первичного импульса в интервале $2-5 \text{ ГэВ/с/нуклон}$. Множественность пионов в pC - и pTa -взаимодействиях заметно увеличивается по сравнению с pp -взаимодействиями при

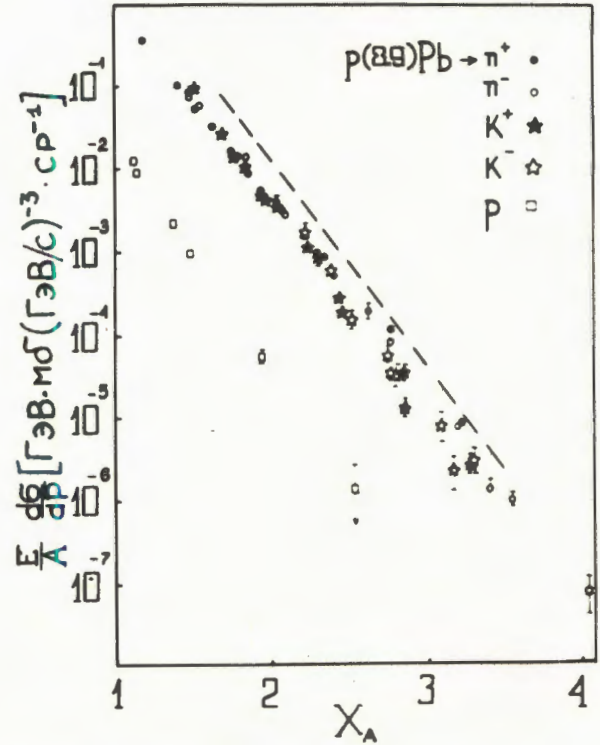


Рис. 8. Зависимость образования кумулятивных каонов и пионов от кумулятивного числа X_A .

импульсах первичных протонов больше 4 ГэВ/с . На основе модели независимого взаимодействия нуклонов ядра-снаряда с ядром-мишенью удалось объяснить дисперсию по множественности пионов с увеличением атомного веса налетающих ядер. Исследования неупругих соударений протонов с ядрами углерода и тантала при импульсах от $2,3$ до $9,9 \text{ ГэВ/с}$ позволили обнаружить пороговый характер неупругих многонуклонных взаимодействий начиная с импульса $2,3 \text{ ГэВ/с}$. Множественность пионов примерно в $1,5-2$ раза выше, чем в однонуклонных взаимодействиях. Оказалось, что характер многонуклонных взаимодействий слабо зависит от вида налетающей частицы (пион, протон). Проверка показала, что модель многократного рассеяния адронов на ядрах описывает только часть многонуклонных взаимодействий. Анализ данных по средней множественности вторичных пионов в многонуклонных взаимодействиях при энергии меньше 40 ГэВ в рамках аддитивной кварковой модели показал, что в ядре-мишени необходим учет перерассеяния кварков и каскадных процессов. По оценкам, вклад этих процессов достигает $60-70\%$. Исследовалась двухчастичная корреляция между вторичными протонами из

π C -взаимодействий при импульсе 40 ГэВ/с. Для медленных протонов (< 200 МэВ/с) имеется отрицательная корреляция, а для энергичных протонов (> 200 МэВ/с) - положительная. Для медленных протонов, образованных при развале ядра и испарении с поверхности, свойственно влияние тождественности и кулоновского отталкивания, а для энергичных - преобладание ядерного притяжения. Замечена корреляция в процессах множественного образования частиц между пионами и протонами (вылетающими назад) в рТа-взаимодействиях при импульсах падающего протона больше

5 ГэВ/с и в столкновениях при импульсе 4,2 ГэВ/с/нуклон. Однако механизмы множественного образования пионов и вылетающих назад протонов несколько различаются. Исследовалось образование дейтронов в (He+p)-взаимодействиях при импульсе 2,15 ГэВ/с/нуклон. Кроме спектаторных в этих взаимодействиях образуются и медленные дейтроны. Анализ показал, что вероятность существования ядра гелия в состоянии дейтрон+дейтрон мала. Для получения информации о внутриядерном движении отдельных нуклонов в ядрах изучалось импульсное распределение спектаторов в системе покоя ядра.

РАЗВИТИЕ МЕТОДИКИ ЭКСПЕРИМЕНТА

1. Для превращения стримерной камеры в универсальный прибор внутрь рабочего объема камеры вводится жидководородная мишень (возможно и другое вещество для наполнения мишени). Сильные магнитные (больше 1 Т) и электрические (до 35 кВ/см) поля предъявляют большие требования к мишени. Мишень, удовлетворяющая этим требованиям, создана для физической установки "Резонанс". Питание мишени жидким водородом осуществлялось путем конденсации газообразного водорода в конденсаторе, охлаждаемом жидким гелием. Такой способ выгоден тем, что позволяет работать с минимальным количеством водорода в системе. Опыт, полученный при создании жидководородной мишени, использован при создании аналогичной мишени для стримерной камеры установки РИСК.

2. Ядерные реакции с поляризованными частицами открывают новые возможности проверки квантовой хромодинамики. Для проведения на синхрофазотроне таких исследований закончена разработка узлов и систем криогенного источника поляризованных атомов дейтерия и криогенного ионизатора со сверхпроводящим соленоидом на 7 Т. Осуществлен физический запуск установки, проведены комплексные испытания. На выходе из ионизатора получен поляризованный пучок дейтронов свыше 100 мкА, что превышает интенсивность работающих установок такого типа.

3. Для создания детектора с высоким пространственным разрешением для нейтронной радиографии разработана и создана дрейфовая камера низкого давления со встроенным сцинтилляционным счетчиком.

Пространственное разрешение - лучше 100 мкм по обеим координатам. Энергетическое разрешение для альфа-частиц с энергией 5 МэВ - около 16% при подобранном напряжении на аноде.

Для получения дифракционной картины от монокристаллов белка и нуклеиновых кислот с большими периодами решетки и т.д. нужна одновременная регистрация дифракционной картины во многих точках. Для этих целей создана и используется установка АРД-1, в состав которой входят двухкоординатная пропорциональная камера размером 350x350x10 мм³, электронная аппаратура на линии с ЭВМ и устройство представления данных на телевизионном мониторе. Достигнута эффективность 70% для регистрации рентгеновских лучей с энергией до 10 кэВ, общее число разрешаемых элементов дифракционной картины 50000 и быстродействие 2,5x10⁵ соб./с. Установка АРД-1 (рис.9) обеспечивает возможность проведения дифракционных экспериментов на кристаллах белка с периодами решетки до 200-300 Å, а быстродействие позволяет ускорить проведение экспериментов в 100 раз по сравнению с обычным дифрактометром.

4. В лаборатории получила существенное развитие методика использования микропроцессорных систем в физическом эксперименте. Они применяются в автономных системах для измерения и мониторинга интенсивности выведенного пучка из ускорителя, для измерения и контроля параметров сверхпроводящих магнитов и линз, автоматического контроля сложных модулей в стандарте КАМАК и сокращения времени их наладки. Разработаны блоки для образования многокрейтных систем при одновременном использовании нескольких источников управления (ЭВМ). Разработан драйвер ветви ДВК-822, который расширяет систему MISKA до 7 крейтов КАМАК и позволяет со скоростью 1,5 Мбайт/с передавать данные между блоками КАМАК и от блоков КАМАК в память центрального процессора. Для представления на экранах черно-белых или цветных телевизоров текстов, графиков, гистограмм и другой оперативной информации создана система DISP, включающая модули КАМАК и комплекс программ. Создан 16-разрядный микропроцессорный контроллер в секционном исполнении с микропрограммным

управлением для сбора данных и управления работой объектов. С помощью контроллера типа "Л" и драйвера последовательной ветви можно управлять работой 62 объектов. Создано запоминающее устройство динамического типа с произвольной выборкой емкостью 4Кх16 разрядов. Блок выполнен с учетом его использования в качестве буферной памяти или в качестве оперативного запоминающего устройства. Разработано аппаратное и программное обеспечение для комплексной отладки последовательной системы КАМАК на линии с ЕС-1010.

5. В области быстрой электроники разработаны блоки для обеспечения работы физических установок, зарядово-цифровые преобразователи для черенковского спектрометра БИС-2. Введена в действие система регистрации информации на основе гибридной интегральной схемы с пропорциональных камер на максимальное число проволочек 16384, разработана система блоков для съема и регистрации сигналов с дрейфовых камер. Для специалистов, использующих микропроцессорные контроллеры КАМАК, пред-

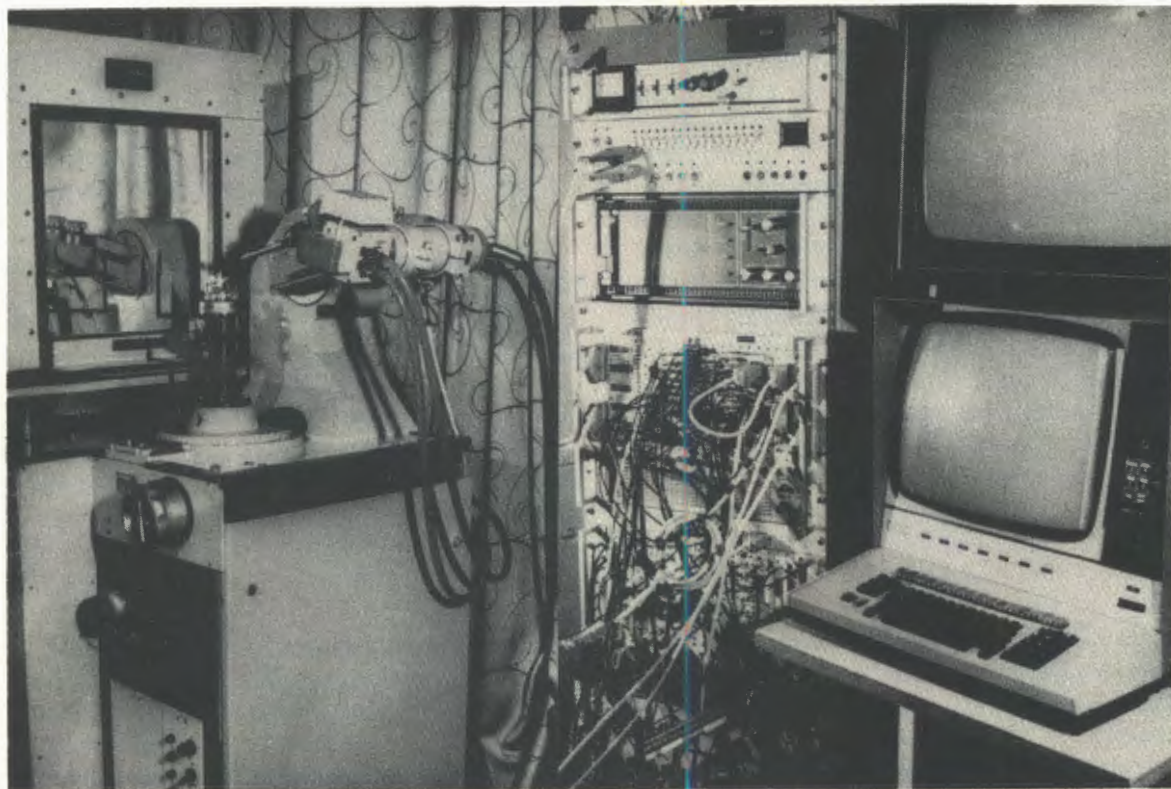


Рис. 9. Общий вид быстродействующей установки АРД-1 для регистрации рентгеновской дифракционной картины от монокристаллов белка и нуклеиновых кислот.

ложен простой язык на основе команд 8-разрядных микропроцессоров Intel-8080. Язык REST обеспечивает диалоговый режим работы с большим быстродействием при малом объеме памяти, удобство отладки программ. В новую серию блоков регистрирующей аппаратуры входят блоки наносекундной логики с программным и централизованным ручным

управлением, преобразователи амплитуда-цифровой код датчиков измерения параметров электрофизических установок, модули буферной и гистограммирующей памяти различной емкости и быстродействия, существенно повышающие эффективность систем считывания информации с экспериментальных установок.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ДЕЙСТВУЮЩИХ И РАЗРАБОТКА НОВЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ И УСТАНОВОК

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИНХРОФАЗОТРОНА

Использование на синхрофазотроне источника многозарядных ионов "Крион" позволило получить ускоренные ядра вплоть до неона с кинетической энергией до 4 ГэВ/нуклон. Реализованы в одном цикле ускорения быстрый и медленный выходы ускоренных частиц. Получены уникальные вторичные пучки ${}^3\text{He}^{12}$ и ${}^3\text{H}^{+1}$ с энергией до 4 ГэВ/нуклон. Улучшена система коррекции показателя неоднородности магнитного поля синхрофазотрона, длительность измерения тока коррекции увеличена от 100 до 400 мс. При ускорении ядер имеется возможность оперативного изменения тока коррекции. Разработана и используется новая схема для получения управляющих импульсов. Эксплуатируется автоматизированная система контроля и управления параметрами медленного вывода пучка из ускорителя на базе ЕС-1010 и ЕС-1010Б, обеспечивающая стабилизацию характеристик выводимого пучка. Система работает в режиме диалога оператор-ЭВМ.

Создана аппаратура на линии с ЕС-1010 для измерения неоднородностей магнитного поля ускорителя с точностью 5×10^{-4} для величин магнитного поля от 0,023 до 1,2 Т. Модернизирована ускоряющая высокочастотная система. Расширен диапазон частоты (до десятикратного перекрытия). При переходе на вторую кратность ускорения повышена эффективность ускоряющего электрода. Для уменьшения модуляции плотности частиц в медленновыведенном пучке увеличена

азимутальная протяженность банчей ускоренного пучка в 1,5-2 раза без потерь интенсивности. На синхрофазотроне в новом павильоне смонтированы первичный и несколько вторичных каналов частиц. Для оперативного контроля и управления токами магнитов и линз в этих каналах создана система на линии с ЕС-1010. Установка расчетных значений токов, контроль и поддержание заданного режима проводится с точностью 1А.

РАБОТЫ ПО ПРОЕКТАМ НУКЛОТРОНА, УСКОРИТЕЛЬНО-НАКОПИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА И УСКОРИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ТЯЖЕЛЫХ ИОНОВ

1. Создана методическая и экспериментальная база для оперативного исследования характеристик магнитного поля мультипольных магнитов для ускорителей синхротронного типа и каналов транспортировки частиц. Точность определения суммарной относительной нелинейности поля в дипольных магнитах на радиусе, составляющем 0,9 полной апертуры, по 15 гармоникам не хуже 5×10^{-5} . Возможны измерения в теплых и сверхпроводящих магнитах.

При работе в импульсном режиме возникают энергетические потери, которые в основном определяются сопротивлением компонент проводника и наполнителя кабеля. Анализ измерений зависимостей электросопротивлений компонент от температуры (4,2-20 К) и величины магнитного поля до 7 Т показал, что потери

уменьшаются при выборе припоя с наибольшим удельным сопротивлением в рабочей области (при $T \leq 6 \text{ K}$). Потери в различных типах сверхпроводящих кабелей детально изучены в зависимости от амплитуды, направления и скорости изменения магнитного поля, диаметра нитей и шага скручивания нитей. Исследования пучка изолированных проводов, двухслойной плоской скрутки и трубчатых образцов показали, что потери в непроводящих образцах близки к потерям в пучках изолированных проводов.

Созданы сверхпроводящие диполи, имеющие неоднородность поля менее 10^{-4} в пределах 70% апертуры без использования дополнительных корректирующих обмоток. Показано, что наибольшую неоднородность создает корпусная изоляция обмотки. Рассмотрена возможность компенсации неоднородности поля с помощью дополнительных прокладок между витками обмоток.

В условиях облучения мелкодисперсионного сверхпроводящего кабеля при 4,2 К в магнитном поле 5 Т протонами, дейтронами и ядрами гелия с энергией несколько ГэВ определена зависимость величины критического тока в кабеле от плотности потока облучаемых частиц.

Для защиты сверхпроводящих магнитов создано устройство, в котором поглотителем энергии при срыве сверхпроводящей фазы является дугогасительная решетка с шунтом. Время полного переключения тока составляет 10 мс, эффективность эвакуации запасенной энергии - 98%.

2. В рамках проекта УНК проведены работы по криогенному обеспечению УНК. Разработан и испытан стенд для визуаль-

ного изучения структуры двухфазных потоков гелия, создаваемых с помощью струйного аппарата. Проведены успешные длительные испытания сверхпроводящего импульсного магнита при токе, составляющем ~ 90% от величины критического значения тока, при температуре 4,3-4,7 К и массовом паросодержании в двухфазном потоке гелия в пределах 0,1-1. Испытания подтвердили возможность длительной устойчивой работы магнита при криостатировании двухфазным гелием.

3. Рассмотрены вопросы коррекции в варианте синхротрона тяжелых ионов (проект УКТИ) с триплетной магнитной структурой. Вычислена хроматичность и предложен вариант секступольных коррекций орбиты.

Рассмотрены вопросы организации АСУ синхротрона тяжелых ионов. Проведены расчеты потоков информации, выбрана структурная схема АСУ, сделана оценка ее надежности, предложен принцип распределенного управления.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ СИНХРОФАЗОТРОНА

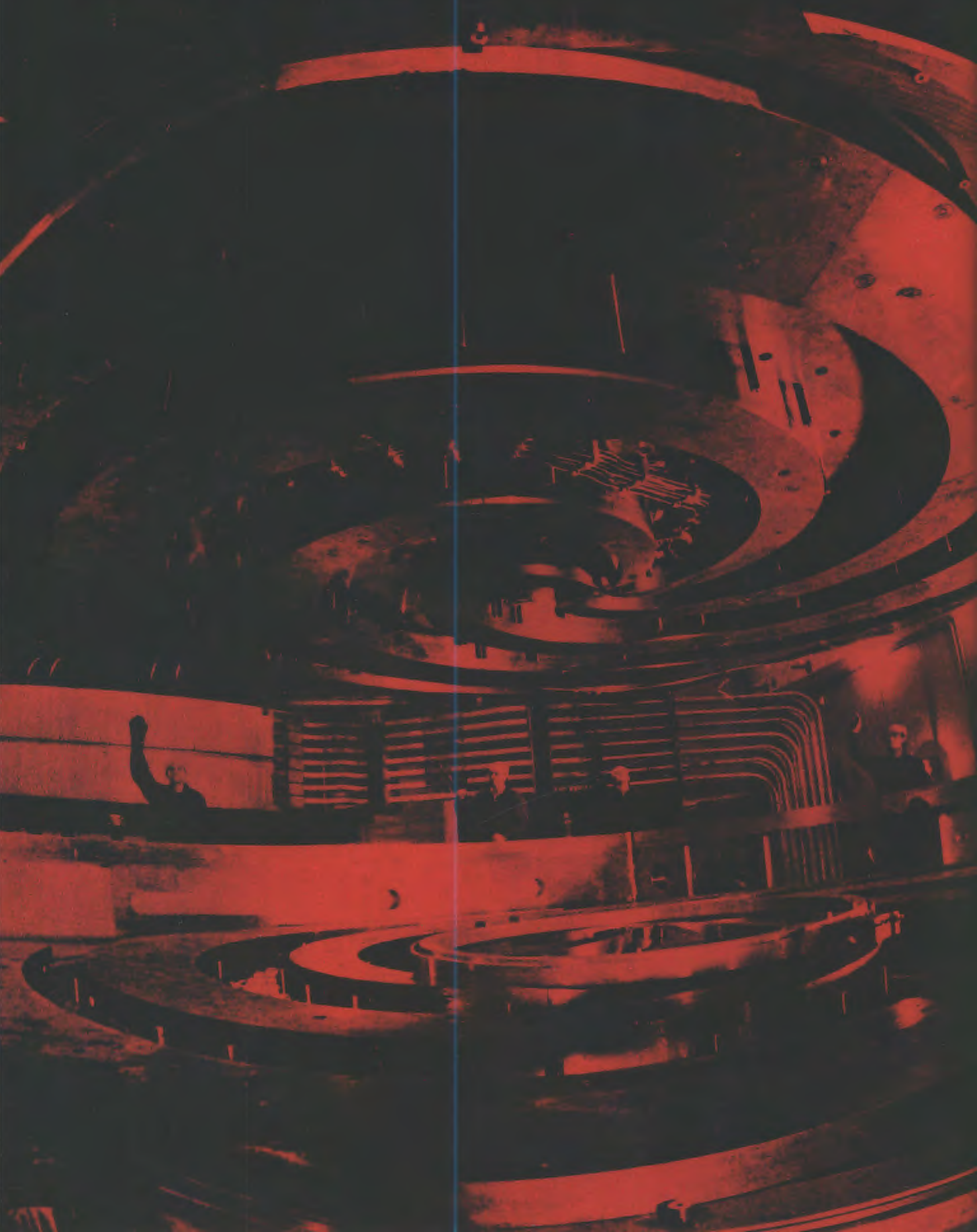
Запланированное время работы ускорителя - 4000 часов.

Ускоритель работал:

а) на экспериментальные исследования по физике элементарных частиц и физике релятивистских ядер - 3317 часов со средней интенсивностью $4,2 \times 10^{11}$ ускоренных протонов, $1,5 \times 10^{11}$ дейтронов, $2,4 \times 10^{10}$ ядер гелия, $1,5 \times 10^6$ ядер углерода за один цикл ускорения;

б) на совершенствование систем ускорителя - 435 часов.

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ



В 1980 году деятельность лаборатории развивалась в соответствии с планом в двух главных направлениях:

- работы по реконструкции синхроциклотрона в установку "Ф" и подготовка новых экспериментальных установок для исследований в области средних энергий;

- выполнение широкой программы исследований в области физики высоких энергий на 70-ГэВ ускорителе в Серпухове.

Новые данные получены при обработке фотоэмульсий, облученных на протонном

и нейтринном пучках 400-ГэВ ускорителя ФНАЛ и мезонной фабрике SIN. Лаборатория активно участвовала в совместном ОИЯИ-ЦЕРН мюонном эксперименте NA-4. Разрабатывались новые методы и электронная аппаратура для ядерно-физических исследований. Проведены расчеты динамических характеристик ускорительно-накопительного комплекса (УНК) и составлено экспертное заключение.

Практически все работы выполнялись в активном сотрудничестве с научными центрами стран-участниц ОИЯИ.

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ РАБОТЫ

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

1. Выполнены (совместно с ЛТФ) важные теоретические исследования по проблеме осцилляций нейтрино, сформулированной Б.М.Понтекорво впервые в 1957 году. Это направление исследований в настоящее время приобрело особую актуальность в связи с разработкой объединенных моделей взаимодействий элементарных частиц, в которых несохранение барионного и лептонного зарядов должно приводить к существованию эффекта осцилляций.

В 1980 г. рассмотрены осцилляции нейтрино в новых схемах смешивания с дираковскими или майорановскими массами, требующих четного числа заряженных лептонов. Показано, что изучение осцилляций позволило бы отличить случай майорановских масс от случая дираковских масс.

2. Обнаружен возможный случай образования ядра нового типа - суперядра, включающего помимо обычных нуклонов очарованный барион. Этот результат получен при анализе пяти найденных ранее во взаимодействиях протонов с энергией 70 и 250 ГэВ с ядрами фотоэмульсии аномальных событий - "двойных звезд" с большим энерговыделением. Установлено, что четыре из них не могут быть

отделены от фоновых процессов. В пятом событии обнаружена вилка от возможного распада нейтрального D-мезона на Kπ- или Kπ[±] мезоны.

Кинематический анализ показывает, что данное событие может быть интерпретировано как парное образование очарованных частиц Λ_c^+ и \bar{D}^0 , одна из которых (\bar{D}^0) распадается за время $\sim 0,3 \cdot 10^{-14}$ с на $K^+\pi^-$ (π^0), а другая (Λ_c^+) образует связанное состояние с нуклонами - суперядро (предположительно ${}^6\text{Be}$) (рис. 10), которое распадается за время $(2 \div 5) \cdot 10^{-14}$ с.

Работа по поиску суперядер продолжается.

3. В совместном эксперименте ОИЯИ - СССР - США - ПНР по исследованию взаимодействий нейтрино высоких энергий с ядрами фотоэмульсии с применением системы целеуказания найдено и проанализировано 55 взаимодействий нейтрино-ядро (в том числе 15 - в Дубне). Краковской группой обнаружен распад очарованной частицы, интерпретированный как распад на четыре пиона очарованного F^+ -мезона с массой (2017 ± 25) МэВ/с и временем до распада $1,4 \cdot 10^{-13}$ с.

Всего в мире зарегистрировано три F^+ -мезона, причем два с модой распада на четыре пиона. Эти результаты противоречили общепринятой схеме распада тяжелого кварка, что стимулировало дальнейшие теоретические исследования.

Объяснение найдено в предположении большого вклада диаграмм с аннигиляционным взаимодействием.

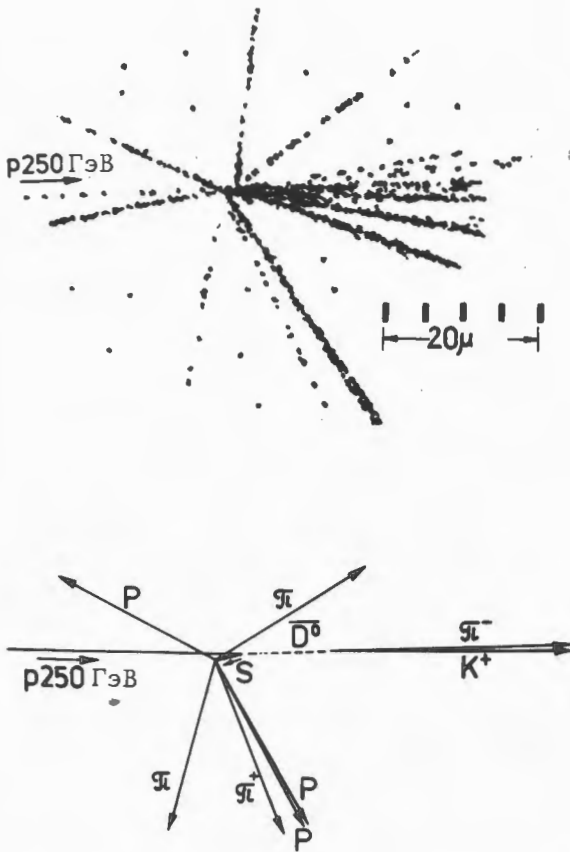


Рис. 10. Случай образования в фотоэмульсии, облученной протонами с энергией 250 ГэВ, ядра нового типа - суперядра. Внизу приведена схема процесса с указанием образовавшихся частиц. Знаком \circ помечено суперядро.

4. В совместном опыте ОИЯИ - ИФЭ - ЦЕРН на установке МИС ОИЯИ в исследовании процессов когерентного образования 3π -систем при 40 ГэВ/с проведен парциально-волновой анализ данных и доказано существование A_3 -резонанса с массой 1640 МэВ/с² (рис. 11). Разность фаз волн 2^-_s ($f\pi$ -система) и 2^-_p ($\rho\pi$ -система) на ширине A_3 -пика в спектре масс (рис. 12) изменяется на 90° , что доказывает резонансную природу A_3 -мезона.

Определено сечение взаимодействия 3π -мезонной системы с нуклоном для состояний по спину и четности 0^- , 1^+ и 2^- ,

которое оказалось равным 26 мб для системы 0^- , 16 мб для состояния 1^+ и 30 мб для состояния 2^- . На рис. 13 приведена A -зависимость когерентного сечения в состояниях по спину и четности 0^- , 1^+ , 2^- для области масс $(1 \div 1,2)$ ГэВ/с². В области масс 3π -системы $(1 \div 1,8)$ ГэВ/с² оценен вклад амплитуд с переверотом спина, который

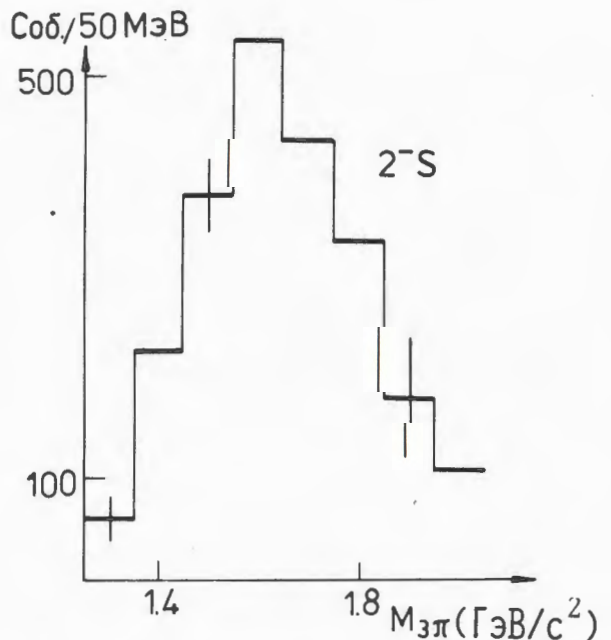
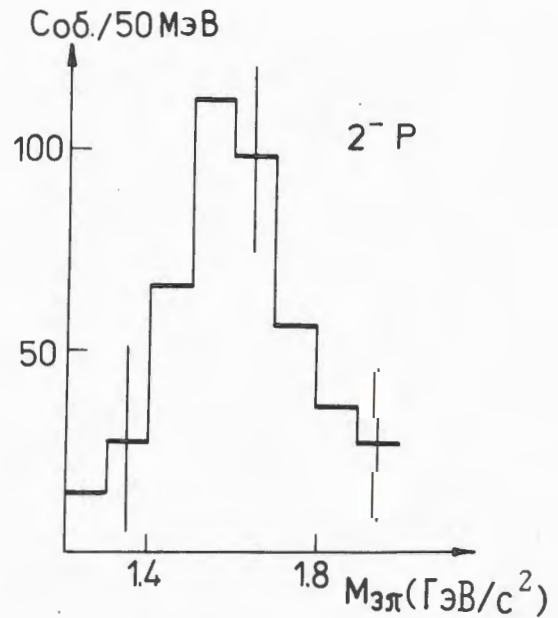


Рис. 11. Интенсивности волн с квантовыми числами 2^-_s и 2^-_p в области A_3 .

оказался пренебрежимо малым для переданных ядру импульсов, меньших $0,01 (\text{ГэВ}/c)^2$.

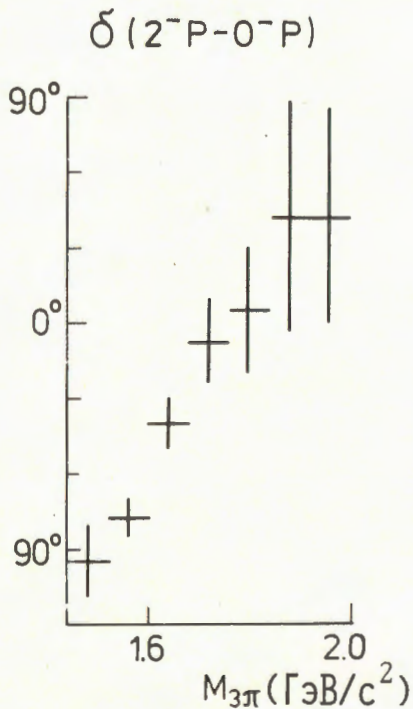
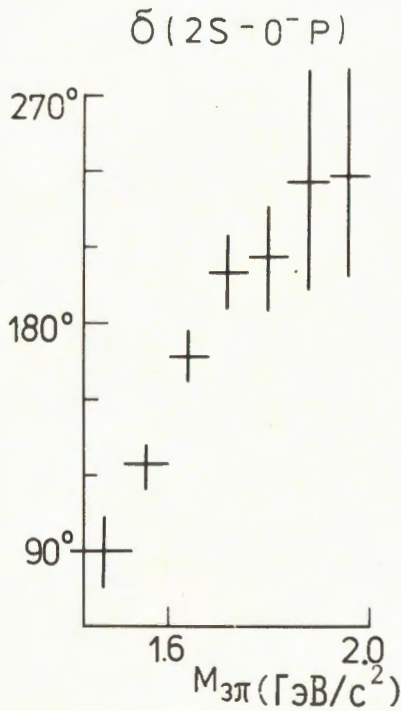


Рис. 12. Поведение фаз 2^- и 2^- относительно не-резонансной волны 0^- -р.

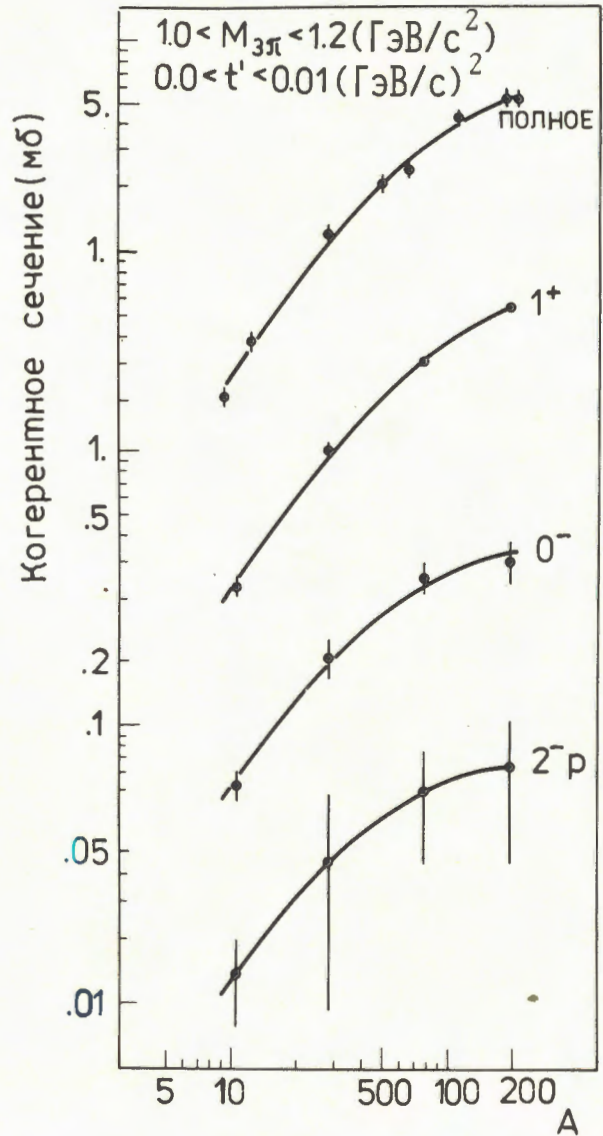


Рис. 13. А-зависимость когерентного сечения в состояниях по спину и четности 0^- , 1^+ , 2^- .

5. В эксперименте ПРОЗА измерена поляризация в обменном пион-протонном рассеянии $\pi^-p \rightarrow \pi^0 p$ при энергии пионов $E_\pi = 40 \text{ ГэВ}$ и переданном нуклону импульсе $|t| < 1 (\text{ГэВ}/c)^2$. Среднее значение поляризации составляет $(6 \pm 2) \%$. Сравнение этого результата с данными, полученными при более низких энергиях, указывает на то, что поляризация убывает с ростом энергий как $1/\sqrt{S}$, где $S = 2m_p E_\pi$, m_p - масса протона.

В опыте использовалась созданная в лаборатории самая крупная в мире (объем 60 см^3) "замороженная" поляризованная протонная мишень.

6. В экспериментах на установке РИСК (пятиметровая стримерная камера в магнитном поле) получены первые результаты по множественности заряженных частиц в соударениях π^- -ядро и K^- -ядро при 40 ГэВ/с. Аппаратура позволяла изучать взаимодействия одновременно на целом наборе тонких мишеней, включая жидководородную (ядра p, Li, C, S, Cu, CsJ и Pb) (рис. 14), и определять знаки зарядов частиц. Некоторые экспериментальные результаты приведены на рис. 15 и рис. 16. Систематические экспериментальные данные по множественностям в K^- -ядро взаимодействиях до сих пор отсутствовали. Найдено, что в пределах экспериментальных погрешностей ($\approx 10\%$) не наблюдается различия средних множественностей как всех заряженных, так и отрицательно заряженных частиц для взаимодействий π^- -ядро и K^- -ядро. При сравнении множественностей частиц положительного и отрицательного заряда наблюдается избыток быстрых (> 500 МэВ/с) положительных частиц, растущий с атомным весом ядра.

7. Показана согласованность экспериментальных данных с киральной теорией процессов $\pi\pi \rightarrow \pi\pi$ и $\pi N \rightarrow \pi\pi N$ при вайн-

берговском нарушении киральной симметрии и малых длинах $\pi\pi$ -рассеяния. С помощью расчетов в рамках киральной теории реакции $\pi N \rightarrow \pi\pi N$ обосновано применение метода Чу-Лоу к реакции $\pi^- p \rightarrow \pi^+ \pi^- p$ при низких энергиях. Учет подпорогового нуля позволяет уточнить значение длины s-волнового $\pi\pi$ -рассеяния a_0^o из экстраполяции к порогу фаз δ_0^o , полученных в реакции $\pi^- p \rightarrow \pi^+ \pi^- p$, в широком интервале энергий. Фазы $\pi\pi$ -рассеяния δ_0^o описываются при значении длины рассеяния $a_0^o = (0,23 \pm 0,3) m_\pi^{-1}$ и положении подпорогового нуля $q_0^2 = (-0,7 \pm 0,3) m_\pi^2$ (рис. 17).

8. Предложен опыт по исследованию фундаментальной структурной константы - поляризуемости заряженного пиона. Существует большое количество теоретических предсказаний для этой величины в различных кварковых, киральных и других моделях. Однако экспериментальные данные поляризуемости пиона пока отсутствуют.

Для определения поляризуемости π -мезона предложено исследовать процесс рассеяния пионов высокой энергии в кулоновском поле ядра с испусканием жесткого γ -кванта ($\pi^- + \text{ядро} \rightarrow \pi^- +$

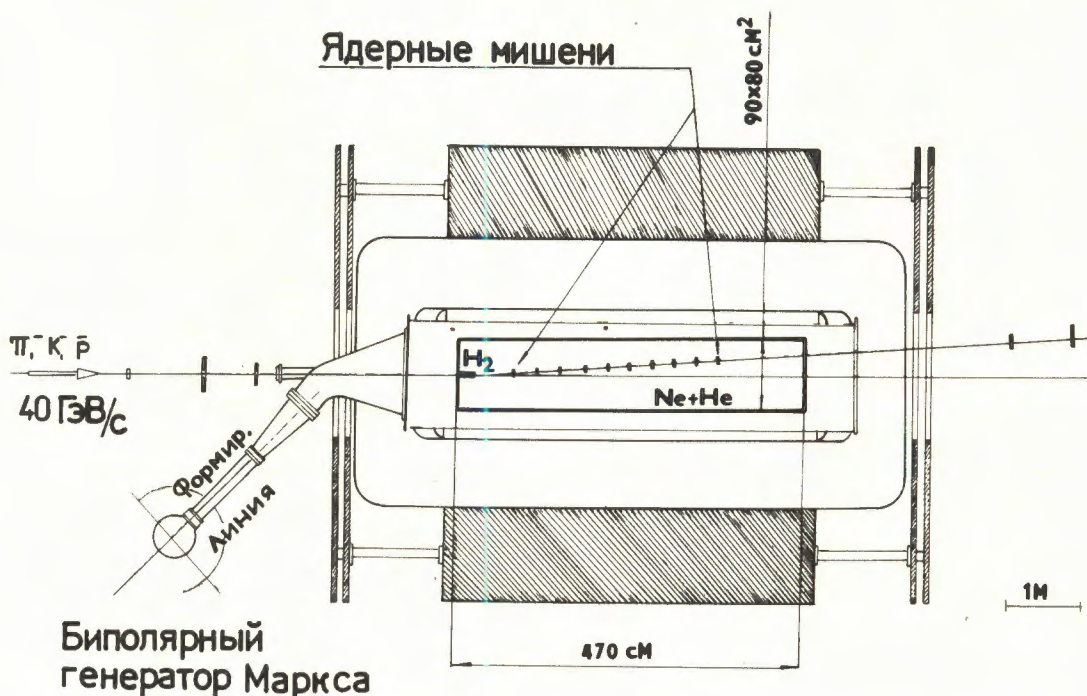


Рис. 14. Схема эксперимента по исследованию множественностей образования заряженных частиц на магнитном спектрометре РИСК с 5-метровой стримерной камерой.

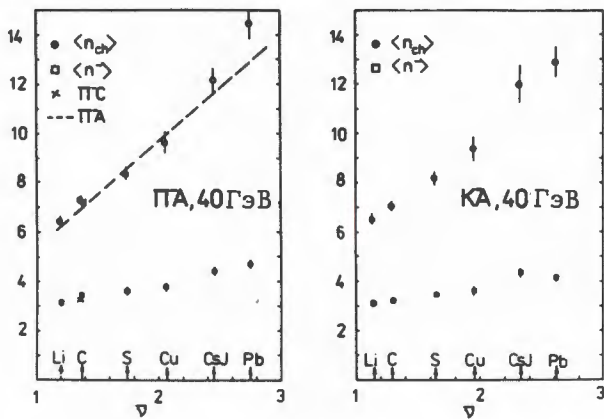


Рис. 15. Зависимости средних множественностей заряженных $\langle n_{ch} \rangle$ и отрицательно заряженных $\langle n^- \rangle$ частиц от среднего числа соударений $\bar{\nu}$ внутри ядра. Знаками \times и --- указаны данные других экспериментов.

+ ядро + γ), уносящего от половины до девяти десятых начальной энергии пиона. Спектр таких квантов оказывается чувствительным к наведенной в кулоновском поле на π^- -мезон поляризации.

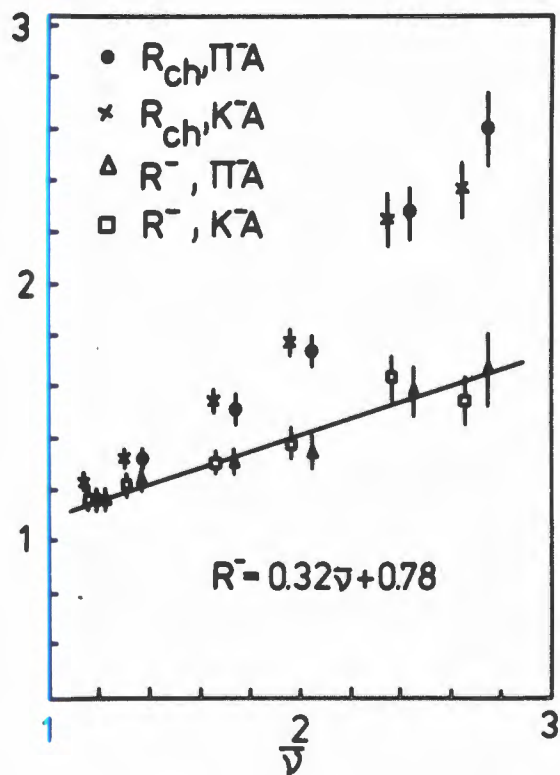


Рис. 16. Отношения среднего числа заряженных (R_{ch}) и отрицательно заряженных (R^-) частиц, рожденных в π^- -, K^- -ядро и π^- -, K^- -водород взаимодействиях при импульсе 40 ГэВ/с.

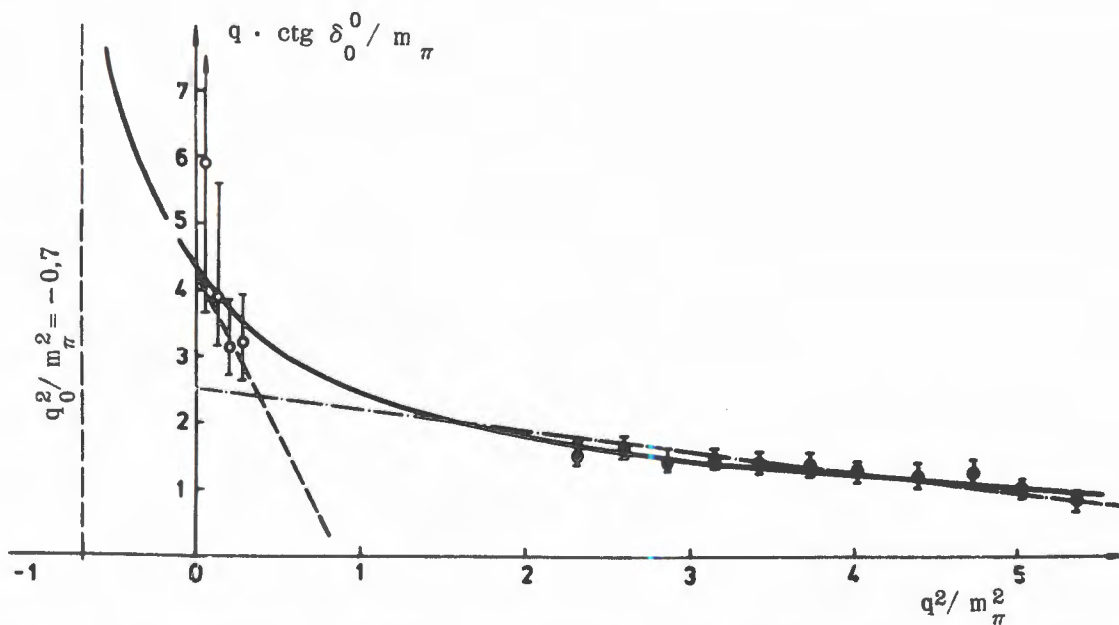


Рис. 17. Экстраполяция к порогу фаз δ_0^0 рассеяния пионов пионами: \circ - данные ЛЯП по реакции $\pi^-p \rightarrow \pi^+\pi^-n$ вблизи порога; \bullet - результаты экспериментов при энергии 17 ГэВ/с. Пунктирная и штрих-пунктирная линии - экстраполяции к порогу данных в приближении эффективного радиуса; сплошная кривая - результат анализа данных двух экспериментов, учитывающий подпороговый нуль в амплитуде s-волнового $\pi\pi$ -рассеяния.

Фактически при этом будет изучаться комpton-эффект на π -мезоне, характеристики которого зависят от поляризуемости пиона. Эксперимент начат на пучке пионов 40 ГэВ/с совместно с ИФВЭ (Серпухов).

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЧАСТИЦ СРЕДНИХ ЭНЕРГИЙ С ЯДРАМИ

1. Измерены дифференциальные и двойные дифференциальные сечения рождения положительных пионов протонами с энергией 240 МэВ на ядрах углерода и меди. Получена энергетическая зависимость дифференциального сечения для ядра меди под углом 90° в лабораторной системе в диапазоне энергий протонов $240 \div 500$ МэВ (рис. 18).

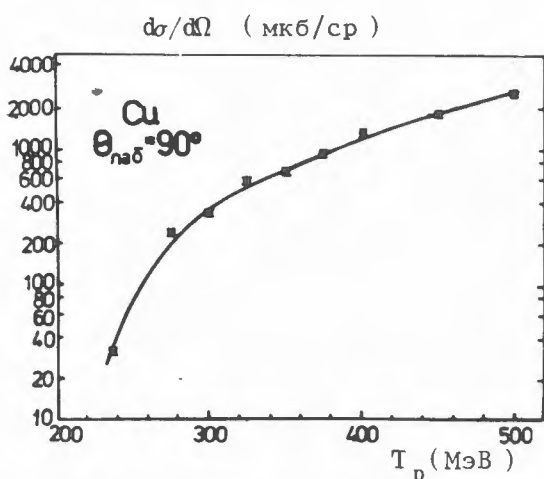


Рис. 18. Зависимость дифференциального сечения образования пионов в мезонной мишени от энергии протонного пучка.

Полученные сечения рождения пионов на ядрах и инклюзивные спектры пионов низких энергий представляют собой первые экспериментальные данные при энергиях протонов ниже 350 МэВ. Отсутствие заметных нерегулярностей в энергетической зависимости сечения, по-видимому, свидетельствует о малом вкладе процессов с образованием барионных состояний или изобар. Обращает на себя внимание

резкая зависимость дифференциального сечения от энергии протонов до 300 МэВ, что следует учитывать при проектировании экономичных мезонных фабрик с возможно меньшей энергией протонного пучка.

2. Обработаны результаты измерений лево-правой асимметрии квазиупругого рассеяния поляризованных протонов на ядрах при энергии 635 МэВ для случая нулевой передачи импульса остаточному ядру.

Измеренные значения асимметрии, приведенные к полной поляризации падающих протонов, представлены на рис. 19.

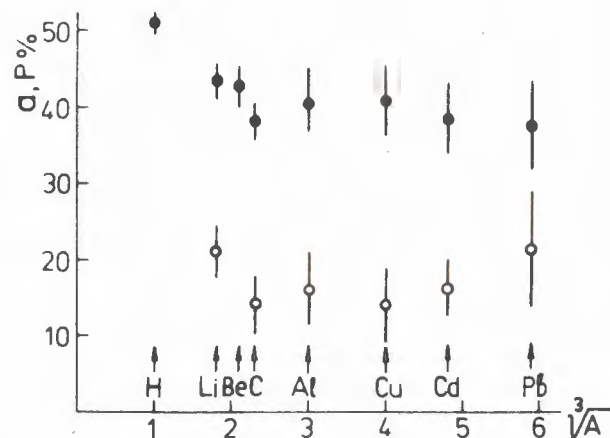


Рис. 19. Зависимости величин асимметрии (точки, $\theta = 25^\circ$ л.с.) и поляризации (кружки, $\theta = 27^\circ$ л.с.) в процессе квазиупругого рассеяния протонов с энергией 635 МэВ от массового числа A мишени.

Эти данные сопоставлены с результатами ранее проведенных в лаборатории измерений величины поляризации протонов при квазиупругом рассеянии неполяризованных протонов с энергией 640 МэВ на тех же ядрах. Зависимости измеренных значений асимметрии и поляризации сильно отличаются друг от друга. Если учесть, что для свободного рассеяния нуклонов эти величины совпадают, обнаруженное различие указывает на чувствительность поляризационных параметров к влиянию ядерной структуры.

3. С помощью фотоэмulsionей, облученных на пучке π^- -мезонов ускорителя

SIN (Швейцария), изучена реакция двойной перезарядки пионов на ядре лития-7. Зарегистрировано 150 случаев двойной перезарядки $\pi^- + {}^7\text{Li} \rightarrow \pi^+ + \dots$ при энергии падающих π^- -мезонов 102 МэВ в лабораторной системе координат. π^+ -мезоны регистрировались в эмульсионной стопке, расположенной под углом 30° к пучку падающих на мишень π^- -мезонов. Не было обнаружено заметного пика от гипотетической реакции $\pi^- + {}^7\text{Li} \rightarrow \pi^+ + {}^7\text{H}$ (основное состояние) в той части энергетического спектра π^+ -мезонов, которая соответствует энергии связи ${}^7\text{H}$ в интервале $(-5 \div +25)$ МэВ. Полученное предельное значение соответствующего дифференциального поперечного сечения равно $1,0 \times 10^{-31}$ см²/ср на уровне достоверности 90%. Форма зарегистрированного спектра π^+ -мезонов указывает на наличие сильного взаимодействия в конечном состоянии между π^+ -мезоном, протоном и шестью нейтронами. Дифференциальное поперечное сечение двойной перезарядки, проинтегрированное по всем энергиям π^+ -мезонов, равно $(4,2 \pm 1,7) \times 10^{-30}$ см²/ср.

МЕЗОАТОМНЫЕ И МЕЗОМОЛЕКУЛЯРНЫЕ ПРОЦЕССЫ

1. Завершена обработка данных эксперимента по исследованию μ -катализа реакции синтеза ядер дейтерия и трития. Значение одной из основных констант процесса - скорости перехвата мюона от дейтерия к тритию, определенное на основе всего накопленного статистического материала, составляет $(2,9 \pm 0,4) \cdot 10^8$ с⁻¹.

2. В опытах с газовой мишенью, заполняемой сверхчистым водородом или дейтерием до давления 40 атм, на мюонном пучке синхротронотрона (680 МэВ, ОИЯИ) измерена остаточная поляризация отрицательных мюонов в основном состоянии p_μ - и d_μ -атомов. Получены значения остаточной поляризации в протии $P_\mu(\text{H}) = 0,3 \pm 0,9\%$ и дейтерии $P_\mu(\text{D}) = 1,0 \pm 0,9\%$. Измерения поляризации в газообразном протии и дейтерии проведены впервые.

ЯДЕРНАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ И РАДИОХИМИЯ

1. Выполнен комплекс исследований в области ядерной спектроскопии: методом он-лайн на пучке ускорителя ЛИЯФ АН СССР по программе ЯСНАПП-ИРИС получены новые сведения о свойствах предельно короткоживущих (до десятых долей секунды) нейтронодефицитных изотопов; методом ориентации ядер при сверхнизкой температуре (установка СПИН) изучались распады радиоактивных поляризованных ядер.

При этом получен ряд новых результатов, в том числе:

а. На основе анализа γ -излучения, электронов внутренней конверсии (ЭВК), $\gamma\gamma$ - и $e\gamma$ -совпадений впервые удалось построить схему распада ${}^{165}\text{Lu}$ (26 возбужденных состояний).

б. Методом задержанных $e\gamma$ - и $\gamma\gamma$ -совпадений измерено время жизни ряда возбужденных состояний ${}^{165}\text{Yb}$. Из величины найденной вероятности внутривращательного перехода 87 кэВ определено значение внутреннего квадрупольного момента и значение параметра квадрупольной деформации.

в. Изучены возбужденные состояния ${}^{153}\text{Dy}$, ${}^{153}\text{Tb}$. Проведен количественный анализ спектров $e\gamma$ -совпадений. Определены мультипольности для большинства γ -переходов. Исследованы спектры γ -лучей и ЭВК. Предлагается схема распада ${}^{153}\text{Dy}$, определены вероятности заселения уровней ${}^{153}\text{Tb}$.

г. Исследован распад ${}^{163}\text{Lu}$ ($T_{1/2} = 4,1$ мин). Измерены спектры γ -лучей, ЭВК, $e\gamma$ - и $\gamma\gamma$ -совпадений. Обнаружено 69 γ -переходов при распаде ${}^{163}\text{Lu}$, для 12 переходов определены мультипольности. На основе результатов анализа данных впервые предложена схема распада ${}^{163}\text{Lu} \rightarrow {}^{163}\text{Yb}$, включающая 16 возбужденных уровней.

2. Экспериментально изучена возможность получения перспективного для ядерной медицины препарата ${}^{201,202}\text{Tl}$ в реакциях протонов с энергией 660 МэВ с висмутом, свинцом и ртутью. В ртутной мишени толщиной 136 г/см² образуются изотопы ${}^{200}\text{Tl}$ в количестве ≈ 15 мКи, ${}^{201}\text{Tl}$ - в количестве ≈ 2 мКи и ${}^{202}\text{Tl}$ - в количестве $\approx 1,2$ мКи на мкА \cdot ч⁻¹.

Разработаны простые и эффективные химические методы отделения радио-

таллия от материала мишеней, последующей его очистки и концентрирования.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА, СОЗДАНИЕ НОВЫХ УСТАНОВОК, УСКОРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

1. Разработан метод лазерной регистрации треков в водородной стримерной камере с повышенным давлением (~2 атм). Регистрация тенеграммы производилась спустя 2250 нс после подачи высоковольтного (150 кВ) импульса на электроды камеры. Камера работала в режиме самозапуска. Объем камеры освещался азотным лазером с добавкой органического красителя (родамин 6Ж), преобразующего невидимое излучение в видимую область спектра.

Свет рассеивался двумя центрами: нагретым веществом в центре стримера и фронтом ядерной волны, расходящейся симметрично от канала стримера

(рис. 20). Метод обеспечивает высокую точность измерения координат треков: ≈ 100 мкм.

2. Исследованы основные характеристики обнаруженного в лаборатории нового режима работы проволочных камер - так называемого самогасящегося стримерного режима, отличающегося от ранее известных: гейгеровского - малыми длительностями разряда и мертвого времени, а пропорционального - существенно большей амплитудой сигналов. Определены амплитудные и временные характеристики, загрузочная способность камер, чувствительность к первичной ионизации, а также пространственная локализация и направленность развития стримеров.

3. Введена в эксплуатацию крупная спектрометрическая установка ГИПЕРОН и начаты систематические исследования гиперзарядовообменных и других бинарных и множественных процессов на пучке π - и К-мезонов 70-ГэВ синхротрона ИФВЭ (Серпухов).

4. Создана и введена в действие установка "Пион", включающая широкоапертурный годоскоп - спектрометр из двухслойных сцинтилляторов (с разрешением 5-10% для пионов и протонов с энергиями от единиц до десятков МэВ) и многослойные полупроводниковые спектрометры с набором литий-дрейфовых детекторов площадью 8 см^2 , толщиной 3,5 мм (собственное разрешение детекторов, определенное по α -частицам, составляет 35-40 кэВ). Установка смонтирована и используется на ускорителе на энергию 1 ГэВ в ЛИЯФ АН СССР.

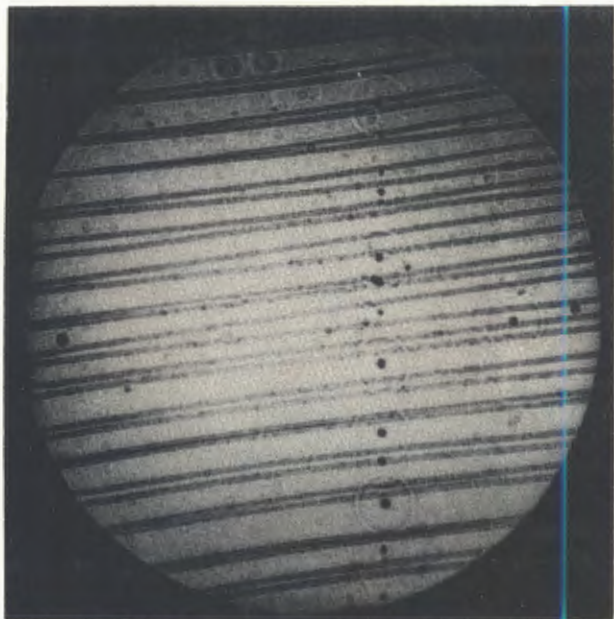


Рис. 20. Лазерная тенеграмма треков электронов в водородной стримерной камере.

5. Продолжались работы по созданию комплекса электронной аппаратуры для автоматизации физических экспериментов с использованием малых и микро-ЭВМ. В 1980 году работы выполнялись по следующим основным направлениям:

а) создание серии измерительных генераторов наносекундного диапазона;

б) создание малошумящих и быстродействующих спектрометрических устройств;

в) создание интерфейсов для мини- и микро-ЭВМ;

г) создание автоматизированных комплексов на основе разработанной аппаратуры для проведения фундаментальных и прикладных работ;

д) развитие лабораторного центра накопления и обработки информации.

6. К концу 1980 г. выполнен большой объем работ по реконструкции синхротрона - смонтированы крупные узлы установки "Ф": обмотки возбуждения магнита, ускорительная камера с магнитной системой, а также системы питания, стабилизации поля и водоохлаждения. Произведена комплексная наладка систем и выполнена первая серия измерений конфигурации магнитного поля ускорителя. Завершены строительство, монтаж и наладка оборудования станции водоснабжения и градирни. Создаются установки для выполнения фундаментальных и прикладных исследований на новом ускорителе.

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ



В 1980 году основные усилия коллектива лаборатории были сконцентрированы на проведении экспериментов на У-400, работах по поиску сверхтяжелых элементов в природе, синтезе трансурановых элементов, изучении механизма ядерных реакций. Большое внимание уделялось развитию прикладных исследований.

К важнейшим достижениям лаборатории относятся:

- получение выведенных пучков и проведение цикла экспериментов по синтезу и изучению характеристик спонтанного деления короткоживущих изотопов тяжелых элементов;

- успешное развитие методики поиска треков тяжелых элементов в галактических космических лучах (обнаружены два трека, которые, по предварительным оценкам, интерпретируются как следы атомных ядер с $Z \geq 110$, присутствующих в космических лучах);

- исследование неравновесных процессов, сопровождающихся эмиссией высокоэнергичных заряженных частиц;

- проведение работ по созданию крупных экспериментальных установок для исследований на У-400 и созданию измерительно-вычислительного центра ЛЯР;

- создание и запуск нового микроотрона МТ-22 с энергией электронов 22 МэВ и интенсивностью до 30 мкА, повышение предельной чувствительности активационного анализа на серебро (10^{-6} г/г), золото и уран (10^{-7} г/г); разработка методик экспрессного активационного анализа содержания белка в органических объектах;

- изучение влияния ионного облучения на механические и электрофизические свойства ряда веществ, разработка технологии получения на пучках тяжелых ионов ядерных фильтров, способных решать широкий класс задач по микро- и ультрафильтрации.

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ РАБОТЫ

ПОИСК СВЕРХТЯЖЕЛЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПРИРОДЕ

1. Продолжались работы по поиску треков сверхтяжелых космических ядер в оливинах из метеоритов Марьялахти и Игл Стейшен. Проведена калибровка оливинов ускоренными ядрами Хе, Рь, U. Метод избирательного отжига треков ядер в оливинах позволил устранить фон $\sim 10^7$ треков/см² от космических ядер с $23 \leq Z \leq 50$. Для выявления треков ядер с $Z \geq 50$ в объеме кристалла оливина проводилось облучение сфокусированным лазерным пучком, которое создавало систему микротрещин.

Проведен поиск треков ядер с $Z \geq 110$ в двух кубических сантиметрах оливинов. Зарегистрировано 350 треков ядер группы тория-урана. Обнаружено два трека, которые могут, по предварительным оценкам, быть интерпретированы как следы ядер с $Z \geq 110$. Наблюдаемый эффект соответствует распространенности сверхтяжелых ядер в космических лучах на уровне $(1-3) \cdot 10^{-3}$ от ядер группы Th-U.

2. Совершенствовались методы регистрации редких событий спонтанного деления, применяемые при поиске сверхтяжелых элементов в природе. В лаборатории создан новый детектор нейтронов, помещенный в специальную защиту из бетона (толщина защиты соответствует 15 м водного эквивалента при общем весе 1200 тонн). Дополнительно применяется активная защита из пластических сцинтилляторов, которая в 100 раз уменьшает фон от космических мезонов. Детектор представляет собой блок из органического стекла диаметром 550 и высотой 700 мм, в центре которого имеется сквозной канал для размещения исследуемого образца (рис. 21). Вокруг этого канала размещено 56 ³He-счетчиков с эффективностью $\epsilon_n = 0,5$ для регистрации одиночного нейтрона. Отбор событий спонтанного деления осуществляется с помощью многопараметровой электронной системы при регистрации кратных событий рождения нейтронов (2 или более) после стартового сигнала с первого ³He-счетчика, зарегистрировавшего нейтрон, или сигнала с детектора осколков деления. Разрешающее вре-

мя схемы составляет 100 нс. Новая установка позволяет детектировать спонтанное деление в образцах весом ~10 кг при уровне счета в несколько делений в день, т.е. позволяет проводить поиск образцов, где концентрация природного сверхтяжелого элемента будет существенно выше, чем в метеоритах.

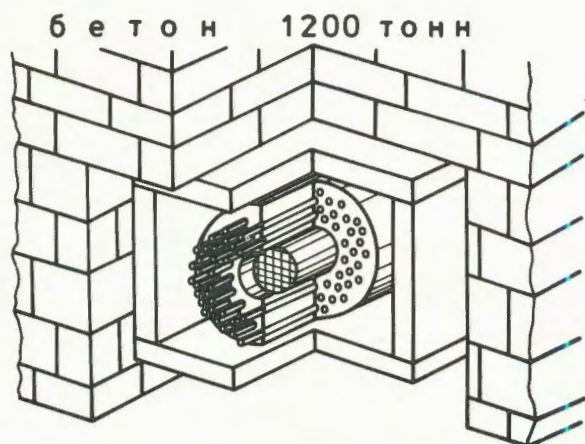


Рис. 21. Нейтронный детектор, установленный в низкофоновой лаборатории.

3. Завершено оборудование низкофоновой лаборатории в Ереване совместно с Ереванским государственным университетом. На глубине, соответствующей 660 метрам водного эквивалента, смонтированы два детектора для регистрации актов множественной эмиссии нейтронов. Установки позволяют обнаруживать природные спонтанно делящиеся изотопы при их концентрациях до 10^{-14} г/г. Достигнутая чувствительность обеспечивает проведение экспериментов по поиску сверхтяжелых элементов.

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ИЗОТОПОВ ТРАНСУРАНОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

1. Создан комплекс аппаратуры для исследований химических свойств элемента 107. Атомы отдачи из мишени тормозятся в потоке влажного воздуха, который циркулирует в замкнутой системе. Образующиеся окисные и гидроокисные соединения пропускаются через фильтр для отделения молекул нелетучих соединений и затем поступают на кварцевую термохроматографическую колонку с тре-

ковыми детекторами спонтанного деления. Аналог 107-го элемента рения образует гидроокись, осаждающуюся на колонке при температуре около 100° (рис. 22).

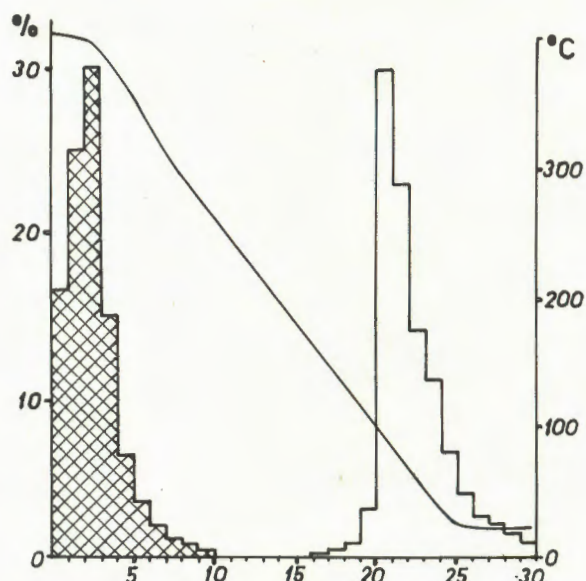


Рис. 22. Распределение вдоль колонки зон осаждения летучих соединений рения при разной влажности воздуха: левый пик получен при использовании сухого воздуха (влажность $\sim 10^{-4}$ мм рт.ст.), правый - с влажностью 4-5 мм рт.ст. Кривая - температурное распределение вдоль колонки.

Очистка от фона с коэффициентом $10^4 - 10^5$ достигается фактически за десятую долю секунды. Химический выход рения - около 80%, время выделения из продуктов облучения - не больше 2 секунд. Методика обладает чувствительностью 10^{-84} см² по эффективному сечению реакции синтеза для спонтанно делящихся изотопов 107-го элемента с периодами полураспада $T_{1/2} > 1$ с, если элемент близок к рению по химическим свойствам (экарений).

2. В экспериментах по синтезу изотопов трансураниевых элементов в реакциях с тяжелыми ионами выделение искомого продукта реакций полного слияния (ПРС), имеющих низкие (на фоне многочисленных продуктов реакций передачи) сечения, представляет большие трудности. В связи с этим проведены опыты по измерению угловых распределений и пробегов некоторых продуктов реакций, приводящих при полном слиянии ядер мишени и частицы к образованию

изотопов с Z , равным 104 и 107. Атомы отдачи коллимировались в направлении пучка и собирались на тонких фольгах ($0,2 \text{ мг/см}^2 \text{ Al}$). Измерялись α - и SF-активности.

Для реакции $^{249}\text{Bk} + ^{22}\text{Ne}$ ($E_{\text{Ne}} = 118 \text{ МэВ}$) измерены угловое распределение и пробеги ^{256}Md (^{256}Fm) и ^{252}Fm (рис. 23).

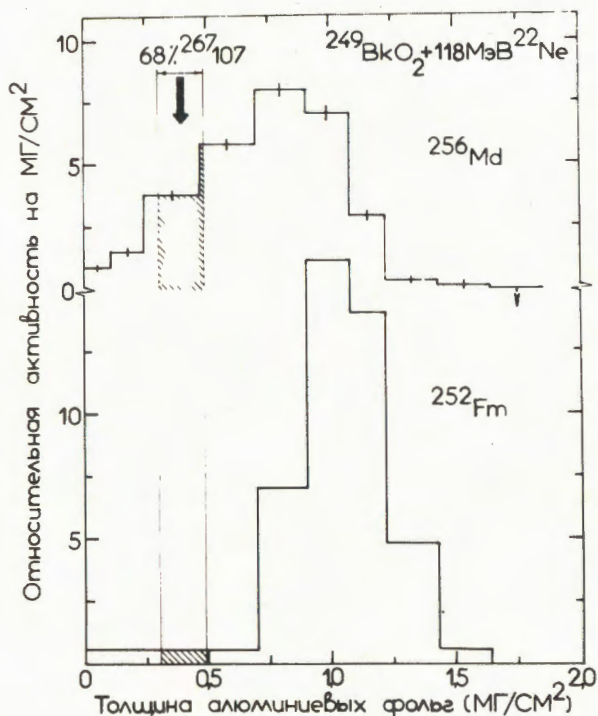


Рис. 23. Экспериментальные пробеги ядер ^{256}Md и ^{252}Fm — продуктов ядерной реакции $^{249}\text{Bk} + ^{22}\text{Ne}$ и расчетные пробеги для составного ядра $^{267}_{107}$

В реакции $^{239}\text{Pu} + ^{22}\text{Ne}$ ($E_{\text{Ne}} = 121 \text{ МэВ}$) измерены пробеги ^{246}Cf , ^{240}Cm и ^{242}Cm . Пробеги компанд-ядер определялись расчетным путем. Во всех случаях установлено, что пробеги продуктов реакций передачи более чем в 2 раза превосходят пробеги составных ядер, что позволяет разделить эти продукты. Значения “коэффициентов разделения” составляют $10^1 \div 10^3$ в зависимости от конкретного канала реакции и условий эксперимента (толщина мишени, тормозящая среда, степень коллимации).

Таким образом, используя различия в кинематике двух разных по своей природе процессов, можно правильно идентифицировать конечные продукты реакции.

На основе этих данных по угловым распределениям и пробегам атомов отда-

чи созданы две установки, предназначенные для выделения продуктов полного слияния на фоне продуктов многонуклонных передач. Принципы действия обеих установок одинаковы. Атомы отдачи вылетают из тонкого слоя вещества мишени ($\sim 400 \text{ мкг/см}^2$) через коллиматор в объем камеры и тормозятся в одной установке в газе (гелии), в другой — в твердом сборнике (алюминий или графит).

На установке с гелиевой струей в сочетании с ленточным транспортером-сборником исследовались продукты реакции $^{249}\text{Bk} + ^{15}\text{N}$, а на установке с дисковыми сборниками — продукты реакции $^{248}\text{Cm} + ^{16}\text{O}$. Энергия ионов соответствовала максимуму сечения реакции ($\text{HI}, 4n$), приводящей к синтезу ^{260}Ku .

В обоих случаях наблюдалась активность с $T_{1/2} \approx 80 \text{ мс}$, что хорошо согласуется с прежними данными ОИЯИ для ^{260}Ku .

3. Созданы две установки для идентификации и изучения спонтанного деления короткоживущих тяжелых ядер. На одной из них, включавшей две ионизационные камеры, на пучке тяжелых ионов получены данные для средней полной кинетической энергии $\langle \text{ТКЕ} \rangle$ осколков спонтанного деления: ^{244}Fm ($T_{1/2} = 3 \text{ мс}$) $\langle \text{ТКЕ} \rangle = 193 \pm 3 \text{ МэВ}$ и ^{246}Fm ($T_{1/2} = 1,2 \text{ с}$) $\langle \text{ТКЕ} \rangle = 195 \pm 3 \text{ МэВ}$. В ионизационные камеры введены дополнительные сетки, сигналы с которых использовались для определения угла вылета осколков с точностью $\pm 5^\circ$ и введения поправки в $\langle \text{ТКЕ} \rangle$ на потери энергии осколков в сборнике и входных окнах камер.

Другая установка (“Сизиф”) работала на пучке циклотрона У-400. Ее схема представлена на рис. 24. Установка имеет систему механического транспорта, которая обеспечивает доставку сборника, находящегося во время облучения за мишенью, к ионизационным камерам за $0,8 \text{ с}$. Две ионизационные камеры с дополнительными сетками для определения угла вылета осколков располагаются в чувствительном объеме нейтронного детектора. В момент включения пучка ионов сборник доставляется к ионизационным камерам, которые с эффективностью $0,6$ регистрируют осколки спонтанного деления продуктов, выбитых из мишени и накопившихся в сборнике. Сигналы от ионизационных камер являются старто-

выми для запуска схемы нейтронного детектора, который позволяет определять множественность мгновенных нейтронов деления. Эффективность регистрации одиночных нейтронов $\sim 0,48$. Информация поступает на ЭВМ СМ-3, работающую на линии с физической аппаратурой.

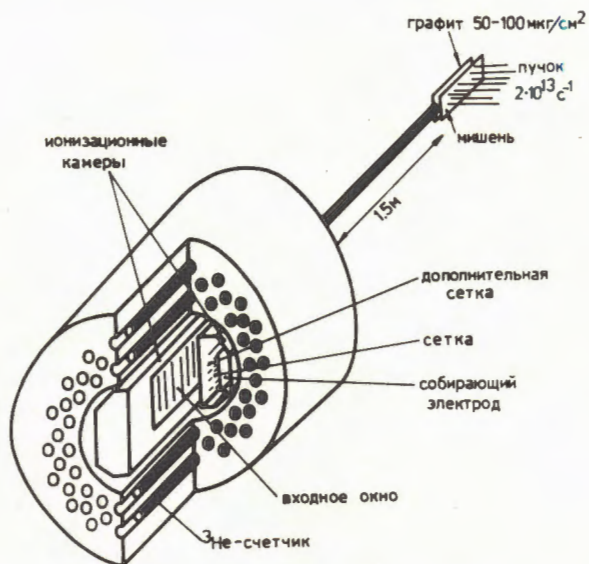


Рис. 24. Схема установки "Сизиф".

На рис. 25 приводятся полученные с помощью этой установки данные о массовом распределении осколков спонтан-

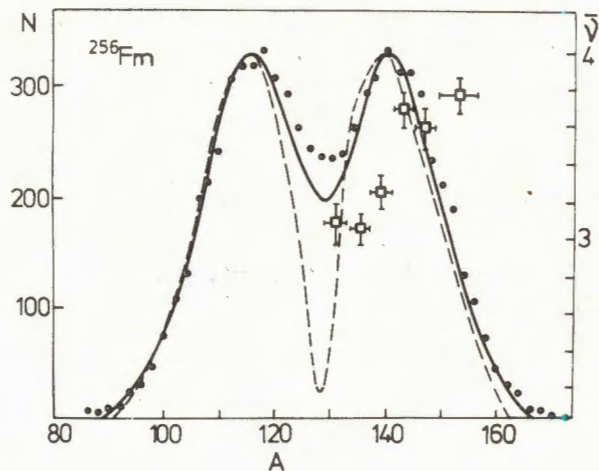


Рис. 25. Спонтанное деление ^{256}Fm : массовое распределение и зависимость $\bar{\nu}$ от масс-асимметрии. Точки - результаты, полученные на установке "Сизиф". Сплошная линия - массовое распределение, измеренное в условиях хорошей коллимации с помощью кремниевых поверхностно-барьерных детекторов. Пунктирная - радиохимические данные, \square - экспериментальные данные для $\bar{\nu}$.

ного деления ^{256}Fm и зависимость $\bar{\nu}$ от масс-асимметрии.

Данная установка может быть использована для изучения спонтанного деления ряда изотопов с $Z \geq 100$, образующихся в ядерных реакциях с малым поперечным сечением. Она также позволяет проводить эксперименты по синтезу сверхтяжелых элементов (СТЭ) в реакциях типа $^{248}\text{Cm} + ^{48}\text{Ca}$ с использованием возможности идентификации ядер из новой области стабильности по величине $\langle \text{ТКЕ} \rangle$ и $\bar{\nu}$. Например, при отборе событий с $\langle \text{ТКЕ} \rangle \geq 220$ МэВ и числом зарегистрированных нейтронов $\nu \geq 3$ фон от спонтанного деления ^{256}Fm подавляется в 100 раз, в то время как вероятность регистрации СТЭ, имеющего $\langle \text{ТКЕ} \rangle = 270$ МэВ и $\bar{\nu} = 5$, будет составлять 50%. Если дополнительно проводить отбор событий симметричного деления, фон от ^{256}Fm будет подавляться в 300 раз.

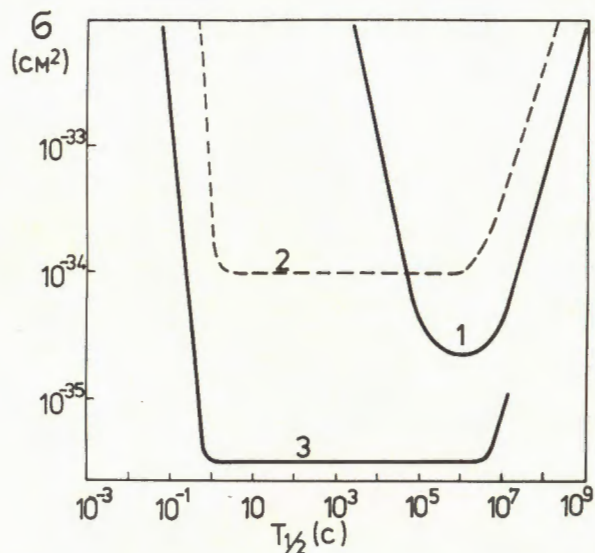


Рис. 26. Пределы поперечного сечения реакции $^{248}\text{Cm} + ^{48}\text{Ca}$ и периоды полураспада СТЭ, доступные для установки "Сизиф" (кривая 3); пределы, полученные в экспериментах в Дубне и Беркли (соответственно кривые 1 и 2).

На рис. 26 приведены пределы поперечных сечений и времен жизни СТЭ, которые могут быть достигнуты с помощью данной установки для реакции $^{248}\text{Cm} + ^{48}\text{Ca}$.

4. Осуществлена газовая термохроматография тяжелых актинидных эле-

ментов в виде металлических атомов на колонке из титана. Поскольку для элементов, имеющих в доступных весовых количествах, экспериментально установлено четкое соответствие между температурой зоны адсорбции атомов на колонке и металлической валентностью элемента, то опытные данные о поведении атомов эйнштейния, фермия и менделевия (рис. 27), т.е. элементов, доступных лишь в следовых количествах, позволили приписать этим элементам металлическую валентность, равную двум.

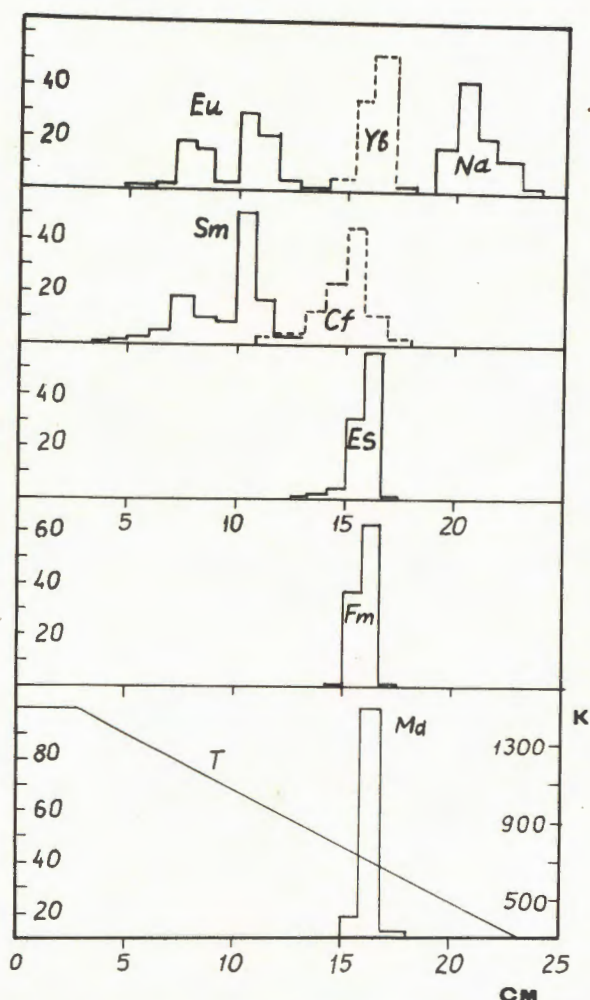


Рис. 27. Термохроматографические зоны тяжелых актиновых элементов на колонке из титана.

Это первые сведения об их фундаментальном физико-химическом свойстве.

5. Измерены сечения деления ядер ^{238}U и ^{232}Th и сечение эмиссии нейтронов из ядра ^9Be под действием γ -излучения, испускаемого при радиоактив-

ном распаде изотопов (^{62}Cu , ^{66}Ga , ^{74}Br), образующихся в реакциях с тяжелыми ионами. Эти измерения позволяют определить делительные и радиационные ширины уровней в диапазоне энергий возбуждения 3-5 МэВ. Наблюдается сильная флуктуация делительных ширин в этой области энергий.

МЕХАНИЗМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ТЯЖЕЛЫХ ИОНОВ С ЯДРАМИ

1. Выполнен цикл исследований по изучению свойств ядер, образующихся после вылета высокоэнергичных α -частиц. Измерены энергетические спектры легких заряженных частиц (^1H , ^2H , ^3H , ^4He , ^6He , ^8He и др.), испускаемых под углом 0° при бомбардировке мишеней из ^{159}Tb , ^{181}Ta , ^{197}Au и ^{232}Th ионами $^{20,22}\text{Ne}$ и ^{40}Ar . Используемая в экспериментах методика магнитной сепарации продуктов ядерных реакций позволила с высокой степенью надежности очиститься от первичного пучка бомбардирующих ионов и измерить максимально возможную энергию, т.е. опуститься на 5-6 порядков по сечению по сравнению с сечением в максимуме спектра (см. рис. 28). Это дало возможность для всех изученных реакций определить граничную энергию спектров и исследовать ряд закономерностей, важных для понимания механизма реакций с вылетом высокоэнергичных заряженных частиц. Получена корреляция между измеренным в разных комбинациях мишень-ион абсолютным сечением вылета α -частиц и энергией связи α -частиц в ядрах мишени. Эта зависимость представлена на рис. 29.

С использованием радиохимических методов выделения элементов проведен цикл исследований по изучению ядер, образующихся после вылета высокоэнергичных α -частиц, в основном состоянии. С этой целью изучались функции возбуждения реакций типа $(\text{HI}, \alpha \text{xn})$ (рис. 30, 31). Эксперименты проводились в диапазоне энергий 5-10 МэВ/нукл. на ускорителях У-300 и У-400. Сравнение реакций αon , где в качестве продукта образуются слабоделющиеся ядра ^{176}Lu ($^{22}\text{Ne}, \alpha \text{on}$) ^{194}Au и сильноделющиеся ядра ^{238}U ($^{22}\text{Ne}, \alpha \text{on}$) ^{256}Fm , показало, что в последнем случае сечение уменьшается лишь в 10^3 раза за счет их делимости. Этот вывод является

весьма важным при оценке возможностей реакций с вылетом высокоэнергичных α -частиц для синтеза новых ядер, в том числе и сверхтяжелых.

основе экспериментальных энергетических спектров α -частиц. Результаты расчета по статистической модели показывают, что при больших энергиях бомбардирующих ионов существенно возрастает роль процессов, связанных с вылетом прямых α -частиц. Важным выводом проведенных расчетов явилось то,

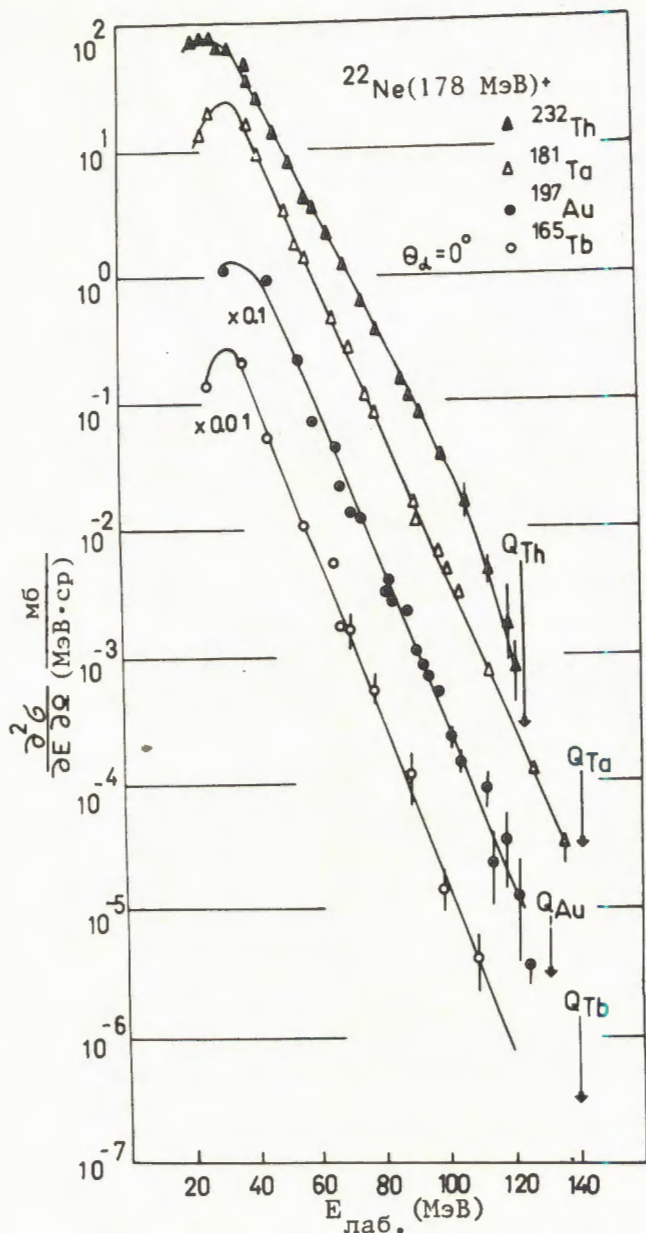


Рис. 28. Энергетические спектры α -частиц, измеренные под углом 0° по отношению к пучку ионов ^{22}Ne . Стрелками показаны максимально возможные значения энергий α -частиц для каждой реакции.

Разработан специальный метод расчета функций возбуждения, учитывающий распределение начальной энергии возбуждения в остаточных ядрах после вылета α -частиц, которое задавалось на

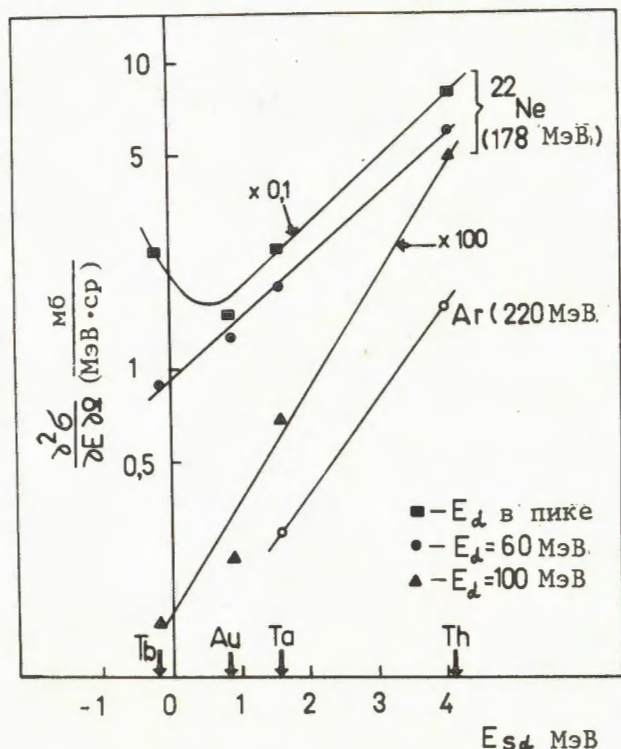


Рис. 29. Зависимость сечения вылета α -частиц от их энергии связи в ядре мишени.

что наилучшее согласие с экспериментальными данными достигалось при угловых моментах, соответствующих крайним соударениям. Причем, для реакции αon среднее значение углового момента достигает 50–60 \hbar . Таким образом, было показано, что ядра, образующиеся после вылета высокоэнергичных α -частиц, являются “холодными” быстровращающимися.

Изучена вероятность эмиссии высокоэнергичных нейтронов в реакциях с ионами ^{12}C и ^{20}Ne . Энергетические спектры нейтронов измерялись с использованием времяпролетного спектрометра. На основании полученных данных о нейтронных спектрах оценен вклад сечения образования неравновесных нейтронов под углом 0° по отношению к испарительной части спектра, который не превышал 2%.

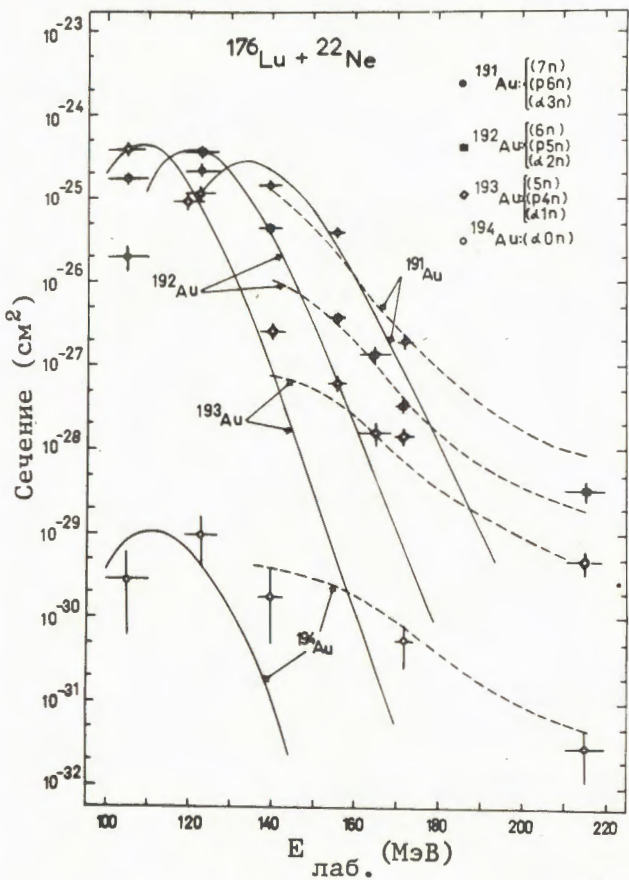


Рис. 30. Функции возбуждения реакции $^{22}\text{Ne} + ^{176}\text{Lu}$. Сплошные кривые - результаты расчета по статистической модели; пунктирные - расчета, проведенного с учетом распределения начальной энергии возбуждения в остаточном ядре после вылета быстрой α -частицы.

2. Продолжалось изучение механизма образования легких заряженных частиц в реакциях глубоконеупругих передач.

В системах $^{107,109}\text{Ag} + ^{40}\text{Ar}$ (285 МэВ) и $^{197}\text{Au} + ^{40}\text{Ar}$ (290 МэВ) измерены энергетические спектры, угловые распределения и сечения образования протонов, дейтронов, тритонов, α -частиц, а также угловые распределения и сечения образования элементов от лития до кислорода.

Установлено большое сходство основных экспериментальных характеристик легких заряженных частиц и типичных продуктов многонуклонных передач (рис. 32), что свидетельствует о важной роли многонуклонных передач в образовании легких заряженных частиц, особенно α -частиц, в реакциях с ионами ^{40}Ar .

Температура возбужденного составного ядра в реакции $\text{Ag} + ^{40}\text{Ar}$, определен-

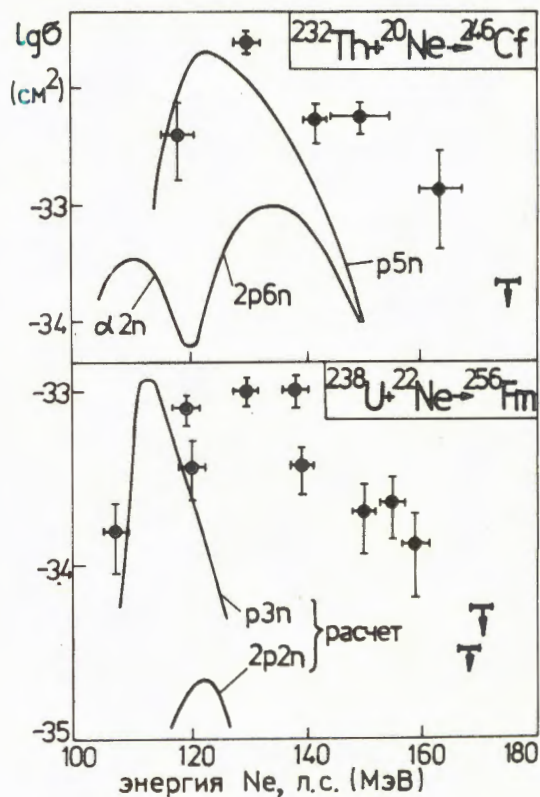


Рис. 31. Функции возбуждения для реакций $^{232}\text{Th} + ^{20}\text{Ne} \rightarrow ^{246}\text{Cf}$ и $^{238}\text{U} + ^{22}\text{Ne} \rightarrow ^{256}\text{Fm}$. Сплошные кривые - результаты расчетов по статистической модели.

ная из энергетических спектров легких заряженных частиц под большими углами, оказалась различной для протонов, дейтронов и α -частиц (рис. 33). Сечение образования легких заряженных частиц

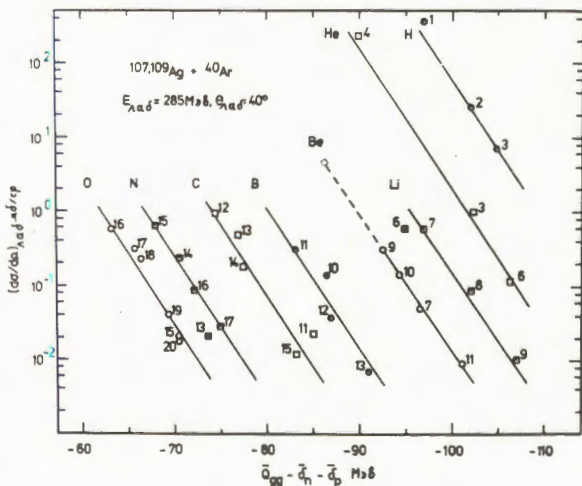


Рис. 32. Q_{qq} -систематика сечений образования изотопов в реакции $^{107,109}\text{Ag} + ^{40}\text{Ar}$ (285 МэВ) угол вылета частиц 40° .

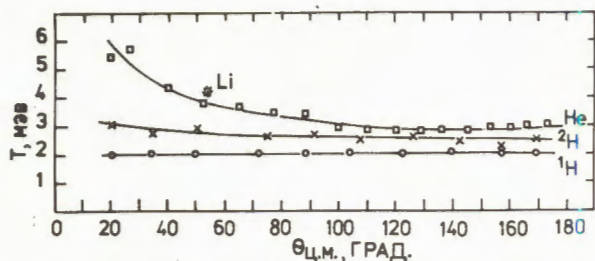


Рис. 33. Температура, определенная из энергетических спектров протонов, дейтронов и α -частиц для различных углов вылета.

с симметричным в системе центра масс угловым распределением оказалось много больше сечения их испарения, предсказываемого статистической моделью. Высказывается предположение, что значительная часть легких

заряженных частиц может образоваться за счет распада соответствующей конфигурации двойной ядерной системы еще до полного слияния ядер аргона и серебра.

3. В экспериментах по измерению времени протекания реакции деления ядер с помощью эффекта теней при облучении монокристалла UO_2 ионами ^4He и ^3He обнаружена эффективная временная задержка событий деления $\tau_{эфф} = (1-3) \cdot 10^{-17}$ с. Для области начальной энергии возбуждения составного ядра $E^* \leq 30$ МэВ ($^{238}\text{U} + ^4\text{He}$) результаты измерений согласуются с модельным расчетом, учитывающим вклад многих ветвей деления в полное сечение деления. В диапазоне $34 \leq E^* \leq 56$ МэВ ($^{238}\text{U} + ^3\text{He}$) обнаружена существенно большая временная задержка событий деления по сравнению с расчетом.

РАЗРАБОТКИ В ОБЛАСТИ УСКОРИТЕЛЕЙ

На четырехметровом изохронном циклотроне тяжелых ионов У-400 проводились работы по расширению диапазона ускоренных и выведенных ионов, увеличению интенсивности пучков, трассировке пучков в экспериментальный зал, совершенствованию систем ускорителя.

Усовершенствована вакуумная система циклотрона У-400. Изготовлены и смонтированы на высоковакуумных диффузионных насосах охлаждаемые жидким азотом экраны. Создана система заливки жидкого азота в азотные экраны насосов. Осуществлена полная эксплуатационная наладка вакуумной системы. В результате получен предельный вакуум $8 \cdot 10^{-8}$ Торр.

Продолжались работы по исследованию вывода пучков из циклотрона методом перезарядки с последующей трассировкой пучка. Изготовлена и смонтирована система перемещения обдирающей фольги без нарушения вакуума, что позволяет вести исследования по опреде-

лению оптимального положения канала выведенного пучка для широкого диапазона ускоряемых и выводимых ионов. Осуществлена трассировка пучка ионов в экспериментальный зал.

Дальнейшее развитие получил циклотронный источник многозарядных ионов. Проведены исследования по отработке ионного источника с малым расходом рабочего вещества. Созданы источники с боковым расположением распыляемого электрода и герметизированной газоразрядной камерой. В новой модификации распыляемый электрод вводится в разрядную камеру через боковую стенку со стороны центра траектории первого полуоборота ускоренного пучка. Новая конструкция позволила исключить бомбардировку электрода обратными ионами, ускоряемыми положительным полупериодом высокочастотного напряжения вытягивающего дуанта. При создании циклотронных источников для У-400 решена специфическая задача герметизации разрядной камеры с помощью кольцевых

изоляторов. Аналогично уплотнен ввод распыляемого электрода. Герметизация разрядной камеры позволила уменьшить расход газа по сравнению с обычным газовым источником в 2 раза. Снижение

газового потока в циклотрон привело к улучшению вакуума и увеличению интенсивности пучка на конечном радиусе. Расход металлического магния на циклотроне У-400 составил 15 мг/ч.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ АППАРАТУРА И НАУЧНО-ПРИКЛАДНЫЕ РАБОТЫ

1. Сооружена первая очередь измерительного центра У-400 на базе ЭВМ ТРА-1140 и СМ-3. Разработана аппаратура для измерительных модулей установки "Сизиф", а также двухплечевого электромагнитного масс-спектрометра ДЭМАС и магнитного спектрометра-анализатора МС-А.

Создано программное обеспечение многомерных измерений на линии с ЭВМ СМ-3 и проведены первые эксперименты на пучках ускорителя У-400.

Разработан автономный измерительный модуль для автоматизации накопления и обработки спектров активационного анализа на базе микро-ЭВМ "Электроника-60" и аппаратуры КАМАК.

Продолжались работы по усовершенствованию детекторной аппаратуры и аппаратуры для поисков сверхтяжелых элементов в природе. Разработана аппаратура для автоматизации управления токами корректирующих катушек циклотрона У-400.

2. Для измерения спектров кинетических энергий продуктов ядерных реакций создана большая позиционно-чувствительная ионизационная камера, обладающая энергетическим разрешением $\Delta E/E = 1,2\%$ и разрешением по позиции не хуже 1 мм. Во входном окне камеры расположен плоскопараллельный счетчик, позволяющий формировать временной сигнал с разрешением 1 нс. Камера используется как детектор во времяпролетном спектрометре продуктов ядерных реакций.

3. Разработана методика идентификации возможных сверхтяжелых нуклидов с помощью электромагнитного масс-

сепаратора. Особенности методики являются дискриминация ионов молекул тория и урана, мешающих наблюдению СТЭ, и применение тормозного излучения электронов с энергией 16 МэВ, гарантирующего детектирование по вынужденному делению сверхтяжелых нуклидов при всех возможных барьерах деления. Чувствительность методики -- $6 \cdot 10^{-14}$ г СТЭ на 1 г препарата или $\sim 10^{-12}$ г СТЭ на 1 г природного материала.

Проведено детальное рассмотрение параметров и характеристик универсального масс-сепаратора (УМС), планируемого для циклотрона У-400.

4. Продолжалась работа по совершенствованию методов активационного анализа образцов, разработке и созданию максимально простых и доступных источников гамма- и нейтронного излучений высокой интенсивности для целей активационного анализа. Завершено создание и осуществлен физический пуск нового микротрона МТ-22 с энергией ускоренных электронов 22 МэВ и средним током электронов 20 мкА. Пучок ускоренных электронов выведен на внешнюю мишень, и проведена оценка интенсивности тормозного излучения микротрона активационным методом.

В качестве еще более простого источника нейтронов высокой интенсивности создан и использован в аналитических целях радиоизотопный источник фотонейтронов $Sb(\gamma) + Be$. Благодаря оптимальной геометрии источника (рис. 34) при активности гамма-источника ^{124}Sb 50 Ки удалось получить выход нейтронов более 10^9 нейтр./с. Показана целесообразность применения сурьяно-бериллиевых источников нейтронов для целей нейтронно-

активационного анализа и возможность достижения порога чувствительности анализа на золото ($\sim 10^{-7}$ г/г) при использовании источника ^{124}Sb активностью ~ 1000 Ки.

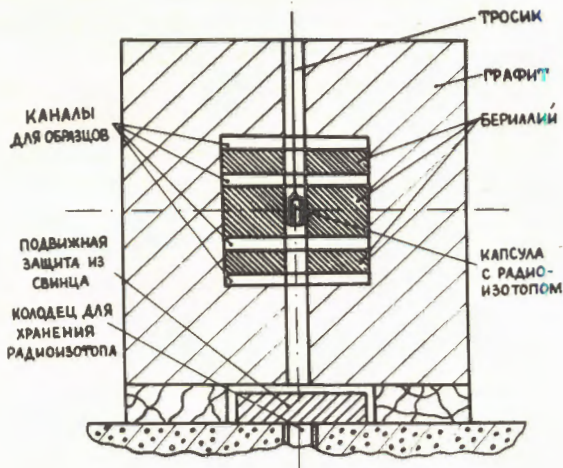


Рис. 34. Установка для проведения нейтронно-активационного анализа на основе радиоизотопа ^{124}Sb .

Разработан ряд методик активационного анализа, в которых для активации используется тормозное излучение микротрона. Предложена методика определения серебра по рентгеновскому излучению палладия, сопровождающему распад ^{106}Ag ($T_{1/2} = 24$ мин), позволившая снизить порог чувствительности анализов более чем на порядок по сравнению с нейтронно-активационным методом и довести его до 10^{-6} г/г (рис. 35).

Показана целесообразность использования гамма-активационного метода анализа урана, особенно в тех случаях, когда в образцах содержатся элементы, хорошо активируемые нейтронами. Чувствительность определения урана указанным способом достигает 10^{-7} г/г и широко используется для анализа образцов, предназначенных для поиска сверхтяжелых элементов.

В ряде случаев является полезным комплексное применение гамма- и нейтронно-активационных методов анализа, например при необходимости проведения многоэлементного анализа геологических пород и руд.

Продолжались разработка и усовершенствование рентгено-флуоресцентных методов анализа образцов. Показана возможность повышения чувствительности анализов (например, на серебро) за счет применения дополнительного промежуточного конвертора характеристического рентгеновского излучения.

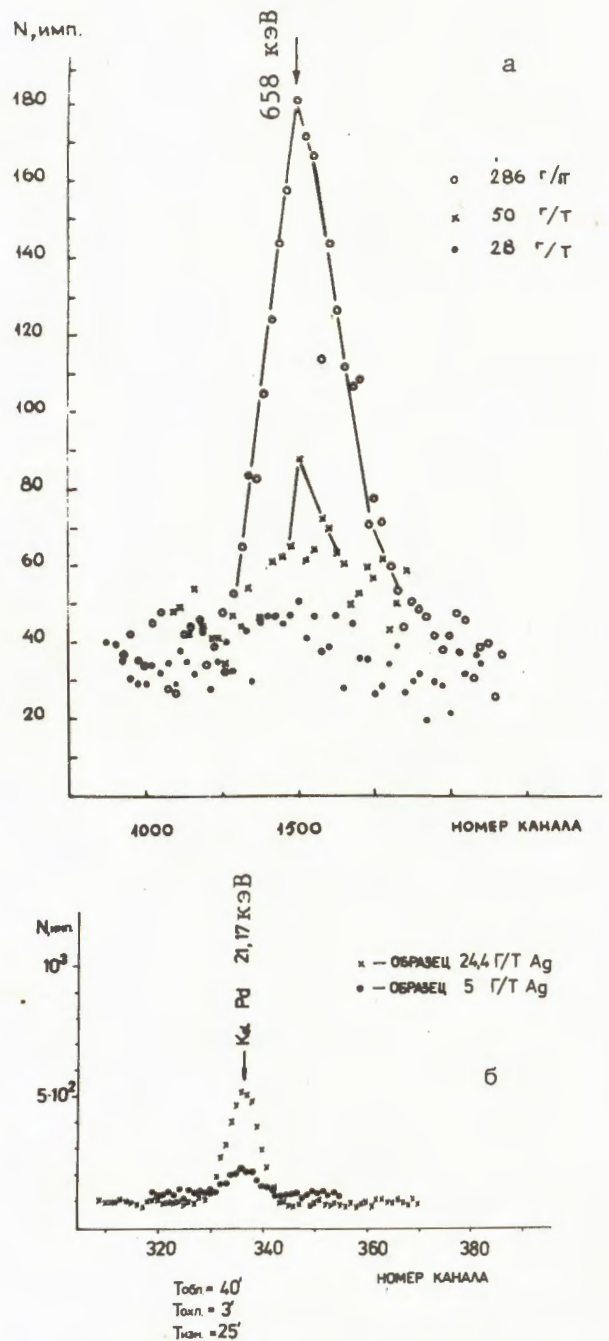


Рис. 35. Сравнительные данные чувствительности гамма- и нейтронно-активационного анализов на содержание серебра: а - по реакции $^{109}\text{Ag}(p, \gamma)^{110}\text{Ag}$, $E_{\gamma} = 658$ МэВ; б - по реакции $^{107}\text{Ag}(\gamma, n)^{106}\text{Ag}$, $E_{зд} = 21,17$ кэВ.

5. Продолжались исследования изменений прочностных свойств металлов под воздействием облучения тяжелыми ионами. Расширен круг изучаемых характеристик: помимо параметров ползучести в программу включено измерение механических свойств на пучке тяжелых ионов при активной нагрузке, т.е. при изменяющейся во времени нагрузке, необходимой для деформации образца с постоянной скоростью. Такой эксперимент поставлен впервые.

Исследовались пределы прочности и текучести и форма кривой деформации чистого алюминия, облученного высокоэнергичными ионами углерода. Показано, что при воздействии облучения происходит быстрое и значительное понижение пределов прочности и текучести, которое также быстро восстанавливается после прерывания пучка. Результаты свидетельствуют о том, что в напряженном состоянии влияние облучения на прочностные свойства резко усиливается.

**ЛАБОРАТОРИЯ
НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ**



В 1980 году в Лаборатории нейтронной физики осуществлен энергетический пуск реактора ИБР-2 - импульсного реактора на быстрых нейтронах с жидкометаллическим охлаждением. Запуском этого реактора успешно завершён пятилетний план развития лаборатории. Проведены работы по вводу в эксплуатацию в объеме пускового минимума ряда физических установок на ИБР-2. В период энергопуска состоялись первые физические эксперименты. В лаборатории продолжались научные

исследования. Получены важные результаты в изучении нарушения пространственной четности при делении плутония поляризованными резонансными нейтронами, в исследованиях свойств легких ядер, гамма-лучей при захвате резонансных нейтронов, усредненных сечений (n, α) -реакции и других ядерно-физических исследованиях. Дальнейшее развитие получили работы по молекулярной биологии, а также в области динамики и структуры конденсированных сред.

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ РАБОТЫ

НЕСОХРАНЕНИЕ ЧЕТНОСТИ В ДЕЛЕНИИ

В Институте теоретической и экспериментальной физики (ИТЭФ, Москва) в 1977 году обнаружена корреляция между направлением поляризации падающего нейтронного пучка и направлением вылета легкого (или тяжелого) осколка из неполяризованной мишени урана-235. Корреляция свидетельствовала о несохранении пространственной четности в процессе деления. Эксперименты были выполнены с тепловыми нейтронами, представляющими собой смесь различных спиновых состояний. Поэтому более интересным представлялось подобное исследование изолированного резонанса с конкретным спином.

Такой эксперимент с мишенью из ^{239}Pu выполнен в 1980 г. в совместной работе групп ЛНФ ОИЯИ и ИТЭФ на пучке поляризованных резонансных нейтронов реактора ИБР-30. Малая величина эффекта потребовала тщательной отработки методики измерения. Измерялся коэффициент асимметрии $a_f = (\bar{N} - \bar{N}') / (\bar{N} + \bar{N}')$ (где \bar{N} и \bar{N}' - число отсчетов делительной камеры для противоположных направлений поляризации нейтронов) для различных значений энергии нейтронов. Аппаратурный спектр числа отсчетов камеры в зависимости от времени пролета нейтронов показан на рис. 36. Пик слева на этом рисунке соответствует резонансу плутония 0,3 эВ со спином $J=1$. Полученные величины коэффициента a_f для трех энергетических областей, приведенные к 100%-ной поляризации нейтронов и

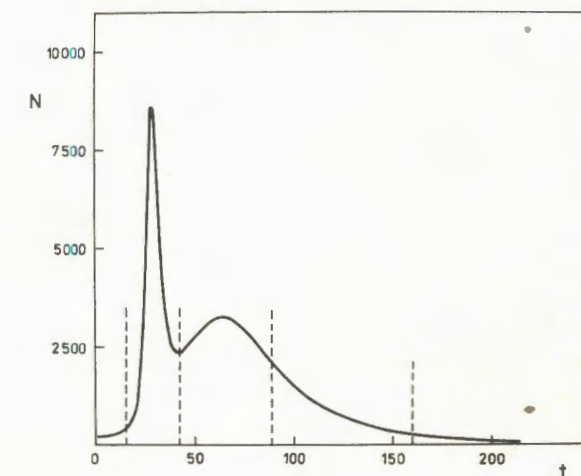


Рис. 36. Аппаратурный спектр числа отсчетов делительной камеры с ^{239}Pu в зависимости от номера канала временного анализатора в эксперименте по наблюдению несохранения четности в делении.

направлению вылета осколка по оси поляризации, представлены в табл. 2.

В скобках указано также значение коэффициента a_f для тепловых нейтронов, измеренное в ИТЭФ. Видно, что в резонансе 0,3 эВ наблюдается увеличение эффекта в два раза в сравнении с тепловой точкой. Этот результат можно связать с чистым (по спину) состоянием $J=1^+$, поскольку в тепловой точке половина сечения деления обусловлена каналом

Таблица 2

$E, \text{эВ}$	0,03	0,09	0,30
$a_f \cdot 10^4$	$-4,7 \pm 2,9$ $(-6,7 \pm 0,9)$	$-7,7 \pm 2,8$ —	$-13,9 \pm 3,4$ —

0^+ , в котором эффект должен отсутствовать.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЛЕГЧАЙШИХ ЯДЕР

1. Выполнены прямые измерения сечения поглощения тепловых нейтронов дейтронами с регистрацией гамма-лучей радиационного захвата. Геометрия эксперимента, проведенного методом времени пролета с Ge(Li)-детектором на расстоянии 32 м от реактора, показана на рис. 37. Аппаратурный спектр с линией двойного вылета D'' , соответствующей энергии связи нейтрона в дейтроне 6,26 МэВ, представлен на рис. 38. Нижняя часть рисунка соответствует спектру гамма-лучей использованного стандарта - сечения реакции $Cl(n, \gamma)$. В результате удалось уточнить существовавшие ранее противоречивые (от 600 до 350 мкб) данные для сечения $\sigma_{D(n, \gamma)}$. Сравнение полученного значения $\sigma_D = 476 \pm 20$ мкб с теорией указало на проявление мезонных эффектов в реакции $D(n, \gamma)$. Для дальнейшего прояснения этой проблемы поставлена задача экспериментального поиска спиновой зависимости сечения σ_D .

2. Для изучения взаимодействия нейтронов промежуточных энергий с гелием-3 проведены измерения полного сечения и сечения рассеяния в интервале энергий 1-200 кэВ. Пример полученных данных показан на рис. 39 (сплошные круглые точки), где также представлены известные ранее точки при энергии выше

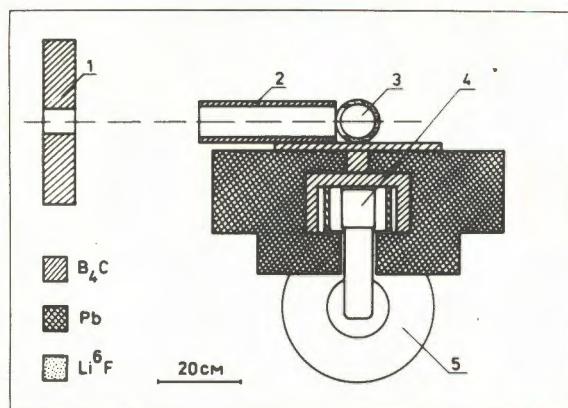


Рис. 37. Геометрия эксперимента по измерению сечения захвата нейтронов дейтронами: 1 и 2 - коллиматоры нейтронного пучка, 3 - образец D_2O , 4 - Ge(Li)-детектор, окруженный защитой от рассеянных образцом нейтронов.

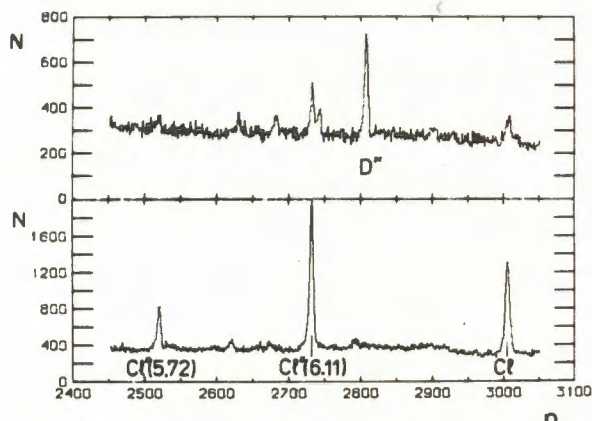


Рис. 38. Аппаратурные спектры с линиями двойного вылета D'' и Cl'' для образца D_2O и стандарта NaCl.

100 кэВ. Анализ результатов в рамках теории эффективного радиуса привел к существенному уточнению экспериментальных значений длин рассеяния нейтрона на гелии-3, величина которых теперь составляет $a_s = (6,53 \pm 0,32) + i(4,450 \pm 0,003)$ и $a_t = 3,62 \pm 0,15$ Фм. Сравнение с микроскопическими расчетами в теории малонуклонных систем указало на необходимость совершенствования теоретического подхода.

АЛЬФА-РАСПАД РЕЗОНАНСНЫХ СОСТОЯНИЙ ЯДЕР

Работы в этом направлении исследований в последнее время были сосредоточены на расширении изучаемого интервала энергий и измерениях усредненных сечений $n\alpha$ -реакции с применением нескольких методик, включая наряду с методом времени пролета на импульсных источниках также метод фильтрованных пучков на стационарном реакторе. Это позволило расширить полезный интервал энергий с

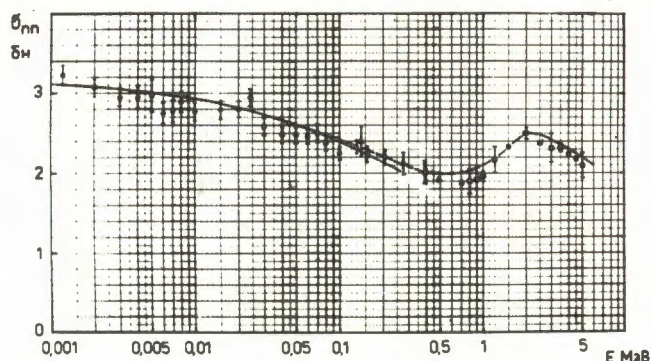


Рис. 39. Сечение рассеяния нейтронов гелием-3 в зависимости от энергии.

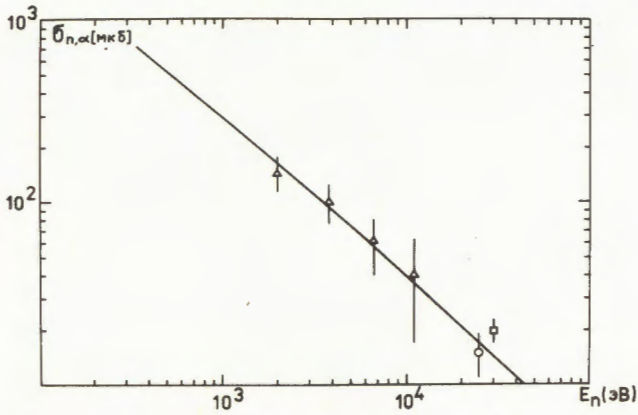


Рис. 40. Усредненное сечение реакции $^{143}\text{Nd}(n\alpha)$ в зависимости от энергии нейтронов.

300 эВ до 30 кэВ. Пример полученных результатов для сечения реакции $^{143}\text{Nd}(n\alpha)$ показан на рис. 40. Экспериментальные результаты согласуются с расчетом (сплошная кривая) по статистической теории при постоянной силовой функции Γ_α/D . Измерение амплитудных спектров (рис. 41) для ряда высоколежащих резонансов дало возможность определить их спины и парциальные альфа-ширины для переходов в основное состояние.

Результаты подобных измерений для реакции $^{147}\text{Sm}(n\alpha)$ приведены на рис. 42. Для этой реакции получено также отноше-

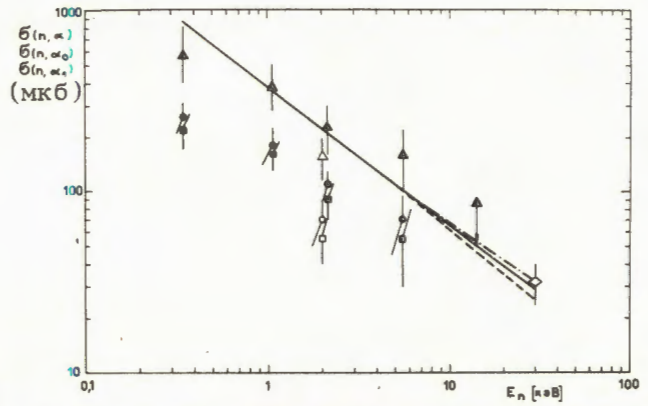


Рис. 42. Усредненные сечения реакции $^{147}\text{Sm}(n\alpha)$ в зависимости от энергии нейтронов: $\sigma(n\alpha)$ - треугольники, $\sigma(n\alpha_0)$ - квадраты, $\sigma(n\alpha_1)$ - кружки.

ние приведенных альфа-ширин для переходов на первое возбужденное (α_1) и основное (α_0) состояния, равное $1,23 \pm 0,32$. Результат может служить указанием на возможное усиление приведенной вероятности альфа-перехода в однофонное состояние по сравнению с переходом в основное состояние.

ПОИСК ОДНОПИОННОГО ОБМЕНА ПРИ РАССЕЯНИИ НЕЙТРОНОВ ЯДРАМИ

Измерения угловых распределений рассеяния нейтронов ядрами проведены с целью обнаружения возможного эффекта однопионного обмена в ядерной среде. Сравнялось рассеяние на четно-четных (Cd, Te, Pb) и нечетно-четных (In, J, Bi) ядрах. При рассеянии на четно-четных ядрах обмен мезонами (определяемый величиной спина ядра) не должен проявляться, тогда как для ядер с нечетным нуклоном ожидается увеличение сечения

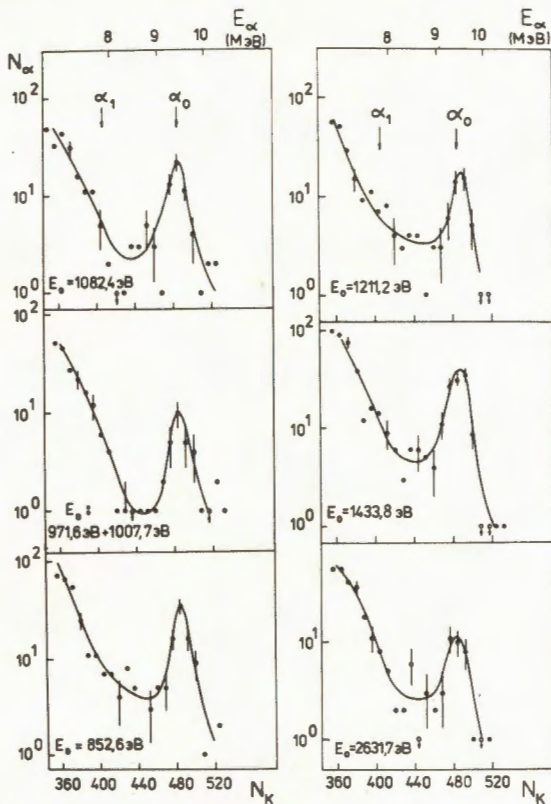


Рис. 41. Альфа-спектры из высокоэнергетичных резонансов неодима-143.

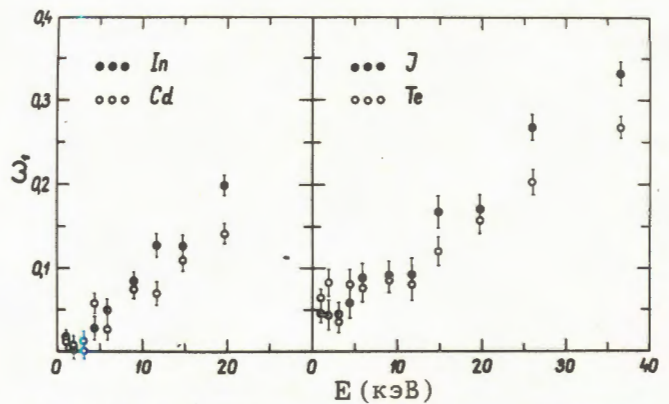


Рис. 43. Зависимость от энергии параметра рассеяния ω_1 .

рассеяния в р-волне из-за сил с большим радиусом действия (однопионный обмен). Полученные результаты для параметра $\omega_1 = 6 \sin \delta_1 / \sin \delta_0$ (δ_1 и δ_0 - фазовые сдвиги р- и s-волн) даны на рис. 43. Наблюдалось увеличение (~20%) параметра ω_1 для нечетных ядер.

ГАММА-РАСПАД НЕЙТРОННЫХ РЕЗОНАНСОВ

1. Детальный анализ выполненных ранее на ИБР-30 измерений спектров гамма-лучей из резонансов в (n, γ)-реакции на изотопных мишенях иттербия-173, иттербия-171, гадолиния-154 и рения-185 привел к обнаружению корреляции между приведенными нейтронными ширинами резонансов и парциальными гамма-ширинами для переходов на уровни ротационных полос, принадлежащих некоторым определенным квазичастичным конфигурациям. Коэффициент корреляции R_{exp} для таких переходов, например в случае $^{173}\text{Yb}(n, \gamma)$, составляет +0,313 с достоверностью 99,96%. Соответствующее распределение величины R, рассчитанное методом Монте-Карло, при нулевой истинной корреляции показано на рис. 44. Эти результаты означают, что при захвате нейтронов деформированными ядрами проявляются относительно простые компоненты волновых функций захватных состояний, что соответствует предсказаниям развиваемой в ЛТФ квазичастично-фононной модели ядра.

2. Уточненные значения полных радиационных ширин и других параметров

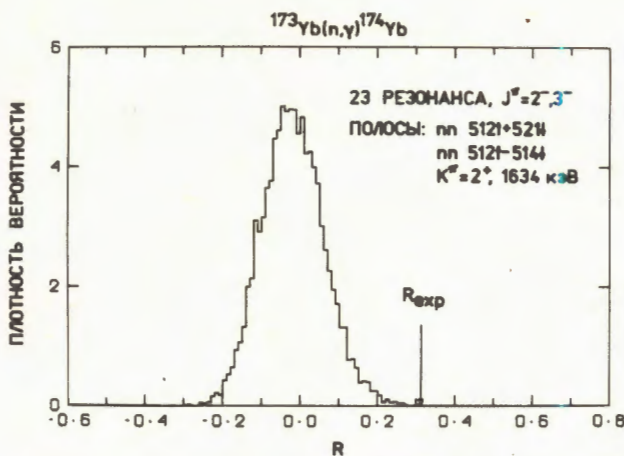


Рис. 44. Демонстрация достоверности величины коэффициента корреляции R_{exp} для реакции $^{173}\text{Yb}(n, \gamma)$.

нейтронных резонансов самария и диспрозия получены из измерений пропускания в условиях хорошего (8 нс/м) разрешения. Средние значения радиационных ширин Γ_γ (в мэВ) и значения $\Gamma_\gamma(J)$ для резонансов с данным J приводятся в табл. 3.

Таблица 3

Ядро-мишень	Γ_γ	$\Gamma_\gamma(J=+1/2)$	$\Gamma_\gamma(J=-1/2)$
Sm -147	90 \pm 4	89 \pm 5	90 \pm 10
Sm -149	88 \pm 4	86 \pm 5	94 \pm 7
Dy -161	115 \pm 2	114 \pm 3	117 \pm 4
Dy -163	99 \pm 9	99 \pm 9	

Как следует из таблицы, зависимости полных радиационных ширин от спина не наблюдается.

УЛЬТРАХОЛОДНЫЕ НЕЙТРОНЫ

Времена хранения τ УХН в сосудах с обезгаженными стенками исследовались в совместной работе с Научно-исследовательским институтом атомных реакторов им. В.И.Ленина (г. Димитровград). Обезгаживание обеспечивалось путем прогрева стенок сосуда до температуры 700 К при постоянной вакуумной откачке, а также путем частых промывок нейтральным газом (гелием). Результаты представлены на рис. 45 в виде зависимости коэффициента

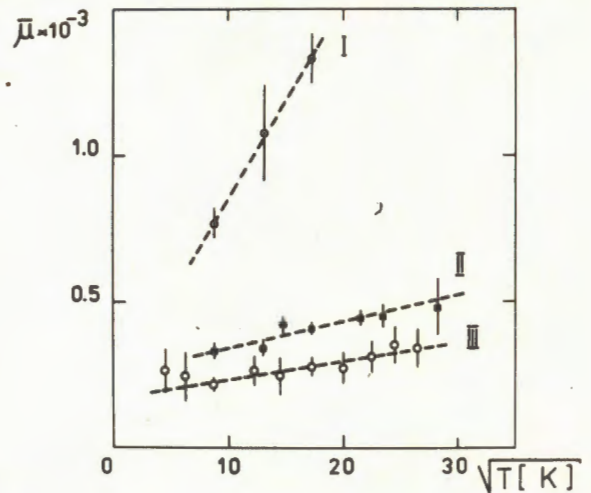


Рис. 45. Зависимость коэффициента поглощения УХН от температуры: I - Cu, не обезгажено; II - Cu, обезгажено; III - Be, обезгажено.

циента поглощения μ , от температуры стенок. Здесь $\mu = (\tau^{-1} - \tau^{-1}_\beta) / \nu$, где τ_β - постоянная β -распада нейтрона и ν - средняя частота ударов УХН о стенку, определенная как $23,3 \text{ с}^{-1}$. В случае, когда стенки медные (кривые I и II), видно, что необезгаженный сосуд дает сильную температурную зависимость. После обезгаживания температурная зависимость резко ослабляется. Экспериментально полученные значения коэффициентов поглощения ($\mu \approx 3 \cdot 10^{-4}$) по-прежнему отличаются от теоретических оценок: $1,6 \cdot 10^{-4}$ для Cu и $4,5 \cdot 10^{-6}$ для Be. Причины расхождения подлежат дальнейшему изучению.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОТОННЫХ РЕЗОНАНСОВ

На пучке протонов электростатического ускорителя ЭГ-5 проведены измерения функции возбуждения и угловых распределений гамма-квантов в реакции $^{60}\text{Ni}(p, \gamma)^{61}\text{Cu}$ при энергии протонов 1570-1850 кэВ с целью поиска промежуточной структуры протонных резонансов неаналогового типа. Изучение угловых распределений гамма-квантов позволяет определить δ -параметр смеси мультипольностей E2 и M1. Оказалось, что все исследованные в указанном диапазоне энергий протонные резонансы никеля со спином $3/2^-$ при распаде на основное состояние меди ($J = 3/2^-$) имеют параметр δ одного и того же знака, как видно из табл. 4, в которой приведена часть полученных результатов. В рамках статистической теории это противоречит случайному распределению знаков амплитуд матричных элементов, определяющих относительную фазу величины δ .

Таблица 4

Е, кэВ	δ	Е, кэВ	δ
1694	+0,07(2)	1793	+0,23(8)
1734	+0,51(6)	1835	+0,19(5)
1764	+0,19(3)	1850	+0,78(12)
1770	+0,02(2)		

Результаты эксперимента интерпретированы как проявление промежуточной структуры из-за распределения силы гигантского резонанса Гамова-Теллера по резонансам составного ядра.

ИЗУЧЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ С ПОМОЩЬЮ МАЛОУГЛОВОГО РАССЕЯНИЯ

Данные о трехмерной структуре молекул иммуноглобулина получены с помощью малоуглового рассеяния нейтронов и рентгеновских лучей. Итогом работы явилось построение пространственной модели иммуноглобулина (антидинитрофенил - антитела свиньи), удовлетворяющей большой совокупности экспериментальных данных по малоугловому рассеянию рентгеновских лучей и нейтронов, а также по результатам структурной рентгенографии. Эта модель молекулы показана на рис. 46. Отличительной чертой модели является наличие опущенных вниз фрагментов, примыкающих к центральной части со сквозной полостью. Установлено также, что характерные размеры молекул антител с лигандами (гаптенами) становятся меньше, чем размеры свободных молекул. Эти данные об изменении компактности молекулы иммуноглобулина при выполнении его основной функции - связывания антигенов - имеют существенное значение для понимания процесса связывания и уничтожения посторонних для данного организма молекул.

ДИНАМИКА КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕД

1. Неупругое некогерентное рассеяние нейтронов поликристаллическим дифенилом измерено на спектрометре обратной геометрии КДСОГ при температурах 5, 80 и 296 К для семи углов рассеяния с разрешением в 3 раза лучшим, чем ранее. Полученные экспериментальные и расчетные спектры приведены на рис. 47. Наблюдаемое на рисунке согласие явилось результатом обращения к модели динамики



Рис. 46. Различные трехмерные модели молекул иммуноглобулина по результатам исследования малоуглового рассеяния нейтронов и рентгеновских лучей.

кристалла, учитывающей низкочастотные внутримолекулярные колебания.

2. Неупругое парамагнитное рассеяние нейтронов, как метод определения валентного состояния иона, использовано для изучения переходов между уровнями кристаллического поля в UO_2 . На рис. 48 а,б показаны спектры неупругого рассеяния для образцов UO_2 и ThO_2 . Последний применен для определения вклада ядерного рассеяния в спектре "а". Разностный спектр "в" дает магнитное рассеяние на UO_2 . В результате эксперимента удалось определить ранее неизвестную валентность урана в этом соединении, оказавшуюся равной $2^+ - 4^+$. Сплошные кривые на рисунках соответствуют расчету при определенных параметрах кристаллического поля.

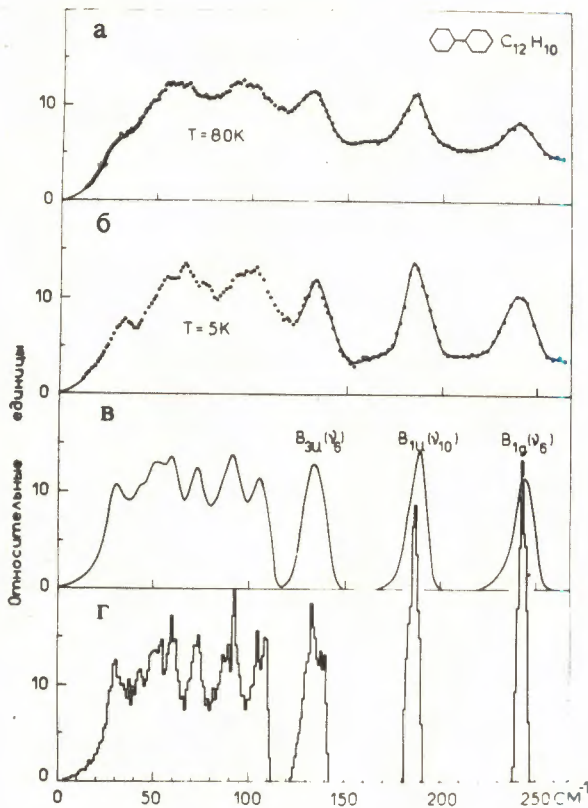


Рис. 47. Экспериментальные (а и б - при 80 и 5 К) и теоретические спектры неупругого рассеяния нейтронов поликристаллическим дифенилом (в - пики справа показывают согласие относительных интенсивностей и ширин пиков, отвечающих внутримолекулярным колебаниям; г - теоретический спектр без учета аппаратной функции разрешения).

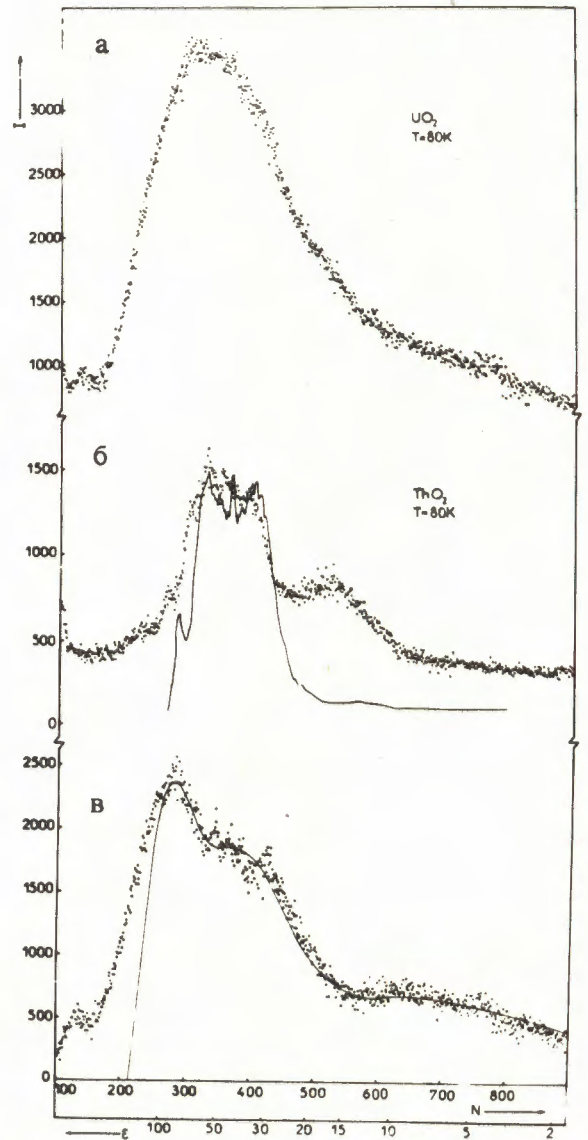


Рис. 48. Спектры парамагнитного рассеяния нейтронов на UO_2 , полученные методом времени пролета.

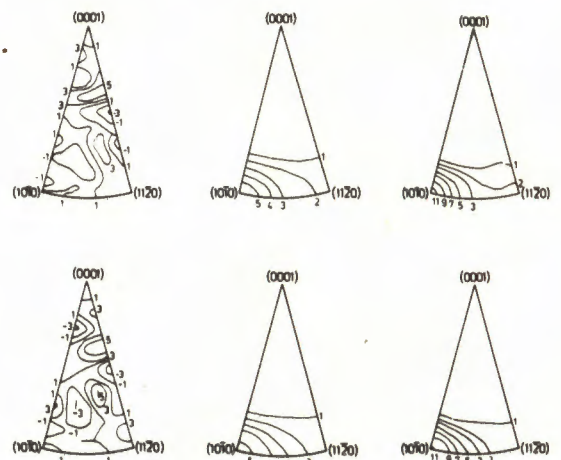


Рис. 49. Полюсные фигуры текстурированного образца циркония.

ДИФРАКЦИЯ НЕЙТРОНОВ

В текстурных исследованиях дифракционным методом по времени пролета изучалось развитие текстуры при деформации образцов циркония (гексагональная структура). На рис. 49 приведены обращенные полюсные диаграммы, полученные для случая, когда вектор рассеянных нейтронов направлен вдоль оси

симметрии. Они указывают на развитие преимущественной ориентации плоскости $(10\bar{1}0)$ в направлении оси текстуры и согласуются с аналогичными данными, полученными на стационарном реакторе стандартным методом.

Преимущество нового метода состоит в возможности одновременного определения нескольких полюсных фигур.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ, СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ И РАЗВИТИЕ ОСНОВНЫХ УСТАНОВОК И АППАРАТУРЫ

РЕАКТОРЫ И УСКОРИТЕЛИ

1. 12 декабря 1980 г. осуществлен энергетический пуск ИБР-2 - импульсного реактора на быстрых нейтронах с жидкометаллическим охлаждением. В период подготовки к энергетическому пуску был выполнен большой комплекс мероприятий, в том числе заполнение жидким натрием систем охлаждения реактора, реконструкция системы быстрой аварийной защиты, доработка топливных кассет и перегрузочного устройства, дополнительные испытания подвижного отражателя и ряд других.

В соответствии с программой 1-го этапа энергопуска реактор ИБР-2 был выведен на мощность 150 кВт в импульсном режиме с частотой повторения 25 импульсов в секунду. Мгновенная мощность реактора составила 27 МВт при высокой стабильности импульса. Все технологические системы реактора показали полную работоспособность и высокую надежность. В период энергопуска состоялись первые физические эксперименты на пучках нейтронов.

2. Реактор ИБР-30 и ускоритель электронов ЛУЭ-40 работали по сокращенному графику в связи с подготовкой к энергопуску реактора ИБР-2. Обеспечивая экспериментальные исследования в соответствии с планом, реактор проработал в 1980 г. 2500 часов. Для повышения надежности работы систем реактора осуществлено обновление приборного парка ИБР-30 с заменой устаревшей аппаратуры на современную. На ускорителе ЛУЭ-40

начата подготовка к замене волноводов ускоряющих секций.

3. Ускоритель ЭГ-5 проработал на эксперимент 3100 часов. Проводились работы, направленные на улучшение технических и эксплуатационных параметров электростатического ускорителя.

ИЗМЕРИТЕЛЬНО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР

Введена в эксплуатацию электронно-вычислительная машина PDP-11/70 (рис. 50), планируемая в качестве базовой ЭВМ для создаваемого измерительно-вычислительного центра ИБР-2. Расширен до 8 единиц парк терминальных устройств этой ЭВМ, большинство из которых вынесено в рабочие помещения пользователей. Начато освоение операционной системы ЭВМ PDP-11/70 с целью ее применения при обработке результатов физических экспериментов. Управляющая ЭВМ PDP-11/20 испытана в качестве буферной на канале связи главного процессора PDP-11/70 с анализаторами. К центральному процессору через микро-ЭВМ MERA подключен крупномасштабный дисклей.

Продолжалось оснащение центра малыми ЭВМ типа CM-3 польского производства, предназначенными для использования в качестве измерительных модулей. С целью переноса информации с ЭВМ CM-3 на ЭВМ PDP-11/20 к последней подключен накопитель на магнитном диске.

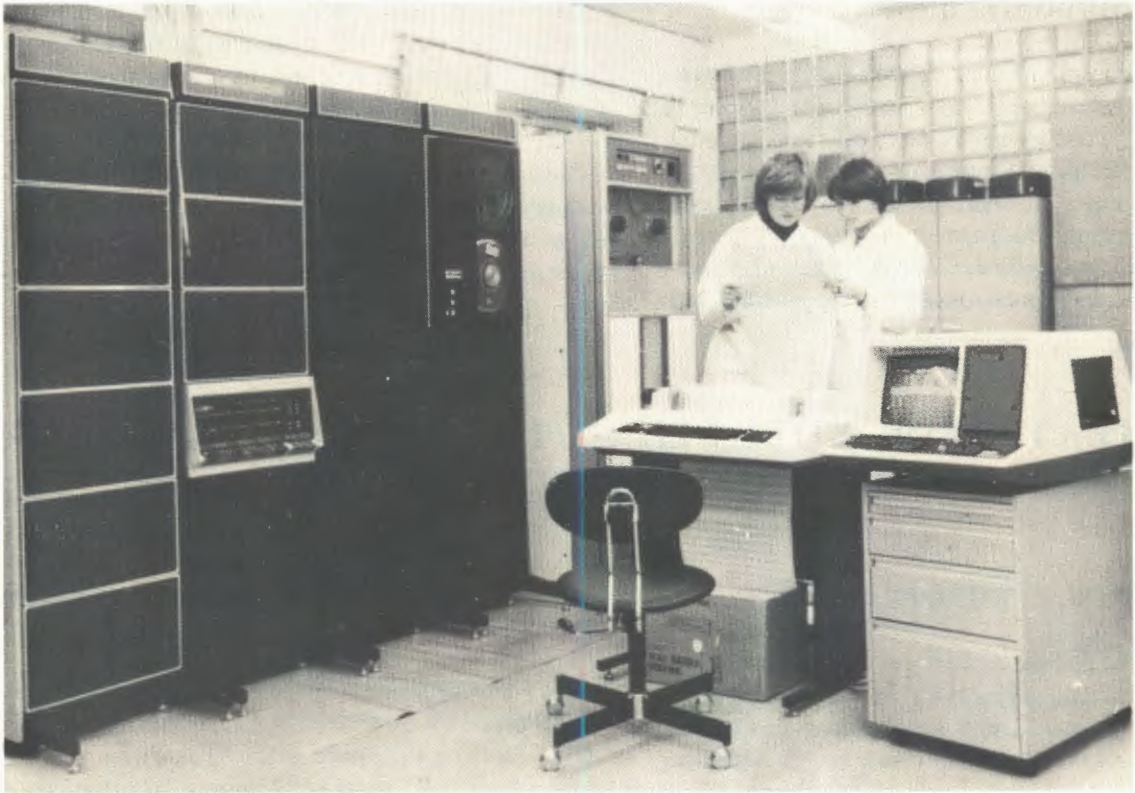


Рис. 50. Центральный процессор ИВЦ ИБР-2.

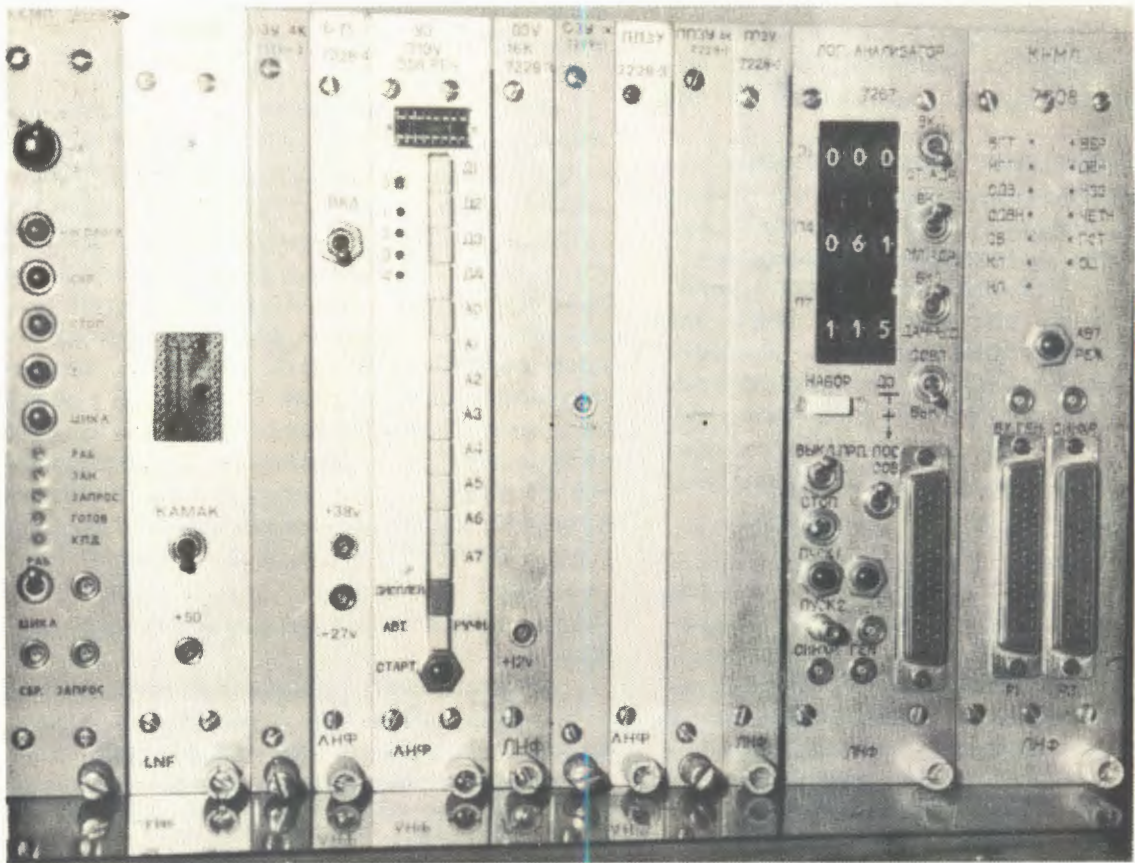


Рис. 51. Внешний вид блоков микропроцессорного набора.

Велись разработки аппаратуры ряда спектрометров для реактора ИБР-2. Продолжалось освоение микропроцессоров. Освоено изготовление в Опытном производстве ряда блоков стандартного микропроцессорного набора (рис. 51).

СООРУЖЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ДЛЯ ИБР-2

Проводились работы по вводу в эксплуатацию пускового минимума ряда физических установок на ИБР-2, в том числе канала ультрахолодных нейтронов с установкой "Тристом", нейтронного дифрактометра, корреляционного спектрометра и установки малоуглового рассеяния. Завершена сборка биологической защиты в экспериментальном зале ИБР-2 на канале УХН и канале для исследования параметров реактора во время энергопуска.

Освоена технология изготовления зеркальных нейтронотводов на основе литого стекла вместо более дорогостоящего и трудоемкого процесса полировки стекол. Изготовлено 75 метров зеркальных нейтронотводов, предназначенных для монтажа на ИБР-2. Поперечное сечение типовой секции нейтронотвода показано на рис. 52. 12-миллиметровые стеклянные пластины, покрытые никелем, образуют канал раз-

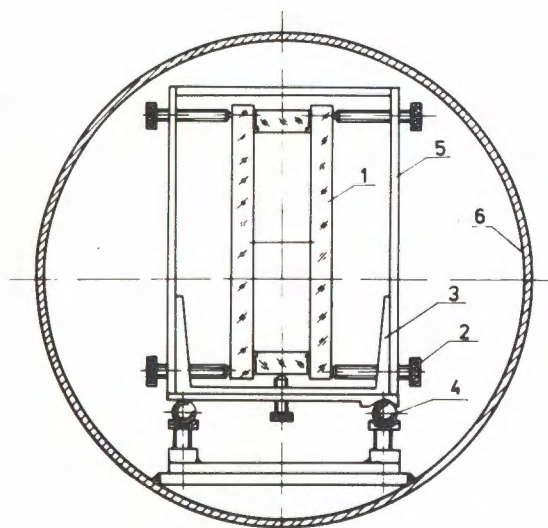


Рис. 52. Поперечное сечение секции зеркального нейтронотвода ИБР-2: 1 - стекло, 2 - юстировочные винты, 3 - опора, 4 - шариковые направляющие, 5 - винтовые планки, 6 - труба.

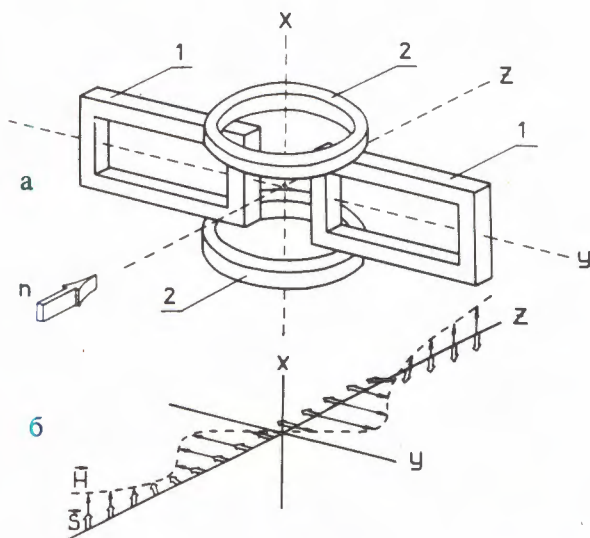


Рис. 53. а - высокоэффективный спин-флиппер нейтронов (1 - основные и 2 - компенсирующие токовые катушки); б - реверс спина нейтрона.

мером $20 \times 200 \text{ мм}^2$. Секции герметизируются и либо заполняются гелием, либо откачиваются на вакуум. Выигрыш в интенсивности от применения таких нейтронотводов может достигать фактора 10.

Создана и испытана на ИБР-30 аппаратура для проведения двумерного (угол рассеяния и длина волны) дифракционного эксперимента с использованием гелиевого детектора с высокоомной нитью. Дифрактометр с такой аппаратурой обладает рядом преимуществ в структурных исследованиях кристаллов с большими размерами элементарной ячейки. Скорость набора информации с его применением может быть увеличена в десятки раз.

Высокоэффективное устройство переворота спина нейтрона (спин-флиппер) для поляризуемых нейтронотводов создано и испытано на монохроматическом пучке нейтронов реактора ИБР-30. Конструкция рабочего варианта флиппера показана схематически на рис. 53. Он представляет собой две плоские катушки с током, создающие градиент магнитного поля вдоль оси z по всей высоте узкого (вертикального) нейтронного пучка. Спин нейтрона при прохождении нейтроном плоскости xu вдоль z (вблизи оси x) не меняет своего направления и оказывается реверсированным относительно поля. При поперечном размере пучка $0,5 \times 22 \text{ мм}^2$ вероятность реверса составила $0,9993 \pm 0,0001$.

MIN=-9.1715+00 MAX= 7.8874+00

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И АВТОМАТИЗАЦИИ



19.08.79 12.00
MONITORING SYSTEM
NAME: 0000
TIME: 00.30
PASS: 000000
FILE: SCANTON.FIL N. 120
DESC: 25-000000, 00

VECTRON
COMPUTER
310

Основные усилия коллектива лаборатории в 1980 г. были направлены на:

- развитие и эффективное использование центрального вычислительного комплекса Института;

- создание и развитие автоматических и полуавтоматических систем обработки камерных снимков, проведение массовой обработки снимков по заявкам лабораторий;

- развитие методов использования ЭВМ на линии с экспериментальными ус-

тановками, а также разработку алгоритмов расчетов и создание программ обработки экспериментальных данных;

- разработку методов прикладных вычислений и их использование в связи с исследованиями, проводимыми в ОИЯИ;

- проведение исследований по релятивистской ядерной физике и физике резонансов;

- создание программных систем для автоматизации хозяйственной деятельности ОИЯИ.

РАЗВИТИЕ И ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦЕНТРАЛЬНОГО ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ОИЯИ

РАСШИРЕНИЕ КОНФИГУРАЦИИ ЭВМ ЦЕНТРАЛЬНОГО ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

Завершены работы по созданию второй очереди сети терминальных устройств на базе ЭВМ БЭСМ-6 и ЕС-1010 в качестве концентратора терминалов. В настоящее время терминальная сеть на БЭСМ-6 содержит 22 терминала (16 из них связаны с БЭСМ-6 через ЭВМ-концентратор ЕС-1010 и 6 - непосредственно с БЭСМ-6), установленных в лабораториях и подразделениях ОИЯИ. Создан новый вариант операционной системы концентратора, обеспечивающий связь терминалов с ЭВМ ЕС-1010 через мультиплексор.

Приобретена ЭВМ ЕС-1060 производительностью 1 миллион операций в секунду и выполнены работы по ее размещению и подготовке к монтажу.

СОЗДАНИЕ И РАЗВИТИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ БАЗОВЫХ ЭВМ ОИЯИ

Получила дальнейшее развитие операционная система ЭВМ БЭСМ-6 на основе опыта эксплуатации магнитных дисков ЕС-5061 и концентратора терминалов ЕС-1010. Реализован программный перехват и обработка сбоев при обращении

к дискам. Подготовлена статическая библиотека трансляторов и блоков мониторинга системы на магнитных дисках. Расширено информационное обеспечение пользователей терминалов для опроса состояния дисковых устройств и реализовано программное обеспечение для обработки задач с терминалов, связанных с БЭСМ-6 через ЭВМ-концентратор ЕС-1010. Созданы программы обмена БЭСМ-6 с графическим дисплеем ТЕКТРОНИХ -4012 и модернизированы пакеты программ, обеспечивающих возможность графического диалога с БЭСМ-6. Модернизирована операционная система ЭВМ CDC-6500. Внесены изменения в текстовый редактор для повышения эффективности работы терминального оборудования.

Проведены работы по поддержанию и текущей модернизации библиотек программ общего назначения для базовых ЭВМ ОИЯИ. Внедрены две новые программные системы для аналитических вычислений на базовых ЭВМ ОИЯИ. Отлажен аппарат виртуальных функций, который использован в программной системе REDUCE на ЭВМ CDC-6500. С помощью программных систем для аналитических вычислений проведены расчеты для ряда задач квантовой теории поля и теории гравитации.

Опубликованы обзор об аналитических вычислениях на ЭВМ и труды совещания по аналитическим вычислениям на ЭВМ.

СОЗДАНИЕ И РАЗВИТИЕ СРЕДСТВ И МЕТОДОВ ВИЗУАЛЬНОЙ СВЯЗИ С ЭВМ

Разработан интеллектуальный терминал на основе мультимикропроцессорной системы. Создан пакет программ общего назначения для интеллектуального терминала. Подготовлена техническая документация для выпуска серии этих устройств в Опытном производстве ОИЯИ.

Созданы специализированные диалоговые пакеты программ для графического представления многомерной информации (рис. 54).

ЭКСПЛУАТАЦИЯ БАЗОВЫХ ЭЛЕКТРОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН

ЭВМ	Годовой план /в час./	Общее полезное время счета за год /в час./	Среднее суточное полезное время счета /в час./	Число пропущенных задач
БЭСМ-6	6000	6804	20,0	75520
СДС-6500	6000	7371	20,6	195338* /28715/

* В скобках указано число задач, обработанных с терминалов.



Рис. 54. Удаленная дисплейная станция ЭВМ БЭСМ-6 позволяет выводить в режиме диалога на экран графического дисплея как график функции двух переменных (а), так и фрагмент этого графика (б).

СОЗДАНИЕ И РАЗВИТИЕ АВТОМАТИЧЕСКИХ И ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ КАМЕРНЫХ СНИМКОВ

СПИРАЛЬНЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ

Завершено создание измерительного комплекса для обработки камерных снимков на базе сканирующего устройства "Спиральный измеритель", включая программы обработки данных сканирования на БЭСМ-6 и СДС-6500. В рамках системы фильтрации в реальном времени

разработаны программы для графического представления данных сканирования и контроля за состоянием измерительной системы в процессе измерений. Проведены сеансы методических измерений событий с однометровой водородной камеры ЛВЭ с целью комплексной отладки системы.

Исследована возможность использования лазерного сканатора в составе

“Спирального измерителя” с целью обработки снимков с больших пузырьковых камер. Получены оценки разрешающей способности, точности измерений и размеров поля сканирования.

СКАНИРУЮЩИЙ АВТОМАТ НРД

Завершены работы по проекту модернизации электронной аппаратуры сканирующего автомата НРД, что позволило значительно повысить надежность и производительность автомата. Рабочая готовность автомата НРД составляет 96%.

Создана новая версия программ фильтрации данных сканирования в реальном времени измерений. Проведены методические сеансы измерения событий с одной и двухметровой камер ЛВЭ. Эффективность измерений на снимках с камеры “Людмила” по результатам геометрической реконструкции составляет 75-80%. Исследована возможность измерения ионизации на пленках с двухметровой водородной камеры.

Завершены работы по проекту повышения эффективной производительности сканирующего автомата НРД за счет создания станции спасения измерений на базе ЭВМ ТРА-1 и повышения надежности работы системы снятия масок. Опытная эксплуатация станции спасения

измерений проведена успешно. Замена управляющей ЭВМ в системе измерения масок событий повысила коэффициент готовности системы до 99,8%, что позволило повысить в 1,3 раза производительность этой системы.

Создано математическое обеспечение системы НРД-SHP-CDC-1604A для автоматического измерения и обработки снимков с МИС. Спецпроцессор SHP используется в системе для опознавания элементов измеряемых треков. Проведен опытный сеанс измерений снимков с МИС с помощью системы НРД-SHP-CDC-1604A. Созданы программы для визуального контроля измерений с помощью дисплея.

АВТОМАТ НА ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ ТРУБКЕ АЭЛТ-2/160

Завершено создание и ведется эксплуатация измерительной системы на базе сканирующего автомата АЭЛТ-2/160 с двухфильмовым лентопротяжным механизмом и управляющей ЭВМ БЭСМ-4 (рис. 55). Создан комплекс программ управления и распознавания событий на снимках с установки РИСК и выполнены пробные измерения снимков с этой камеры. Модернизировано программное

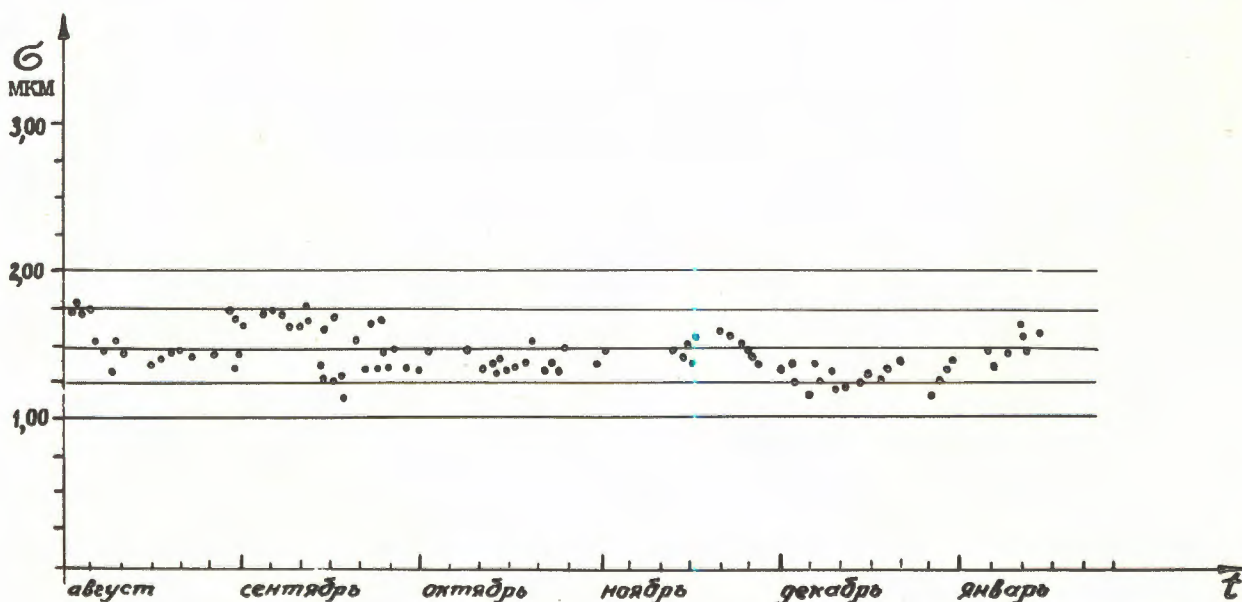


Рис. 55. Среднеквадратичные ошибки, характеризующие точность измерений с помощью автомата АЭЛТ-2/160, получены по результатам калибровки автомата, работающего в режиме непрерывного включения.

обеспечение для измерения экспериментальных графиков с помощью автомата АЭЛТ-1М. Выполнены подготовительные работы по замене управляющей ЭВМ автомата АЭЛТ-2/160 на СМ-4.

МОДУЛЬ УНИВЕРСАЛЬНОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОБРАБОТКИ СНИМКОВ С ТРЕКОВЫХ ДЕТЕКТОРОВ

Введены в опытную эксплуатацию два проектора БПС-75 в режиме просмотра снимков с установки РИСК, что является одним из этапов в создании подсистемы для обработки снимков со спектрометра РИСК. На базе элементов и устройств БПС-75 создана система, позволяющая вводить в память ЭВМ изображения с оптического выхода фурье-микроскопа. Разработаны и автономно отлажены блоки сопряжения аппаратуры БПС-75 с ЭВМ СМ-4 с целью испытания макета модуля

измерительной системы и первой очереди подсистемы БПС-РИСК.

ОБРАБОТКА СНИМКОВ С ТРЕКОВЫХ ДЕТЕКТОРОВ

Завершены работы по проектам ПУОС-КАМАК и ПУОС-САМЕТ-БЭСМ-4. Введены в эксплуатацию 12 комплектов ПУОС-КАМАК. Подготовлена и сдана в эксплуатацию программа геометрической реконструкции событий, зарегистрированных в однометровой водородной и двухметровой пропановой камерах.

При помощи полуавтоматических устройств ПУОС-САМЕТ обработано 402,3 тыс. треков сложных событий на снимках с камер ЛВЭ и ЛЯП. На сканирующем автомате НРД обеспечен ресурс в объеме 2445 ч для проведения массовой обработки снимков. С помощью автомата АЭЛТ-2/160 измерено 6,5 тыс. событий с установки МИС.

РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭВМ НА ЛИНИИ С ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМИ УСТАНОВКАМИ ОИЯИ

1. В рамках создания математического обеспечения систем реального времени для регистрации и обработки информации в экспериментах в области физики высоких энергий разработано и внедрено программное обеспечение экспериментов на установке "Кристалл-2". Предложен новый эффективный алгоритм сбора данных, создана интерактивная система с графическим представлением результатов обработки на дисплее и печатающем устройстве. Созданы программы распознавания и определения параметров треков. Разработаны и внедрены базовые комплексы программ реального времени для установок ДИСК и СЯО, а также программы моделирования для радиографических исследований.

Проведены работы по текущей модернизации и адаптации общих пакетов программ, а также программ моделирования и обработки экспериментальных данных со спектрометра в эксперименте NA-4.

2. Совместно с ЛВЭ проводились работы по наладке и контролю функционирования каналов вторичных пучков частиц для системы вывода синхрофазотрона с помощью ЭВМ ЕС-1010. Создано специализированное программное обеспечение для приема и обработки координатной информации о пучке частиц, а также программы контроля и управления токами в магнитооптических элементах канала вывода. Проведены подготовительные работы по модернизации системы наладки и контроля каналов синхрофазотрона на основе применения последовательной ветви КАМАК и микропроцессорного контроллера М-16 на линии с ЭВМ ЕС-1010. Выполнены работы по развитию специализированного программного обеспечения ЭВМ М-6000 Отдела новых методов ускорения для измерения параметров электронно-ионных колец на модели коллективного ускорителя тяжелых ионов.

3. Получило развитие математическое обеспечение единой системы обработки спектрометрической информации в ОИЯИ. Создана и сдана в эксплуатацию на БЭСМ-6 система обработки спектров (СОС) с расширенными возможностями. Пополнена библиотека программных модулей за счет включения комплексов программ сортировки и сжатия информации о многомерных спектрах ядерных излучений и программ для элементного анализа. Разработан и сдан в эксплуатацию новый вариант транслятора с языка СОС на язык ФОРТРАН. В трансляторе предусмотрен режим автоматической сегментации задания пользователя. Издан первый том описания библиотеки программ обработки спектров. Система СОС передана в ряд организаций стран-участниц ОИЯИ.

4. Разработан и изготовлен прототип бесфильмовой системы съема информации для одной проекции событий, регистрируемых стримерной камерой спектрометра РИСК. Прототип бесфильмовой системы используется в экспериментах на ускорителе в ИФВЭ.

Сконструированы и изготовлены прецизионные генераторы кадровой и строчной развертки луча телевизионных камер, а также программы калибровки телевизионной системы контроля стримерной камеры спектрометра РИСК. Исследованы алгоритмы и созданы пакеты программ для быстрого сжатия данных при бесфильмовом съеме информации.

5. Завершены работы по созданию системы автоматизированного проектирования и изготовления печатных плат на ЭВМ БЭСМ-6, CDC-6500, ЕС-1040 и ЕС-1010. На ЭВМ CDC-6500 создано программное обеспечение для интерактивного проектирования печатных схем с использованием дисплея ТЕКТРОНИХ и выводом результатов проектирования на различные носители информации. На БЭСМ-6 комплекс программ ГРАФ для автоматизированного проектирования печатных плат включен в общую библиотеку стандартных программ. Сдано в эксплуатацию фотохимическое оборудование для получения фотошаблонов печатных схем.

СОЗДАНИЕ И РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ И ПРОГРАММ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

1. Созданы опытные варианты автоматизированных систем программ обработки фильмовой информации для одно- и двухметровой водородных камер ЛВЭ. Указанные системы, наряду со стандартной цепочкой программ для массовой обработки событий, включают в себя программы обработки результатов просмотра и ведения каталога обрабатываемых событий, что позволило существенно сократить затраты ручного труда на анализ результатов.

На основе опытной эксплуатации системы генерации программ разработана методика и создан новый вариант системы генерации программ обработки экспериментальных данных с помощью процедур специализированного языка SCL. Использование этих процедур позволило сократить до минимума размеры пакета про-

грамм, составляемого пользователями для генерации необходимого варианта системы программ обработки событий.

2. Разработаны алгоритмы и созданы пакеты программ на ФОРТРАНе для обработки экспериментальных данных со спектрометра ядер отдачи. Исследованы алгоритмы и реализованы пакеты программ для сжатия экспериментальных данных с помощью быстрого слэнт-преобразования. Модернизированы отдельные программные модули в системе GEOFIT для обработки камерных снимков. Исследованы условия применимости принципа Ричардсона для уточнения решения системы сингулярных интегральных уравнений типа уравнений Фаддеева при изучении πd -рассеяния в области низких и средних энергий.

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО РЕЛЯТИВИСТСКОЙ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКЕ И ФИЗИКЕ РЕЗОНАНСОВ

1. Произведена существенная модернизация двухплечевого магнитного спектрометра с проволочными камерами на линии с ЭВМ, который смонтирован в экспериментальном зале корпуса 205 ЛВЭ. Отлажены системы связи регистрирующей аппаратуры спектрометра с ЭВМ, а также блоки системы высоковольтного питания искровых камер. Завершена комплексная отладка аппаратуры основной ветви спектрометра на линии с ЭВМ ЕС-1010 на выведенном пучке α -частиц синхрофазотрона ОИЯИ (рис. 56). Проведены первые эксперименты по исследованию реакций с участием релятивистских ядер.

2. В рамках работ по созданию гибридного спектрометра разработаны технические условия на проектирование узлов стримерной камеры, автоматических

контрольных систем и генератора высоковольтных импульсов. Совместно с ЛВЭ проведены предварительные испытания стендовой камеры для работы под давлением рабочего газа до 10 атм и получены первые снимки стримерных следов в неоне. Проведена отладка по тестовым программам аппаратуры контроля электрического режима камеры.

С помощью СКМ-200 исследованы взаимодействия ${}^4\text{He}$ с ядрами лития, углерода, алюминия, меди и свинца при импульсе 4,5 ГэВ/с на нуклон. Получены значения сечений фрагментации и исследована их зависимость от атомного числа ядер мишени. Выполнен анализ рождения отрицательных пионов, их множественности, поперечных импульсов и быстрот, а также исследованы взаимные корреляции этих величин. Изучен процесс одноклон-

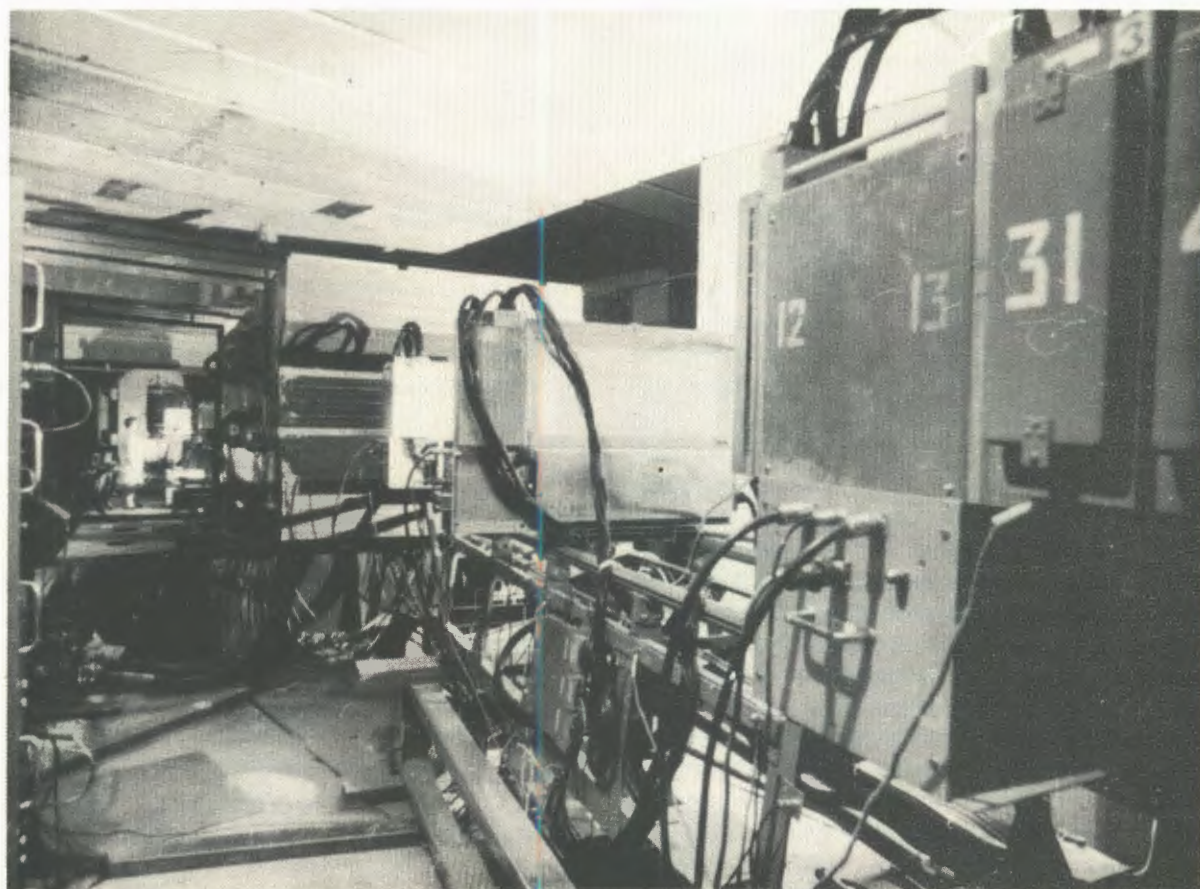


Рис. 56. Выходная ветвь магнитного спектрометра с проволочными камерами, работающего на линии с ЭВМ ЕС-1010.

ного поглощения пионов атомными ядрами ^{45}Sc , ^{59}Co , ^{89}Y , ^{133}Cs , ^{141}Pr и ^{197}Au с целью обнаружения существования в этих ядрах Δ^{++} -барийонного резонанса. Показано, что вероятность существования Δ^{++} -барийонного резонанса в исследуемых ядрах составляет $10^{-4} \div 10^{-5}$.

Опубликован обзор работ по исследованию процесса поглощения медленных π^- -мезонов атомными ядрами.

3. Проведен анализ $p\bar{p}$ -взаимодействий при $P_{\perp} = 1 \div 5$ ГэВ/с. Изучалась особенность в спектре эффективных масс при $M = 1440$ МэВ/с, которую можно предположительно считать новой изобарой с изотопическим спином $5/2$. Исследована точность измерения $p\bar{p}$ -взаимодействий. Показано, что функции разрешения эффективных масс комбинаций $p\pi^+\pi^+$ и $p\pi^-\pi^-$ отличаются примерно в два раза.

Выполнено исследование π^-p -взаимодействий при 16 ГэВ/с, сопровождающихся рождением странных частиц.

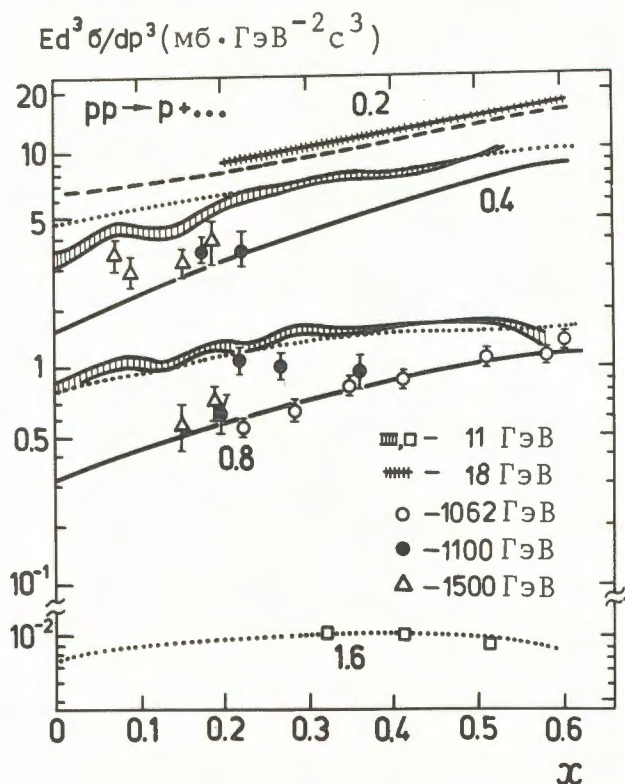


Рис. 57. Дифференциальные распределения вторичных протонов в неупругих $p\bar{p}$ столкновениях. Точечные кривые - расчет для $T_{\text{кин}} = 11$ ГэВ. Сплошная кривая соответствует $T_{\text{кин}} = 1100$ ГэВ, пунктирная - $T_{\text{кин}} = 18$ ГэВ. Величины, указанные под кривыми, - значения импульса p_{\perp} (ГэВ/с).

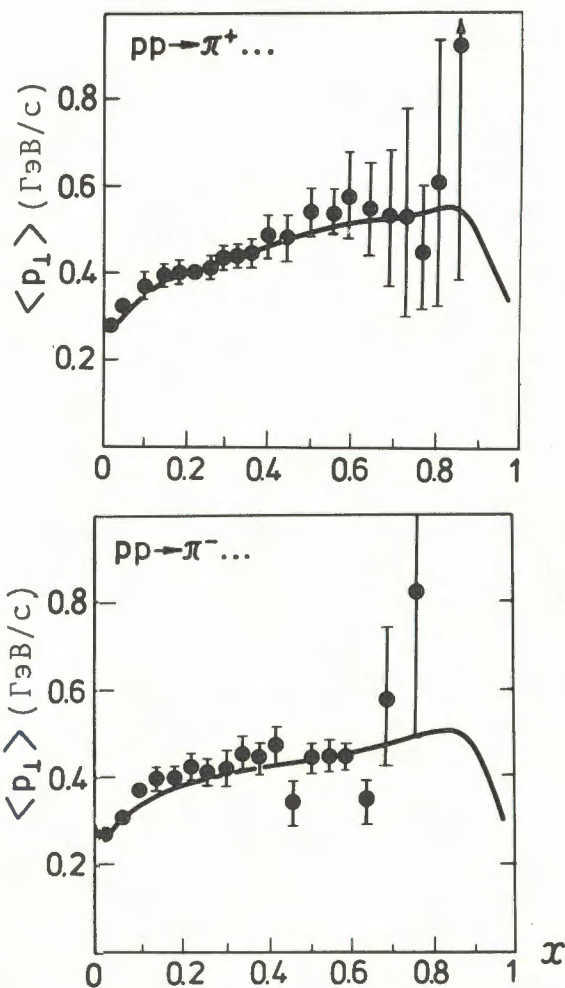


Рис. 58. Средний поперечный импульс π^+ - и π^- -мезонов в неупругих $p\bar{p}$ столкновениях как функция $x = 2p_{\perp} / \sqrt{s}$. Сплошная кривая - расчет для $P_0 = 69$ ГэВ/с.

4. Получены феноменологические выражения, описывающие дифференциальные и интегральные характеристики неупругих $N-N$ и $\pi-N$ столкновений в широкой области значений кинематических переменных при энергиях от 5 до 5000 ГэВ (рис. 57, 58). На основе этих выражений на ЭВМ CDC-6500 создан пакет программ статистического моделирования результатов неупругого взаимодействия нуклонов и π -мезонов с внутриядерными нуклонами. Усовершенствована программа расчета внутриядерных каскадов за счет использования автокода БЭСМ-6, что позволило на 30-60% сократить расход машинного времени для расчетов. На основе модели внутриядерных каскадов изучена роль резонансов в образовании кумулятивных пионов на легких ядрах. Выполнен цикл расчетов по анализу экспериментов с пучками дейтронов и α -частиц. Созданы и отлажены программы

моделирования неупругих взаимодействий космических частиц высоких и очень высоких энергий с атомными

ядрами, а также потоков частиц, генерируемых в атмосфере космическим излучением.

РАЗРАБОТКА ПРИКЛАДНЫХ МЕТОДОВ ВЫЧИСЛЕНИЙ

1. Доказана устойчивость формы безотражательных уединенных волн некоторых нелинейных уравнений при помощи метода Бенжамина. Исследованы спектральные свойства операторов, порождающих уравнения типа уравнений Кортевега-де Вриза. Уравнения $\pi\pi$ -рассеяния преобразованы к виду, удобному для получения разностных схем второго порядка точности. Установлено асимптотическое разложение, с помощью которого произведено уточнение приближенных решений. Построен итерационный процесс, сходящийся сразу к решению с повышенной точностью. Предложен численный метод определения верхней границы константы связи в уравнениях $\pi\pi$ -рассеяния. Разработан метод вычисления на ЭВМ элементов S -матрицы в нелокальной модели кварков. Найдено достаточное условие существования частицеподобных решений для некоторых моделей теории поля. Созданы пакеты прикладных программ и выполнены расчеты на ЭВМ.

2. Исследованы спектры масс протяженных частиц в квазиклассическом приближении в рамках $1/N$ -разложения квантовой хромодинамики для потенциалов

различных видов. Завершены исследования динамических свойств трехмерных солитонов в моделях с неполиномиальными лагранжианами. В численных экспериментах обнаружены четыре основных типа их взаимодействий, характер которых определяется группой изотопической симметрии. Обнаружено возникновение долгоживущих связанных состояний (пульсонов) в результате взаимодействия двух неустойчивых квазисолитонов (рис. 59,60). Проведено численное исследование поперечной устойчивости солитона уравнения Кадомцева-Петвиашвили. Изучены некоторые свойства нелинейного уравнения Шредингера с некомпактной псевдоунитарной группой внутренней симметрии. Найдены бесконечные классы законов сохранения и изучена их алгебра. Методом обратной задачи рассеяния исследован ряд двумерных лоренц-инвариантных моделей теории поля.

3. Совместно с ЛТФ завершен цикл исследований, посвященных изучению разложений волновых функций непрерывного спектра уравнения Шредингера со сферически-симметричным потенциалом Саксона-Вудса по различным дискретным базисам в конечной области пространства.

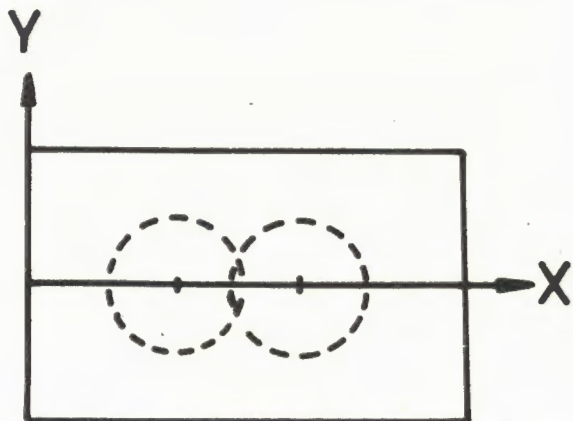


Рис. 59. Начальная полевая конфигурация из двух неустойчивых действительных квазисолитонов.

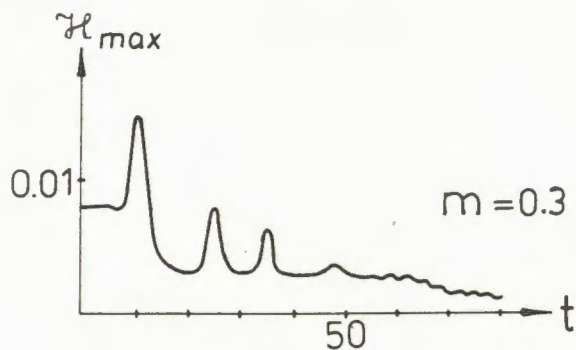


Рис. 60. Плотность энергии связанного состояния (пульсона), возникшего в результате взаимодействия квазисолитонов, как функция времени.

Проведено исследование с целью проверки применимости гипотезы Акселя-Бринка для деформированных ядер в квазичастично-фононной модели ядра. Предложен структурный диалект ФОРТРАНа(СДФ), который представляет собой одно из возможных структурных расширений ФОРТРАНа.

4. Выполнены расчеты магнитных полей в синхрофазотроне и синхроциклотроне ОИЯИ. Исследована возможность корректировки магнитных полей в синхрофазотроне путем установки в квадратах ускорителя дополнительных магнитов. Получено разложение по степеням шага сетки решений уравнения Пуассона в ступенчатых областях при различных типах краевых условий на различных участках границы. Установлено, что коэффициенты разложения имеют степенные особенности в узловых точках области. Исследована эффективность экстраполяции на последовательности сеток для повышения точности приближенного решения. Найдены условия устойчивости и сходимости численного решения самосогласованной задачи, возникающей при расчете электромагнитных полей в резонаторе коллективного ускорителя ОНМУ.

Исследованы асимптотические свойства разностных схем максимального не-

четного порядка точности и устойчивость разностной краевой задачи, аппроксимирующей систему уравнений акустики с учетом теплопроводности.

Разработаны алгоритмы расчета трехмерных магнитных полей с помощью метода конечных элементов. Получены уравнения сходимости разностных схем для обобщенных решений уравнения Пуассона.

5. Разработаны итерационные ньютоновские схемы численного решения систем уравнений Шредингера, связанных набором параметров. Составлены программы для решения n -параметрической задачи на собственные значения для системы дифференциальных уравнений второго порядка. На модельных задачах с дальнедействующими и короткодействующими потенциалами взаимодействия проведены численные исследования разработанных схем и показана их высокая эффективность. Выполнены расчеты уровней энергии связи мезомолекул водорода с повышенной точностью. На основе численного решения двумерного уравнения Шредингера с использованием метода конечных элементов предложено переопределение адиабатического базиса в задаче трех тел с кулоновским взаимодействием.

АСУ ОИЯИ

Получили дальнейшее развитие программные системы для автоматизации бухгалтерского учета и материально-технического снабжения ОИЯИ. Система программ бухгалтерского учета на ЭВМ CDC-6500 дополнена рядом обслуживающих программ выдачи информации из системы. Завершена комплексная отладка первого варианта системы программ бухгалтерского учета на ЭВМ ЕС-1040.

Модернизирована информационно-поисковая система для работы с документами картотечного типа на БЭСМ-6. Предусмотрена возможность ввода данных и вывода информации из системы, а также расширены возможности программных средств защиты базы данных. Проведены работы по модернизации программной системы для учета работ, выполняемых отделом капитального строительства.

ОТДЕЛ НОВЫХ МЕТОДОВ УСКОРЕНИЯ

Основные усилия Отдела новых методов ускорения были направлены на детальное исследование параметров, определяющих ускоряющую способность коллективного ускорителя, и создание диагностических систем; создание и исследование отдельных узлов ускорителя, способных работать при повышенных частотах; разработку проекта коллективного ускорителя тяжелых ионов - инжектора тяжелоионного синхротрона; исследования, связанные с созданием отдельных систем ускорительно-накопительного комплекса в ИФВЭ (Серпухов); работы, связанные с созданием координатного детектора нейтринного калориметра; обеспечение надежности работы аппаратуры в эксперименте NA-4 и ее дальнейшее совершенствование.

РАБОТЫ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ КОЛЛЕКТИВНОГО УСКОРИТЕЛЯ ТЯЖЕЛЫХ ИОНОВ

Основное внимание в 1980 году было уделено созданию специфических диагностических систем и детальным исследованиям с помощью этих систем характеристик работы прототипа коллективного ускорителя. Среди используемых на ускорителе диагностических методик особое место занимают три, позволяющие получать информацию о параметрах электронно-ионного кольца в каждом цикле работы ускорителя.

Система наблюдения синхротронного свечения электронного кольца в сжатом состоянии позволяет определять поперечные размеры сечения кольца, его радиус, а по интенсивности свечения - число электронов в кольце. Измерения можно вести в двух спектральных диапазонах. Кроме того, существует возможность в одном цикле проводить измерения в не-

скольких коротких временных интервалах, что позволяет наблюдать динамику изменения геометрических параметров кольца.

На основе наблюдения тормозного излучения электронов в поле атомов остаточного газа и ионов, захваченных электронным кольцом, создана система, позволяющая измерять на начальном этапе сжатия кольца число электронов в кольце, а в процессе сжатия кольца в адгезаторе в пяти коротких временных интервалах - число захваченных в кольцо ионов.

Система наблюдения наведенных электронно-ионным кольцом полей при его пролете в ускорительно-транспортном тракте позволяет по временному сдвигу сигналов определять продольную скорость кольца. При известных внешних ускоряющих полях определяется также доля ионов в кольце.

Разработан метод диагностики электронно-ионных колец по результатам измерений характеристического рентгеновского излучения. Этот метод, в частности, позволяет по сдвигам спектров характеристического излучения определять степень ионизации атомов, захваченных электронным кольцом.

В коллективном методе ускорения в выбранном режиме работы ускорителя, когда суммарная масса ионов в электронно-ионном кольце много больше суммарной релятивистской массы электронов, темп ускорения при фиксированных ускоряющих полях пропорционален отношению числа электронов в кольце к числу ионов. Поэтому представляет большой интерес экспериментальное определение величины изменения этого отношения.

На прототипе коллективного ускорителя с помощью диагностической системы по тормозному излучению электронов в поле ионов исследованы временные зависимости накопления ионов в процессе сжатия электронно-ионного кольца в адгезаторе при различных давлениях остаточного газа в камере адгезатора и

различных количествах электронов в кольце. Результаты этих исследований показали, что отношение числа ионов в кольце к числу электронов линейно зависит от времени и давления остаточного газа (рис. 61).

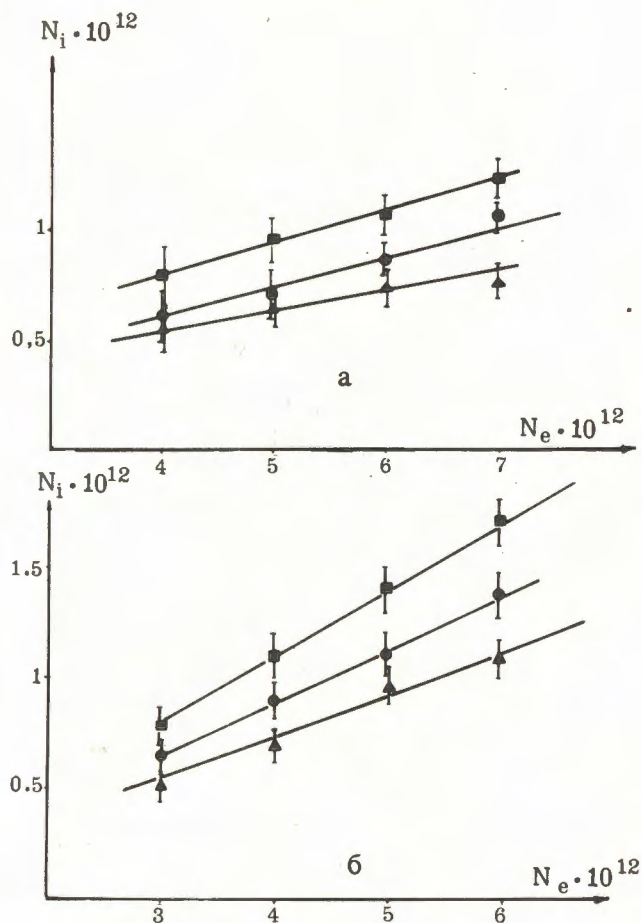


Рис. 61. Зависимость числа захваченных в кольцо ионов от числа электронов в кольце при различных давлениях остаточного газа в камере адгезатора и в разные моменты времени: а) $P = 5 \cdot 10^{-8}$ Торр, $\Delta - t = 2,0$ мс, $\bullet - t = 2,2$ мс, $\blacksquare - t = 2,4$ мс; б) $P = 7 \cdot 10^{-8}$ Торр, $\Delta - t = 2,0$ мс, $\bullet - t = 2,2$ мс, $\blacksquare - t = 2,4$ мс.

В этих же экспериментах показано (рис. 62), что накопление ионов в электронном кольце идет вплоть до состояния электронно-ионного кольца, близкого к нейтральному (максимумы на рисунке, расчетная средняя зарядность ионов ~ 3). При этом электронное кольцо сохраняет свои поперечные размеры. Спад кривых после максимума связан, очевидно, с увеличением поперечного сечения ионного кольца по сравнению с электронным из-за

выполживания потенциальной ямы, удерживающей ионы.

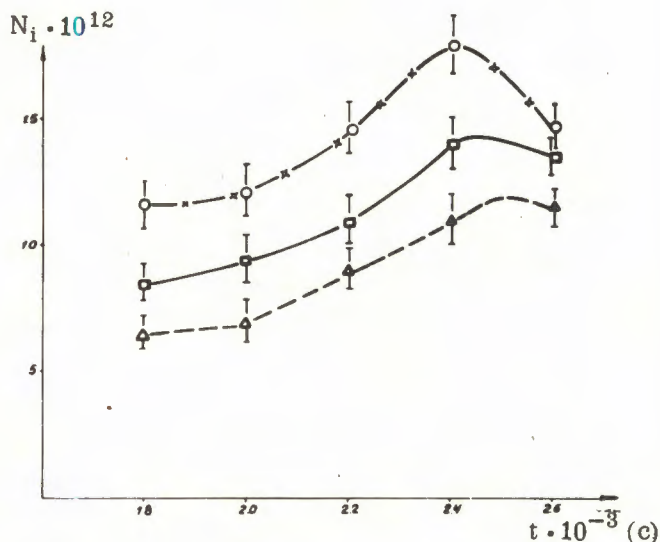


Рис. 62. Зависимость числа захваченных в кольцо ионов от времени их накопления при различном числе электронов в кольце: $P = 7 \cdot 10^{-8}$ Торр, $\circ - N_e = 7 \cdot 10^{12}$, $\square - N_e = 5 \cdot 10^{12}$, $\Delta - N_e = 4 \cdot 10^{12}$.

Продолжались работы по комплексному запуску второй базовой установки ОНМУ - модели коллективного ускорителя. В этой установке адгезатор имеет иную конструкцию, дающую возможность свободного доступа к области формирования кольца. Катушки, обеспечивающие сжатие и вывод электронно-ионного кольца, расположены внутри вакуумной камеры. Область кольца отделена вакуумно-плотными экранами, так что во внутренней камере, в которой происходит компрессия кольца, можно получить более высокий вакуум. Экраны, образующие боковые стенки внутренней камеры, должны пропускать без искажения магнитное поле с частотой до 2 МГц и максимально экранировать собственные поля электронного кольца с частотами более 100 МГц. Такими свойствами обладают анизотропные экраны, разработанные в ОНМУ. Для определения влияния экранов на электронные кольца разработан аналоговый метод измерения продольного импеданса системы кольцо-экран. Метод дает хорошее согласие с теоретическими расчетами (рис. 63) и позволяет определять влияние азимутальных неоднородностей на устойчивость электронного кольца. Измерения

показали возможность создания боковых стенок внутренней вакуумной камеры с необходимыми свойствами.

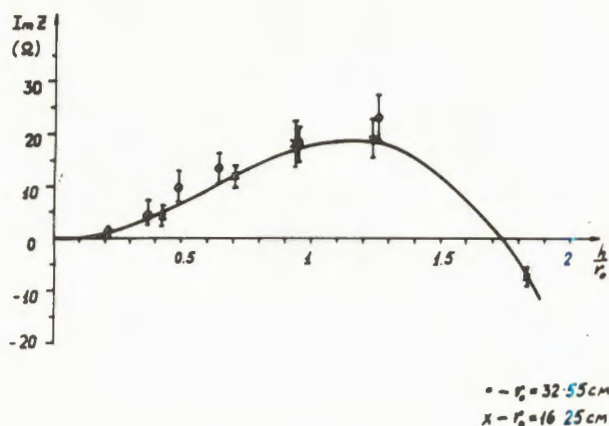


Рис. 63. Измеренные и расчетные значения импеданса на первой азимутальной гармонике.

Велись теоретические исследования, направленные на более детальное изучение коллективного метода ускорения и режимов работы коллективных ускорителей.

Для прототипа коллективного ускорителя теоретически изучен процесс накопления многозарядных ионов в электронных кольцах из импульсных струй нейтральных частиц. Определены средняя зарядность и дисперсия по зарядам накапливаемых ионов, а также требования к давлению остаточного газа ($\sim 5 \cdot 10^{-9}$ Торр) в камере адгезатора.

Рассчитана дополнительная магнитная система (катушки дополнительного поля - КДП) прототипа коллективного ускорителя, позволяющая заметно уменьшить радиус электронно-ионного кольца при той же величине магнитного поля (рис. 64). Предложены режимы работы третьей ступени сжатия и КПД (рис. 65), позволяющие держать кольцо в сжатом состоянии в течение ~ 5 мс. Синхротронное излучение электронов здесь эффективно используется для дополнительного поджатия кольца, при этом удовлетворяются условия вывода кольца из адгезатора. Такой вариант адгезатора позволяет увеличивать среднюю зарядность ионов приблизительно в 3 раза, а эффективность коллективного ускорителя - в 5 раз.

Проведена теоретическая проработка вопросов создания компрессора элект-

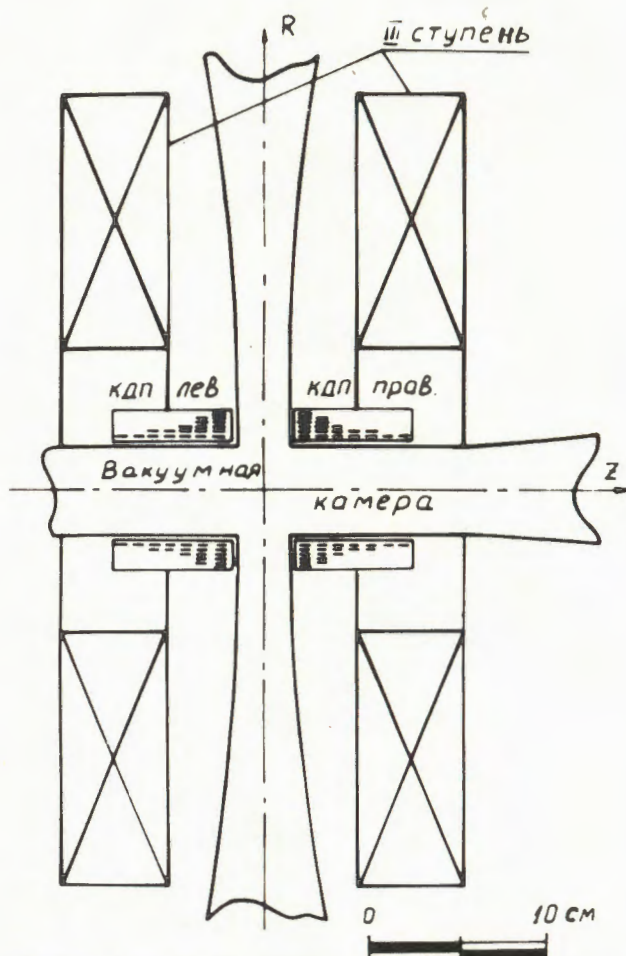


Рис. 64. Конфигурация катушки дополнительного поля (КДП) в системе адгезатора.

ронных колец с высокой цикличностью, в котором сжатие кольца осуществляется при его продвижении в нарастающее магнитное поле под действием волны импульсного магнитного поля, бегущей вдоль оси ускорителя. Одновременно электроны кольца ускоряются в азимутальном направлении. Рассчитана модель такого компрессора и проведены сравнения расчетных и экспериментальных параметров установки.

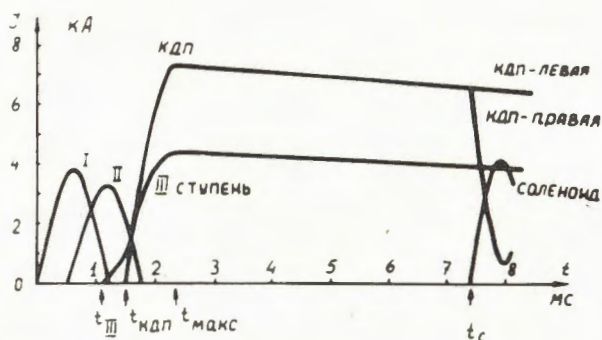


Рис. 65. Режимы работы импульсной системы питания, обеспечивающие задержку кольца в сжатом состоянии.

РАБОТЫ, СВЯЗАННЫЕ С СОЗДАНИЕМ ПРОЕКТА КУТИ-20

Создание коллективного ускорителя тяжелых ионов, работающего с частотой циклов до 50 Гц, предъявляет к надежности, технологичности, управляемости узлов ускорителя и всей установки в целом более жесткие требования. При разработке проекта ускорителя на энергию 20 МэВ/нуклон этим вопросам уделялось особое внимание.

В ОНМУ разработан комплекс электронных модулей в стандарте КАМАК, состоящий из микропроцессорного контроллера МИКАМ и блоков памяти, включение которых в состав аппаратуры КАМАК дает широкие возможности для создания автономных микропроцессорных систем автоматизации физических исследований. На базе разработанной аппаратуры и стандартных модулей КАМАК создана автономная анализаторная система (объем памяти 4096 информационных каналов, ширина канала - 2 байта, мертвое время ~ 3 мкс).

Для экспериментов на головном образце ускорителя электронов СИЛУНД-II создана программно-управляемая система синхронизации ускорителя, предназначенная для формирования и выдачи в определенной временной последовательности командных импульсов управления системами ускорителя. Введение микропроцессорного контроллера в состав аппаратуры синхронизации позволяет существенно упростить управление ускорителем. Система задает временной режим работы ускорителя, производит индикацию на телевизионном дисплее состояния управляющих сигналов в каналах управления, запись и воспроизведение типовых режимов работы, осуществляет сервисные функции в режиме диалога.

Создана установка и измерительная система для измерения на выходе СИЛУНДа-II параметров электронного пучка: амплитудно-временных характеристик, профиля, энергии, распределения по энергиям и эмиттанса. Помимо традиционных методов измерения использована методика анализа характеристик пучка в мягкофокусирующем магнитном поле. Электронная аппаратура измерительной системы работает на линии с ЭВМ "МЕРА-60-10". Проведенные исследова-

ования электронного пучка на выходе головного образца СИЛУНДа-II показали, что его основные параметры (время импульса, ток, энергия, эмиттанс, энергетический разброс) вполне согласуются с расчетными величинами.

Полезная мощность, выделяемая в пучок электронов модулятором (генератором высоковольтных импульсов ускоряющего напряжения), увеличена в 2 раза.

Новый адгезатор с титановой вакуумной камерой эффективно работает в составе прототипа коллективного ускорителя.

Исходя из того, что проектируемый КУТИ-20 предполагается использовать в качестве инжектора тяжелоионного синхротрона (ТИС), разработан канал (рис. 66) для транспортировки интенсивного ионного пучка с учетом того, что при движении пучка через канал существенную роль играют собственные кулоновские силы. В головной части канала специальными магнитными устройствами 1 и 2 из кольцевого пучка формируется

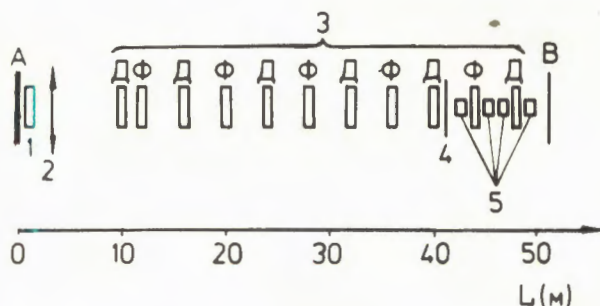


Рис. 66. Структура формирования транспортировочного канала КУТИ-20. 1 - электромагнит с радиальным полем в кольцевом зазоре; 2 - специальная линза с азимутальным полем; 3 - транспортировочный канал из квадруполей; 4 - обдирочная мишень; 5 - индукционный монохроматор. А - выход из КУТИ-20. В - место ввода пучка в ТИС.

приосевой пучок ионов с малым эмиттансом. На транспортировочном участке 3 происходит дополнительное растяжение пучка в продольном направлении за счет разброса скоростей ионов, что обеспечивает приемлемую для инжекции в ТИС линейную плотность ионов. В конце канала с помощью индукционного монохроматора 5 энергетический разброс в

пучке уменьшается до необходимой для эффективной инжекции в ТИС величины. Перед монохроматором ставится обдирочная мишень 4, при прохождении которой ионы увеличивают свой заряд приблизительно в 3 раза.

РАБОТЫ, СВЯЗАННЫЕ С СОЗДАНИЕМ УНК

Проведены экспериментальные исследования структуры двухфазного гелия, движущегося в горизонтальной стеклянной трубе, обогреваемой за счет внешнего теплового излучения. При удельных тепловых потоках $\sim 1,8 \text{ Вт/м}^2$ и массовых скоростях до $150 \text{ кг/м}^2\text{с}$ установлено (рис. 67), что режим движения потока - расслоенный практически во всем диапазоне паросодержаний (с парожидкостной смесью внизу и паровой фазой сверху). Это может приводить к различию температур по периметру трубы и неравномерности расходов при распределении двухфазного потока в системе параллельных каналов и поэтому должно учитываться при создании сверхпроводящих магнитов УНК и системы их криогенного обеспечения.

На основе созданных в ОНМУ сапфировых резонаторов со сверхпроводящим пленочным покрытием из ниобия в МГУ им. М.В.Ломоносова создан автогенератор СВЧ диапазона с нестабильностью $\Delta f/f \approx 5 \cdot 10^{-12}$ для использования в точных радиофизических измерениях и физических экспериментах.

Исследована взаимосвязь сверхпроводящих характеристик и микроструктуры пленок системы Nb-Ti различного состава. Получены пленки, обладающие критической температурой $T_k \approx 10 \text{ К}$ и критической плотностью тока $j_k = 4 \cdot 10^5 \text{ А}\cdot\text{см}^{-2}$ в магнитном поле 1 Т при температуре $T = 4,2 \text{ К}$.

Созданы резонаторы ($f_0 = 1,4 \text{ ГГц}$) с рабочей поверхностью в виде тонких сверхпроводящих пленок. В экспериментах с этими резонаторами впервые получены оценки конкретных значений ВЧ-параметров пленок ниобий-титан (глубины проникновения и пороговой амплитуды ВЧ-поля и поверхностного сопротивления).

В соответствии с теоретическими представлениями создание высоко-

добротных сверхпроводящих резонаторов, предназначенных для работы во внешнем магнитном поле $\sim 1 \text{ Т}$ и не подверженных явлению термомагнитного пробоя, препятствующего достижению высокого уровня мощности, предполагает применение сверхпроводника в виде пленки, характеризующейся $j_k \geq 10^6 \text{ А}\cdot\text{см}^2$ в указанном магнитном поле.

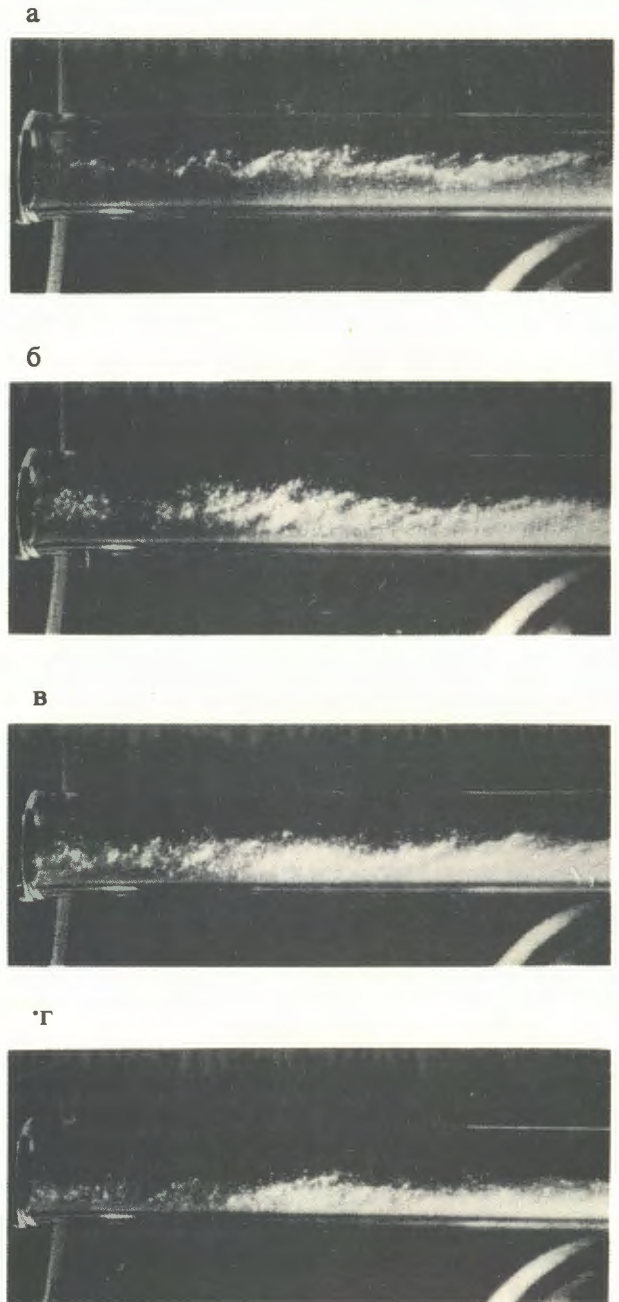


Рис. 67. Структура двухфазного потока гелия при удельном тепловом потоке $q = 1,8 \text{ Вт/м}^2$, массовой скорости $\rho w = 79,8 \text{ кг/м}^2\text{с}$, давлении $p = 1,29 \cdot 10^5 \text{ Па}$ и различных паросодержаниях x : а) $x = 0,10$; б) $x = 0,22$; в) $x = 0,35$; г) $x = 0,48$.

РАБОТЫ, СВЯЗАННЫЕ С СОЗДАНИЕМ БОЛЬШИХ КООРДИНАТНЫХ ДЕТЕКТОРОВ

В отделе развернуты работы по созданию координатных детекторов для совместного нейтринного эксперимента ОИЯИ-ИФВЭ. ОНМУ участвовал в совместном эксперименте ОИЯИ-ЦЕРН по исследованию с помощью большого спект-

рометра глубоконеупругого рассеяния мюонов. Интенсивная эксплуатация в составе спектрометра созданного в ОНМУ координатного детектора показала его высокую надежность и отличные эксплуатационные качества, что обеспечило получение важнейшей экспериментальной информации о структуре нуклонов. Проводились большие работы, связанные с переводом спектрометра на водородную мишень и с модернизацией установки.

ОТДЕЛ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И РАДИАЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Дозиметрический контроль радиационной обстановки выполнялся на всех действующих и создаваемых ядерно-физических установках Института. На циклотроне У-400 проводилось дальнейшее изучение уровней ионизирующих излучений в режиме выведенного пучка ионов легких и средних элементов с энергией 10 МэВ/нуклон и током до $2 \cdot 10^{13} \text{ с}^{-1}$. Измерения показали, что доза излучений от циклотрона на ~70% обусловлена нейтронами с энергией выше 0,4 МэВ. За защитой в санитарно-защитной зоне У-400 уровни излучения не достигали контрольных величин. На коллективном ускорителе тяжелых ионов ОНМУ изучено пространственное распределение полей тормозного излучения при работе ускорителя в режиме сжатия электронных колец. На установке "Ф" ЛЯП велись работы по созданию и отработке электронных блоков радиационных датчиков, систем приема информации с них и программного обеспечения АСУ системы радиационного контроля. В корпусе №205 ЛВЭ система радиационного контроля обеспечила возможность проведения экспериментов на пучке частиц, выведенном в новый экспериментальный павильон.

Получены первые результаты исследований радиационной обстановки на реакторе ИБР-2 в период начального этапа энергетического пуска, которые позволяют: прогнозировать уровни наведенной активности оборудования в технологических помещениях и разработать организационные мероприятия, обеспечивающие безопасные условия труда при эксплуатации.

К концу 1980 года на индивидуальном дозиметрическом контроле находилось 2090 сотрудников Института. Результаты работы по исследованию адекватности показаний индивидуальных дозиметров эквивалентной дозе излучения позволили повысить достоверность результатов индивидуального дозиметрического контроля.

Данные контроля доз на границах радиационных зон вокруг ядерно-физических установок показали, что облучение персонала, не охваченного индивидуальным дозиметрическим контролем, и населения не превышает установленных пределов доз.

В области радиационных исследований завершено изучение характеристик полей излучения базовых ядерно-физических установок ОИЯИ и выполнена проверка адекватности показаний детекторов излучений эквивалентной дозе и спектру частиц в этих полях. В результате исследований:

- получены экспериментальные и расчетные данные об энергетических распределениях флюенсов и доз нуклонов за защитой базовых установок ОИЯИ;

- установлены некоторые закономерности формирования спектров нейтронов за защитой ускорителей протонов на высокие энергии;

- определена адекватность показаний используемых в ОИЯИ и странах-участницах средств дозиметрического контроля эквивалентной дозе и спектру частиц в полях излучения ускорителей и импульсных быстрых реакторов;

- рекомендованы наиболее адекватные средства для индивидуального и регулярного дозиметрического контроля в Институте;

- экспериментально установлена точность расчета защиты ускорителей протонов на энергии менее 1 ГэВ полуэмпирическими методами, методом Монте-Карло и методами, основанными на решении уравнения переноса излучения;

- рекомендованы критерии для выбора состава конструкционных материалов при проектировании защиты ускорителей протонов на высокие энергии.

Разработан прототип прибора для определения эквивалентной дозы и флюенса нейтронов с энергией 10-300 МэВ.

**МЕЖДУНАРОДНЫЕ
СВЯЗИ
И НАУЧНОЕ
СОТРУДНИЧЕСТВО**



Широкое сотрудничество Объединенного института ядерных исследований с научно-исследовательскими организациями стран-участниц Института, и других стран, а также международными научными организациями за 1980 год отражено в следующих итоговых данных:

- из общего числа 137 научных тем совместно с научно-исследовательскими организациями стран-участниц выполнялось 133 темы, с научными центрами других стран и международными организациями - 22 темы;

- по вопросам научно-технического сотрудничества и для участия в научных

совещаниях в страны-участницы (кроме СССР) командировано более 500 специалистов, в том числе более 400 - с целью выполнения совместных работ;

- из стран-участниц принято более 1200 ученых и специалистов для выполнения совместных работ и участия в совещаниях ОИЯИ;

- в научные центры и на международные конференции в страны-участницы направлено более 100 сотрудников ОИЯИ;

- из научно-исследовательских центров и международных научных организаций этих стран принято 106 ученых и специалистов, в том числе 7 стипендиатов.

СОТРУДНИЧЕСТВО С НАУЧНЫМИ ЦЕНТРАМИ СТРАН-УЧАСТНИЦ ОИЯИ

В 1980 году научно-техническое сотрудничество ОИЯИ развивалось по традиционным направлениям. Объединение усилий многих научно-исследовательских организаций стран-участниц при проведении исследований и создании физических установок способствовало получению новых фундаментальных результатов, развитию экспериментальной базы Института.

Совместные работы в области теоретической физики проводятся учеными НРБ, ГДР, ВНР, СРВ, Кубы, МНР, ПНР, СРР, СССР и ЧССР. По результатам исследований в области теории элементарных частиц, атомного ядра и конденсированных сред опубликовано более 100 научных работ и докладов на международных конференциях, совещаниях, школах.

Важным направлением сотрудничества в области высоких энергий являются работы по релятивистской ядерной физике, исследованию закономерностей образования элементарных частиц. Особое место занимали исследования на ускорителе ИФВЭ (Серпухов) с помощью установок БИС-2, "Альфа", РИСК, "Кристалл", СКМ-200, "Людмила", "Гиперон" и др. По программе поиска очарованных частиц на установке БИС-2 приняли участие институты СССР, ВНР, ГДР, ЧССР.

Продолжались исследования на двухметровой жидководородной камере "Люд-

мила". Учеными НРБ, СССР и ЧССР проведены просмотр и обсчет экспериментальных данных по $\bar{p}p$ -, $d\bar{p}$ -взаимодействиям. Проведены измерения распадов заряженных частиц.

На установке "Альфа" проведены прецизионные измерения π^+d - и π^- -упругого рассеяния на малые углы при 40 ГэВ/с. Обработка и анализ полученных данных проводится в институтах СССР и НРБ.

В ряде научных центров НРБ, ВНР, ГДР, МНР, ПНР, СССР, СРР и ЧССР проводились обработка и анализ экспериментального материала, полученного на двухметровой пропановой камере с целью получения данных о сечениях рождения резонансов, установления закономерностей в ядро-ядерных взаимодействиях.

Обработка результатов, полученных на однометровой водородной камере, осуществлялась в университетах и институтах ПНР, СРР, ЧССР и научных лабораториях других стран-участниц.

Исследования по релятивистской ядерной физике с помощью материалов, полученных на спектрометре СКМ-200, проводились с участием сотрудников из ВНР, ПНР, СРР и СССР.

Совместно с институтами МНР, ЧССР и ПНР исследовались взаимодействия протонов, быстрых адронов и легких ядер с ядрами фотоэмульсий.

Изучались реакции и закономерности образования элементарных частиц во взаимодействиях π^- , K^- -мезонов и \bar{p} с нуклонами и ядрами различных элементов на установках РИСК и "Гиперон".

Специалисты из ВНР, ГДР, ПНР участвовали в просмотре и обработке фильмового материала с установки РИСК.

В Братиславском университете ЧССР осуществлялось проектирование большого широкоапертурного многозеркального порогового газового черенковского счетчика для установки "Гиперон", в Софийском университете НРБ велись разработки электроники и математического обеспечения.

В выполнении комплекса работ по созданию спектрометра АРЕС и установок ЯСНАПП, "Спин", "Пион" для ядерно-физических экспериментов на фазотроне участвовали научные центры НРБ, ГДР, ВНР, СРР, СССР, ЧССР.

Совместно с ИФВЭ (Серпухов) и ЦИФИ (Будапешт) выполнен комплекс работ по созданию магнитного спектрометра мюонов и вершинного детектора установки "Нейтронный детектор".

Изучение свойств нейтронодефицитных изотопов на синхроциклотроне ЛИЯФ АН СССР по программе ЯСНАПП-ИРИС проводилось с участием ИЯФ (Краков) и ИЯИЯЭ (София).

В рамках широкого международного сотрудничества проводились работы по поиску сверхтяжелых элементов в природе. С участием специалистов НРБ, ЧССР, ГДР, МНР, ПНР выполнен большой объем работ по просмотру более чем 2 см^3 оливинов из различных метеоритов, усовершенствованию методик поиска треков и созданию необходимой экспериментальной аппаратуры.

В создании новых экспериментальных установок для исследований на изохронном циклотроне У-400 (таких, как масс-спектрометр "Лидия", двухплечевой электромагнитный масс-спектрометр ДЭМАС, магнитный спектрометр-анализатор МС-А), а также модернизации существующих принимали участие институты ГДР, ПНР, НРБ.

Исследования конденсированных сред, включая исследования сложных соединений и биологических объектов, проводились с участием специалистов ГДР, ПНР. Эти страны принимали участие в создании

нейтронного спектрометра высокого разрешения и модернизации спектрометра КДСОГ.

При участии многих организаций СССР велись проектные работы и подготовка технического задания на сооружение в ОИЯИ ускорительного комплекса тяжелых ионов. ОИЯИ принимал активное участие в создании ускорительно-накопительного комплекса в Серпухове.

В рамках сотрудничества с ИЯФ (Краков) проводились разработки в области сильноточных ускорителей. Продолжались совместные работы с ИЯИ (Сверк) и Варшавским университетом по созданию изохронного циклотрона У-200П и корректирующих систем для циклотронов ЛЯР, с Пражским политехническим институтом - по созданию микротрона МТ-22. В СРР изготавливались каналы системы транспортировки выведенных пучков циклотрона У-400.

НИИЭФА (Ленинград) и ряд проектно-конструкторских и физических институтов участвовали в проектировании и изготовлении узлов ускорителя ЛИУ-30, в работах на реакторе ИБР-2.

Совместно со специалистами ГДР, СРР, ЧССР, НРБ, ВНР и ПНР велись работы по созданию и исследованию прототипа коллективного ускорителя тяжелых ионов.

Успешно развивались исследования по развитию криогенных систем, созданию технологии изготовления сверхпроводящих магнитов. В этих работах активно участвовали специалисты СССР, ГДР, ЧССР, НРБ, СРР, СРВ, КНДР.

Благодаря сотрудничеству организаций и институтов ГДР, ВНР, ЧССР, ПНР, СССР разработаны и созданы блоки электронной аппаратуры, в том числе в стандарте КАМАК, для обеспечения всего комплекса экспериментов лабораторий.

При активном участии специалистов ВНР, НРБ, ПНР, СРР, ГДР, ЧССР и МНР получил дальнейшее развитие центральный вычислительный комплекс ОИЯИ и измерительно-вычислительные центры лабораторий. В создании и развитии автоматических и полуавтоматических систем обработки камерных снимков приняли участие научно-исследовательские организации ГДР, НРБ и ПНР. Совместные усилия институтов ЧССР, ГДР, НРБ, СССР, МНР, СРР были направлены на развитие методов использования ЭВМ на линии с экспериментальными установками и раз-

работку алгоритмов и создание программ обработки экспериментальных данных.

В сотрудничестве с организациями НРБ, СРВ, ГДР, Кубы, КНДР, СССР, ЧССР продолжались прикладные исследования и разработки научно-технических задач, имеющих важное народнохозяйст-

венное значение для целей медицины, биологии, геологии, материаловедения, промышленности.

Исследования в области дозиметрии излучений и физики защиты ядерно-физических установок продолжались совместно с НРБ, ГДР, ПНР, ЧССР, СРР.

НАУЧНЫЕ СОВЕЩАНИЯ ОИЯИ

В 1980 году ОИЯИ провел пять крупных международных симпозиумов и школ, 18 рабочих и 17 научно-организационных совещаний. В совещаниях ОИЯИ приняли участие более 2000 ученых и специалистов.

С 14 по 25 апреля 1980 года в Алуште (СССР) проходила Международная школа по структуре ядра, в которой участвовало 148 человек. Лекции о последних теоретических методах, экспериментах и их результатах были прочитаны ведущими учеными ОИЯИ, СССР, ЧССР, США и ФРГ. Школа в Алуште показала, что теоретические и экспериментальные работы ОИЯИ сконцентрированы на наиболее перспективных и актуальных направлениях современной ядерной физики. Участие в работе школы позволило слушателям получить новую оперативную информацию о научных результатах и планах работ ряда лабораторий мира, ознакомиться с новейшими идеями и экспериментами в этих лабораториях.

В работе X Международного симпозиума по ядерной электронике, организованного ОИЯИ совместно с ЦИФИ в Росендорфе и Дрезденским техническим университетом в апреле 1980 года в Дрездене (ГДР), приняли участие 226 специалистов ОИЯИ и научных центров его стран-участниц, а также Италии, ФРГ и Западного Берлина. Симпозиум имел большое значение для развития ядерной электроники в странах-участницах Объединенного института.

23-27 сентября в Дубне при поддержке ИЮПАК состоялся Международный симпозиум по синтезу и свойствам новых элементов, в научной программе которого

были представлены вопросы поиска сверхтяжелых элементов в природе, синтеза новых трансфермиевых и сверхтяжелых элементов на ускорителях тяжелых ионов, деления ядер, избранные вопросы механизма взаимодействия тяжелых ионов с ядрами, проблемы химии новых элементов, методы регистрации и идентификации новых ядер. В работе симпозиума приняли участие около 120 ученых стран-участниц ОИЯИ, а также ФРГ, Франции и США. На симпозиум было представлено 42 научных доклада, в том числе 23 - от ОИЯИ.

14-16 октября 1980 года в Дубне проходило VII Совещание по ускорителям заряженных частиц, организованное Объединенным институтом совместно с АН СССР и ГКАЭ СССР. В нем приняли участие более 400 ведущих специалистов в области физики и техники ускорителей СССР и других социалистических стран, а также Западной Европы, США, Японии. Из почти 140 докладов и сообщений около 20 докладов представлено сотрудниками ОИЯИ. На совещании дан всесторонний анализ состояния и перспектив развития ускорителей для фундаментальных физических исследований и решения важнейших прикладных задач.

С 9 по 19 декабря 1980 года в Дубне проведена XIV Международная школа молодых ученых по физике высоких энергий, организованная ОИЯИ и ИЯИ АН СССР. Более 100 участников школы прослушали 7 циклов и 19 отдельных лекций и докладов, с максимальной полнотой представивших современное состояние, теоретические и экспериментальные основы и перспективы развития физики высоких энергий.

УЧАСТИЕ ОИЯИ В НАУЧНЫХ СОВЕЩАНИЯХ И КОНФЕРЕНЦИЯХ ДРУГИХ ФИЗИЧЕСКИХ ЦЕНТРОВ

В 1980 году Объединенный институт направил свои делегации на 90 конференций и совещаний, организованных научными центрами стран-участниц ОИЯИ. Большие делегации Института были направлены на XXX Совещание по ядерной спектроскопии в Ленинграде, V Конференцию по нейтронной физике в Киеве, Международный симпозиум "Атомные ядра в экстремальных условиях" в Дрездене и другие.

На симпозиуме в Дрездене 10 сотрудников ОИЯИ выступили с докладами, которые охватывали весь круг вопросов, обсуждавшихся на конференции, и показали ведущую роль ОИЯИ в ряде направлений современной физики.

Большой интерес во всем мире к изучению структуры теории поля, связанный, в частности, с успехами в области неабелевых калибровочных теорий, сделал исключительно важным участие теоретиков ОИЯИ в работе XII Международной зимней школы по теоретической физике фундаментальных взаимодействий 21 февраля - 7 марта 1980 года в Карпаче (ПНР).

Ученые Института приняли участие во Вьетнамской школе по теоретической физике в Датене, на которой прочитали лекции о последних достижениях в области применения функционального интегрирования в квантовой теории поля и квантовой механике.

Результаты XIII летней школы по ядерной физике 1-13 сентября 1980 года в г. Миколайки (ПНР), в работе которой приняли участие сотрудники ОИЯИ, показали возрастающий интерес специалистов к проблематике глубоколежащих дырочных состояний и перспективности теоретических исследований фрагментации высоковозбужденных состояний.

Участие делегации ОИЯИ в работе Международной конференции "Структура адронов-80" в Смоленице (ЧССР), посвященной в основном теоретическим проблемам физики высоких энергий, позволило получить обширную информацию о самых последних результатах в одной из наиболее актуальных интенсивно разрабатываемых областей современной физики - теории калибровочных полей и вопросов

ее феноменологических приложений. Доклады показали приоритет ОИЯИ в ряде теоретических и экспериментальных исследований.

Ученые Объединенного института приняли участие в 27 конференциях, симпозиумах и школах, состоявшихся в Австрии, Великобритании, Италии, США, ФРГ, Франции, Швейцарии и других странах, не являющихся участниками ОИЯИ. Представительные делегации были направлены на Международную конференцию по физике высоких энергий в Мэдисоне и Международную конференцию по ускорителям высоких энергий в Женеве (Швейцария) и другие.

На Международной конференции "Нейтрино-80", проходившей 16-23 июня в Эриче (Италия), было особо отмечено, что экспериментальная физика нейтрино становится бурно развивающейся областью физики высоких энергий. VII Международное совещание по нейтрино, проходившее по традиции в Лабатонсеплаке (ВНР) с участием сотрудников ОИЯИ, показало наибольшую актуальность таких проблем, как проверка и продолжение экспериментов по измерению массы нейтрино, проверка гипотезы о существовании осциллирующей нейтрино в экспериментах с естественными источниками нейтрино, а также на реакторах и ускорителях.

Участие делегации ОИЯИ в крупнейшей за последние три года Международной конференции по ядерной физике 25-30 августа 1980 года (Беркли, США), анализ и обсуждение докладов, представленных на конференцию, позволили сделать важные выводы о развитии этих исследований в ОИЯИ.

На Международной конференции по проволочным камерам 27-29 февраля 1980 года в Вене (Австрия) получена обширная информация о научно-технических достижениях и перспективах развития методики проволочных камер, являющейся в настоящее время наиболее перспективной при создании аппаратуры для проведения исследований в области физики высоких энергий и элементарных частиц, а также для прикладных исследований.



Вице-президент АН СССР академик Е.П.Велихов и директор ОИЯИ академик Н.Н.Боголюбов во время обсуждения вопросов сотрудничества ОИЯИ с научными организациями АН СССР.





В октябре 1980 г. ОИЯИ посетила делегация Социалистической Республики Вьетнам во главе с заместителем председателя Национального собрания СРВ товарищем Чан Данг Кхоа. Директор ЛНФ академик И.М.Франк рассказал гостям об исследованиях, проводимых в лаборатории.

Общественный семинар, посвященный проблемам нейтринной физики.





В работе Международной школы по структуре ядра, проходившей в Алуште в апреле 1980 г., приняли участие 160 физиков из стран-участниц ОИЯИ и других стран.

В сентябре 1980 г. в Дубне состоялся симпозиум по синтезу и свойствам новых элементов, организованный ОИЯИ при поддержке Международного союза чистой и прикладной химии (ИЮПАК).



Регулярное участие специалистов ОИЯИ в ряде традиционных международных и национальных школ и конференций

обеспечивает закрепление научного приоритета ОИЯИ, способствует обмену новейшей научной информацией.

СВЯЗИ С НАУЧНЫМИ ЦЕНТРАМИ СТРАН, НЕ ЯВЛЯЮЩИХСЯ УЧАСТНИЦАМИ ОИЯИ, И МЕЖДУНАРОДНЫМИ ОРГАНИЗАЦИЯМИ

В 1980 году ОИЯИ поддерживал научные связи с национальными научными центрами Англии, Дании, Италии, Индии, США, Франции, ФРГ, Финляндии, Швейцарии, Югославии, а также с международными организациями в форме взаимного участия в экспериментах и обработке физических данных, создания аппаратуры, обмена материалами и проведения консультаций, участия в научных конференциях и семинарах.

В 1980 году 64 сотрудника ОИЯИ побывали в научных центрах стран-неучастниц Института с целью выполнения совместных работ и обмена опытом. Объединенный институт принял 106 ученых из этих стран, в том числе 38 ученых для участия в совместных исследованиях и 7 стипендиатов.

Совместно с физиками из Сассекского университета (Англия) проводились исследования радиоактивного распада ориентированных ядер с помощью установки "Спин" ОИЯИ и корреляционных установок Сассекского университета. Для обработки экспериментального материала используется ЭВМ университета.

Сотрудники университетов Пенджаба и Джаму (Индия) активно участвовали в исследованиях, проводимых с двухметровой пропановой камерой ОИЯИ. Им было направлено около 12 тыс. кадров облучения камеры пионами с энергией 40 ГэВ, а также релятивистскими ядрами. На основе обработки дубненских фотоэмульсий получены данные по взаимодействию протонов с легкими ядрами.

Продолжаются эффективные контакты с университетом в Турине и Национальной лабораторией во Фраскати (Италия) по совместной обработке и анализу экспериментальных данных рассеяния пионов на ядрах гелия. Проводилась наладка отдельных узлов стримерной водородной камеры высокого давления и пропорциональных камер для установки ГОДЕСК.

На сканирующих автоматах НРД Института физики в Милане и Национальном центре в Болонье обработано 753 тыс. стереофотографий, полученных на установке МИС. Обсуждены вопросы дальнейшего развития системы измерения и обработки снимков с МИС с использованием спецпроцессора, а также вопросы обеспечения сканирующих систем мощными современными графическими системами. Результаты совместных исследований взаимодействия π -мезонов с гелием-3 и гелием-4 изложены почти в 40 научных статьях и 20 докладах на научных конференциях.

В соответствии с решениями рабочих совещаний по однометровой водородной камере в ЦЯИ (Страсбург, Франция) полностью обработано 3500 событий, оказана помощь в адаптации на ЭВМ ОИЯИ системы программ обработки, применяемых в этом институте.

С Центром ядерной спектроскопии и масс-спектрометрии в Орсе (Франция) начато сотрудничество по созданию в ОИЯИ электростатического бета-спектрометра с высоким разрешением. В 1980 году Объединенному институту представлена система управления и стабилизации высокого напряжения для спектрометра.

В Орсе начаты эксперименты по измерению угловых моментов ядер, образующихся после вылета высокоэнергичных альфа-частиц, - процесса, впервые открытого и изученного в ОИЯИ. Поэтому для более эффективного развития этих исследований признано целесообразным объединить усилия двух сторон.

Продолжалось традиционное для ОИЯИ сотрудничество с Институтом ядерной физики (Орсэ). В 1980 году на ускорителе У-300 проведены совместные эксперименты по изучению свойств трансфермиевых элементов. Эксперименты в этом направлении будут развиваться на новом циклотроне У-400.

Научные связи с ФРГ осуществлялись в основном в форме обмена опытом и взаимных консультаций.

Развивались научные связи с Хельсинкским университетом (Финляндия) в обработке и анализе данных с установки "Людмила". Проведены просмотр материала по $\bar{p}p$ - и $\bar{p}p$ -взаимодействиям, измерения и анализ событий с образованием заряженных странных частиц. Выполнена работа по изучению процессов с переносом странности. В Институте физики Хельсинкского университета проводится массовая обработка экспериментального материала, полученного на установке МИС. Университет в Ювяскюля обеспечивает обработку экспериментальных данных с установки "Спин".

Успешно завершена обработка данных совместных экспериментов ОИЯИ-ФНАЛ по определению электромагнитного радиуса K - и π -мезонов и исследованию неупругих протон-протонных и протон-нейтронных взаимодействий с использованием струйной мишени. Результаты доложены на конференции в Мэдисоне (США) и опубликованы в четырех работах. Ученые ФНАЛ и университета штата Нью-Йорк принимают непосредственное участие в получении экспериментального материала на установке "Кристалл". Американская сторона предоставила гониометр и блоки быстрой и медленной электронной логики для этого эксперимента. Совместные исследования, выполненные в ОИЯИ и в ИФВЭ (Серпухов), показали возможность существования нового вида излучения при прохождении пучка позитронов и электронов с энергией 10 ГэВ через монокристалл.

Большой интерес к исследованиям по релятивистской ядерной физике проявляется со стороны Белградского института

физики. В институте организована группа по обработке фотографий с двухметровой пропановой камеры. В Белград передано 8 тыс. стереокадров облучения камеры углеродом с импульсом 4,2 ГэВ/с на нуклон.

В 1980 году ОИЯИ поддерживал традиционные научные связи и контакты с такими международными организациями, как СЭВ, МАГАТЭ, ЦЕРН, Международный центр теоретической физики в Триесте, ИЮПАП, ИЮПАК, Европейское физическое общество и др.

Связи Объединенного института с СЭВ и МАГАТЭ осуществлялись в форме взаимного участия в научных и научно-организационных мероприятиях, обмена публикациями, научно-технической документацией и материалами.

Сотрудничество с ЦЕРНом развивалось в таких формах, как командировки на короткие и длительные сроки для обмена опытом и участия в совместных экспериментах, обмен публикациями, взаимное участие в научных конференциях и совещаниях.

В 1980 году на уникальной экспериментальной установке - тороидальном спектрометре, созданном совместно с физиками Франции, ФРГ и Италии в ЦЕРНе, - успешно проводился мюонный эксперимент NA-4. По инициативе ОИЯИ в первом полугодии 1980 года осуществлен набор данных (более 16 миллионов событий) для изучения асимметрии в сечениях глубоконеупругого взаимодействия положительных и отрицательных мюонов на ядрах углерода при энергии 200 ГэВ. Проводится модернизация установки с целью расширения ее возможностей и переход на работу с водородной и дейтериевой мишенью.

ПЕРЕЧЕНЬ

научных и научно-организационных совещаний,
проведенных Объединенным институтом ядерных исследований
в 1980 году

№№ пп	Название совещания	Время проведения	Место проведения	Количество участников
<i>I. Симпозиумы, школы, совещания</i>				
1.	Международный симпозиум по ядерной электронике	10-16 апреля	Дрезден, ГДР	200
2.	Международная школа по структуре ядра	14-25 апреля	Алушта, СССР	146
3.	Международный симпозиум по синтезу и свойствам новых элементов	23-27 сентября	Дубна	120
4.	VII Всесоюзное совещание по ускорителям заряженных частиц	14-16 октября	Дубна	350
5.	Международная школа молодых ученых по физике высоких энергий	9-19 декабря	Дубна	120
<i>II. Рабочие совещания</i>				
6.	Семинар по физической программе нейтринного детектора	3-5 января	Дубна	52
7.	Совещание по исследованиям на установке "Людмила"	4-6 марта	Дубна	44
8.	Совещание по исследованиям на установке БИС	18-20 марта	Дубна	40
9.	Совещание по исследованиям взаимодействий легких ядер с ядрами с помощью фотоэмульсионной методики	1-3 апреля	Дубна	18
10.	Совещание по совместному ОИЯИ-ЦЕРН мюонному эксперименту	22-24 апреля	Дубна	35
11.	Совещание по исследованиям на однометровой водородной пузырьковой камере	13-15 мая	Дубна	24
12.	Совещание по исследованиям на двухметровой пропановой камере	13-15 мая	Дубна	50
13.	Совещание по исследованиям на установке СКМ-200	13-15 мая	Дубна	33
14.	Совещание по исследованиям на установке "Людмила"	1-7 сентября	Бехин, ЧССР	45
15.	Совещание по исследованиям на установке БИС	22-28 сентября	Цойтен, ГДР	40
16.	Совещание по исследованиям на установке СПИН	22-28 сентября	Лишно, ЧССР	50

№№ пп	Название совещания	Время проведения	Место проведения	Количество участников
17.	Совещание по проблемам математического моделирования в ядерно-физических исследованиях	30 сентября- 2 октября	Дубна	65
18.	Совещание по исследованиям на установке РИСК	11-13 ноября	Дубна	50
19.	Совещание по исследованиям когерентного образования бозонных систем на ядрах пионами 40 ГэВ/с с помощью установки МИС	11-13 ноября	Дубна	40
20.	Совещание по исследованиям на двухметровой пропановой камере	2-4 декабря	Дубна	45
21.	Совещание по исследованиям на однометровой водородной пузырьковой камере	2-4 декабря	Дубна	30
22.	Совещание по созданию аппаратуры и проведению экспериментов на спектрометре ГИПЕРОН	4-6 декабря	Дубна	60

III. Научно-организационные совещания

23.	47 сессия Ученого совета ОИЯИ и его секций по физике высоких энергий, физике низких энергий и теоретической физике	8-12 января	Дубна	100
24.	Камерный комитет	12-14 февраля	Дубна	30
25.	Комитет по электронным экспериментам	12-14 февраля	Дубна	30
26.	Фотозмульсионный комитет	12-14 февраля	Дубна	30
27.	Комитет по структуре ядра	11-13 марта	Дубна	30
28.	Комитет по нейтронной физике	11-13 марта	Дубна	30
29.	Комитет по физике тяжелых ионов	11-13 марта	Дубна	30
30.	Комитет Полномочных Представителей правительств стран - участниц ОИЯИ	25-27 марта	Дубна	80
31.	48 сессия Ученого совета ОИЯИ и его секций по физике высоких энергий и физике низких энергий	27-31 мая	Дубна	100
32.	Совещание Контрольной комиссии Финансового комитета	3-5 июня	Дубна	20

№№ пп	Название совещания	Время проведения	Место проведения	Количество участников
33.	Комитет по электронным экспери- ментам	21-23 октября	Дубна	30
34.	Камерный комитет	21-23 октября	Дубна	30
35.	Фотоэмульсионный комитет	21-23 октября	Дубна	30
36.	Комитет по структуре ядра	28-30 октября	Дубна	30
37.	Комитет по нейтронной физике	28-30 октября	Дубна	30
38.	Комитет по физике тяжелых ионов	28-30 октября	Дубна	30
39.	Заседание Финансового комитета	11-13 ноября	Дубна	25

ПЕРЕЧЕНЬ

международных и национальных конференций, симпозиумов, совещаний и школ, в которых принимали участие специалисты Объединенного института ядерных исследований в 1980 году

№№ пп	Наименование	Время проведения	Место проведения	Количество участников
<i>А. В странах-участницах Института</i>				
1.	Расширенное заседание бюро Совета по альтернативным и термоядерным системам	8-9 января	Москва, СССР	2
2.	Школа по неупругим взаимодействиям при высоких энергиях	17-27 января	Бакуриани, СССР	11
3.	Всесоюзная школа-семинар молодых ученых "Теоретические и прикладные проблемы вычислительной математики"	27 января- 3 февраля	Дрогобыч, СССР	3
4.	Научная сессия ОЯФ по физике элементарных частиц и проблемам астрофизики	28-31 января	Москва, СССР	68
5.	Симпозиум по теории измерений	1-5 февраля	Смоленице, ЧССР	1
6.	Международный симпозиум "Атомные ядра в экстремальных условиях"	4-9 февраля	Дрезден, ГДР	22

№№ пп	Название совещания	Время проведения	Место проведения	Количество участников
33.	Комитет по электронным экспери- ментам	21-23 октября	Дубна	30
34.	Камерный комитет	21-23 октября	Дубна	30
35.	Фотоэмульсионный комитет	21-23 октября	Дубна	30
36.	Комитет по структуре ядра	28-30 октября	Дубна	30
37.	Комитет по нейтронной физике	28-30 октября	Дубна	30
38.	Комитет по физике тяжелых ионов	28-30 октября	Дубна	30
39.	Заседание Финансового комитета	11-13 ноября	Дубна	25

ПЕРЕЧЕНЬ

международных и национальных конференций, симпозиумов, совещаний и школ, в которых принимали участие специалисты Объединенного института ядерных исследований в 1980 году

№№ пп	Наименование	Время проведения	Место проведения	Количество участников
<i>А. В странах-участницах Института</i>				
1.	Расширенное заседание бюро Совета по альтернативным и термоядерным системам	8-9 января	Москва, СССР	2
2.	Школа по неупругим взаимодействиям при высоких энергиях	17-27 января	Бакуриани, СССР	11
3.	Всесоюзная школа-семинар молодых ученых "Теоретические и прикладные проблемы вычислительной математики"	27 января- 3 февраля	Дрогобыч, СССР	3
4.	Научная сессия ОЯФ по физике элементарных частиц и проблемам астрофизики	28-31 января	Москва, СССР	68
5.	Симпозиум по теории измерений	1-5 февраля	Смоленице, ЧССР	1
6.	Международный симпозиум "Атомные ядра в экстремальных условиях"	4-9 февраля	Дрезден, ГДР	22

№№ пп	Наименование	Время проведения	Место проведения	Количество участников
7.	VIII Бакурианская школа по радиационной физике металлов и сплавов и II семинар по радиационной физике сверхпроводников	4-13 февраля	Бакуриани, СССР	1
8.	XVIII Зимняя школа по теоретической физике	11-21 февраля	Бельско-Бяла, ПНР	2
9.	VI Научная конференция НИВЦ АН СССР	13-15 февраля	Пушино, СССР	1
10.	II школа-семинар "Диалоговые системы"	16-24 февраля	Боржоми, СССР	3
11.	XVII Зимняя школа по физике	18 февраля- 1 марта	Карпач, ПНР	4
12.	Всесоюзная школа-семинар молодых ученых и специалистов по вопросам разработки и использования технических и программных средств системы малых ЭВМ	21-28 февраля	Минск, СССР	1
13.	XVIII Уральская школа-симпозиум по теории твердого тела	21 февраля- 3 марта	Свердловск, СССР	1
14.	VII Зимняя школа по физике ИТЭФ	26 февраля- 6 марта	Москва, СССР	6
15.	Совещание по ВЧ методам нагрева плазмы	25-28 февраля	Бакуриани, СССР	1
16.	Совещание по разработке требований и технологии изготовления пакетов программ и процедур их приемки-сдачи	4-6 марта	Киев, СССР	1
17.	IX Симпозиум по физике и технике низких температур	5-9 марта	Гауссиг, ГДР	4
18.	Симпозиум по физике высоких энергий	10-14 марта	Лейпциг, ГДР	1
19.	Школа по оптике и голографии	10-21 марта	Посанаури, СССР	1
20.	XXX Совещание по ядерной спектроскопии	18-21 марта	Ленинград, СССР	31
21.	Сессия секции "Магнитные пленки"	20-21 марта	Рига, СССР	1
22.	Школа по оптике	31 марта- 3 апреля	Дрезден, ГДР	1
23.	Всесоюзная школа молодых ученых и специалистов по совершенствованию устройств и методов передачи и обработки информации	30 марта- 6 апреля	Ростов Великий, СССР	2

№№ пп	Наименование	Время проведения	Место проведения	Количество участников
24.	Проблемный симпозиум в Техническом университете	14-25 апреля	Дрезден, ГДР	2
25.	Семинар "Кварки-80"	21-26 апреля	Сухуми, СССР	19
26.	Всесоюзная школа молодых ученых и специалистов "Актуальные проблемы физики"	18-25 марта	Ростов Великий, СССР	2
27.	V Международный симпозиум по сверхчистым веществам в науке и технике	5-9 мая	Дрезден, ГДР	3
28.	Международная конференция по квантовой электронике	22-27 апреля	Познань, ПНР	2
29.	XII Всесоюзное совещание по теории систем частиц с сильным взаимодействием	22-23 мая	Вильнюс, СССР	7
30.	I Всесоюзный семинар "Визуализация и теория доменов в сегнетоэлектриках и родственных кристаллах"	3-7 июня	Волгоград, СССР	2
31.	Рабочее совещание постоянной комиссии СЭВ по мирному использованию атомной энергии	10-13 июня	Градец-Кралове, ЧССР	1
32.	III Болгарский симпозиум по оптике и лазерной технике	12-15 июня	София, НРБ	1
33.	Совещание по получению и выделению радиоактивных изотопов	18-20 июня	Ташкент, СССР	5
34.	II Всесоюзное совещание по радиационным дефектам в металлах	15-18 июня	Алма-Ата, СССР	6
35.	Рабочий семинар "Процессы с большими поперечными импульсами в адронных взаимодействиях"	18-20 июня	Серпухов, СССР	9
36.	III Всесоюзная конференция по текстурам и рекристаллизации в металлах и сплавах	11-13 июня	Красноярск, СССР	1
37.	VII Семинар "Эффект Джозефсона в науке и технике"	26 июня- 2 июля	Жукин, СССР	2
38.	IX Международная конференция по гравитации	13-19 июля	Йена, ГДР	3
39.	I Вьетнамская школа по теоретической физике	18-23 августа	Датен, СРВ	2
40.	Международная школа "Критические явления в реакциях с тяжелыми ионами"	25 августа- 10 сентября	Брашов, СРР	5

№№ пп	Наименование	Время проведения	Место проведения	Количество участников
41.	Международная школа по ядерной физике	1-12 сентября	Миколайки, ПНР	5
42.	Школа "Вариационные методы и конечные элементы"	1-14 сентября	Варна, НРБ	3
43.	II Всесоюзное совещание-семинар по диагностике поверхности ионными пучками	7-16 сентября	Донецк, СССР	1
44.	Координационное совещание по теории многокомпонентных случайных систем и семинар по приложениям теории в физике и кибернетике	8-17 сентября	Тюмень, СССР	2
45.	XI сессия Всесоюзной школы по ядерной физике МИФИ	2-12 сентября	Москва, СССР	2
46.	VI Международный симпозиум по мини- и микро-ЭВМ /МИМИ-80/	9-11 сентября	Будапешт, ВНР	2
47.	II Всесоюзный семинар "Высоко-частотная релятивистская электроника"	11-13 сентября	Томск, СССР	2
48.	Всесоюзный симпозиум по ненакаливаемым катодам	15-17 сентября	Томск, СССР	2
49.	VII Европейский симпозиум по космическим лучам	15-19 сентября	Ленинград, СССР	2
50.	V Конференция по нейтронной физике	15-19 сентября	Киев, СССР	36
51.	Международное рабочее совещание по слабым взаимодействиям нейтрино	14-23 сентября	Балатонсеплак, ВНР	6
52.	Школа по автоматизации научных исследований	15-19 сентября	Севастополь, СССР	1
53.	V Всесоюзная школа по физике электронных и атомных столкновений	14-26 сентября	Бакуриани, СССР	3
54.	XIV Всесоюзная школа по автоматизации научных исследований	23 сентября- 5 октября	Одесса, СССР	5
55.	Международная школа "Математические проблемы квантовой теории поля"	16-25 сентября	Приморско, НРБ	11
56.	Международная конференция "Структура адронов-80"	22-26 сентября	Смоленице, ЧССР	4
57.	XXI Всесоюзное совещание по физике низких температур	23-26 сентября	Харьков, СССР	12
58.	Международный семинар по проблеме физики высоких энергий и теории поля	22-28 сентября	Серпухов, СССР	24

№№ пп	Наименование	Время проведения	Место проведения	Количество участников
59.	Школа "Автоматизация и эффективность научных исследований"	30 сентября- 11 октября	Серпухов, СССР	2
60.	Конференция "Криогеника-80"	29 сентября- 3 октября	Усти, ЧССР	1
61.	Всесоюзная школа по вычислительным сетям	1-10 октября	Владивосток, СССР	2
62.	Совещание "Алгоритмы небесной механики"	1-3 октября	Рига, СССР	1
63.	VI Всесоюзная конференция по планированию и автоматизации эксперимента в научных исследованиях	1-3 октября	Москва, СССР	2
64.	VI Советско-венгерский семинар	6-10 октября	Москва, СССР	1
65.	Всесоюзная школа по проблемам взаимодействия ядерных частиц с твердым телом	6-12 октября	Томск, СССР	4
66.	Рабочее совещание "Рождение кумулятивных частиц и ядерный скейлинг"	8-10 октября	Ереван, СССР	12
67.	V Всесоюзный симпозиум по межмолекулярному взаимодействию и конформациям молекул	9-11 октября	Алма-Ата, СССР	1
68.	Совещание проблемной рабочей группы "Детальное изучение планет земного типа и малые планеты"	11-20 октября	Кацивели, СССР	1
69.	X Конференция молодых ученых	14-15 октября	Киев, СССР	2
70.	IV Всесоюзное совещание "Вариационно-разностные методы в математической физике"	14-16 октября	Новосибирск, СССР	1
71.	I Всесоюзный семинар по автоматизации научных исследований в ядерной физике и смежных областях	14-16 октября	Душанбе, СССР	16
72.	XIV Международный конгресс по высокоскоростной фотографии и фотонике	19-24 октября	Москва, СССР	11
73.	III Всесоюзный семинар по физике и технике интенсивных источников ионов и ионных пучков	20-23 октября	Киев, СССР	3
74.	Всесоюзный семинар "Квантовая теория солитонов"	21-23 октября	Ленинград, СССР	3
75.	Научная сессия ОЯФ по физике высоких энергий и элементарных частиц	28 октября- 1 ноября	Серпухов, СССР	45

№№ пп	Наименование	Время проведения	Место проведения	Количество участников
76.	XXV Международный коллоквиум по вопросам научного машиностроения	26-31 октября	Ильменау, ГДР	1
77.	Международный симпозиум по теории калибровочных полей	2-7 ноября	Аренсхоп, ГДР	5
78.	XII Международное совещание по физике и технике низких температур и криоэлектронике	5-10 ноября	Георгентале, ГДР	1
79.	Совместный ГДР-СССР семинар по математической физике	10-15 ноября	Лейпциг, ГДР	1
80.	I Всесоюзное совещание по когерентному взаимодействию излучения с веществом	12-15 ноября	Симферополь, СССР	2
81.	III Всесоюзная конференция по ЭВМ ЕС-1010	18-21 ноября	Рига, СССР	6
82.	II Всесоюзная конференция "Методы и средства измерения параметров магнитного поля"	18-21 ноября	Ленинград, СССР	18
83.	X Международный симпозиум по избранным вопросам взаимодействия быстрых нейтронов и тяжелых ионов с атомными ядрами	17-21 ноября	Гауссиг, ГДР	4
84.	III Международная школа "Современные тенденции в теории конденсированных сред"	24-27 ноября	Райнхардсбрунн, ГДР	3
85.	Международная конференция "Низкие радиоактивности-80"	24-27 ноября	Штрбско Плесо, ЧССР	1
86.	Всесоюзное совещание "Кварки и ядра"	26-27 ноября	Москва, СССР	5
87.	II Всесоюзная конференция "Неорганические ионнообменные материалы"	25-27 ноября	Ленинград, СССР	1
88.	II Научный семинар "Автоионизационные явления в атомах"	15-18 декабря	Москва, СССР	4
89.	Всесоюзный семинар по калибровочным теориям поля	15-19 декабря	Черноголовка, СССР	5
90.	Курсы ТРА-1140	15-19 декабря	Будапешт, ВНР	4

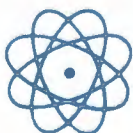
Б. В странах-неучастницах

1.	Рабочее совещание по физике мюонов	8-19 января	Батавия, США	1
2.	Зимняя школа по физике тяжелых ионов	13-23 января	Хиршегг, Австрия	2

№№ пп	Наименование	Время проведения	Место проведения	Количество участников
3.	Международная конференция по волоочным камерам	26 февраля- 2 марта	Вена, Австрия	2
4.	Международное рабочее совещание по реакциям слияния с тяжелыми ионами	9-19 марта	Бонн, ФРГ	1
5.	Конференция по физике актинидов и 4-материалов	6-13 апреля	Цюрих, Швейцария	2
6.	Советско-итальянский семинар по дозиметрии излучения	13-20 апреля	Рим, Италия	1
7.	Международный симпозиум по высоко-возбужденным состояниям в ядерных реакциях	10-18 мая	Осака, Япония	1
8.	VII Международная конференция по криогенной технике	1-8 июня	Генуя, Италия	1
9.	Школа ЦЕРН по физике	8-22 июня	Маленте, ФРГ	1
10.	Международная конференция "Нейтрино-80"	22-29 июня	Эриче, Италия	2
11.	Международная конференция по прецизионным магнитным измерениям	22-29 июня	Брауншвайг, ФРГ	1
12.	XVII Европейская конференция по циклотронам	25 июня- 3 июля	Карлсруэ, ФРГ	1
13.	XIII Международный симпозиум по хроматографии	29 июня- 11 июля	Канн, Франция	1
14.	Международный семинар по нелинейным эволюционным уравнениям	7-23 июля	Хания, Греция	1
15.	Международная конференция по ускорителям высоких энергий	8-12 июля	Женева, Швейцария	2
16.	V Международная конференция по сверхтонким взаимодействиям	15-27 июля	Западный Берлин	1
17.	XX Международная конференция по физике высоких энергий	15-25 июля	Мадисон, США	6
18.	Международная конференция по ядерной физике	24 августа- 3 сентября	Беркли, США	6
19.	Симпозиум по ядерным свойствам трансплутониевых элементов	24 августа	Лас-Вегас, США	1
20.	Международное совещание по физике средних энергий	10-17 сентября	Аролла, Швейцария	1
21.	XXX Пагуошская конференция ученых	19-26 августа	Гаага, Голландия	1
22.	Международная школа по физике элементарных частиц	21 сентября- 5 октября	Купари, Югославия	2

№№ пп	Наименование	Время проведения	Место проведения	Количество участников
23.	Совместная конференция всемирных и европейских пользователей ЭВМ фирмы CDC	21-27 сентября	Манчестер, Великобритания	2
24.	VIII Международный вакуумный конгресс	21-28 сентября	Канн, Франция	3
25.	Международная конференция по ядерно-физическим методам в исследовании материалов	22 сентября- 3 октября	Дармштадт, ФРГ	1
26.	Международный симпозиум по физике высоких энергий с поляризованными пучками и мишенями	24 сентября- 2 октября	Лозанна, Швейцария	1

НАУЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ



ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ОТДЕЛ

Издательский отдел в 1980 году выпустил в свет 872 наименования брошюр - сообщений и препринтов ОИЯИ. Количество изданных служебных материалов составило 272 наименования. Общий объем всех изданий - 1409,69 учетно-издательских листов.

Увидели свет 5 сборников трудов совещаний и конференций, организованных Объединенным институтом.

В редакции научных журналов, на конференции, симпозиумы, школы в 1980 году направлено 1057 статей и докладов, содержащих результаты теоретических, экспериментальных и методических работ, выполняемых в Институте в соответствии с его проблемно-тематическим планом.

Статьи сотрудников публиковались в таких журналах, как "Известия АН СССР", "Журнал экспериментальной и теоретической физики", "Теоретическая и математическая физика", "Приборы и техника эксперимента", "Ядерная физика", "Физика элементарных частиц и атомного ядра", "Nuclear Physics", "Nuclear Instruments and Methods", "Reports on Mathematical Physics", "Journal of Physics" и др.

В 56 стран мира, более чем по 1000 адресам, рассылались публикации Дубны.

25 новых адресов появилось в институтском списке рассылки публикаций - издательский отдел постоянно получает новые предложения об обмене научной информацией от различных научных учреждений как стран-участниц Института, так и других стран.

В обмен на информацию о работах, выполняемых в Дубне, научно-техническая библиотека Института получила 8389 препринтов, 122 наименования журналов и 343 монографии.

Для оперативного информирования читателей научно-технической библиотеки о новых поступлениях продолжался выпуск экспресс-бюллетеней НТБ и патентного отдела. Вышли в свет ежегодные библиографические указатели работ сотрудников ОИЯИ за 1978 и 1979 годы.

Кроме публикации препринтов, сообщений, сборников, а также материалов Комитета Полномочных Представителей и ученых советов издательским отделом выполнены многочисленные заказы на ксерокопирование. За год изготовлено около 330000 копий.

Выполнялись заказы на переплетные работы - переплетено около 10 тысяч томов. Для обработки экспериментальной информации и других целей изготовлено более миллиона различных бланков.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БИБЛИОТЕКА

В 1980 году число читателей научно-технической библиотеки и ее филиалов составило более 6 тысяч человек, в том числе 775 человек, прибывших в ОИЯИ в командировки. Количество выданной за год литературы и просмотренной на выставках новых поступлений превышает 500 тысяч печатных единиц. По заказам читателей получено по межбиблиотечному абонементу (МБА) 1504 наименования книг и журналов. Выполнено 755 читательских заявок, поступивших из библиотек Советского Союза.

По всем источникам комплектования (покупка, подписка, книгообмен) в 1980 году получено 18456 экземпляров, в том числе 7563 на иностранных языках. Проведена большая работа по очистке фонда от устаревшей и мало используемой литературы, списано в прошедшем году около 15 тысяч экземпляров.

На 1 января 1981 года библиотечный фонд составляет 370 тысяч печатных единиц, из них более 149 тысяч на иностранных языках.

Все поступившие издания своевременно обрабатывались и отражались в сводных каталогах центральной библиотеки и каталогах филиалов. Картотека публикаций сотрудников ОИЯИ пополнилась 5094 карточками. Подготовлен и сдан в печать Указатель работ сотрудников Института за 1979 год.

Еженедельно выпускались экспресс-бюллетени о новых поступлениях библиотеки: "Книги", "Препринты", "Статьи". Всего за прошедший год выпущено 156 номеров бюллетеней, включивших новую информацию на 25499 названий. Напечатано 80 списков на журналы, поступившие в библиотеку. Еженедельно обновлялись выставки новых поступлений.

Было организовано 8 тематических выставок литературы к совещаниям, проходившим в Институте, и к юбилеям ученых-физиков (например, выставка к 80-летию со дня рождения Ф. Жолио-Кюри, выставка работ директора ЛВТА чл.-корр. АН СССР М.Г. Мешерякова к 70-летию со дня рождения).

ОБМЕН ИЗДАНИЯМИ

Всего за 1980 год в научно-техническую библиотеку ОИЯИ поступило в порядке обмена 8389 публикаций из 41 страны, в том числе из ЦЕРНа 1421. В порядке обмена в НТБ поступают научные журналы из 22 стран (122 названия).

Конкретное количество поступлений показывает следующая таблица:

Страны-участницы ОИЯИ

Наименование страны	Препринты	Журналы	Книги
Болгария		8	
Венгрия	135	5	8
ГДР	109	4	14
Куба	22		
Польша	59	7	
Румыния	35	13	8
СССР	2000	30	145
Чехословакия	47	8	3

Другие страны

и международные организации

Наименование страны	Препринты	Журналы	Книги
Австралия	62	1	
Австрия	21	4	36
Алжир	3		
Аргентина	4		
АРБ	12		
Бельгия	33	5	
Бразилия	71		
Великобритания	270	1	2
Венесуэла	4		
Греция	2		
Дания	68	1	
Евратом	8	1	
Западный Берлин	45		
Израиль	25		
Индия	88	3	10
Ирландия	31		
Испания	21		2
Италия	407	1	2
Канада	106		3
Колумбия	13		
Мексика	2		
Нидерланды	26		
Новая Зеландия	3		
Норвегия	18		
Португалия	5		
США	1400	6	83
Финляндия	71		
Франция	462	4	4
ФРГ	679	9	7
Швейцария	89		
ЦЕРН	1421		6
Швеция	47	4	1
Югославия	3		3
Япония	462	7	6

Итого из стран-участниц ОИЯИ поступило 2407 препринтов, 75 наименований журналов, 178 книг; из других стран и международных организаций - 5982 препринта, 47 наименований журналов и 165 книг.

ПАТЕНТНЫЙ ОТДЕЛ

ПРАВОВАЯ ОХРАНА ОТКРЫТИЙ

	1980	1976- 1980	1958- 1980
Зарегистрировано в СССР открытий	1	9	25

Зарегистрированное в 1980 г. открытие имеет номер диплома 229. Название открытия: "Явление глубоконеупругой передачи нуклонов в ядерных реакциях". Приоритет открытия 11 июля 1966 г. Авторы открытия: А.Г.Артюх, Я.Вильчински, В.В.Волков, Г.Ф.Гриднев, П.Дозовски, В.Л.Михеев.

ЗАЩИТА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЙ

	1980	1976- 1980	1958- 1980
Получено положительных решений по заявкам на изобретения	65	326	765
Использовано изобретений	21	141	352

РАЦИОНАЛИЗАТОРСКИЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ

	1980	1976- 1980	1958- 1980
Использовано ра- ционализаторских предложений	669	3261	9058
Экономический эффект от ис- пользования изо- бретений и рац- предложений (в тыс. руб.)	138,1	428,5	1833,9

**АДМИНИСТРАТИВНО-
ХОЗЯЙСТВЕННАЯ
ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ**



КАДРЫ

Численность сотрудников Объединенного института ядерных исследований на 31 декабря 1980 года составила 7107 человек.

Распределение по категориям показано в таблице:

Категория работников	Численность		
	в лаборат. и управл.	в производств. подразд.	Всего
Научные работники	1050	-	1050
Инженеры	1587	218	1805
Техники и мастера	207	146	353
Рабочие	1877	1425	3302
Служащие	272	221	493
Младший обслуживающий персонал	19	53	72
Ученики	2	30	32
И т о г о	5014	2093	7107

В Объединенном институте ядерных исследований работают 4 академика: Н.Н. Боголюбов, Б.М. Понтекорво, Г.Н. Флеров, И.М. Франк, 6 членов-корреспондентов академий наук: А.М. Балдин, Н.Н. Говорун, В.П. Желепов, И. Звара, М.Г. Мещеряков, Д.В. Ширков; 121 доктор наук, 511 кандидатов наук.

В 1980 году принято 877 человек:

научных работников	147 чел.
инженеров	168 чел.
техников и мастеров	30 чел.
рабочих	391 чел.
учеников	36 чел.
служащих	91 чел.
младшего обслуживающего персонала	14 чел.

Уволено из ОИЯИ за этот же период в связи с окончанием срока работы и по другим причинам - 712 человек.

В течение года учеными и научно-техническими советами ОИЯИ избраны на должности на новые сроки 157 научных сотрудников. Присвоены ученые звания младшего научного сотрудника - 48 сотрудникам и звания старшего научного сотрудника - 41 сотруднику.

В течение 1980 года защитили кандидатские диссертации 28 сотрудников, докторские - 8.

ФИНАНСОВАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ И КАПИТАЛЬНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

Для проведения научно-исследовательских работ, капитального строительства и других мероприятий, связанных с деятельностью Института, Комитет Полномочных Представителей правительств государств-членов Объединенного института ядерных исследований на 1980 год ассигновал 43654 тысячи рублей.

Фактические расходы за 1980 год составили 43460 тысяч рублей, или 99,6% по отношению к годовым ассигнованиям, из них на научно-исследовательскую деятельность 28800 тысяч рублей, на капитальное строительство научно-исследовательских и других объектов 14854 тысячи рублей.

План научно-исследовательских работ в 1980 году выполнен на 100,0%, достигнута экономия 1216 тысяч рублей. План капитального строительства научно-исследовательских и других объектов - на 106,9%. Введено в действие основных средств (фондов) на сумму 19025 тыс. руб., что составляет 100,0% по отношению к годовому плану.

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

Определенных успехов в работе достигли производственные и вспомогательные подразделения, обслуживающие лаборатории и другие подразделения Института. Объем готовой продукции, выполненных работ и оказанных услуг составил в 1980 году 11173 тыс.руб, или 106,5% к годовому плану.