

ДУБНА·1979

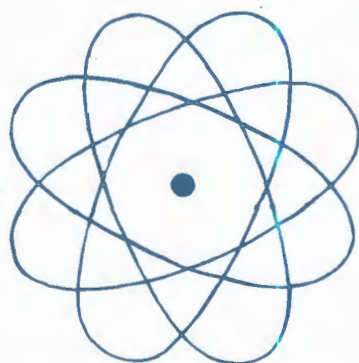
ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ



JOINT INSTITUTE FOR NUCLEAR RESEARCH

1979 · DUBNA

**ОТЧЕТ
О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ**



ЕЖЕГОДНОЕ ИЗДАНИЕ

Оглавление

Цели и задачи Объединенного института ядерных исследований	4
Лаборатории и основные установки ОИЯИ	5
Введение	6
Руководящие и консультативные органы ОИЯИ	
Деятельность руководящих и консультативных органов	10
Премии ОИЯИ за 1978 год	18
Проблемно-тематический план ОИЯИ на 1979 год	20
Научно-исследовательские работы, выполненные лабораториями и общеинститутскими отделами ОИЯИ в 1979 году	
Лаборатория теоретической физики	25
Лаборатория высоких энергий	35
Лаборатория ядерных проблем	53
Лаборатория ядерных реакций	71
Лаборатория нейтронной физики	87
Лаборатория вычислительной техники и автоматизации	107
Отдел новых методов ускорения	120
Отдел радиационной безопасности и радиационных исследований	128
Международные связи и научное сотрудничество	132
Научная информация	
Издательский отдел	162
Научно-техническая библиотека	164
Патентный отдел	166
Административно-хозяйственная деятельность	168

Цели и задачи Объединенного института ядерных исследований

Объединенный институт ядерных исследований имеет своей целью:

обеспечение совместного проведения теоретических и экспериментальных исследований в области ядерной физики учеными государств-членов Института,

содействие развитию ядерной физики в государствах-членах Института путем обмена опытом и достижениями в проведении теоретических и экспериментальных исследований,

поддержание связи с заинтересованными национальными и международными научно-исследовательскими и другими организациями в деле развития ядерной физики и изыскания новых возможностей мирного применения атомной энергии;

содействие всестороннему развитию творческих способностей научно-исследовательских кадров государств-членов Института.

Всею своей деятельностью Институт будет содействовать использованию ядерной энергии только для мирных целей на благо всего человечества.

Устав ОИЯИ, глава II

Лаборатории и основные установки ОИЯИ

Лаборатория теоретической физики

Лаборатория высоких энергий
Синхрофазотрон для ускорения протонов и ядер

Лаборатория ядерных проблем
Синхроциклотрон для ускорения протонов

Лаборатория ядерных реакций
Циклотроны для ускорения многозарядных ионов

Лаборатория нейтронной физики
Импульсный реактор на быстрых нейтронах

Лаборатория вычислительной техники
и автоматизации

Введение

1979 год для интернационального коллектива Объединенного института ядерных исследований отмечен новыми достижениями как в области фундаментальных исследований, так и в использовании результатов этих исследований в смежных областях науки и техники. Успешно выполнен план научно-исследовательских работ, получен ряд важных результатов в области физики элементарных частиц, атомного ядра и конденсированных сред, а также в разработке и создании новой физической аппаратуры.

В истекшем году Государственным комитетом по делам открытий и изобретений зарегистрировано три открытия, сделанных в ОИЯИ: "Явление электрической и магнитной поляризации элементарных частиц на примере протона", "Прямое выбивание дейтронов из ядер протонами высокой энергии" и "Явление ядерной прецессии спина нейтронов, проходящих через вещество с поляризованными ядрами".

Значительная работа проводилась по подготовке проекта пятилетнего плана Института на 1981-1985 годы.

Теоретики ОИЯИ закончили цикл исследований высокоэнергетических приближений в теории сильных взаимодействий. В квантовой хромодинамике предложен подход к процессам с большими поперечными импульсами. Развита простая суперполевого геометрический подход к супергравитации. С помощью аналитических вычислений на ЭВМ осуществлены расчеты многопетлевых диаграмм в калибровочных теориях поля. Получены общие соотношения, позволяющие проверить теорию Вайнберга-Салама, без динамических предположений.

Выполнены расчеты кинетики мю-молекулярных процессов в смеси дейтерия и трития. В рамках полумикроскопической теории коллективных колебаний изучено влияние точного учета принципа Паули на структуру возбужденных состояний деформированных ядер. Получены важные данные о структуре высоко-спиновых ядерных состояний. Построена модель ядро-ядерных взаимодействий и начаты исследования процессов сжатия ядерного вещества и его перехода в новые фазовые состояния, включая область π -конденсации.

На установке "Кристалл" впервые показана возможность отклонения высоко-энергетического пучка протонов с помощью изогнутого монокристалла. В совместных экспериментах ОИЯИ-ФНАЛ продолжалось изучение неупругого pp - и упругого pHe -рассеяния в области 50-400 ГэВ при малых переданных импульсах. Первые физические результаты получены на новой экспериментальной установке РИСК. Состоялся пуск крупного спектрометрического комплекса "Гиперон" на пучке серпуховского ускорителя. Запуск на пучке 70-ГэВ ускорителя установки "Проза", включающей "замороженную" поляризованную мишень, положил начало исследованиям поляризованных явлений в обменном пион-протонном рассеянии.

Первые физические результаты получены в эксперименте NA-4. Набрана обширная экспериментальная информация в диапазоне энергий от 120 до 280 ГэВ. Предварительный анализ дал значения структурной функции и ее моментов для ядра углерода. При анализе эксперимента с успехом применяются квази-потенциальный подход и правила кваркового счета.

Проведено наблюдение и экспериментальное исследование мю-катализа реакции синтеза ядер дейтерия и трития. При этом измеренное значение скорости образования мезомолекул более чем в сто раз превышает скорость распада мюона.

Развивался и совершенствовался центральный вычислительный комплекс ОИЯИ.

Выполнен большой объем пусконаладочных работ по программе энергетического пуска ИБР-2: осуществлен технологический пуск и проведены комплексные испытания второго и третьего контуров охлаждения реактора с натрием; завершена подготовка к заполнению первого контура охлаждения. Новые эксперименты по рассеянию нейтронов на жидком гелии-4 привели к обнаружению новых типов возбуждения в сверхтекучем гелии, что явилось подтверждением наличия бозе-конденсации и ее связи со сверхтекучестью.

Вывод пучка ионов на ускорителе У-400 позволил провести первые эксперименты по изучению механизмов взаимодействия сложных ядер, используемых для синтеза тяжелых элементов. Осуществлено ускорение тяжелых ионов в электрическом поле индукционной секции на прототипе коллективного ускорителя.

В 1979 году проведено эскизное проектирование и утверждено технико-экономическое обоснование ускорительного комплекса тяжелых ионов. Соглашением между ОИЯИ и ИАЭ им.И.В.Курчатова

о совместном создании УКТИ как экспериментальной базы для развития исследований по ядерной физике предусматривается сооружение комплекса в две очереди. Первая очередь включает создание тяжелоионного синхротрона (ТИС), техническое проектирование которого велось в минувшем году.

В 1979 году состоялся ряд важных международных конференций, на которых ученые ОИЯИ с успехом представляли науку социалистических стран: Международный симпозиум по проблемам нескольких тел в ядерной физике, Международный симпозиум по фундаментальным проблемам теоретической и математической физики, Международная школа ОИЯИ-ЦЕРН в Венгрии, XIII Международная школа молодых ученых и др.

ОИЯИ принял участие в международной выставке "Мирный атом в странах социализма", посвященной 30-летию СЭВ. По итогам выставки Институт награжден дипломом I степени, сотрудникам присуждено 17 медалей.

Объединенный институт ядерных исследований вступает в завершающую фазу пятилетки 1976-1980 гг. Концентрация усилий на выполнении научной программы лабораторий, эффективное использование действующих и создание новых экспериментальных установок позволит ученым Объединенного института, а также научных центров стран-участниц добиться новых значительных результатов в развитии избранных направлений ядерной физики.



Н. Боголюбов
Директор Объединенного института
ядерных исследований

Руководящие
и консультативные
органы ОИЯИ



Деятельность руководящих и консультативных органов

XLV сессия Ученого совета Объединенного института ядерных исследований состоялась 9-12 января 1979 года. Члены Ученого совета заслушали доклад о выполнении решений XLIII и XLIV сессий, отчеты о научно-исследовательской деятельности лабораторий в 1978 году, информацию о решениях Ученых советов по теоретической физике, физике высоких и низких энергий, о международном сотрудничестве и связях ОИЯИ в 1978 году и планах на 1979 год, о кадрах специалистов из стран-участниц.

Ученый совет одобрил научно-исследовательскую деятельность лабораторий Института в 1978 году и утвердил проблемно-тематический план научно-исследовательских работ и международного сотрудничества ОИЯИ на 1979 год. Совет определил главные задачи Института на этот год, в числе которых:

- проведение проектных и исследовательских работ по ускорительному комплексу тяжелых ионов;
- разработка, испытание и наладка отдельных систем установки "Ф", включая часть оборудования для каналов пучков;
- энергетический пуск ИБР-2;
- создание трактов пучков и физических установок для работы на ускорителе У-400;
- исследование прототипа коллективного ускорителя тяжелых ионов.

На сессии был заслушан вопрос о состоянии работ по проектам УНК и УКТИ. Сотрудничество ОИЯИ с ИФВЭ в разработке части систем УНК развивалось в соответствии с согласованной программой. В сотрудничестве с ИАЭ им. И.В.Курчатова и проектными институтами СССР физически обоснован синхротронный вариант УКТИ.

Сессия Ученого совета одобрила проект Генерального плана развития ОИЯИ до 1990 года и основные положения проекта пятилетнего плана развития ОИЯИ на 1981-1985 годы.

Сессия утвердила "Правила процедуры Ученого совета Объединенного института ядерных исследований".

Состоялись выборы на должности директоров и заместителей директоров лабораторий Института.

Комитет Полномочных Представителей правительств стран-участниц ОИЯИ на совещании 24-26 апреля 1979 года одобрил работу Института по выполнению плана научно-исследовательских работ и международного сотрудничества в 1978 году и решения XLIV и XLV сессий Ученого совета по результатам научных исследований лабораторий, а также утвердил план научно-исследовательских работ и международного сотрудничества на 1979 год, принятый XLV сессией Ученого совета.

Комитет Полномочных Представителей утвердил представленный дирекцией Института отчет об исполнении бюджета за 1977 год и протокол Финансового комитета ОИЯИ от 14-15 ноября 1978 года, принял к сведению сообщение дирекции Института об исполнении бюджета за 1978 год и утвердил бюджет Объединенного института ядерных исследований и план капитального строительства на 1979 год, утвердил предлагаемые дирекцией уточнения распределения средств

по объектам капитального строительства.

Заслушав доклад директора Объединенного института ядерных исследований академика Н.Н.Боголюбова "О проекте Генерального плана развития ОИЯИ до 1990 года и основных положениях проекта пятилетнего плана развития ОИЯИ на 1981-1985 годы", Комитет Полномочных Представителей утвердил проект "Генерального плана развития ОИЯИ до 1990 года" и принял к сведению информацию об основных положениях проекта пятилетнего плана развития ОИЯИ на 1981-1985 годы.

В связи с истечением срока полномочий вице-директора Института профессора Д.Киша Комитет Полномочных Представителей по предложению Полномочного Представителя Народной Республики Болгарии избрал на пост вице-директора Объединенного института ядерных исследований сроком на три года профессора Ивана Златева.

Комитет выразил большую благодарность профессору Д.Кишу за плодотворную работу на посту вице-директора Объединенного института ядерных исследований.

КПП выразил дирекции и всему коллективу Объединенного института ядерных исследований благодарность за проделанную в 1978 году работу.

XLVI сессия Ученого совета (12-15 июня) рассмотрела и приняла к сведению изменения в проблемно-тематическом плане научно-исследовательских работ и международного сотрудничества лабораторий Института на 1980 год, решения Ученых советов по физике высоких и низких энергий и информацию о ходе совместных с ИФВЭ разработок и исследований по проектам УНК и УКТИ.

Ученый совет постановил принять за основу представленный дирекцией Ин-

ститута первоначальный вариант основных направлений и ориентировочных контрольных цифр пятилетнего плана развития ОИЯИ на 1981-1985 годы.

На сессии с докладами выступили академик А.А.Логунов - "Новые представления о пространстве-времени и гравитации" и директор Института академик Н.Н.Боголюбов - "О десятилетии журнала ОИЯИ "Физика элементарных частиц и атомного ядра (ЭЧАЯ)".

Совет утвердил решение жюри о присуждении премий ОИЯИ за лучшие работы, выполненные в 1978 году.

Ученый совет по физике высоких энергий проходил с 22 по 24 мая. XXVIII сессия этого совета заслушала доклад о выполнении решений XXVI сессии Ученого совета, отчеты о деятельности специализированных комитетов, а также информацию о производственных возможностях и планах развития Опытного производства ОИЯИ, о состоянии дел по совместному ОИЯИ-ЦЕРН мюонному эксперименту и об установке "Нейтронный детектор".

Обсуждались изменения в тематических планах научно-исследовательских работ лабораторий вычислительной техники и автоматизации, высоких энергий, ядерных проблем, теоретической физики.

Ученый совет заслушал ряд научных докладов о сотрудничестве ОИЯИ с ИФВЭ и экспериментах, выполняемых на 70-ГэВ ускорителе.

Комитеты Ученого совета по физике высоких энергий, заседания которых проходили 10-12 апреля и 16-18 октября, рассматривали проекты новых экспериментов, отчеты по проектам, вопросы, связанные с организацией сотрудничества ОИЯИ с другими институтами.



В январе 1979 г. состоялась 45 сессия Ученого совета ОИЯИ. Члены Ученого совета рассмотрели и одобрили проект Генерального плана развития ОИЯИ до 1990 г. и основные положения проекта плана развития ОИЯИ на 1981-1985 гг.





Комитет по электронным экспериментам одобрил ход работ в ЛВЭ и ЛЯП по установкам БИС-2, "Альфа-3с", СЯО, РИСК, "Гиперон", "Позитроний", АРЕС, "Проза", а также работы по проекту "Нейтринный детектор". Принял к сведению сообщение о ходе работ по созданию установки "Тау".

Камерный комитет одобрил отчет о ходе выполнения плана обработки फिल्मовой информации в 1979 году, рассмотрел планы использования просмотрового и измерительного оборудования в 1980 году, принял к сведению инфор-

мацию о сотрудничестве на крупных трековых установках ОИЯИ: камере "Людмила", метровой водородной камере, двухметровой пропановой камере, МИС и РИСК.

Комитет по электронным экспериментам и Камерный комитет на совместном заседании в основном одобрили выдвинутую лабораториями ОИЯИ научную программу исследований, а также предложения о создании экспериментальных установок для исследований по физике высоких энергий в 1981-1985 годах.

**ОРГАНЫ УПРАВЛЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

КОМИТЕТ ПОЛНОМОЧНЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ

Академик Х.Христов (Народная Республика Болгария)
 Профессор И.Ланг (Венгерская Народная Республика)
 Профессор Нгуен Ван Хьюе (Социалистическая Республика Вьетнам)
 Доктор Ф.Гильберт (Германская Демократическая Республика)
 Профессор Пак Гван О (Корейская Народно-Демократическая Республика)
 Доктор М.Леонард (Республика Куба)

Академик Н.Солдом (Монгольская Народная Республика)
 Профессор Я.Фелички (Польская Народная Республика)
 Профессор М.Ивашку (Социалистическая Республика Румыния)
 Профессор А.М.Петросьян (Союз Советских Социалистических Республик)
 Академик Б.Квасик (Чехословацкая Социалистическая Республика)

Финансовый комитет

По одному представителю от
каждой страны-участницы
ОИЯИ

УЧЕНЫЙ СОВЕТ ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Председатель - академик Н.Н.Боголюбов
 член-корр. ВАН Д.Киш
 доктор М.Совински

Главный ученый секретарь - доктор физико-математических наук С.П.Кулешов

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.Бончев	чл.-корр.ВАН Д.Берени профессор Н.Кроо доцент физ.-мат.наук К.Сеге	профессор Нгуен Ван Хьюе доктор Дао Вонг Дык	академик К.Ланнус профессор Б.Кюн профессор Г.Музиоль	профессор Пак Гван О Ке Ен Сун профессор До Ин Себ	М.Леонард А.Т.Эрнандес	член-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.Ивашку доктор И.Брандуш профессор А.Беринде	академик А.А.Логунов доктор технических наук А.А.Васильев профессор В.М.Сидоров	профессор Ю.Дубински кандидат физ.-мат.наук Я.Седлак кандидат физ.-мат.наук Й.Тучек

Ученый совет
по физике высоких энергий
Председатель - член-корреспондент ВАН Д.Киш
Ученый секретарь - кандидат физико-математических наук М.Г.Шафранова

Ученый совет
по теоретической физике
Председатель - академик Н.Н.Боголюбов
Ученый секретарь - кандидат физико-математических наук М.А.Смондырев

Ученый совет
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.Шимак

Комитет по электронным экспериментам
Председатель - доктор физ.-мат. наук Р.Ляйсте

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

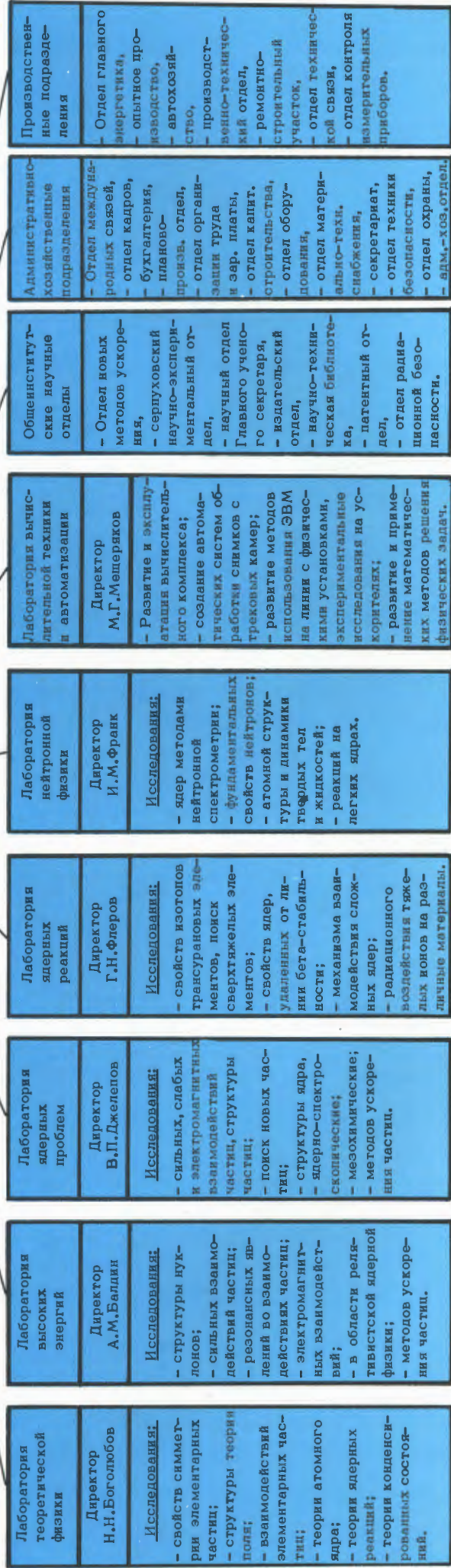
Комитет по нейтронной физике
Председатель - профессор К.Хенниг

Комитет по структуре ядра
Председатель - доктор физических наук Т.Фенеш

Комитет по физике тяжелых ионов
Председатель - доктор Н.Вылков

СТРУКТУРА

ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ





Заседание 46 сессии Ученого совета ОИЯИ. С докладом "Новые представления о пространстве-времени и гравитации" выступает вице-президент АН СССР академик А.А.Логонов.

Ученый совет по физике низких энергий провел свое XXVIII заседание 29-31 мая, на котором одобрил доклад председателя совета о выполнении решений XXVII сессии, а также отчеты председателей специализированных комитетов о работе и решениях комитетов. На заседании было отмечено, что в декабре 1978 года осуществлен физический пуск

ускорителя тяжелых ионов У-400, выполнен большой объем работ по натриевому контуру охлаждения реактора ИБР-2. Совет утвердил план-график основных работ по реконструкции синхротрона.

Была заслушана информация дирекции лабораторий и руководства Отдела

новых методов ускорения о ходе выполнения проблемно-тематических планов научно-исследовательских работ в области физики низких энергий и замечаниях к плану на 1980 год.

По докладам о результатах деятельности Отдела новых методов ускорения совет отметил, что в области разработки и исследования новейшей ускорительной техники ОНМУ выполнена широкая и интересная программа научных исследований, получены новые результаты, способствующие дальнейшему продвижению в развитии ускорительной техники.

Ученый совет подвел итоги работы международных конференций и совещаний по физике низких энергий в 1979 году.

Комитеты Ученого совета по физике низких энергий, по структуре ядра, нейтронной физике и физике тяжелых ионов собирались на свои заседания дважды (25-27 апреля и 23-25 октября).

Комитет по структуре ядра обсудил ход выполнения планов исследований и международного сотрудничества по тематике Комитета, а также предложения по проблемно-тематическому плану на 1980 год.

На заседаниях были заслушаны научные доклады о наиболее важных результатах исследований по программам ИРИС-ЯСНАПП, СПИН, изучения ядерных реакций при средних и низких энергиях, работ по медико-биологическому использованию отрицательных мюонов, а также по разработке полупроводниковых детекторов.

Комитет обсудил вопрос о ходе работ по реконструкции синхротрона и поддержал проекты новых экспериментов на установках Спин-2, СУПП, "Икар", "Пион-2" и программу исследований

структуры ядра на ТИС; отметил актуальность создания комплекса ЯСНАПП-2. Была заслушана информация о ряде конференций и совещаний по тематике Комитета, в работе которых принимали участие представители ОИЯИ.

Комитет по нейтронной физике заслушал информацию дирекции ЛНФ о текущей деятельности лаборатории, одобрил проект проблемно-тематического плана и плана международного сотрудничества на 1980 год, а также предложения по созданию экспериментальных установок на 1981-1985 годы. Комитет обсудил сообщение о ходе подготовки к энергетическому пуску реактора ИБР-2 и монтажа ускорителя ЛИУ-30. На заседаниях Комитета обсуждались доклады об исследованиях в новых перспективных направлениях нейтронной физики.

Комитет по физике тяжелых ионов отметил выполнение решений предыдущих сессий Комитета и одобрил предложенный дирекцией ЛЯР перспективный план развития основных направлений исследований в области физики тяжелых ионов на 1981-1985 годы. Комитет заслушал доклады о развитии У-400 и состоянии работ по созданию микротрона МТ-22, обсудил проекты экспериментальных установок для исследований на У-400. Комитет ознакомился с результатами экспериментов по синтезу трансфермиевых элементов, поиску сверхтяжелых элементов, изучению ядерных реакций и исследований по рентгеновской спектроскопии, а также активационным методам анализа малых количеств веществ.

Комитет заслушал и принял к сведению информацию о выполнении проблемно-тематических планов ЛЯР и ОНМУ в 1979 году и об изменениях в планах на 1980 год, одобрил план международного сотрудничества.

Премии ОИЯИ за 1978 год

На соискание премий Объединенного института ядерных исследований за 1978 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 12-14 июня 1979 года присуждены следующие премии:

По научно-исследовательским теоретическим работам:

Первая премия:

“Исследование электромагнитного формфактора пиона в квантовой хромодинамике и методом дисперсионных соотношений”.

Авторы: С. Дубничка, А. В. Ефремов, В. А. Мещеряков, А. В. Радюшкин.

Вторая премия:

“Методы решения обратной задачи рассеяния”.

Авторы: Б. Н. Захарьев, В. Н. Мельников, В. К. Мельников, А. А. Сузько.

По научно-исследовательским экспериментальным работам:

Первая премия:

“Экспериментальное обнаружение и исследование явления резонансного характера образования мюонных молекул дейтерия”.

Авторы: В. М. Быстрицкий, В. П. Джелепов, П. Ф. Ермолов, А. И. Руденко, Л. Н. Сомов, В. М. Суворов, В. В. Фильченков, Н. Н. Хованский, Б. А. Хоменко, Д. Хорват.

Две вторые премии:

1. “Обнаружение резонансов в системах λp , $\lambda \lambda$, $\lambda \bar{p}$ ”.

Авторы: Б. А. Шахбазян, П. П. Темников, А. А. Тимонина, А. М. Рождественский.

2. “Исследование трехчастичных распадов K^0 -мезонов”.

Авторы: В. И. Генчев, Б. Н. Гуськов, В. Д. Кекелидзе, В. Г. Кривохижин, М. Ф. Лихачев, Х. - Э. Рызек, И. А. Савин, Л. В. Сильвестров, Г. Г. Тахтамышев, П. Т. Тодоров.

По научно-методическим работам:

Первая премия:

“Разработка, создание и запуск в составе мюонного спектрометра системы пропорциональных камер размером $(3 \times 1,5) \text{ м}^2$ для совместного ОИЯИ-ЦЕРН эксперимента NA-4”.

Авторы: А. В. Вишневский, А. И. Голутвин, А. В. Зарубин, Ю. Л. Злобин, А. Т. Кирюшин, Л. В. Светов, Д. А. Смолин, В. С. Хабаров, М. А. Либерман, Н. Н. Щербаков.

Две вторые премии:

1. “Нейтроннографические исследования структуры кристаллов по методу времени пролета”.

Авторы: А. М. Балагуров, И. П. Барабаш, З. Георгиу, М. Длоуга, В. Б. Злоказов, Г. М. Миронова, В. Д. Шibaев.

2. “Физический комплекс для исследования распада короткоживущих радиоактивных ядер, ориентированных при сверхнизких температурах (установка “Спин”)”.

Авторы: Я. Дупак, Я. Коничек, Б. С. Неганов, В. П. Павлов, И. Ржижковска, М. Фингер, В. И. Фоминых, В. М. Цупко-Ситников, Хан Хен Мо, З. Яноут.

По научно-техническим прикладным работам:

Первая премия:

“Комплекс модульной электронной аппаратуры для физики высоких энергий”.

Авторы: С. Г. Басиладзе, А. А. Горяинов, В. М. Гребенюк, Н. И. Журавлев, А. И. Калинин, И. Ф. Колпаков, П. К. Маньяков, А. Н. Синаев, В. А. Смирнов, Е. В. Черных, И. Н. Чурин.

Две вторые премии:

1. “Методика многопроволочных детекторов для медико-биологических исследований”.

Авторы: Ю. С. Анисимов, Ю. В. Заневский, А. Б. Иванов, И. М. Иванченко, Д. В. Мойсенз, В. Д. Пешехонов, И. Н. Семенюшкин, А. Е. Сеннер, И. А. Тяпкин, С. П. Черненко.

2. “Спалогенные нейтронодефицитные нуклиды под-123 и тулий-167 для целей ядерной медицины”.

Авторы: М. Адилбиш, Г. Ю. Байер, Н. Г. Зайцева, О. Кнотек, М. Я. Кузнецова, Н. А. Лебедев, Р. Мюнце, Ю. В. Норсеев, В. Г. Франк, В. А. Халкин.

Проблемно-
тематический план .
Объединенного
института
ядерных
исследований
на 1979 год



Научная деятельность Объединенного института ядерных исследований проводилась в соответствии с Проблемно-тематическим планом научно-исследовательских работ и международного научно-технического сотрудничества лабораторий Института, утвержденным Ученым советом ОИЯИ на его XLV сессии.

При утверждении плана Ученый совет отметил как наиболее важные следующие направления.

Лаборатория теоретической физики

1. В области квантовой теории поля и теории элементарных частиц:

- исследование процессов взаимодействия частиц при высоких энергиях и больших передаваемых импульсах на основе кварковой структуры адронов и квазипотенциального подхода;

- изучение структуры элементарных частиц, в том числе новых, на основе составных кварковых моделей и симметрий;

- развитие методов аналитических вычислений на ЭВМ;

- развитие теории слабых взаимодействий;

- разработка теоретической программы ускорителей на сверхвысокие энергии.

2. В области развития теории атомного ядра и ядерных реакций:

- изучение структуры нейтронных и гигантских мультипольных резонансов;

- изучение высокоспиновых состояний;

- исследования по релятивистской ядерной физике и взаимодействиям тяжелых ионов с ядрами; разработка теоретической программы ускорителей релятивистских ядер.

3. В области теории конденсированных сред:

- изучение взаимодействия нейтронов с твердыми телами.

Лаборатория высоких энергий

1. Физические исследования на ускорителях:

- исследования в области релятивистской ядерной физики на основе данных, полученных на установках ДИСК-2, "Альфа", спектрометре ядер отдачи, СКМ-200, 2-метровой пропановой и метровой жидководородной камерах;

- исследование электромагнитной структуры элементарных частиц с использованием данных, полученных в эксперименте по π^-e^- - и K^-e^- -рассеянию при высокой энергии и в эксперименте по глубоконеупругому рассеянию мюонов на 400-ГэВ ускорителе /ЦЕРН/;

- исследования закономерностей множественного образования частиц с использованием данных, полученных с помощью двухметровой пропановой камеры, двухметровой жидководородной камеры "Людмила", установки "Фотон"; поиск новых частиц с помощью установки БИС-2;

- исследование поведения амплитуд бинарных реакций на основе данных по pp^- , pd^- , pHe^- -рассеянию в области энергий от 40 до 400 ГэВ в экспериментах на ускорителе ФНАЛ в Батавии.

2. Методические и технические работы:

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

- развитие синхрофазотрона как релятивистского ускорителя ядер, формирование инжекционного комплекса;

- улучшение качества пучков синхрофазотрона и развитие источников многозарядных ионов, развитие системы каналов частиц в корп. 205 на основе медленного вывода;

- развитие криогенных систем, разработка технологии сверхпроводящих магнитов для ускорительно-накопительного комплекса ИФВЭ и нуклотрона;

- разработка и внедрение в эксперимент современной электроники и детекторов.

Лаборатория ядерных проблем

1. В области физических исследований на ускорителях:

- исследование фундаментальных свойств элементарных частиц и их взаимодействий, в том числе в экспериментах по редким распадам μ - и π -мезонов;

- исследование взаимодействий нейтрино высоких энергий в опытах с использованием фотоэмульсии;

- выполнение экспериментов с помощью установки РИСК;

- обработка информации, полученной на установке МИС, и исследование процесса дифракционной диссоциации пионов на ядрах;

- исследование поляризационных явлений в обменном пион-протонном рассеянии с помощью "замороженной" поляризованной мишени;

- исследование на синхроциклотроне мезоатомных и мезомолекулярных систем, в том числе в экспериментах с мезоатомами изотопов водорода;

- изучение взаимодействий мезонов и нуклонов с ядрами;

- изучение свойств удаленных от полосы бета-стабильности ядер по программе ЯСНАПП.

2. В области методических исследований:

- продолжение работ по созданию новых установок и аппаратуры для ядерно-физических и медико-биологических исследований на установке "Ф", в том числе создание части цилиндрических пропорциональных камер установки АРЕС;

- развитие лабораторного центра накопления и обработки информации, включая обеспечение возможности выполнения на линии с ЭВМ ЕС-1040;

- разработка и создание блоков электронной аппаратуры для обеспечения экспериментов ЛЯП на синхроциклотроне ОИЯИ, синхротроне ИФВЭ и других ускорителях;

- проведение работ по созданию детекторов и развитию математического обеспечения спектрометрического комплекса "Гиперон";

- выполнение работ по созданию установок "Нейтронный детектор", "Поляриметр", "Позитроний".

3. В области ускорительной техники:

- разработка, испытание и наладка отдельных систем установки "Ф", включая часть оборудования каналов пучков;

- анализ проекта УНК.

Лаборатория ядерных реакций

1. Работы по поиску сверхтяжелых элементов в природе.

2. Синтез новых изотопов трансфермиевых элементов и ядер с $Z \geq 107$, изучение свойств их радиоактивного распада.

3. Работы по изучению механизма взаимодействия сложных ядер, исследование процессов образования сверхтяжелых квазиатомов.

4. Исследование структуры барьеров деления тяжелых ядер.

5. Работы в области прикладных исследований с использованием пучков тяжелых ионов и активационного анализа.

6. Работы по созданию трактов пучков и физических установок для работы на ускорителе У-400.

7. Улучшение характеристик пучков тяжелых ионов на ускорителе У-400, повышение интенсивности и расширение диапазона ускоряемых ионов.

Лаборатория нейтронной физики

1. Осуществление энергетического пуска ИБР-2.

2. Завершение подготовки к пусковым работам на головной части ускорителя ЛИУ-30.

3. Изготовление и подготовка к использованию физической аппаратуры первой очереди для исследований на реакторе ИБР-2.

4. Подготовка существующего измерительного центра к проведению первоочередных экспериментов на ИБР-2 и проведение разработок по созданию нового измерительного центра для ИБР-2.

5. Изучение свойств ультрахолодных нейтронов и фундаментальных свойств нейтрона.

6. Исследования атомных ядер с помощью нейтронов и заряженных частиц.

7. Развитие изучения конденсированных сред с помощью нейтронов, включая изучение сложных соединений и биологических объектов.

8. Дальнейшая разработка методики и проведение прикладных исследований с помощью нейтронов и заряженных частиц.

Лаборатория
вычислительной
техники
и автоматизации

1. Развитие и эффективное использование центрального вычислительного комплекса:

- проведение подготовительных работ для монтажа и пуска ЭВМ Cyber-174 в корпусе 134 ЛВТА и обучение специалистов для работы с новой вычислительной системой;

- ввод в эксплуатацию магнитных дисков ЕС-5061 и соответствующего математического обеспечения на ЭВМ БЭСМ-6;

- развитие сети терминальных устройств на базе ЭВМ БЭСМ-6 и ЕС-1010;

- разработка на БЭСМ-6 диалогового монитора для управления работой удаленных дисплейных станций;

- обеспечение ресурса времени на основных ЭВМ не менее:

БЭСМ-6 - 6000 часов,
CDC-6500 - 6000 часов.

2. Развитие в рамках утвержденных проектов и эффективное использование автоматических и полуавтоматических систем измерения камерных снимков на НРД, АЭЛТ-2/160, СИ, ПУОС-САМЕТ-БЭСМ-4:

- проведение массовых измерений камерных снимков по заявкам лабораторий ОИЯИ;

- постановка программ фильтрации данных сканирования снимков с МИС на CDC-6500;

- проведение измерений на АЭЛТ-2/160 снимков с камеры РИСК.

3. Разработка методов расчетов и создание систем обработки экспериментальных данных:

- развитие систем программ для установок БИС-2, "Фотон" и "Кристалл", а также совместного эксперимента НА-4;

- создание и развитие методов и программ для обработки камерных снимков;

- создание программ и библиотеки программных модулей для обработки многомерных спектров ядерных излучений;

- развитие новых методов численного решения нелинейных и квазистационарных физических задач и использование их в разработках УНК и УКТИ;

- исследование и моделирование на ЭВМ нелинейных явлений в неустойчивых физических системах;

- разработка новых алгоритмов и развитие библиотеки программ для решения задач, связанных с исследованиями, проводимыми в ЛТФ.

4. Исследования по релятивистской ядерной физике и физике резонансов:

- изучение ядерных процессов при релятивистских энергиях с помощью магнитного спектрометра с искровыми камерами, разработка моделей ядерных процессов при релятивистских энергиях.

Отдел
новых методов
ускорения

1. Исследование прототипа коллективного ускорителя тяжелых ионов.

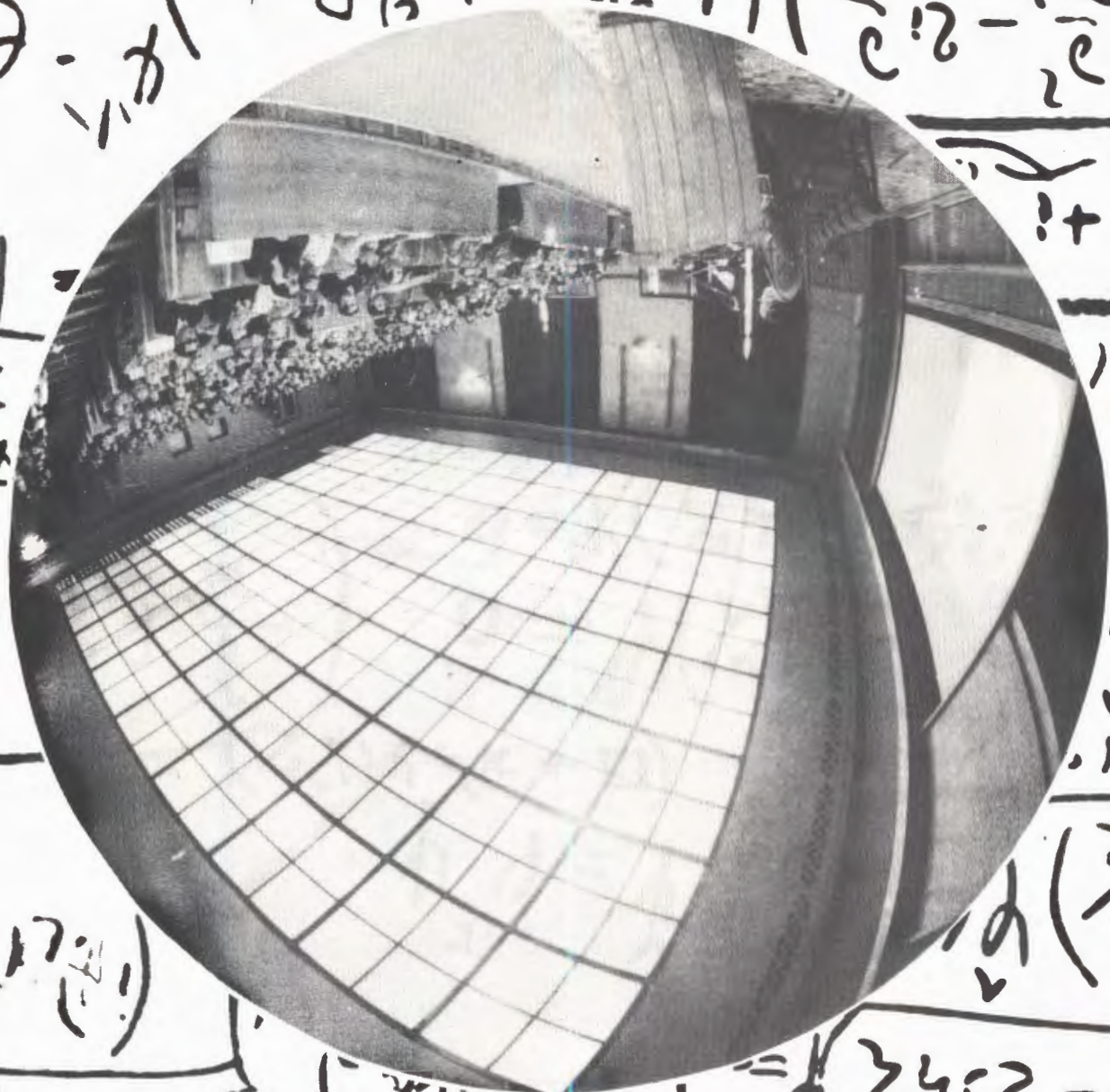
2. Физическое обоснование использования коллективного ускорителя в качестве инжектора для ускорительного комплекса тяжелых ионов.

3. Работы, связанные с созданием УНК, по согласованной с ИФВЭ программе.

Научно-
исследовательские
работы,
выполненные
лабораториями
и общеинститутскими
отделами ОИЯИ
в 1979 году



$\frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial \psi}{\partial x} \right) + \alpha B_{y(n+1)} \psi = 0$
 $\psi = e^{-\lambda x}$
 $\frac{\partial \psi}{\partial x} = -\lambda e^{-\lambda x}$
 $\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} = \lambda^2 e^{-\lambda x}$
 $\lambda^2 e^{-\lambda x} + \alpha B_{y(n+1)} e^{-\lambda x} = 0$
 $\lambda^2 + \alpha B_{y(n+1)} = 0$
 $\lambda = \pm \sqrt{-\alpha B_{y(n+1)}}$
 $\psi = e^{\pm \sqrt{-\alpha B_{y(n+1)}} x}$
 $\psi = e^{-\sqrt{-\alpha B_{y(n+1)}} x}$



$\psi = e^{-\lambda x}$
 $\frac{\partial \psi}{\partial x} = -\lambda e^{-\lambda x}$
 $\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} = \lambda^2 e^{-\lambda x}$
 $\lambda^2 e^{-\lambda x} + \alpha B_{y(n+1)} e^{-\lambda x} = 0$
 $\lambda^2 + \alpha B_{y(n+1)} = 0$
 $\lambda = \pm \sqrt{-\alpha B_{y(n+1)}}$
 $\psi = e^{\pm \sqrt{-\alpha B_{y(n+1)}} x}$
 $\psi = e^{-\sqrt{-\alpha B_{y(n+1)}} x}$

$\psi = e^{-\lambda x}$
 $\frac{\partial \psi}{\partial x} = -\lambda e^{-\lambda x}$
 $\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} = \lambda^2 e^{-\lambda x}$
 $\lambda^2 e^{-\lambda x} + \alpha B_{y(n+1)} e^{-\lambda x} = 0$
 $\lambda^2 + \alpha B_{y(n+1)} = 0$
 $\lambda = \pm \sqrt{-\alpha B_{y(n+1)}}$
 $\psi = e^{\pm \sqrt{-\alpha B_{y(n+1)}} x}$
 $\psi = e^{-\sqrt{-\alpha B_{y(n+1)}} x}$

Лаборатория теоретической физики

В истекшем году исследования в Лаборатории теоретической физики проводились в соответствии с проблемно-тематическим планом.

Структура теории поля

Продолжено изучение калибровочной теории электромагнитных взаимодействий с фундаментальной длиной. Особое внимание уделено проблеме перенормируемости теории и возможности сравнения предсказаний теории с опытом.

Развит метод вычисления 3- и 4-петлевых фейнмановских диаграмм в формализме размерной регуляризации.

Вычислены критические индексы фазовых переходов в 3-мерном пространстве на основе экстраполяции свойств модели ϕ^4 4-мерного пространства.

Исследован фазовый переход в инстантонном газе поля Янга-Миллса.

Показано, что квантовая хромодинамика может быть построена по аналогии с микроскопической теорией сверхтекучести Боголюбова. Выведены уравнения для глюонного бозе-конденсата и найдены спектры квазичастиц и кооперативного возбуждения. Доказывается, что конфайнмент цветных частиц возникает как следствие сверхтекучих свойств глюонного бозе-конденсата.

В рамках исследования конформных свойств полей Янга-Миллса доказана единственность нетривиальных калибровочных функций, удовлетворяющих групповому условию для конформной группы.

Получено дифференциальное уравнение с отклоняющимся аргументом, описывающее релятивистское взаимодействие двух тел. Введено понятие минионов - частиц, которыми обмениваются тела, взаимодействуя.

Развивалась теория одномерно-протяженного релятивистского объекта -

струны, моделирующей механизм удержания кварков в адронах. Проведено квазиклассическое квантование таких систем и найден их массовый спектр.

Получены новые, неизвестные ранее, решения типа "мешков" или "доменов" в нелинейных теориях поля с достаточно сильной нелинейностью (в скалярной теории полином по ϕ^2 не ниже третьей степени). Эти решения представляют интерес также для теории сверхтекучести и сверхпроводимости.

Свойства симметрии элементарных частиц и их структура

Рассмотрено квантование непосредственно матрицы плотности (а не волновой функции), описывающей совокупность фиксированного числа нерелятивистских тождественных частиц. Показано, что возникающие при этом билинейные операторы удовлетворяют алгебре Ли группы $SU(n)$, а в случае системы с переменным числом частиц - обобщенным схемам квантования: параферми, парабозе.

В связи с появлением новых экспериментальных данных для магнитных моментов барионов и расхождением между предсказаниями нерелятивистской модели кварков и экспериментом были рассмотрены более общие феноменологические и дисперсионные правила сумм для магнитных моментов, которые включают нарушение $SU(3)$, возможные релятивистские поправки и неадиабатичность операторов магнитных моментов в конфигурационном пространстве составляющих кварков.

Развивался предложенный новый геометрический подход к супергравитации,

с аксиальным суперполем в качестве предпотенциала. Этот подход существенно проще других подходов (Весса-Зумино, Бринка-Гелл-Манна-Шварца и др.), поскольку он использует существенно меньшее число динамических переменных.

Взаимодействие элементарных частиц

В рамках квазипотенциального подхода в квантовой теории поля изучены количественные характеристики предасимптотических эффектов в pp -, pn -, $\pi^{\pm}p$ -рассеянии. Проведен анализ их устойчивости.

Асимптотические угловые зависимости адрон-адронного рассеяния исследованы на основе свойств аналитичности, $SU(3)$ -симметрии, а также общих закономерностей существующих экспериментальных данных.

Исходя из требований аналитичности для амплитуды рассеяния построена модель эйконального типа, количественно передающая все свойства высокоэнергетического протон-протонного рассеяния в широкой области передач импульса.

В квазипотенциальном подходе в рамках модели, содержащей массу кварка как размерный параметр, рассмотрено $\pi^{\pm}p$ - и pp -рассеяние на большие углы. Достигнуто хорошее описание новых экспериментальных данных по инклюзивной реакции $pp \rightarrow \pi^0 X$.

Получена система парциальных уравнений в релятивистском γ -пространстве для частиц со спином $1/2$. Вычислены массы связанных состояний и их лептонные ширины.

В процессах множественного рождения изучено влияние цветовых корреляций кварков при образовании адронов на

относительный выход мезонов, барионов и антибарионов.

В рамках многокомпонентной кластерной модели рассматривается проблема единого описания мировых экспериментальных данных по топологическим характеристикам множественных распределений, средним множественностям и другим корреляционным параметрам, а также по их энергетической зависимости для различных типов сталкивающихся адронов. Модель дает хорошее согласие с имеющимися экспериментальными данными по pp -, $\bar{p}p$ -, $K^{\pm}p$ -, $\pi^{\pm}p$ -соударениям в широком интервале энергий.

Изучена возможность использования квантово-полевых уравнений для описания состояния $q\bar{q}$ -системы в рамках КХД. Результаты для асимптотики электромагнитного формфактора π^{-} -мезона в главном приближении КХД близки к полученным на основе методов суммирования ряда теории возмущений в КХД и согласуются с правилами кваркового счета. Проведено обобщение на случай произвольного числа частиц, в применении к анализу процессов неупругого образования адронов при высоких энергиях, несущих большой поперечный импульс.

Для эксклюзивных процессов с большой передачей импульса в рамках квантовой хромодинамики доказано, что для соответствующих амплитуд во всех порядках (и для всех логарифмов) теории возмущений имеет место факторизация вкладов малых и больших расстояний, что равносильно партонной картине нового (нефейнмановского) типа, в которой адроны в начальном и конечном состояниях описываются партонными волновыми функциями (а не функциями распределения). Получены уравнения эволюции для обобщенных моментов этих функций. В явном виде вычислена

эволюция (т.е. изменение с ростом Q^2) партонной волновой функции $\phi(\xi, Q^2)$ в физически интересной области $\xi^2 \sim 1$ (здесь ξ - доля импульса адрона, приходящая на партон, участвующий в рассеянии, а Q - передача импульса).

В нелокальной модели кварков вычислены характеристики слабых полуплеитонных и электромагнитных распадов псевдоскалярных мезонов. Полученные результаты находятся в хорошем согласии с экспериментом.

Завершено исследование распадов псевдоскалярных мезонов основного октета в рамках киральной теории. Найдено большое отклонение теоретического предсказания для распада $\eta \rightarrow \pi^0 \gamma \gamma$ от существующего экспериментального значения (расхождение на 3 порядка).

Предложена киральная теория с кварковыми петлями, в которой описаны радиационные распады нейтральных псевдоскалярных мезонов. Результаты хорошо согласуются с последними экспериментальными данными.

Механизм образования в адронных столкновениях статистической компаунд-системы, представляющей собой сильно разогретое состояние неравновесной кварк-глюонной плазмы, позволяет получить удовлетворительное описание инклюзивных спектров π^{+0-} -мезонов, η^0 -мезонов, каонов и антипротонов, а также ряда корреляционных эффектов; импульсные спектры и распределение по скорости частиц, сопровождающих частицу с большим поперечным импульсом. Основным результатом этой работы является вывод о том, что изучение характеристик фундаментальных взаимодействий типа рассеяния кварка на кварке следует проводить с использованием информации об области поперечных переданных импульсов, существенно превышающих 6-7 ГэВ/с. В эксперименте NA-4 предложено изучать P-нечетные эффекты в глубоконеупругом мюон-протонном

рассеянии, рассчитаны электромагнитные поправки.

В течение многих лет в ЛТФ совместно с ЛВТА и ЛЯП развивался новый метод решения задачи трех тел с кулоновским взаимодействием, известный как адиабатическое представление в задаче трех тел. С помощью этого метода обнаружены неизвестные ранее высоковозбужденные состояния с энергиями связи $E(dd\mu) \sim 2$ эВ и $E(dt\mu) \sim 0,7$ эВ соответственно. Благодаря существованию этих уровней возможно резонансное образование мезомолекул $dd\mu$ и $dt\mu$, скорость которого весьма велика, особенно в случае $dt\mu$ -мезомолекулы, где она равна $\sim 10^8$ с⁻¹, т.е. более чем в 100 раз превышает скорость распада свободного мезона. В июне 1979 года это теоретическое предсказание было подтверждено экспериментально в ЛЯП ОИЯИ.

Исследовался вопрос о вычислении многобозонных средних и квазисредних для квантово-статистических систем типа Дикке.

Проведено исследование электромагнитного преобразования мюонных пар в глубоконеупругом μp -рассеянии. Созданы и переданы в ЦЕРН программы для корректного учета вкладов 3-мюонных событий и для вычисления радиационных поправок к асимметриям сечений глубоконеупругого μp -рассеяния.

Структура ядерных состояний при промежуточных и высоких энергиях возбуждения

Продолжалось развитие квазичастично-фононной модели ядра, сформулированной для описания структуры сферических и деформированных ядер в широкой области энергий возбуждения. Разработана теория точного учета принципа

Паули при описании неротационных состояний в четно-четных и нечетных ядрах. Получены секулярные уравнения для энергии возбужденных состояний, отличающиеся от соответствующих уравнений в квазибозонном приближении, рассчитаны сдвиги двухфононных полюсов. Расчеты показали, что поправки, связанные с учетом принципа Паули, велики для двухфононных компонент с двумя одинаковыми фононами и при большой коллективности одного из фононов. Исследованы корреляции в основном состоянии ядер. Показано, что в большинстве деформированных ядер и в сферических ядрах с одной замкнутой оболочкой число квазичастиц в основных состояниях невелико. При переходе от сферических к переходным ядрам имеется резкое возрастание числа квазичастиц в основных состояниях.

Новые результаты получены в теории гигантских резонансов. Исследована структура и свойства магнитных мультипольных резонансов и их влияние на радиационные силовые функции. Разработана модель для описания (p, α) -реакции на деформированных ядрах, в которой учтена фрагментация квазичастичных состояний. Проверена гипотеза Акселя-Бринка о гигантских резонансах на возбужденных состояниях в деформированных ядрах. Показано, что эта гипотеза подтверждается с достаточно хорошей степенью точности для однофононных состояний при приближенном учете принципа Паули.

Рассчитана фрагментация дырочных состояний в сферических ядрах с учетом компонент волновой функции вида "квазичастица плюс два фонона". Определены значения центроидов \bar{E} , ширины Γ и спектроскопического фактора S_j для фрагментации нейтронных состояний в изотопах Ni, Sn и Te и протонных состояний в ^{142}Pm находятся в удовлетворительном согласии с экспериментом.

Существенным достижением является включение вычисления ряда характеристик нейтронных резонансов в общую схему расчетов, учитывающую как низлежащие состояния, так и гигантские резонансы. Рассчитана спиновая зависимость нейтронных силовых функций в четно-четных сферических ядрах. Показано, что спиновое расщепление невелико. Этот результат согласуется с экспериментальными данными, полученными в ЛНФ и других центрах.

Теория структуры ядра

Продолжены исследования ядерной структуры в широкой области основных ядерных параметров, таких как энергия возбуждения, угловой момент и изотопический спин. К основным результатам исследований можно отнести следующие:

1. Определена форма ядер в широкой области углового момента и энергии возбуждения над ираст-линией. Расчеты, выполненные с использованием метода Струтинского и метода оболочечной энергии, зависящей от температуры состояния, показали существование характеристической энергии возбуждения над ираст-линией ($\sim 15 \text{ МэВ}$ для ядер редкоземельной области), при превышении которой характер деформации вращающихся ядер определяется, в основном, макроскопической (жидкокапельной) компонентой энергии. В области характеристической энергии возбуждения жесткость ядер относительно деформации оказывается аномально малой.

2. Накоплен разнообразный материал по изучению гигантских мультипольных резонансов ядер в рамках самосогласованной модели (изучены интегральные характеристики $E1$ -переходов,

формфакторы неупругого рассеяния электронов, эффекты кулоновского смешивания по изоспину и т.д.). Реализована процедура анализа состояний гигантских мультипольных резонансов с учетом непрерывного спектра без дискретизации одночастичных состояний в области континуума. Теория применена для описания изобар-аналоговых состояний и состояний гигантских дипольных резонансов.

3. Разработана новая версия одночастичной задачи с потенциалом Вудса-Саксона с неаксиальной деформацией. Данная работа существенно расширяет возможности теоретических исследований структуры атомных ядер.

Теория ядерных реакций

Предложен метод решения обратной задачи для дискретного варианта уравнения Шредингера (разностного уравнения четвертого порядка). Найден новый класс точно решаемых квантовых задач рассеяния с помощью сочетания R-матричной теории и техники баргмановских потенциалов. Исследованы свойства низколежащих состояний ${}^9\text{Be}$ в одноуровневом молекулярном приближении. Получено хорошее описание среднеквадратичного радиуса, магнитного и квадрупольного моментов, вероятностей электромагнитных переходов. Продолжено исследование коллективного движения в ядрах с большой амплитудой. Исследована зависимость от энергии возбуждения делящегося ядра средней кинетической энергии нейтронов и распределения энергии возбуждения между осколками ${}^{241}\text{Np}$. Изучено влияние оболочечных эффектов на эти величины при различных энергиях возбуждения. Выполнены расчеты барьеров деления ядер ${}^{198-206}\text{Rn}$, ${}^{202-214}\text{Ra}$, ${}^{202-230}\text{Th}$, пред-

ставляющих интерес для экспериментов, планируемых в ЛЯР.

На основе результатов изучения структуры гигантских резонансов в рамках квазичастично-фононной модели исследовано возбуждение гигантских резонансов в реакциях с электронами и протонами. Получено удовлетворительное описание переходных плотностей для гигантских E1- и E2-резонансов.

Предпринята попытка исследования механизма диссипации кинетической энергии и механизма слияния в рамках квантовой постановки задачи без классических предположений о движении по траектории. Рассмотрена модель с одной внутренней модой возбуждения, на примере которой можно оценить роль квантовых поправок к классическим результатам. Исследовано влияние больших оболочек на ход и результаты реакций глубоконеупругих передач, исследуемых в Лаборатории ядерных реакций. Показано, что подстановка в уравнение Фоккера-Планка выражения для свободной энергии вместо потенциала дрейфа, обусловленная "нагреванием" системы, позволяет достичь лучшего согласия с экспериментом. На основе предложенного ранее механизма диссипации кинетической энергии исследованы корреляции кинетической энергии продуктов глубоконеупругих столкновений тяжелых ионов со средним углом вылета. На этой основе анализируются экспериментальные данные, полученные в Лаборатории ядерных реакций.

Продолжалось исследование различных процессов взаимодействия пионов с легчайшими ядрами, изучаемых экспериментально в Лаборатории ядерных проблем. С помощью точного расчета обоснована применимость обычного метода учета кулоновского взаимодействия, используемого при обработке экспериментальных данных по реакциям

с легкими заряженными частицами. В рамках кварковой модели нуклонов рассмотрена задача о рассеянии нуклона на нуклоне.

Проведен модельно-независимый анализ экспериментальных формфакторов неупругого рассеяния электронов на ряде ядер, что позволило определить их переходные плотности распределения заряда.

Теоретически предсказаны и позднее подтверждены экспериментально ширины и каналы распада гиперядра ${}^6\Lambda\text{Li}$. Исследовано влияние обменных токов на поглощение мюонов дейтроном, что позволило получить дополнительную информацию о константе слабого мюон-нуклонного взаимодействия и длине нейтрон-нейтронного рассеяния. Выявлена определяющая роль возбуждения магнитных дипольных и квадрупольных резонансов в реакциях поглощения мюонов и радиационного захвата пионов легкими ядрами. Предсказано изоспиновое и конфигурационное расщепление $M2$ -резонанса, возбуждаемого в неупругом рассеянии электронов ядрами p -оболочки.

В рамках 3- и 4-частичных уравнений, учитывающих все порядки перераспределения, дано описание реакций взаимодействия пионов с дейтроном, тритием и гелием-3 и -4. Получено удовлетворительное согласие с экспериментом, проведенным в ЛЯП по рассеянию пионгелий-3.

Развит новый подход, основанный на эволюционном по константе связи методе, для процессов пион-ядерного рассеяния. Получено согласие с экспериментом по низкоэнергетическому пион-дейтронному рассеянию. На основе каскадно-экситонной модели рассчитаны выходы быстрых протонов в кинематически запрещенную область в реакциях протон-ядерного взаимодействия при промежуточных энергиях.

Показано, что здесь важную роль играют процессы поглощения каскадного пиона скоррелированной парой нуклонов ядра и ее последующим разлетом.

Построены реалистические модели ядро-ядерных столкновений и проанализированы возникающие при этом в центральных областях температуры и сжатия. Показано, что пучки тяжелых ионов с энергией $0,5 \text{ ГэВ/нуклон}$ весьма перспективны для поиска π -конденсатной неустойчивости ядер. Пучки пионов высокой энергии на синхрофазотроне ОИЯИ могут использоваться для анализа переходов адронов в кварковую фазу.

Предложен и исследован механизм рождения гиперядер на лету в ядро-ядерных столкновениях при энергиях $0,5 \text{ ГэВ/нуклон}$.

Впервые удалось учесть связь каналов кварковых нуклонных конфигураций в легчайших ядрах. Это позволило рассчитать примесь δ -кварковой конфигурации в основном состоянии дейтрона, которая оказалась порядка одного процента, а также ширину распада возбужденных δ -кварковых состояний в нуклон-нуклонный канал (порядка 50 МэВ и более). Это дает возможность вести направленный поиск многокварковых конфигураций в ядрах.

Квантово-статистические модели в теории конденсированного состояния

Продолжено исследование особенностей упругого и неупругого рассеяния нейтронов различными физическими системами. При этом, наряду с уже рас-

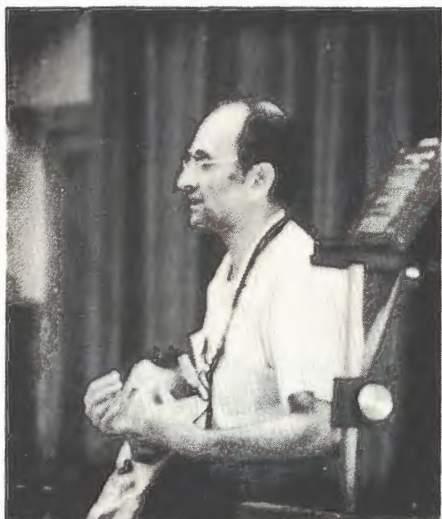
смотренными ранее веществами (кристаллами, претерпевающими структурный фазовый переход, переходными металлами, сегнетоэлектриками и т.п.), изучено рассеяние нейтронов другими объектами. Обсуждена модификация упругого рассеяния в квазиодномерных магнетиках, обусловленная наличием в них частицеподобных возбуждений. Подходящими объектами здесь могут быть $RbFeCl_3$ и $SmCo_5$. Проанализировано рассеяние нейтронов спиновыми стеклами и показано, каким образом из экспериментальных данных может быть получен параметр порядка. Начато обсуждение нейтронной спектроскопии параметрически неравновесных квазичастиц в твердых телах, а также поведения спектров упругого и неупругого рассеяния нейтронов поверхностью твердых тел при учете адсорбции. Возможности ИБР-2 делают вполне реальным наблюдение всех эффектов, обсужденных в этих работах.

В цикле работ по каналированию протонов и ионов в кристаллах получены результаты, которые также можно проверить в экспериментах. Предсказано, что различие взаимодействий протонов и ионов с ионами кристалла обуславливает различный характер их фокусировки: на глубинах 0,1 мм налицо полная термализация каналируемых частиц по

поперечной компоненте скорости, однако если протоны оказываются однородно распределенными в плоскости, перпендикулярной оси, то ионы - остро сфокусированными.

Помимо того, что модели теории конденсированного состояния использовались для описания физических процессов в твердом теле, велись исследования и самих этих моделей. Так, на основе функционального аналога вариационного метода Боголюбова проведены исследования моделей Изинга и ϕ^4 , в которых удалось выйти за рамки приближения среднего поля. Продолжено изучение решеточных моделей: модели Изинга с "незамороженными" антиферромагнитными связями, 8-вершинной модели при определенном ограничении на ее параметры, двумерного сплава димеров и тримеров. Продолжено также исследование по выявлению математической структуры потенциала кристаллической решетки, в котором движутся коллективизированные электроны.

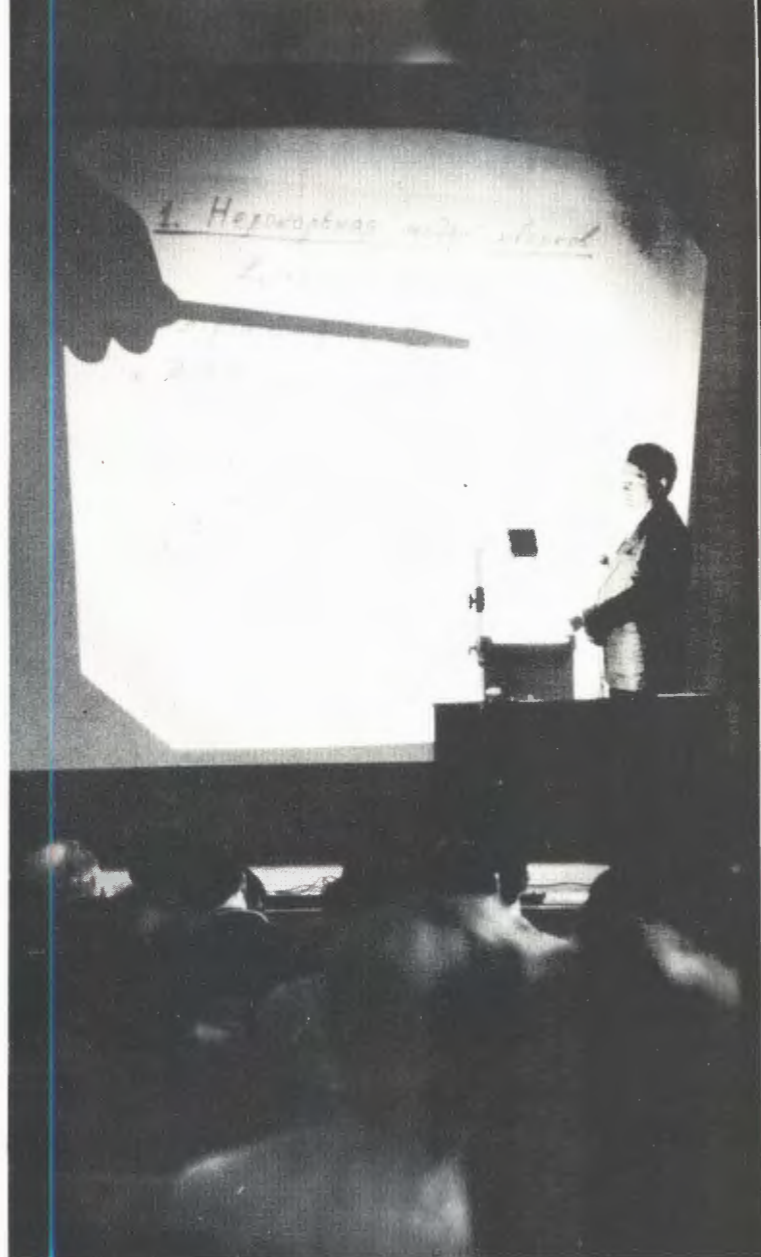
В исследованиях широко представлена тематика фазовых превращений. Наряду с обсуждением поведения равновесных и динамических характеристик веществ в области фазовых превращений выполнены исследования влияния симметрии решетки на характер фазового превращения.



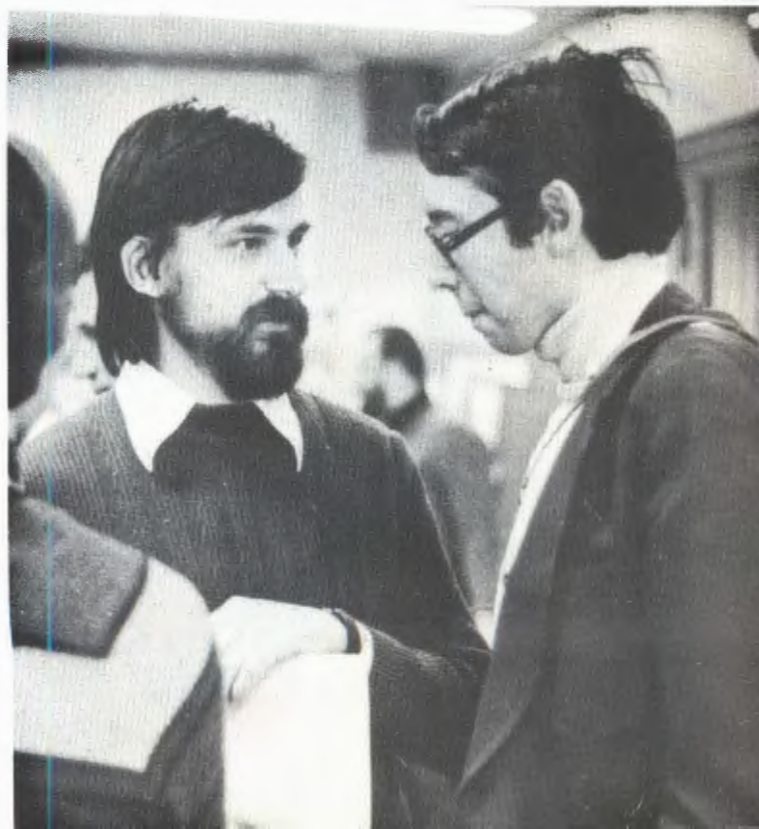
В августе в Дубне состоялся Международный симпозиум по фундаментальным проблемам теоретической и математической физики, в работе которого приняли участие видные ученые стран-участниц ОИЯИ, США, Западной Европы и Японии. Научная программа форума охватывала широкий круг проблем современной физики: вопросы гравитации, астрофизики, квантовой теории поля, теории элементарных частиц, статистической и математической физики.

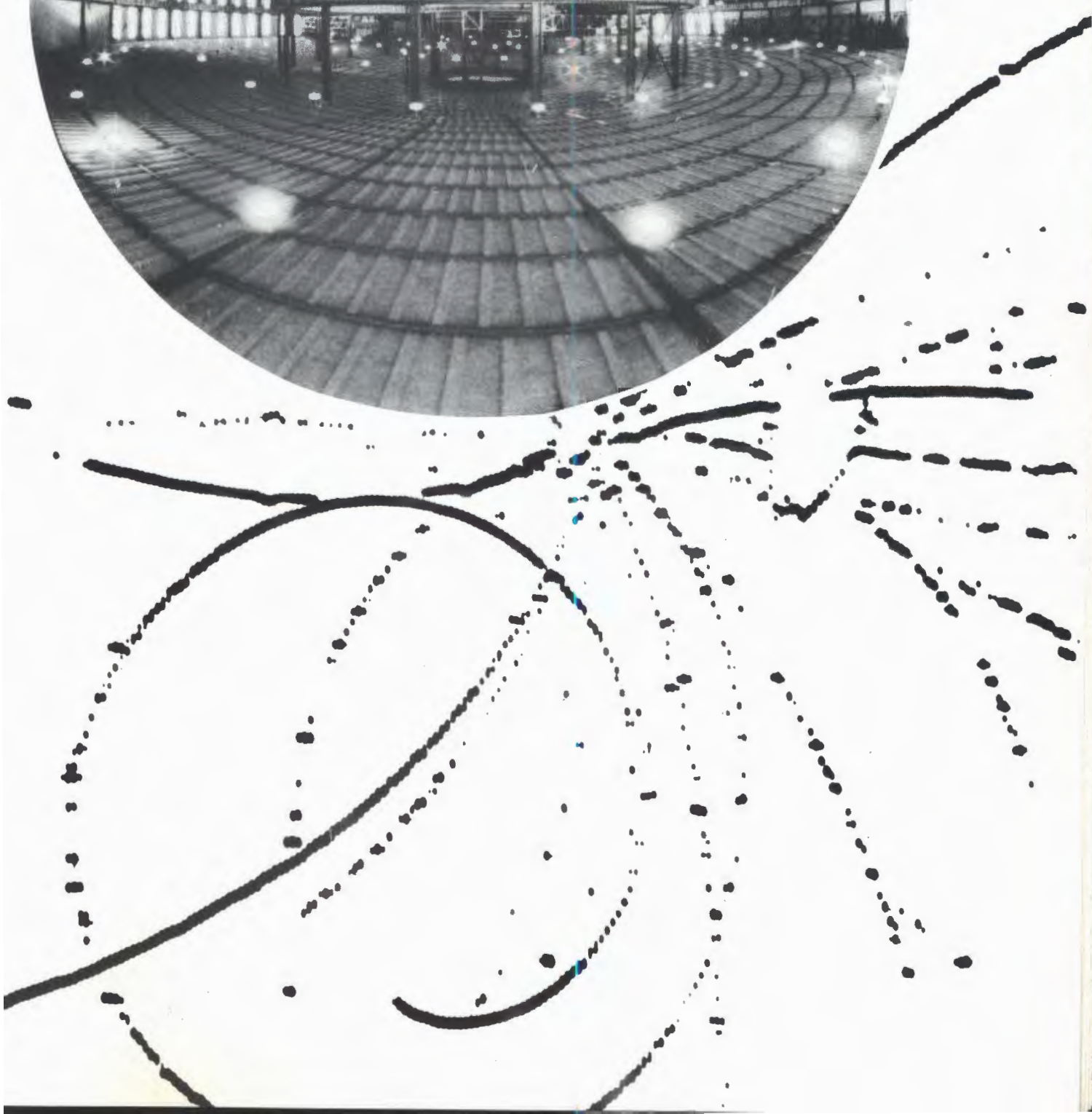


Многие доклады были посвящены развитию основополагающих идей и методов крупнейшего советского математика, механика и физика академика Н.Н.Боголюбова.



В Алуште в апреле проходил пятый Международный симпозиум по нелокальной квантовой теории поля. Инициатором этих симпозиумов был член-корреспондент АН СССР Д.И. Блохинцев.





Лаборатория ВЫСОКИХ энергий

Учеными лаборатории с помощью физических установок получена новая экспериментальная информация на синхрофазотроне ОИЯИ, серпуховском ускорителе, на 400-ГэВ ускорителе в ЦЕРНе. Продолжалась обработка полученного ранее экспериментального материала, совершенствовались и разрабатывались новые приборы и установки.

Большой объем работ выполнен по совершенствованию синхрофазотрона, освоению нового экспериментального корпуса, созданию проектов УКТИ, УНК, исследованию сверхпроводящих магнитов по проекту нуклотрона. Деятельность лаборатории осуществлялась в условиях широкого международного сотрудничества.

Научно-исследовательские работы

Поведение амплитуд рассеяния
в зависимости от энергии
взаимодействующих частиц

Завершена обработка экспериментального материала, полученного в совместном эксперименте ОИЯИ-ФНАЛ по изучению упругого рассеяния протонов на ядрах гелия в интервале энергий 50-400 ГэВ. Исследованы малые передачи $|t| = 0,003-0,52 (ГэВ/c)^2$, включая области дифракционного пика, кулоновской интерференции, глауберовского минимума, второго минимума.

С помощью газовой струйной мишени из смеси водорода и гелия в заданной пропорции удалось измерить сечение взаимодействия протона с гелием в абсолютных единицах, в частности получить величину полного сечения. Оказалось, что при изменении энергии от 40 до 400 ГэВ полное сечение (p+He) возрастает на 4%, но остается на 7% (на 10 мб) меньше теоретической величины, вычисленной по модели Глаубера (рис.1).

Оценки показывают, что нуклоны в ядре гелия сильно затеняют друг друга, а быстрый протон, пролетая через ядро

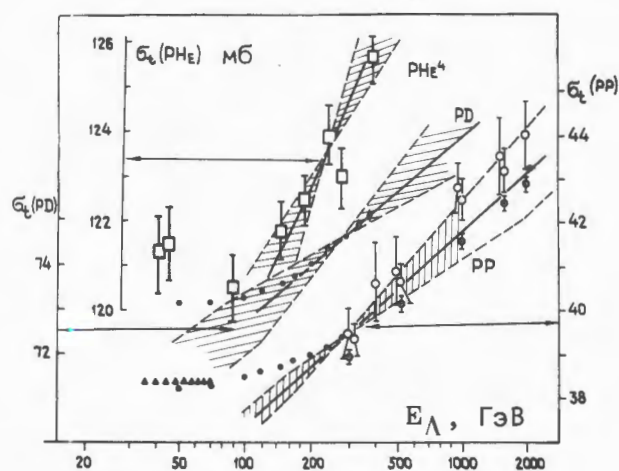


Рис. 1. Энергетическая зависимость полного сечения (p+He) - взаимодействия в области 50-400 ГэВ.

гелия, с большой вероятностью в промежуточных состояниях оказывается возбужденным.

С помощью чистой струи гелия определено дифференциальное сечение упругого (p+He)-рассеяния. Параметр наклона дифракционного конуса $b = 24 \pm 1,13$ указывает на то, что скорость роста радиуса ядра гелия с увеличением энергии вдвое больше аналогичного роста радиуса протона. Эффект быстрого роста был обнаружен ранее также на ядре дейтерия. Качественно это указывает на

существенное взаимное экранирование нуклонов в ядре гелия (рис.2).

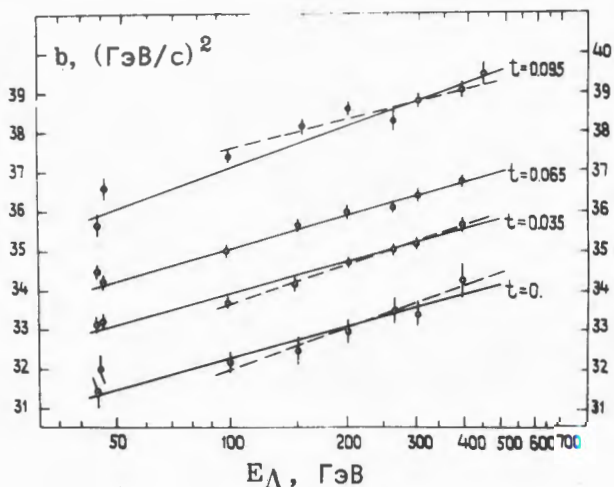


Рис. 2. Энергетическая зависимость параметра наклона для упругого (p+He)-рассеяния. Прямые - результат фиксирования экспериментальных данных при фиксированном переданном импульсе.

На пучке альфа-частиц синхрофазотрона методом многократного прохождения внутреннего пучка ускорителя через тонкую мишень из дейтерированного полиэтилена толщиной 0,3-9,0 мкм изучено упругое (He+D)-рассеяние на малые углы при импульсах 2,25 и 4,95 ГэВ/с/нукл. Дейтроны отдачи регистрировались кремниевыми полупроводниковыми детекторами.

На основе полученных экспериментальных данных определены дифференциальные сечения упругого (He+D)-рассеяния в интервале передач $|t| = 0,0028-0,168$ (ГэВ/с)².

Найдено полное сечение (He+D) ядерного рассеяния: $\sigma_t = 258 \pm 8$ мб при 2,25 ГэВ/с/нукл. и $\sigma_t = 256 \pm 5$ мб при 4,95 ГэВ/с/нукл. Параметр наклона дифракционного конуса и отношение реальной части амплитуды упругого рассеяния к мнимой части для импульса

2,25 ГэВ/с/нукл. равны соответственно $b_1 = 5,2 \pm 0,3$ и $\rho = -0,26 \pm 0,01$, для импульса 4,95 ГэВ/с/нукл.

$b_1 = 7,9 \pm 0,3$ и $\rho = -0,35 \pm 0,01$

(в пересчете на NN-взаимодействие). Эти величины близки к аналогичным для pp-взаимодействия. Полученные результаты показали, что в пределах ошибок модель Глаубера удовлетворительно описывает упругое (He+D) рассеяние в области $|t| < 0,168$ (ГэВ/с)².

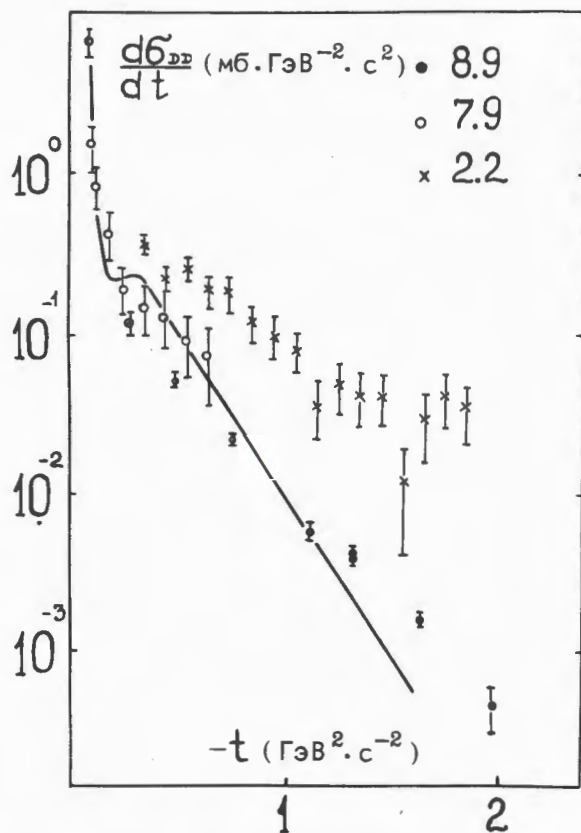


Рис. 3. Упругое дейтрон-дейтронное рассеяние при импульсе 8,9 ГэВ/с. Сплошной линией представлен результат расчета на основе механизма Глаубера для 7,9 ГэВ/с. Для сравнения приведены данные при 7,9 ГэВ/с и 2,2 ГэВ/с.

С помощью установки "Диск" на синхротроне изучены дифференциальные упругие pp -, ND - и DD -рассеяния при больших передачах импульса $|t| = 0,1-2,0$ ($\text{ГэВ}/c$)² и величинах импульсов $8,9$ $\text{ГэВ}/c$ для p и D (рис.3).

В эксперименте анализировались частицы отдачи, образуемые в криогенных мишенях с жидким водородом, дейтерием и гелием.

Сопоставление полученных данных по ND - и DD -рассеянию показало, что они одного порядка при фиксированном значении переданного импульса и для близких значений энергии.

Механизм рождения и распада частиц и резонансов.

Поиск новых частиц

Проанализирован экспериментальный материал, полученный на снимках с двухметровой пропановой камеры, облученной π^- -мезонами с импульсом 40 $\text{ГэВ}/c$ на серпуховском ускорителе. Определены характеристики множественного образования частиц как доминирующего процесса во взаимодействии адронов при высоких энергиях.

Найдены коэффициенты перезарядки:

$$K(p \rightarrow n) = 0,37 \pm 0,05 \text{ и}$$

$$K(n \rightarrow p) = 0,36 \pm 0,06.$$

Исследование поведения поперечных импульсов многопионных систем показало их зависимость в основном только от величины эффективной массы многопионной системы и слабую зависимость от величины заряда пионной группы и типа

мишени (p, n). Зависимости инвариантного дифференциального сечения для резонансов и пионных групп от величины поперечной энергии описываются одной формулой. Это указывает на слабое влияние резонансов на общие характеристики многопионных систем.

Показано, что в pp -, π^-p - и π^-C -взаимодействиях при высоких энергиях имеется подобие распределений по множественности образованных частиц для различных коэффициентов неупругости ("частный" КНО-скейлинг). Нарушение этого скейлинга в π^-p -реакциях при величине коэффициента неупругости $K > 0,3$ в основном определяется влиянием лидирующих частиц. Экспериментальной проверке подвергалась модель Калинкина-Шмонина, по которой предсказывается образование пионного кластера, образующего при своем распаде основную долю частиц во взаимодействии. Наблюдалось хорошее согласие опытных данных с результатами расчетов модели по поведению парциальных коэффициентов неупругости, по свойствам быстрой и медленной компонент частиц, по множественности, по корреляции числа пионов и числа протонов, по распределению частиц по продольной быстрой.

Найдено, что импульсные и угловые распределения $\bar{\Lambda}$ -гиперонов и их средние числа в π^-p - и π^-C -взаимодействиях совпадают в пределах ошибок. Это указывает на малое влияние ядра углерода на рождение $\bar{\Lambda}$ -гиперонов по сравнению с их образованием в π^-p -взаимодействиях.

На основе анализа 21 тыс. неупругих π^-p -событий при импульсе $22,4$ $\text{ГэВ}/c$, полученных с помощью двухметровой жидководородной камеры "Людмила" на

серпуховском ускорителе, показано по-добие реакций $\bar{p}p \rightarrow p$ (медл.) + X и $pp \rightarrow p$ (медл.) + X при сравнимых энергиях и недостающих массах $M(X) = 0 \div 4,7$ ГэВ.

Сопоставление характеристик $\bar{p}p$ -взаимодействий с pp -взаимодействиями при близкой энергии по величине множественности, топологических сечений и относительных моментов множественности подтвердило предсказания схемы дуальной унитаризации с учетом кварков.

Обнаружена корреляция частиц и выстроенность импульсов в азимутальной плоскости $\bar{p}p$ -взаимодействий, которую не удается объяснить наличием резонансов, лидирующих частиц, интерференцией тождественных частиц.

Изучены характеристики образования изобар $\Delta^{++}(1232)$ и $\Delta^{--}(1232)$. Найдено, что помимо периферического механизма их образования имеется некоторый вклад изобар при $y=0$, от событий с большой множественностью, а наклон распределения изобар по величине p_{\perp}^2 согласуется с наклоном аналогичного распределения при образовании векторных мезонов. Механизм образования изобар не противоречит модели однопионного обмена с поглощением.

Расширен поиск резонансов во взаимодействиях на снимках с пропановой камеры, облученной пучком нейтронов средним импульсом 7 ГэВ/с и π^- -мезонов с импульсом 4 ГэВ/с. Проанализировано 49 систем частиц с квантовыми числами $V=0 \div 6$, $S=-2 \div 1$, $Y=0 \div 6$. Резонансные пики обнаруживаются в пяти системах с $V=2$ и в четырех системах с $V=1$, причем все эти системы имеют $Y \leq 1$. Полученный результат указывает на существование правила отбора ад-

ронных резонансов по величине гиперзаряда, который не может быть больше единицы.

Результаты приведены в табл. 1.

Таблица 1

Система	M МэВ	Γ МэВ	Модель MIT BAG
$\Lambda p \pi^{\pm}$	2489	193	Близкие значения
	2780	240	
	3079	188	
$\Lambda \pi^+ \pi^+$	2095	150	2120
	2595	100	2615

Величины масс в наблюдаемых пиках хорошо согласуются с расчетами, сделанными Де Свартом, Джаффе и Комбригге (рис. 4 и 5).

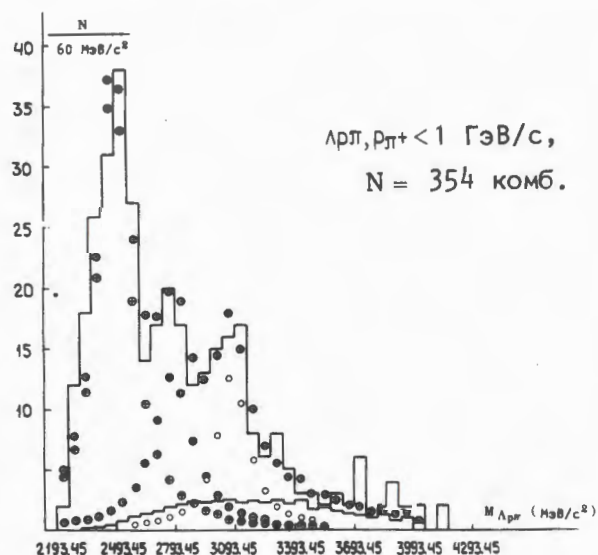


Рис. 4. Распределение по эффективным массам $\Lambda p \pi$: \bullet - распределение Брейта-Вигнера для первого максимума, \circ - то же для второго максимума, \ominus - то же для третьего максимума, \bullet - сумма распределений Брейта-Вигнера для трех максимумов с распределением для фона.

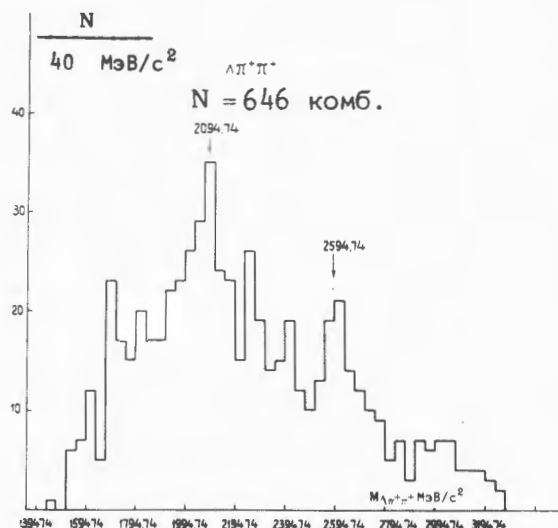


Рис. 5. Распределение по эффективным массам $\Lambda\pi^+\pi^+$.

С помощью установки "Диск" изучен процесс $DD \rightarrow M(X) + D$ при переданном импульсе $|t| = 0,5 (\text{ГэВ}/c)^2$ и импульсе первичных дейтронов $8,9 \text{ ГэВ}/c$ на синхрофазотроне. В зависимости двойного дифференциального сечения $d\sigma/(dtdM(X))$ наблюдался пик упругого рассеяния и второй пик при $\theta = 75^\circ$, соответствующий упругому рассеянию одного из нуклонов налетающего дейтрона на дейтроне мишени, и при массе $M(X) \approx 1880 \text{ МэВ}$ (на $\sim 400 \text{ МэВ}$ больше массы дейтрона) обнаружена резонансная особенность.

На снимках, полученных с помощью однометровой жидководородной камеры на пучке дейтронов с импульсом $3,33 \text{ ГэВ}/c$ на синхрофазотроне, исследована реакция развала дейтрона. Получено, что в области импульсов нуклона-спектатора, кинематически запрещенной для NN -взаимодействия, механизм процесса может быть описан треугольной диаграммой с возбуждением изобары $\Delta(1232)$ в промежуточном состоянии. Обнаружена корреляция между

азимутальными углами нуклона с наиболее вероятным расположением импульсов нуклонов в одной плоскости.

Электромагнитная структура элементарных частиц

В совместном эксперименте ОИЯИ-ЦЕРН по глубоконеупругому рассеянию мюонов проводился набор экспериментального материала на углеродной мишени при энергии 120 и 280 ГэВ и переданных импульсах $|t| = 50-300 (\text{ГэВ}/c)^2$.

Сравнение величин структурной функции при 120 и 280 ГэВ показало их совпадение, что свидетельствует в пользу выполнения масштабной инвариантности (рис. 6). Исследован спектр масс

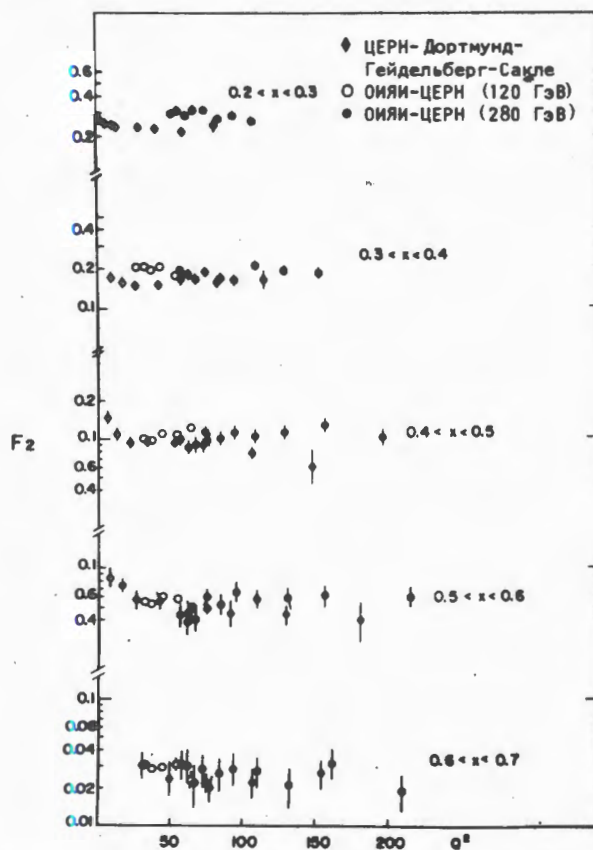


Рис. 6. Поведение структурной функции F_2 в зависимости от величины переданного импульса Q^2 .

двух мюонов. Для частицы $\Upsilon(9,5)$ определена оценка ее рождения на уровне:

$$\sigma \times BR(\Upsilon \rightarrow \mu^+ \mu^-) \leq 10^{-39} \text{ см}^2 / \text{нукл.}$$

Отчетливо наблюдается пик в районе частицы $J/\psi(3,1)$.

Релятивистская ядерная физика

С помощью спектрометра "Диск" на синхрофазотроне проведено исследование характеристик кумулятивного образования пионов, протонов, дейтронов и ядер трития. Экспериментальные данные: получены в пучке протонов с импульсом $8,9 \text{ ГэВ/с}$ с набором из 24 ядер при угле испускания 168° и кинетической энергии пионов от 50 до 1000 МэВ . В экспериментах удалось изучить кумулятивное мезообразование в недо-

ступной ранее области энергий пионов, где сечение падает на 9 порядков величины. В области малых энергий пионов наблюдается структура, более проявляющаяся на мишенях из легких ядер. Зависимость сечения образования кумулятивных пионов и барионных систем от атомного веса ядра-мишени изучена при импульсе вторичных частиц 500 МэВ/с . Выход кумулятивных протонов превышает выход кумулятивных пионов только при $A > 20$, причем для пионов инвариантное сечение их образования на нуклон ядра в области $A > 20$ практически не зависит от величины атомного номера ядра-мишени.

С помощью камерной методики изучено рождение протонов, вылетающих в заднюю полусферу в реакциях взаимодействия нейтронов с импульсом $\sim 7 \text{ ГэВ/с}$ и пионов с импульсом 4 ГэВ/с с ядром углерода. Анализ энергетических распределений подтверждает, что имеется по крайней мере 2 ме-

ханизма образования таких протонов. В этих же взаимодействиях определена поляризация кумулятивно рожденных Λ -гиперонов.

Исследование характеристик кумулятивных пионов в π^-C -взаимодействиях при 40 ГэВ/с показало: в событиях с кумулятивными пионами наблюдается рост множественности всех вторичных частиц, поперечные импульсы больше средних в 2-2,5 раза, вероятность полного разрушения ядра углерода увеличивается в 5 раз и достигает величины 38%.

Закончен анализ по поиску тяжелого изотопа ^{10}He в реакции $D + ^{232}\text{Th}$ при импульсе дейтронов $4,8 \text{ ГэВ/с/нукл.}$ с помощью установки "Спектрометр ядер отдачи" на синхрофазотроне. Показано, что на уровне $1,5 \text{ мкб}$ изотоп ^{10}He не образуется (рис. 7).

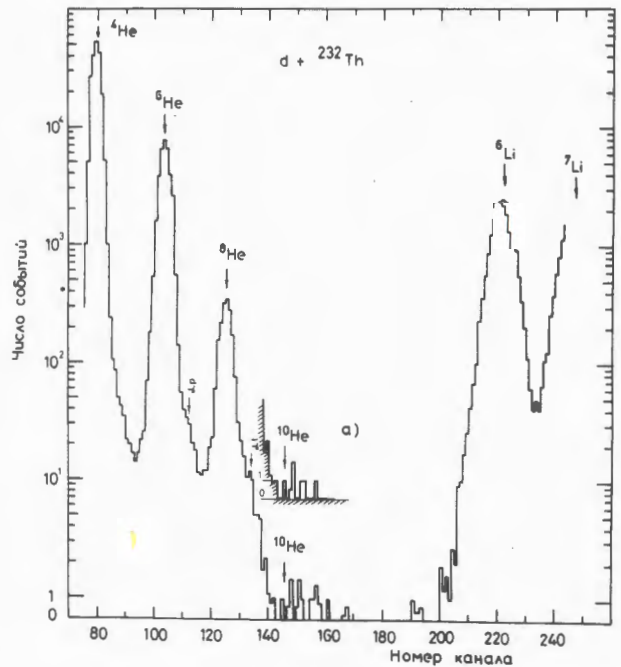


Рис. 7. Распределение по массам фрагментов, образованных в реакции $D + ^{232}\text{Th}$ при импульсе дейтронов $4,8 \text{ ГэВ/с/нукл.}$

В опытах на синхрофазотроне при облучении двухметровой пропановой камеры протонами, ядрами D, He и C с импульсом 4,2 ГэВ/с/нукл. изучены особенности процесса множественного образования частиц. Выяснено, что средняя множественность образованных частиц зависит главным образом от числа нуклонов падающего ядра, которые взаимодействуют с мишенью независимо. Проведено единое описание распределения отрицательных пионов в модифицированных КНО-переменных по топологическим сечениям образования π^- -мезонов в соударениях p, D, He и C с мишенями из C и Ta при 4,2 ГэВ/с/нукл. и в pp-взаимодействиях при энергии больше 60 ГэВ. Таким образом, в исследуемых реакциях (до $\langle n_- \rangle$ меньше 2) не обнаружено проявлений коллективных эффектов при столкновении ядер. Для взаимодействий C+Ta найдено отклонение дисперсии отрицательных пионов от прямой зависимости Мальхотры-Врублевского, которая для pp, pTa, He+Ta выполняется (рис.8). На основе эффекта интерференции тождественных частиц сделана оценка размера области испускания отрицательных пионов в (C+Ta)-взаимодействиях, который оказался равным $(3,3 \pm 0,6)$ Фм (рис.9).

С помощью стримерной камеры СКМ-200, облученной ядрами ^{12}C с импульсом 4,5 ГэВ/с/нукл. на синхрофазотроне, определены сечения неупругих взаимодействий ядер углерода с ядрами C, Ne, Si, Cu и Zr. Неупругие сечения хорошо описываются формулой

Брандта-Петерса $\sigma = \pi r_0^2 (A^{1/3} + A_t^{1/3} - b_0)^2$, где $r_0 = 1,30 \pm 0,01$ и $b_0 = 0,61 \pm 0,01$. Величины сечений даны в табл. 2.

Во взаимодействиях ^4He с импульсом 4,5 ГэВ/с/нукл. с ядрами Li, C, Al, Cu определены сечения образования фрагментов ^1H , ^2H , ^3H , ^3He от ядра

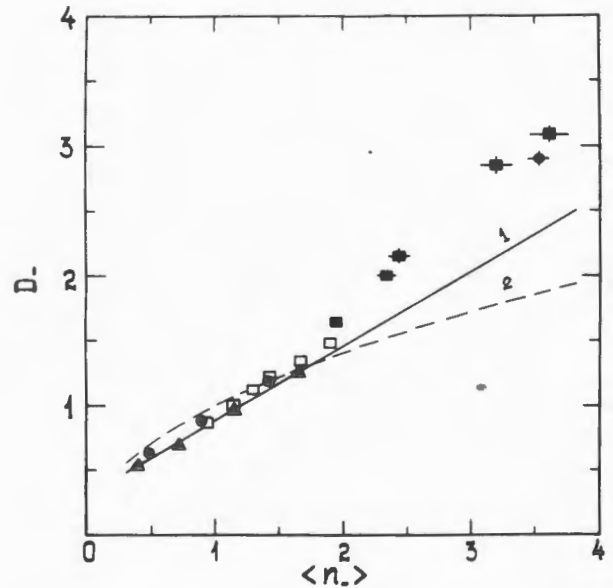


Рис. 8. Зависимость дисперсии D_- от средней множественности отрицательных пионов $\langle n_- \rangle$ для взаимодействий релятивистских ядер с ядрами.

- \square He+(Li,C,Ne,Al,Cu,Pb) } при импульсе
 \blacksquare C+(C,Ne,Si,Cu,Zr) } 4,5 ГэВ/с/нукл.
 СКМ-200.
 \blacktriangle (p, D, He, C)+C } при импульсе 4,2 ГэВ/с/нукл.,
 \bullet (p, D, He, C)+Ta } двухметровая пропановая камера.

1 - распределение Врублевского-Мальхотры в pp-взаимодействиях в диапазоне 4-400 ГэВ/с, 2 - распределение по закону Пуассона.

Таблица 2

	C	Ne	Si	Cu	Zr
$\sigma_{\text{неупр.}}$, мб	805 \pm 30	1100 \pm 60	1200 \pm 80	1770 \pm 90	2025 \pm 120

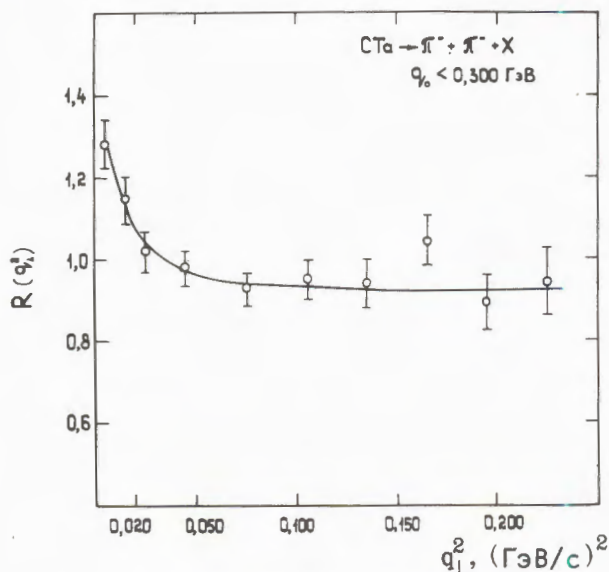


Рис. 9. Проявление эффекта интерференции (подъем при малых величинах q_{\perp}^2) между двумя отрицательными пионами из реакции $C + Ta \rightarrow \pi^- + \pi^- + \dots$ при импульсе ядер углерода $4,2$ ГэВ/с/нукл. Величина R определяет отношение величины эффекта интерференции к фону.

${}^4\text{He}$ и сечение образования нескольких фрагментов в одном взаимодействии. Определена зависимость этих сечений от числа нуклонов в ядре-мишени. Найдено, что средняя множественность отрицательных пионов $\langle n_- \rangle$ в зависимости от массы ядра-мишени постоянна, если из ядра-снаряда ${}^4\text{He}$ взаимодействовало не более двух нуклонов ($N_{\text{int}} \leq 2$), и $\langle n_- \rangle$ растет, если $N_{\text{int}} > 2$. Исследование фрагментации ${}^4\text{He}$ на ядрах позволило исключить модель "коллективной трубки".

Обнаружено испускание нуклонов с кинетическими энергиями от 20 до 400 МэВ без сопровождения вторичными пионами во взаимодействиях пионов с импульсом $3,5$ ГэВ/с с ядрами ксенона. Анализ взаимодействий указывает на монотонное испускание нуклонов, причем их число определяется числом нуклонов ядра, расположенных на пути падающей частицы. Нерегулярности в энергетическом спектре испущенных нуклонов при энергии 40, 140 и 220 МэВ указывают, что испускание нуклонов происходит двумя или более нуклонными системами.

Исследованы энергетические и угловые распределения вторичных частиц во взаимодействиях ядер углерода с импульсом $4,5$ ГэВ/с/нуклон с ядрами фотозмульсии. Найдено, что в центральных взаимодействиях (включая события с полным разрушением ядер-мишени) средняя кинетическая энергия γ -частиц не уменьшается по сравнению с периферическими взаимодействиями, а энергия b -частиц увеличивается. При увеличении массы налетающей частицы от протона до углерода в энергетических распределениях проявляется ряд особенностей, которые трудно объяснить в рамках обычной суперпозиционной модели. Полученные результаты не обнаруживают заметной роли простого механизма ударной волны, но указывают на появление эффектов коллективного взаимодействия сталкивающихся ядер.

Развитие методики эксперимента

Обнаружено новое физическое явление - на пучке протонов с импульсом 8 ГэВ/с с помощью установки "Кристалл" зафиксировано отклонение пучка протонов изогнутым монокристаллом.

Протоны, захваченные в процесс плоскостного каналирования изогнутым монокристаллом кремния длиной 20 мм, отклонялись на угол 26 мрад (рис.10). Радиус траектории частиц составил

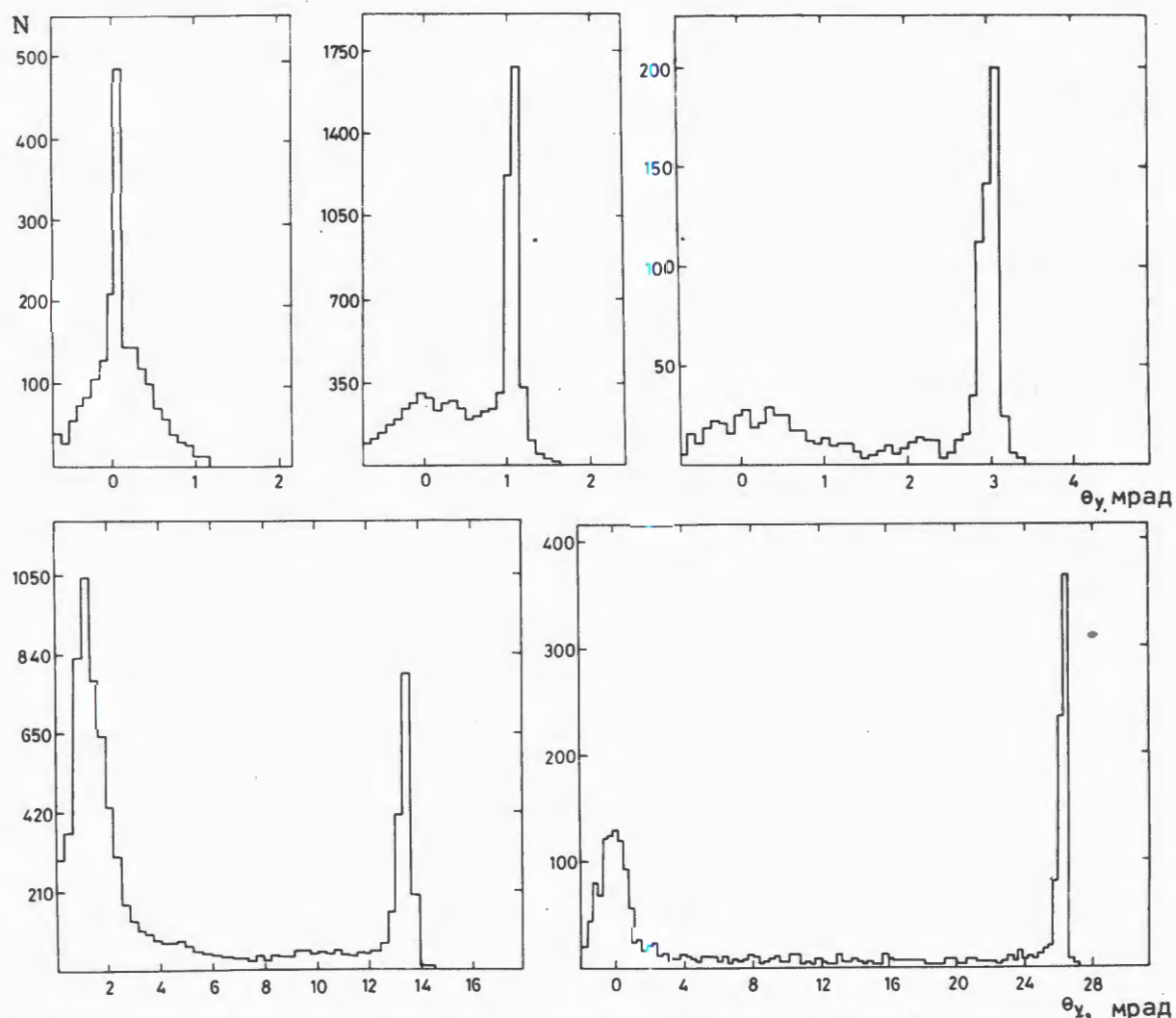


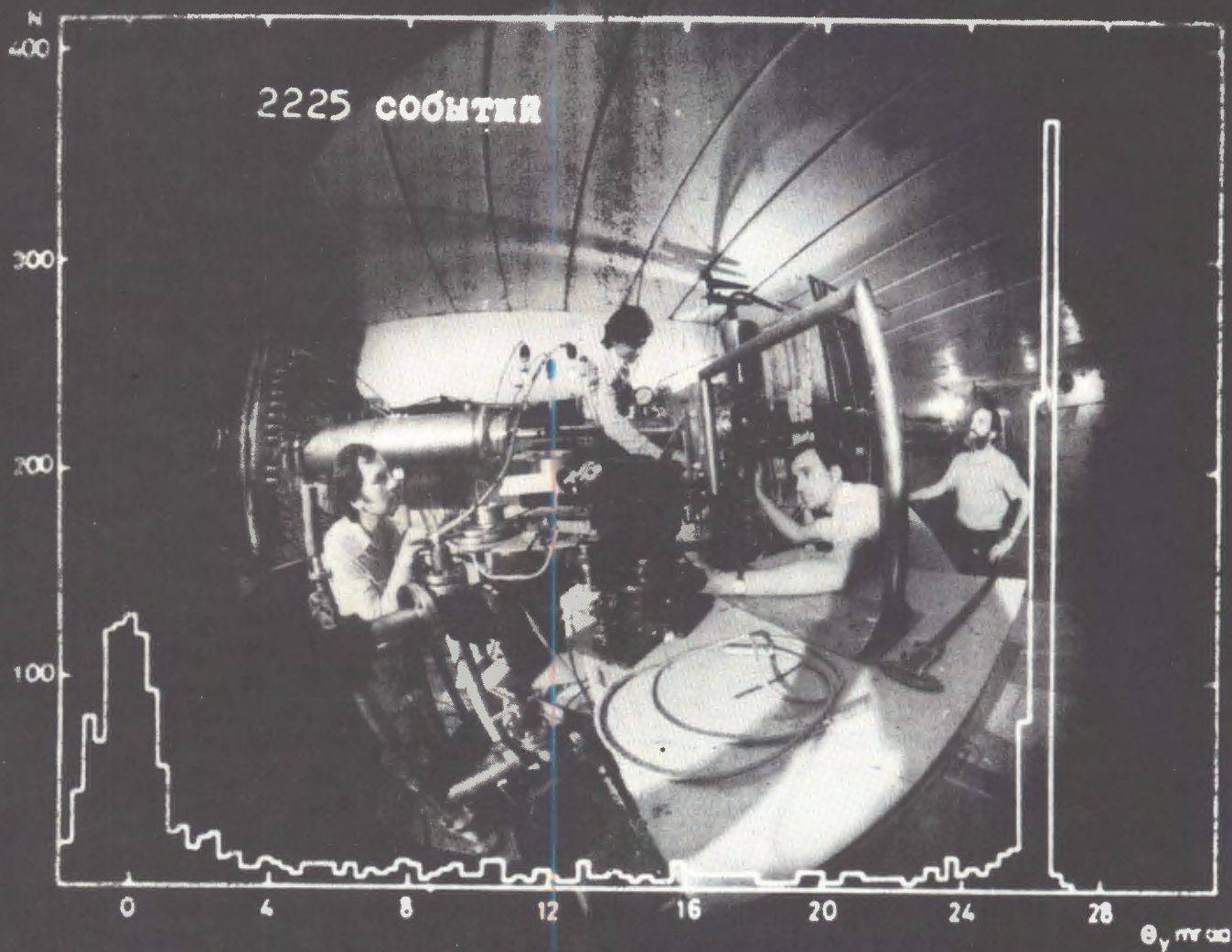
Рис. 10. Распределение протонов первичного пучка по углам выхода при изгибе кристалла на углы 0, 1, 3, 13 и 26 мрад.

38 см, что эквивалентно воздействию на частицу магнитного поля с индукцией около 72 Т. В работе приняли участие сотрудники из стран-участниц ОИЯИ и США.

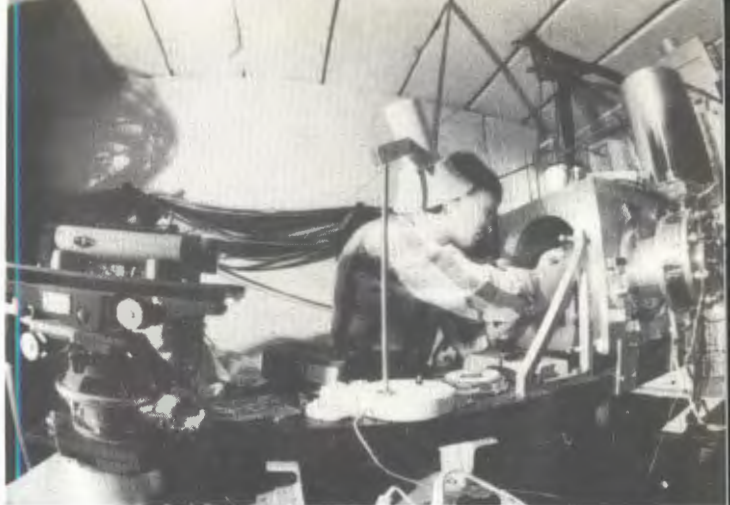
Для обеспечения работы физических установок на пучках гамма-квантов и ядер разработано и изготовлено несколько вариантов криогенных мишеней: водородно-дейтериевая и водородно-гелие-

вая. В каждой мишени третий сосуд является пустым и предназначен для фоновых измерений. Вакуум в мишени составляет 10^{-4} - 10^{-5} Тор.

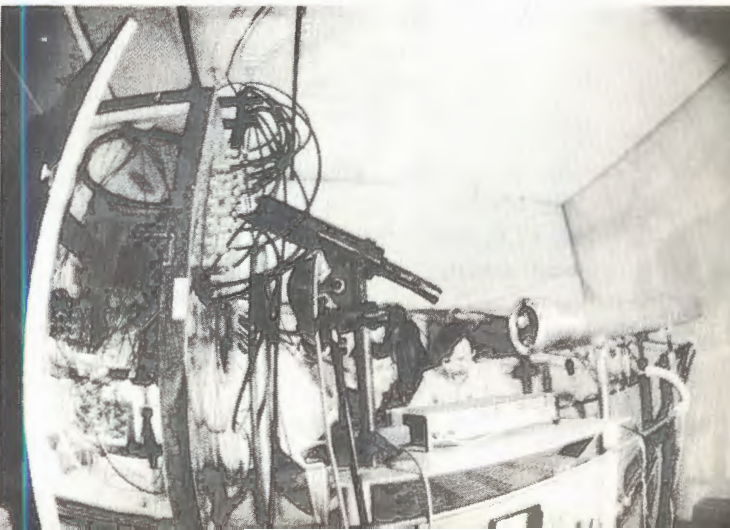
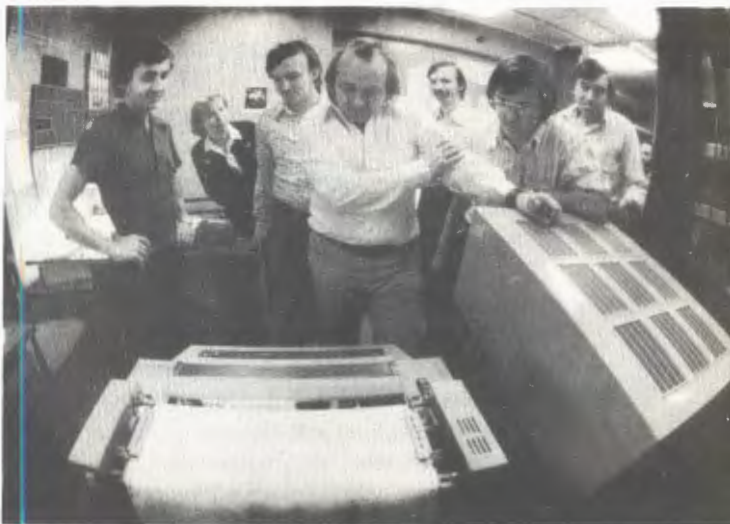
Разработан и создан двумерный детектор рентгеновского излучения, предназначенный для исследования монокристаллов. Пространственное разрешение детектора составляет ~1 мм, быстродействие - около 2×10^5 соб/с. Прибор



На установке "Кристалл" зафиксировано оплоднение пучка протонов с импульсом 8 ГэВ/с изогнутым монокристаллом.



Установка для исследования каналирования частиц высоких энергий создана при участии институтов Польской Народной Республики, Советского Союза и США.



работает на линии с ЭВМ, информация передается на телевизионный монитор.

Разработаны и изготовлены новые блоки вычислительной техники и электронные устройства: интерфейс к ЭВМ "Эклипс С/200", аппаратура для повышения разрешающей способности ионизационных датчиков на синхрофазотроне, аппаратура для измерения энергетических потерь в импульсных сверхпроводящих магнитах и в коротких образцах сверхпроводящих кабелей, работающая на линии с ЭВМ ТРА-70. На основе микропроцессора Intel-8080 разработана система "Мишка", предназначенная для использования в качестве микро-ЭВМ при обработке физической информации или в качестве системы управления при ре-

шении задач в реальном масштабе времени. Система "Мишка" позволяет автоматизировать такие эксперименты, в которых из-за большой стоимости мини-ЭВМ применение средств вычислительной техники ранее не было оправданным.

На основе гибридной интегральной схемы преобразователя "заряд-время" создан блок регистрации для аналоговых годоскопических систем, работающий по новому принципу смещения аналоговых сигналов, что позволило резко снизить аппаратные затраты. Создан микропроцессорный стенд для автоматизированной проверки характеристик аналоговых и аналого-цифровых блоков КАМАК. Разработан простейший специализированный язык типа Бейсик-Фокал.

Совершенствование действующих и разработка новых физических приборов и установок

Совершенствование синхрофазотрона

На синхрофазотроне выполнен большой объем работ по улучшению и модернизации некоторых узлов ускорителя и стабилизации режимов его работы.

В систему управления медленным выводом пучка ускоренных частиц введена аппаратура для осуществления равномерного вывода пучка (опытный вариант). Одновременно с этим реализовано отделение малой доли пучка (до 0,001) для медленного вывода и обеспечено поддержание этого уровня с высокой степенью стабилизации. Данная схема осуществляет и подавление низкочастотных (до 150 Гц) пульсаций тока выведенного пучка. Осуществлен режим медленного вывода двух пучков в одном

цикле ускорения: одного при энергии 300 МэВ/нуклон и второго - при 2-4 ГэВ/нуклон.

Создана многоканальная система мониторинга пучка для диагностики и настройки режимов ускорителя при ускорении ядер С, О, Ne в диапазоне интенсивностей от 10^2 до 10^9 ядер в цикле.

Продолжались работы по созданию аппаратуры для измерения магнитных полей в рабочей области камеры синхрофазотрона.

Для ионного источника "Крион-2" разработан комплекс электронной аппаратуры, позволивший довести энергию электронного пучка до 20 КэВ и ток до 100 мА. Это позволило получить на выходе источника пучок Xe^{+48} с интенсивностью 10^7 ион/цикл (рис. 11).

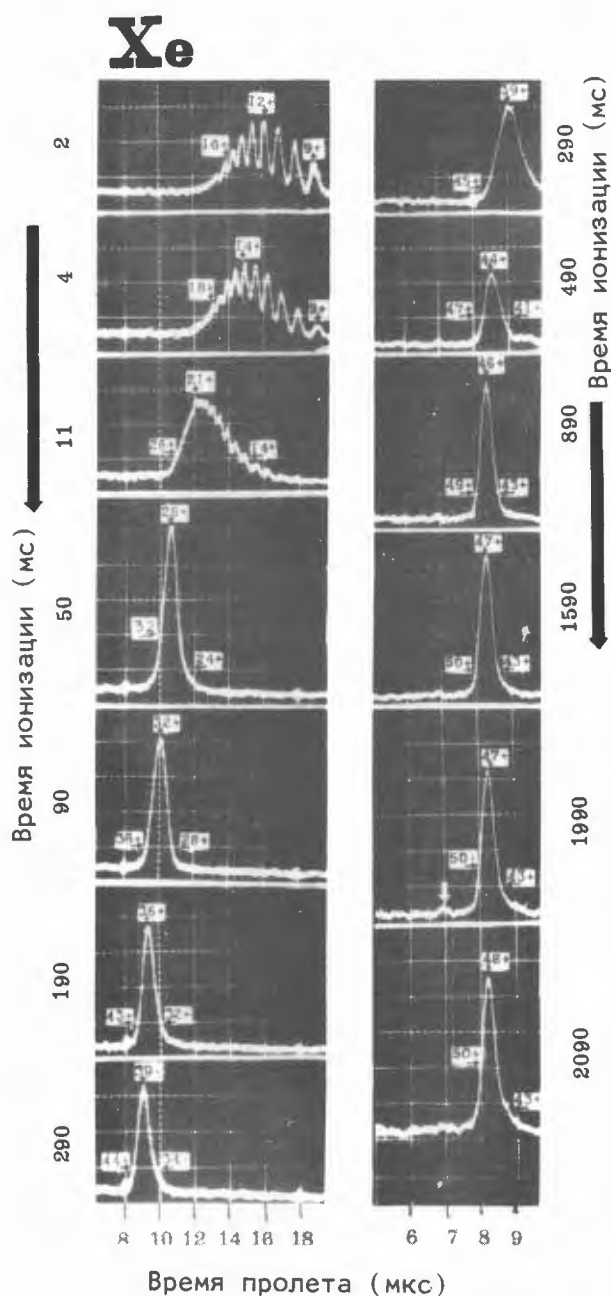


Рис. 11. Спектры зарядов ионов Xe, получаемые с помощью установки "Крион-2".

Работы по проектам нуклотрона, ускорительно-накопительного комплекса и ускорительного комплекса тяжелых ионов

Продолжалась разработка технологии изготовления сверхпроводящих материалов и магнитов, а также проводились их исследования.

Усовершенствован стенд для измерения калориметрическим способом тепловыделений в коротких образцах сверхпроводника, находящихся в переменном магнитном поле.

Проведены подробные испытания образца дипольного магнита из трубчатого сверхпроводника с циркуляционной системой криостатирования потоками двухфазного гелия. Максимальный критический ток в магните составил 7500 А при поле в центре магнита 2,4 Т. Степень деградации критического тока оказалась низкой (10%) даже при больших скоростях изменения поля (4 Т/с) и тепловыделениях (18 Вт), что указывает на хорошие условия охлаждения магнита.

Проводилось исследование потерь в коротких образцах сверхпроводников, измерение теплопроводности и электрического сопротивления сверхпроводников типа НТ-50 и кабелей, изготовленных в ЛВЭ. Измерены критические токи образцов силовых шин, изготовленных в лаборатории, и одиночных проводов промышленного производства.

Исследованы характеристики сверхпроводящего диполя на 4 Т, ток 1500 А и энергию 80 кДж. Магнит охлаждался прокачкой двухфазного гелия с различным паросодержанием по полым сверхпроводящим обмоткам диполя. Успешно опробованы аварийные режимы с превышением критического тока.

Проводилась детальная математическая проработка вопросов создания тяжёлоионного синхротрона (ТИС). Определены допуски на магнитные элементы,

рассчитан вариант перевода частиц из синхротрона в синхрофазотрон, а также рассмотрены вопросы инжекции и ввода пучка.

Запланированное время работы ускорителя - 4202 часа.

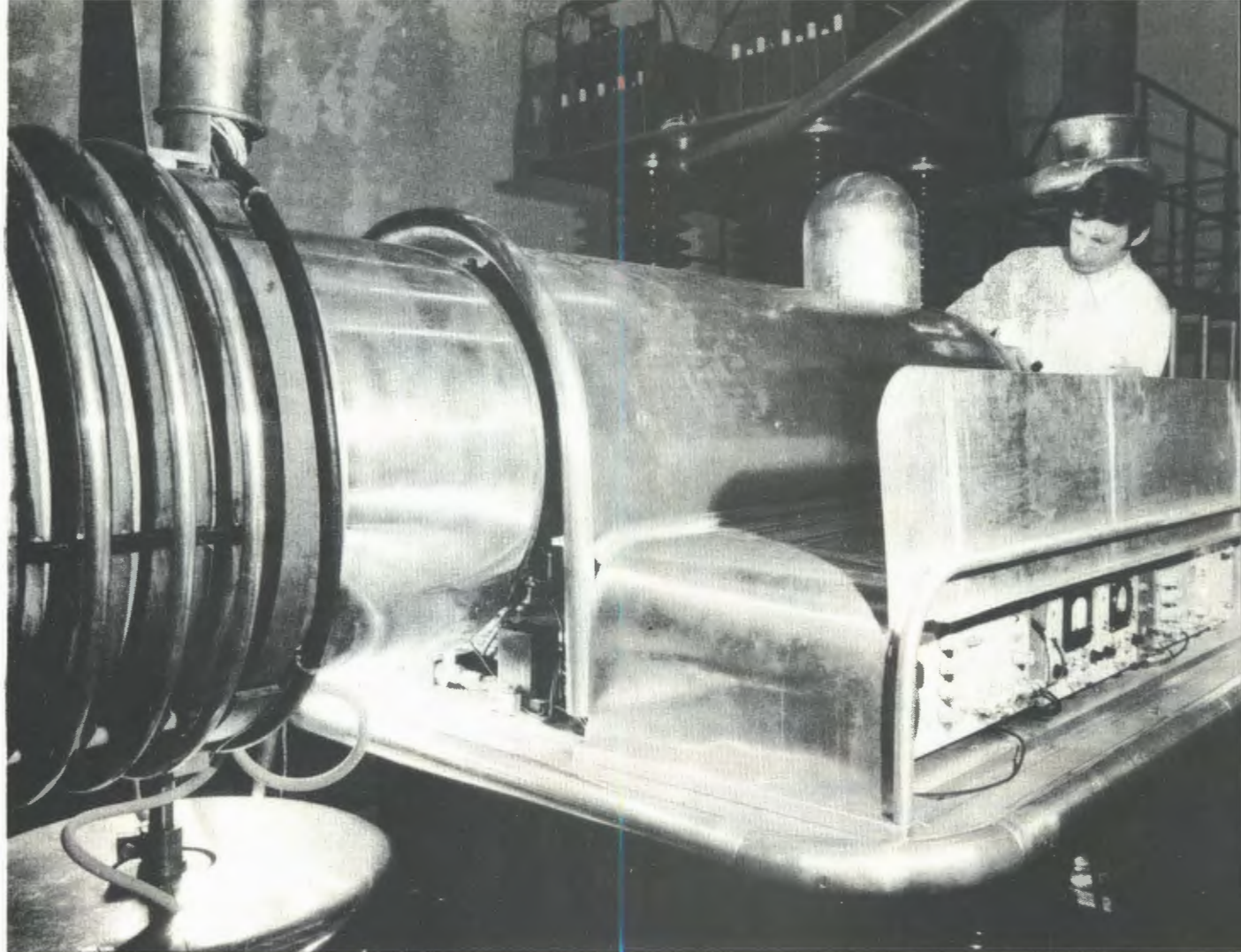
Ускоритель работал:

а/ на экспериментальные исследования по физике элементарных частиц и физике релятивистских ядер - 3413 ча-

Эксплуатация синхрофазотрона

сов со средней интенсивностью $5,3 \times 10^{11}$ ускоренных протонов; $2,3 \times 10^{11}$ дейтронов; 5×10^9 ядер гелия; 4×10^5 ядер углерода за один цикл ускорения;

б/ на совершенствование систем ускорителя - 560 часов.



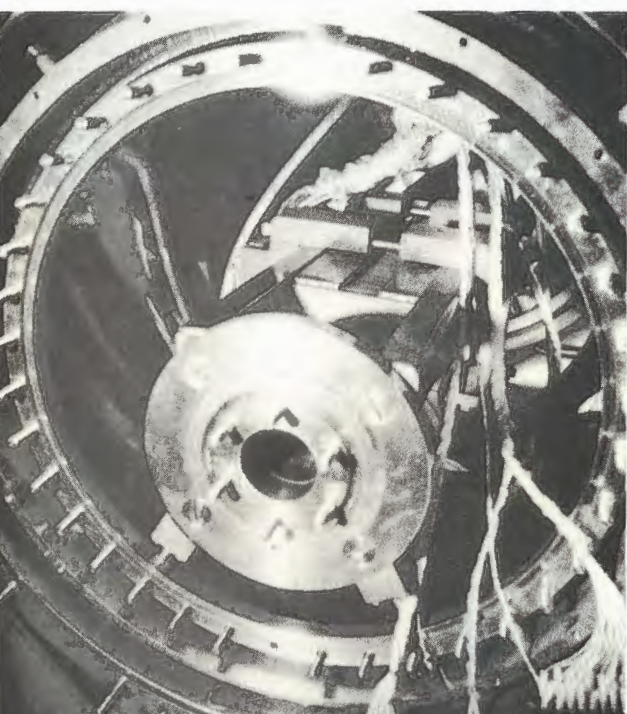
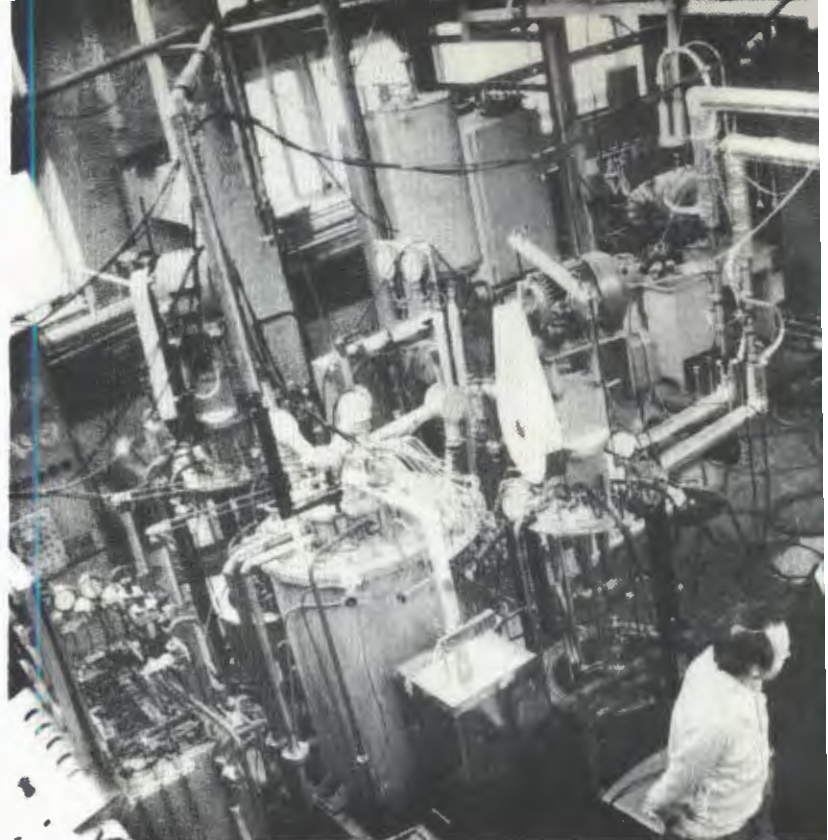
Продолжались работы по совершенствованию электронно-лучевого криогенного ионизатора ("Крион-2"). Путем увеличения энергии электронного пучка в источнике созданы условия для эффективной ионизации тяжелых ионов.



Выполнен большой объем работ по совершенствованию синхротрона. Создана многоканальная система мониторинга пучка для диагностики и настройки режимов работы ускорителя.

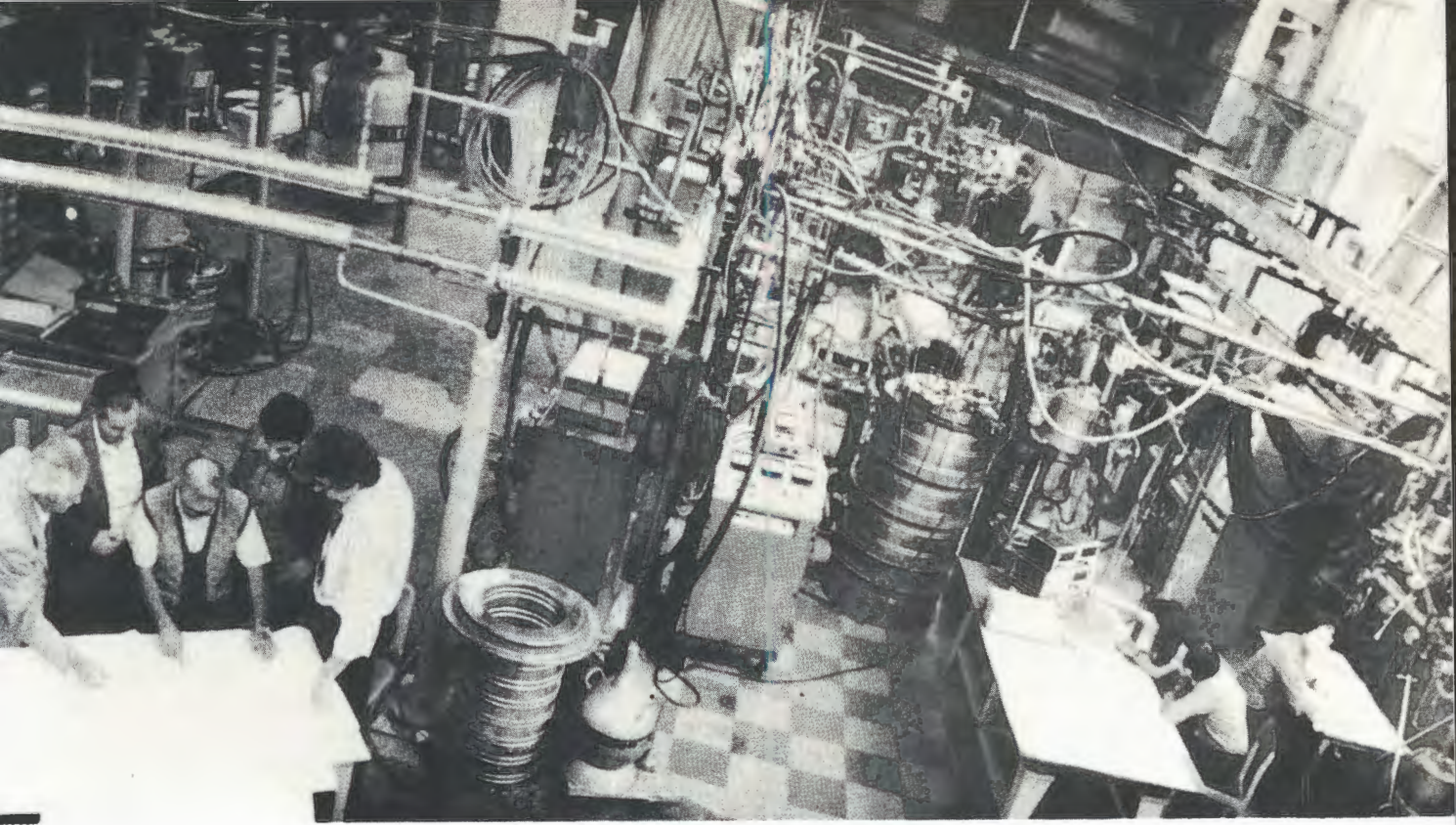


Павильон для испытаний сверхпроводящих магнитов.

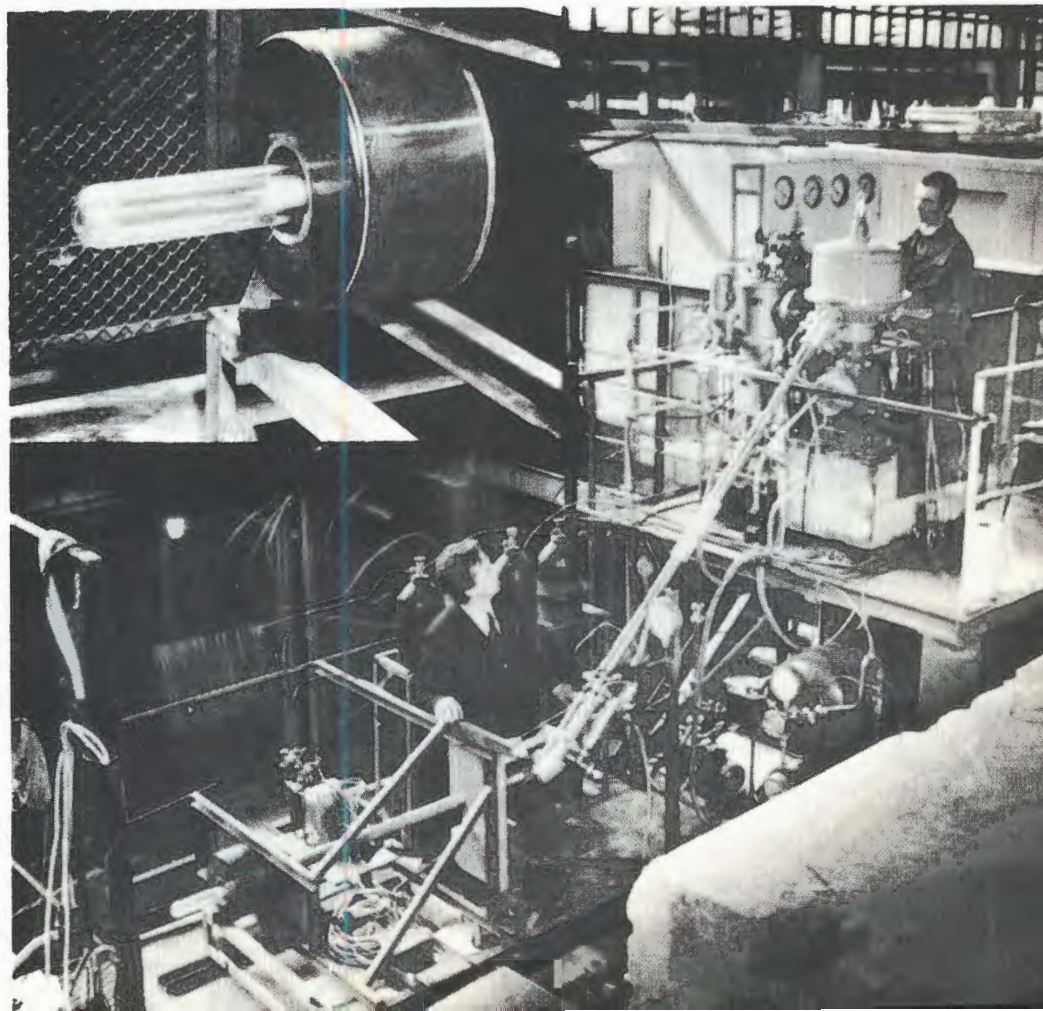


В соответствии с программой работ по проектам нуклофона и УНК проводятся исследования сверхпроводящих материалов и магнитов. С участием специалистов из ЧССР исследованы характеристики сверхпроводящего диполя.





Для экспериментов с использованием стримерных камер разработана и создана жидководородная неметаллическая мишень.





Лаборатория ядерных проблем

В 1979 году научно-исследовательская и научно-методическая деятельность лаборатории велась по трем главным направлениям:

- завершение исследований по физике средних энергий на синхроциклотроне (до остановки синхроциклотрона для реконструкции в июле 1979 г.);
- выполнение работ по реконструкции синхроциклотрона: изготовление и наладка оборудования для установки "Ф", демонтаж ускорителя (вторая половина 1979 г.);
- развертывание широкой программы

исследований по физике высоких энергий на серпуховском ускорителе.

Лаборатория активно участвовала в мюонном эксперименте ОИЯИ-ЦЕРН, три крупных опыта успешно проводились на ускорителе ЛИЯФ (Гатчина), завершалась обработка данных совместного эксперимента ЛЯП ОИЯИ - СИН (Цюрих). Разрабатывались новые методы и электронная аппаратура для ядерно-физических исследований. Проводились расчеты динамических характеристик ускорительно-накопительного комплекса. На ускорителе У-120М в Ржеже (ЧССР) достигнуты проектные параметры.

Научно-исследовательские работы

Исследование свойств и взаимодействий элементарных частиц

На пятиметровом магнитном искровом спектрометре МИС получены дифференциальные сечения процесса дифракционной диссоциации π -мезонов с импульсом 40 ГэВ/с в систему трех π -мезонов на ядрах Be, C, Si, Ti, Cu, Ag, Ta и Pb (рис.12,13). На основании анализа как дифференциальных, так и интегральных сечений когерентного процесса образования бозонных систем в рамках теории многократного рассеяния Глаубера-Ситенко определены полные сечения взаимодействия нестабильной многомезонной системы с нуклоном в области эффективных масс $0,8 \div 1,8 \text{ ГэВ/с}^2$. Полное сечение взаимодействия продольно-поляризованной нестабильной системы с нуклоном составляет 18 мб в области масс $0,8 \div 1,8 \text{ ГэВ/с}^2$, что свидетельствует о малости погло-

щения рожденной бозонной системы в ядерной материи. Анализ зависимости когерентного сечения (рис. 14) от атомного веса ядра и массы нестабильной бозонной системы подтверждает явление антиэкранирования в процессах дифракционной диссоциации, предсказанное кварк-партоной моделью, развитой в лаборатории.

С единой точки зрения изучены и проанализированы многие существенные характеристики адрон-ядерных соударений: такие как инклюзивные спектры лидирующей частицы, в частности протонов, в реакциях $pA \rightarrow pX$, а также характеристики множественного рождения вторичных частиц в адрон-ядерных соударениях в широкой области энергий.

Основные результаты этих работ сводятся к следующему:

1. Теория многократных столкновений обобщена на неупругие взаимодействия адронов с ядрами при высоких энергиях.

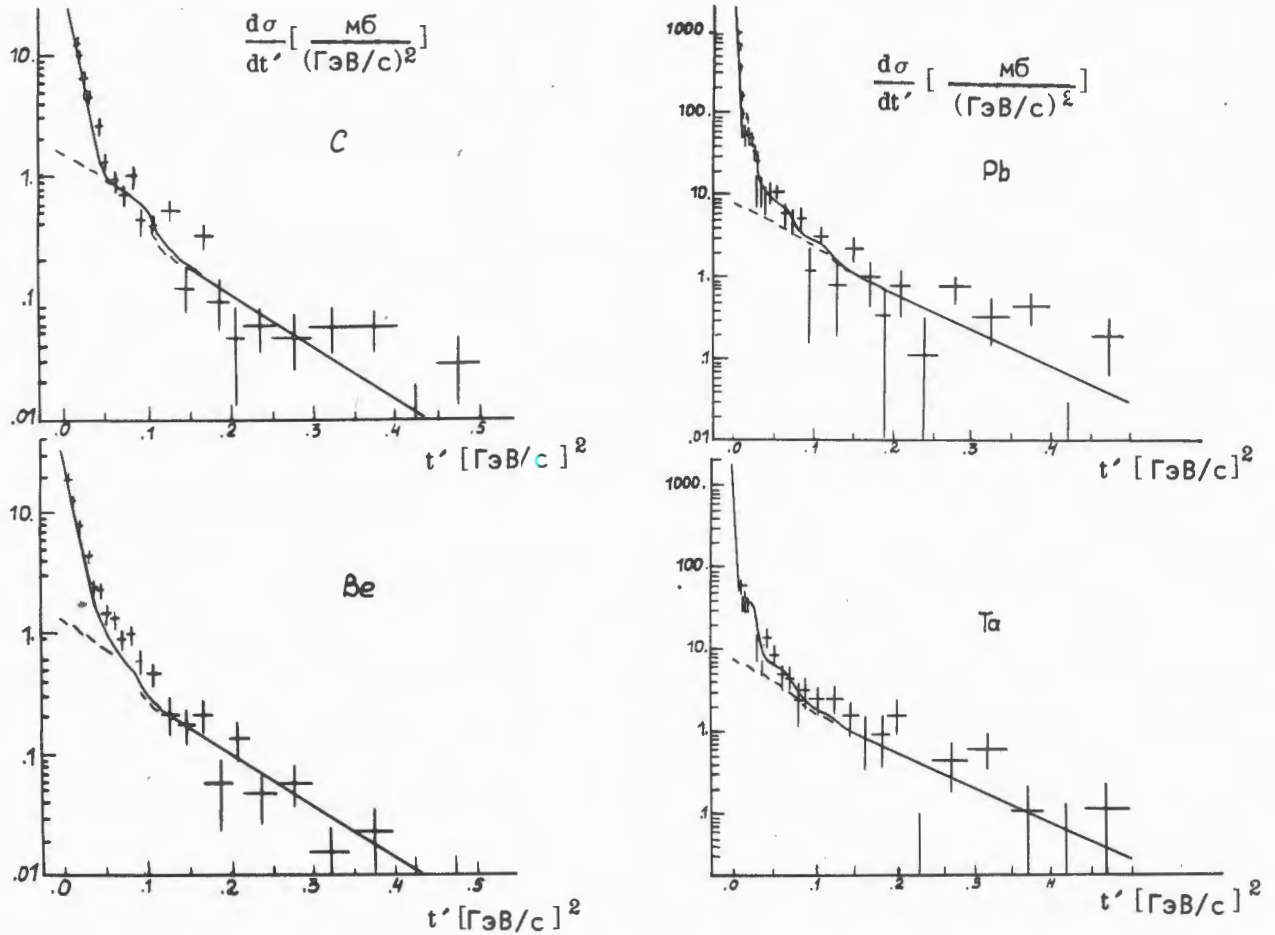


Рис. 12. Дифференциальное сечение процесса дифракционной диссоциации π -мезона в систему трех π -мезонов при энергии 40 ГэВ/с. Сплошной кривой обозначен результат фитирования данных по теории Глаубера-Ситенко. Пунктирной - некогерентное сечение.

2. В рамках этого подхода изучены спектры лидирующих и вторичных частиц в инклюзивных реакциях с большими поперечными импульсами. Показано, что теория многократных перерасеяний удовлетворительно описывает как слабую A -зависимость одних величин (коэффициенты неупругости и средние поперечные импульсы), так и аномально сильную A -зависимость других характеристик, таких как инклюзивные спектры лидирующих и вторичных частиц при больших P_{\perp} .

3. Предложена модификация модели каскада лидирующей частицы с учетом флуктуаций энергетических потерь ли-

3. Предложена модификация модели каскада лидирующей частицы с учетом флуктуаций энергетических потерь ли-

дирующей частицы в актах последовательных соударений с внутриядерными нуклонами.

На основе развитой ранее кварк-партонной модели показано, что амплитуда неупругой дифракции вперед отрицательна (в отличие от упругой). Это приводит к аномальному, антиэкранированному знаку неупругих поправок в дифракционной диссоциации на ядрах. Найдено также, что вклад этих поправок велик, и пренебрежение ими (что всегда делается) приводит к кажущемуся ослаблению сечения поглощения рожденных частиц. Предсказан ряд наблюдаемых эффектов.

В рамках стандартной кварк-партонной модели вычислено распределение

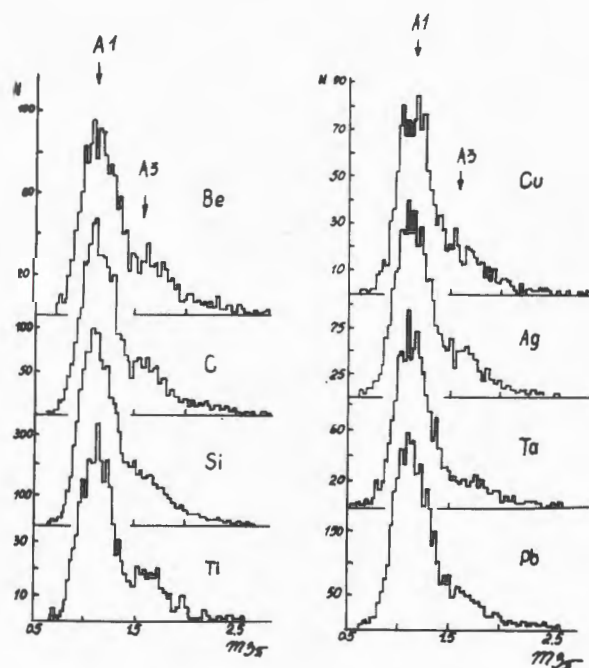


Рис. 13. Спектр эффективных масс системы трех мезонов, наблюдающийся на установке МИС в процессе дифракционной диссоциации.

по числу медленных партонов в релятивистском адроне. Это распределение необходимо при вычислениях, связанных со взаимодействием адронов и особенно адронов с ядрами.

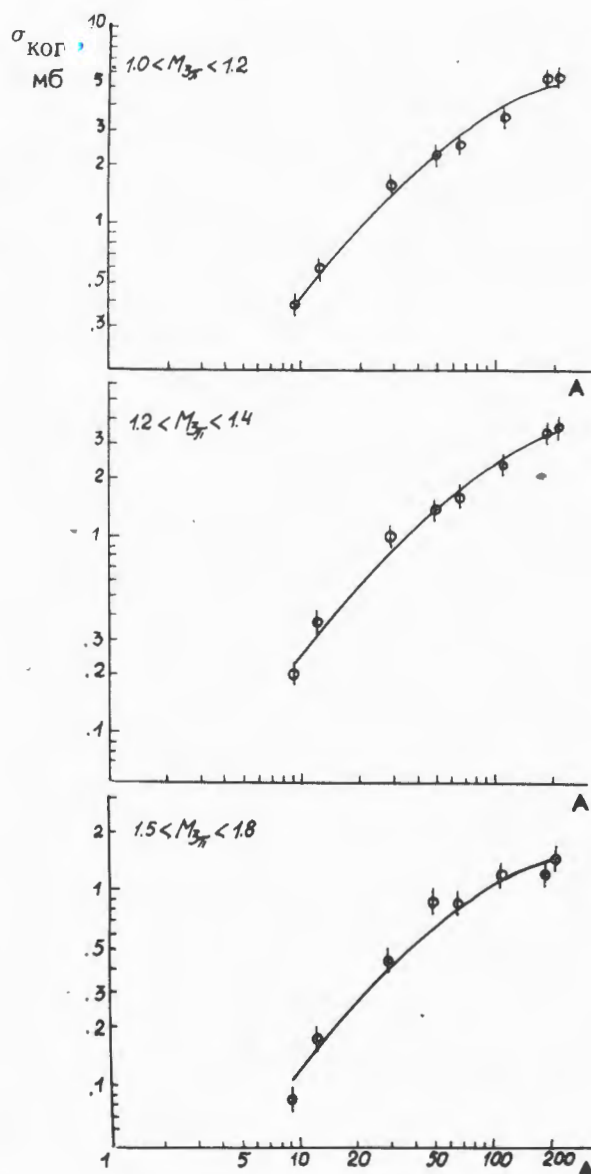


Рис. 14. Полное сечение когерентного образования системы трех π -мезонов в зависимости от атомного веса ядра для трех интервалов эффективных масс трехмезонной системы.

На пучке нейтронов со средней энергией 600 МэВ с использованием поляризованной мишени выполнены измерения поляризации P_{np} и параметра D_{np} в упругом (n-p)-рассеянии при энергии 600 МэВ. Значения D и P_{np} приведены в табл. 3 и на рис. 15.

Наблюдается резкая зависимость D_{np} от угла рассеяния вблизи 130° .

Значения поляризации вполне удовлетворительно согласуются с данными, полученными ранее в работах на поляризованном протонном пучке с использованием дейтрона в качестве нейтронной мишени. Следует отметить, что точность результата при использовании поляризованной протонной мишени заметно повышается.

Таблица 3

θ° лаб. сист.	θ° с.ц.м.	$\Delta\theta$	P_{np}	ΔP	D_{np}	ΔD_{np}
37	97,4	1,4	-0,390	0,016	-	-
25	123,6	0,7	-0,212	0,040	-	-
22	129,8	1,4	-0,249	0,005	-0,25	0,09
9	159,6	1,1	-0,076	0,008	-0,36	0,16

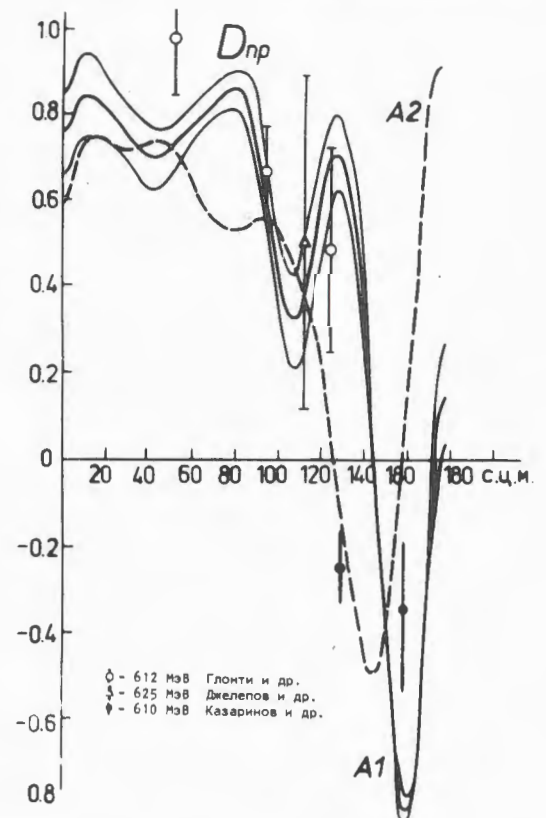
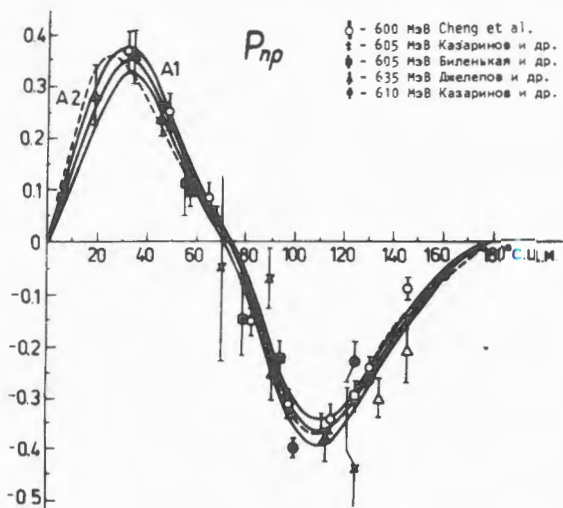


Рис. 15. Зависимость поляризации P_{np} и параметра D_{np} в упругом (n-p)-рассеянии от величины угла рассеяния в системе центра масс.

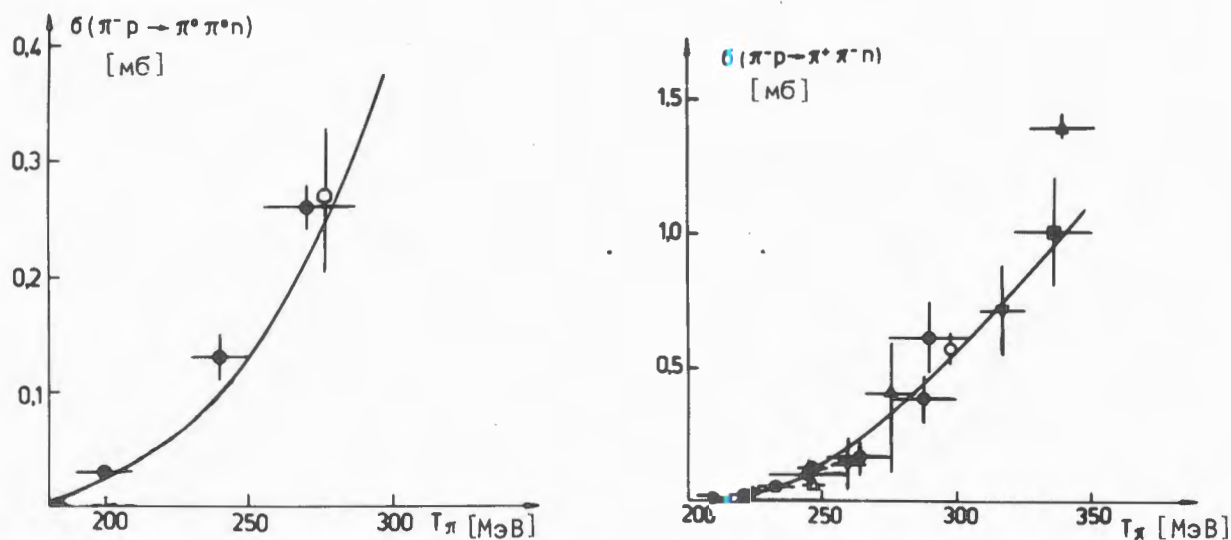


Рис. 16. Полные сечения реакций $\pi^- p \rightarrow \pi^0 \pi^0 n$ и $\pi^- p \rightarrow \pi^+ \pi^- n$ вблизи порога. Сплошные линии - расчеты в рамках теории нарушенной киральной симметрии сильных взаимодействий в приближении древесных диаграмм с учетом Δ_{33} -изобары и унитаризации амплитуды $\pi\pi$ -рассеяния.

Измерены полные сечения реакции $\pi^- p \rightarrow \pi^0 \pi^0 n$ вблизи порога при энергиях 200 и 240 МэВ. В рамках теории нарушенной киральной симметрии получено описание экспериментальных данных по полным сечениям пяти каналов реакций $\pi N \rightarrow \pi\pi N$ с учетом пион-нуклонных диаграмм древесного вида, унитаризации амплитуды $\pi\pi$ -рассеяния и древесных диаграмм с обменом изобарой Δ_{33} .

Таким образом, показана самосогласованность описания процессов рассеяния пионов пионами реакций $\pi N \rightarrow \pi\pi N$ в теории нарушенной киральной симметрии (рис. 16).

Ядерная физика в области промежуточных энергий

Исследованы корреляционные спектры заряженных частиц в π^- -С-взаимодействиях при 5 ГэВ/с с вылетом протонов в заднюю полусферу.

Изучены распределения углов в лабораторной системе координат между двумя протонами, один из которых вылетает в заднюю полусферу, при этом рассматриваются только такие пары протонов, разность импульсов которых по абсолютной величине не превышает 60 МэВ/с. Это сделано для того, чтобы четче выявлять корреляции между кумулятивными протонами (рис. 17). Спектры сравниваются с расчетами по каскадно-испарительной модели. Показано, что основной вклад в процесс испускания кумулятивных протонов дает механизм поглощения медленного π -мезона коррелированной парой нуклонов внутри ядра.

Исследованы также ассоциативные множественности рождения кумулятивных протонов для интервалов по импульсу протонов: $0,16 < P < 0,6$ и $0,3 < P < 0,6$. Расчеты по каскадно-испарительной модели удовлетворительно описывают экспериментальный спектр.

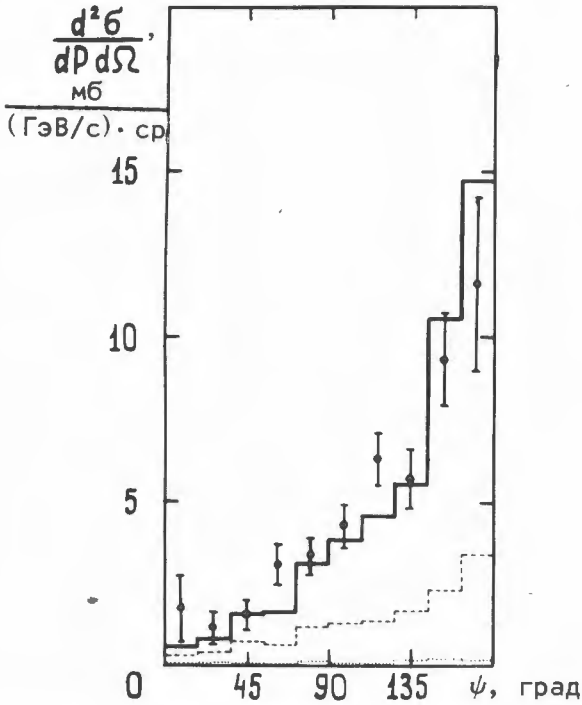


Рис. 17. Распределения по углу разлета между протонами, вылетающими в заднюю полусферу, и остальными протонами в реакции $\pi^- + C = p_r + n_r + X$ ($n, m = 1, 2, 3, \dots$). Точками на рисунке обозначены экспериментальные значения. Сплошная гистограмма - расчет по каскадно-испарительной модели. Пунктирная гистограмма - вклад событий, где не было поглощения π -мезонов парой нуклонов. Точечная - вклад протонов, испущенных в результате развала остаточного возбужденного ядра.

Показано, что широкий круг инклюзивных, двухчастичных и трехчастичных сечений эмиссии быстрых нуклонов в адрон-ядерных соударениях может быть описан в рамках феноменологической модели возбуждения малонуклонных систем. Такая модель исходит из предположения о квазидифракционном характере рассеяния налетающего адрона на малонуклонных группах - кластерах в ядре-мишени и независимости спектра возбуждения кластеров от типа и энергии налетающей частицы. Для описания имеющихся экспериментальных данных

следует принять, что среднее значение спектров возбуждения лежит в области 100-200 МэВ. Модель возбуждения малонуклонных систем позволяет связать между собой сечения многих ядерных процессов с эмиссией частиц в кинематической области, запрещенной для свободного адрон-нуклонного рассеяния.

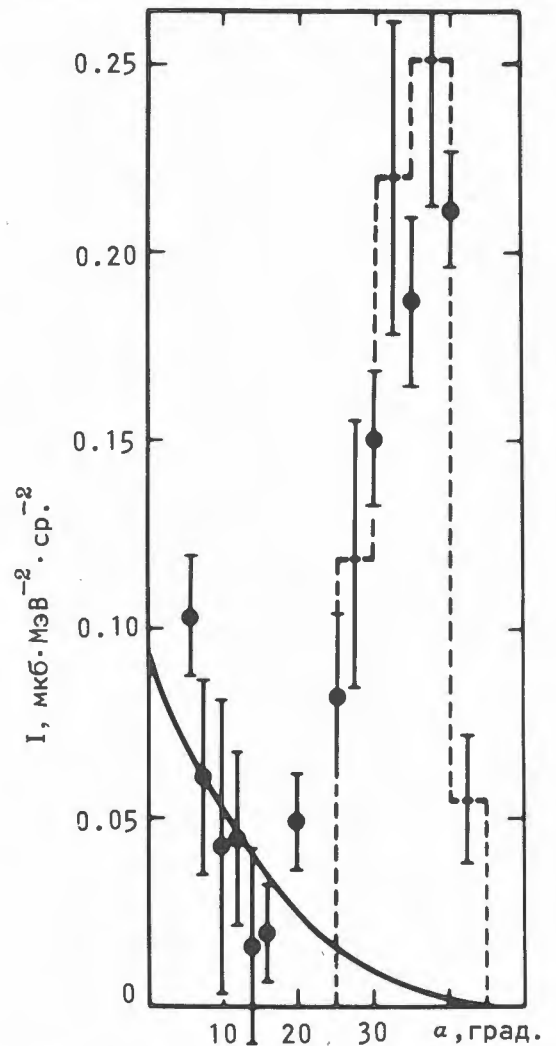


Рис. 18. Угловое распределение эмиссии двух протонов в протон-углеродном взаимодействии при 640 МэВ. Гистограмма - расчет по каскадной модели; кривая - расчет по феноменологической модели рассеяния на скоррелированных нуклонных парах ядра.

В протон-углеродных взаимодействиях при 640 МэВ обнаружено возрастание двухчастичного дифференциального сечения эмиссии быстрых протонов (265-340 МэВ) в области малых углов раскрытия пары испускаемых вперед протонов (рис. 18). В отличие от области углов вблизи $\alpha=40^\circ$, где доминирует квазиупругое нуклон-нуклонное рассеяние, сечение при $\alpha \leq 20^\circ$ не воспроизводится расчетами по каскадной модели без учета корреляции нуклонов в мишени. Возрастание сечения в этой области углов можно объяснить рассеянием налетающего протона на малые углы скоррелированными нуклонными парами ядра-мишени. Распад движущейся

пары, получившей энергию возбуждения около 200 МэВ, приводит к эмиссии двух быстрых нуклонов. Регистрация рассеянного вперед нуклона и одного из нуклонов возбужденного кластера проявляется в наблюдаемом поведении двухпротонной эмиссии.

Продолжались эксперименты по поиску суперплотных ядер. При масс-сепарации продуктов взаимодействия протонов и дейтронов (8 ГэВ) с танталом и вольфрамом определен верхний предел выхода сверхплотных ядер калия, рубидия, цезия и бария - порядка 10^{-5} от выхода нормальных изотопов тех же элементов (рис. 19).

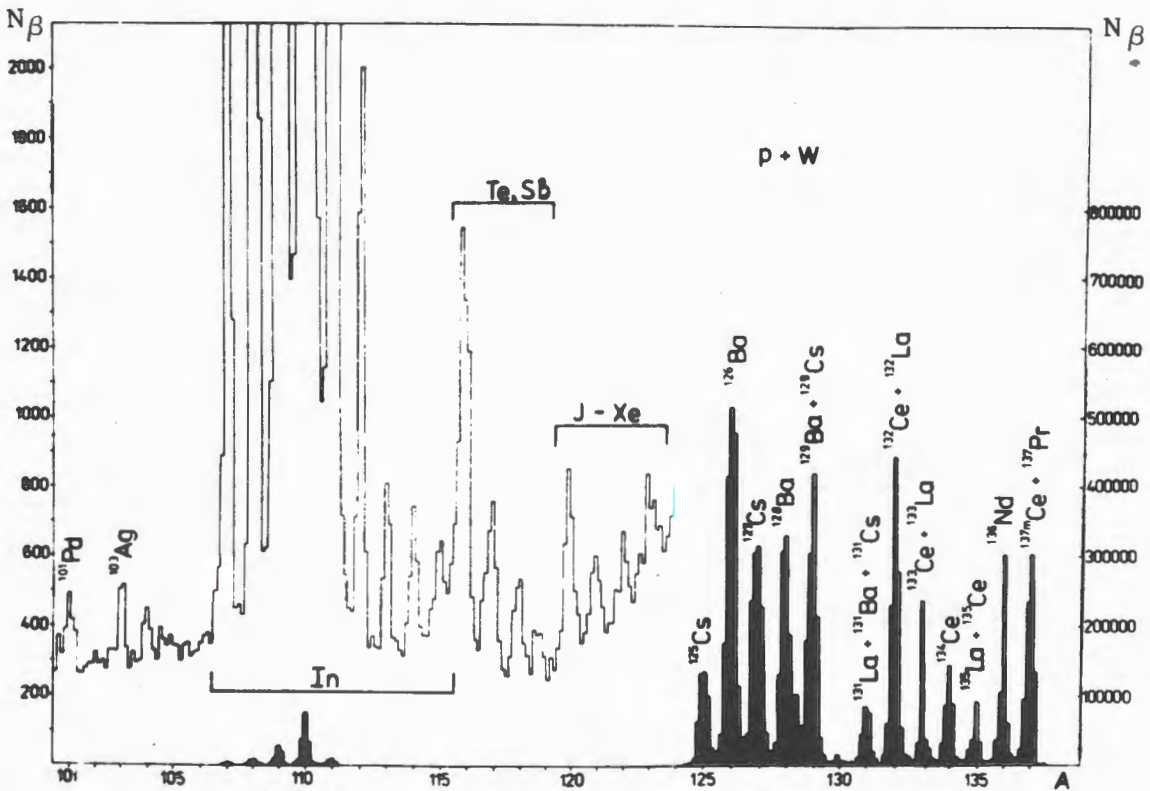


Рис. 19. Распределение бета-активности на сборнике масс-сепаратора для продуктов расщепления вольфрама протонами с энергией 8 ГэВ ($100 < A \leq 138$). Измерения сделаны через 2 ч после конца облучения. Правая шкала относится к зачерненному спектру. Шаг сканирования - 3 мм.

Завершена обработка данных по измерению упругого рассеяния π^- -мезонов при энергии 145, 180, 195 МэВ. На основе разработанной теории впервые получена оценка магнитного формфактора ядра ^3He . Найдено значение магнитного радиуса ядра гелия-3: $R_m(^3\text{He}) = 1,95$ Фм. Ядерные формфакторы, используемые в теории при построении оптического потенциала, вводятся с учетом эффектов мезонного обмена в $(e-^3\text{He})$ -рассеянии. Изучение реакций пионов с трехнуклонными системами обогащает сведения о зависящих от спина и изоспина компонентах пион-ядерных сил и помогает установить связь между процессами рассеяния электронов и пионов на ядре.

Спектроскопия нейтронодефицитных ядер

Продолжалось систематическое изучение удаленных от полосы бета-стабильности нейтронодефицитных изотопов редкоземельных элементов на синхротронном циклотроне ЛИЯФ по программе ИРИС-ЯСНАПП с использованием масс-сепаратора на линии с протонным пучком 1 ГэВ. Запуск в работу лентопротяжного устройства и использование усовершенствованного ионного источника расширило методические возможности "онлайн"-экспериментов. Методами альфа-, гамма- и рентгеновской спектроскопии проведено исследование радиоактивного распада изотопов Lu, Yb, Tm, Er и Ho в области масс 152-165. Обнаружены новые изотопы ^{157}Lu ($T_{1/2} = 5,5$ с); ^{158}Lu ($T_{1/2} = 10,4$ с); ^{159}Lu ($T_{1/2} = 23$ с); ^{160}Lu ($T_{1/2} = 34$ с) ^{161}Lu ($T_{1/2} = 1,1$ мин) и ^{163}Lu ($T_{1/2} = 4,1$ мин). Для нескольких альфа-излучателей впервые измерена вероятность альфа-ветви.

На базе полупроводниковых Si(Li) - и Ge(Li) - детекторов и вакуумного крио-

стата создана установка для измерения $e\gamma$ угловых корреляций (УК) и $\beta\gamma$ возмущенных угловых корреляций. Проведены контрольные измерения $e\gamma$ угловых корреляций для моноизотопного источника ^{169}Yb .

Исследована температурная зависимость внутренних магнитных полей на ядрах редкоземельных элементов, введенных при помощи масс-сепаратора в железную фольгу при ускоряющем потенциале 70 кВ. Получены данные, свидетельствующие о наличии в образце динамического взаимодействия.

На установке СПИН методом ядерной ориентации при сверхнизких температурах продолжались систематические исследования свойств ядер редкоземельных элементов с $A \approx 150$. Получена новая информация о свойствах ядер переходной области с $A \approx 150$, о сверхтонком взаимодействии изотопов Eu, Gd, Lu в матрицах Fe и Tb в Ge. Наиболее короткоживущими изотопами, успешно исследуемыми на установке СПИН, были: ^{147}Tb ($T_{1/2} = 1,61$ час); ^{148}Tb ($T_{1/2} = 72$ мин) и ^{167}Tb ($T_{1/2} = 55$ мин).

Мезоатомные и мезомолекулярные явления

Выполнены исследования мю-катализа реакции синтеза ядер дейтерия и трития. Работы по исследованию мю-катализа реакции синтеза ядер различных изотопов водорода, проводившиеся в лаборатории на протяжении почти двух десятилетий в сотрудничестве с теоретиками ЛТФ привели к представлениям о резонансном характере мю-катализа реакции синтеза ядер дейтерия. Эксперименты, подтвердившие резонансную картину реакции $d\mu + d \rightarrow dd\mu \rightarrow ^3\text{He} + n + \mu$, были проведены в 1977 году. Теорети-

ческие расчеты показали, что значительно более сильный резонанс ожидается в случае мю-катализа реакции синтеза ядер дейтерия и трития. Вычисленная скорость образования молекулы $dt\mu$ превышает 10^8 с^{-1} , т.е. за время своей жизни мю-мезон, в принципе, может катализировать более 100 реакций синтеза $d + t\mu \rightarrow dt\mu \rightarrow {}^4\text{He} + n + \mu$. В каждом акте освобождается 17,6 МэВ энергии, таким образом суммарное энерговыделение составляет около 2 ГэВ.

Подготовка и проведение эксперимента по исследованию мю-катализа реакции синтеза дейтерия и трития были выполнены в сжатые сроки.

Схема установки показана на рис.20. Установка позволяла вести исследования в диапазоне температур от -196°C

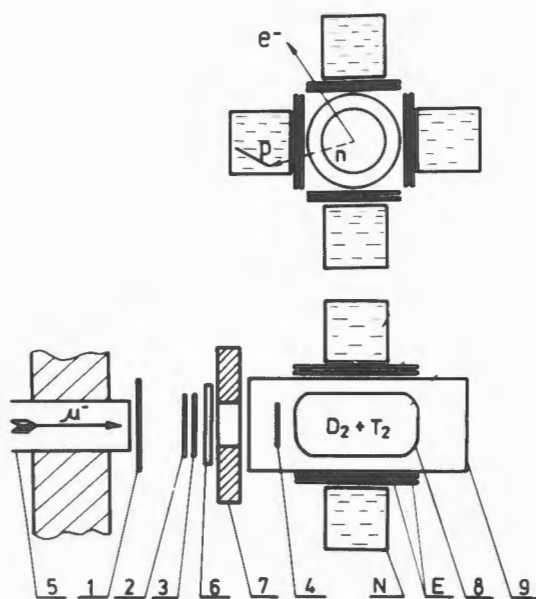


Рис. 20. Схема установки для исследования мю-катализа реакции синтеза ядер дейтерия и трития. 1, 2, 3 - мониторные счетчики; 4 - CsJ(Tl)-кристаллический счетчик; 5, 7 - коллиматоры; 6 - фильтр; 8 - газовая мишень; 9 - вакуумный сосуд; N - нейтронные детекторы; E - детекторы электронов.

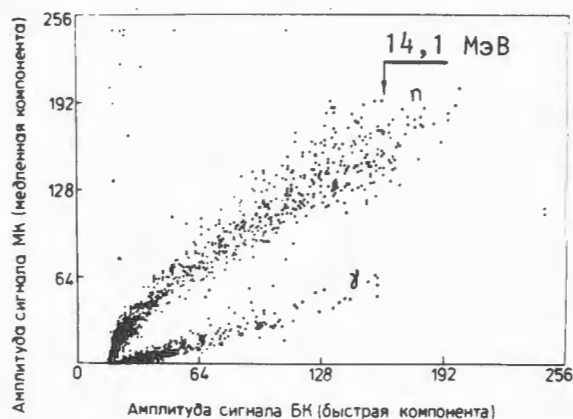


Рис. 21. Двумерное амплитудное распределение событий, зарегистрированных нейтронными детекторами, при исследовании мю-катализа реакции синтеза дейтерия и трития.

до $+350^\circ\text{C}$ при давлении до 66 атм и с использованием трития активностью до 15 000 Ки. Были зарегистрированы энергичные нейтроны от катализируемой мюонами реакции синтеза дейтерия и трития (рис.21). Фон составлял лишь несколько процентов.

В результате эксперимента измерены две из трех основных констант, характеризующих реакцию мюонного катализа; скорость перехвата мюона от дейтерия и трития $\lambda_{dt} \approx (2,7 \pm 0,9) \cdot 10^8 \text{ с}^{-1}$ и скорость образования мезомолекул $dt\mu - \lambda_{dt\mu} > 10^8 \text{ с}^{-1}$.

Медико-биологические исследования

Завершен эксперимент по исследованию с помощью отрицательных мюонов изменений в составе костной ткани человека после длительного состояния гипокнезии. Характеристическое мезорентгеновское излучение, испускаемое после остеолизки мюонов в кости, регистрировалось с помощью Ge(Li)-детектора

объемом 55 см^3 (рис. 22). В эксперименте участвовало 18 человек, добровольно перенесших 180-суточное состояние неподвижности. Локальная поглощенная доза на пяточной кости за время 3-часового экспонирования ее на мюонном пучке составила 0,2-0,3 бэр, а доза общего облучения от рассеянного фона - не более 1 мбэр. Для контрольной группы испытуемых, не подвергавшихся профилактическим мероприятиям, наблюдается изменение содержания фосфора и кальция почти вдвое, а для групп, подвергшихся профилактическим мероприятиям (физические тренировки, миозлестимуляция, водносолевые добавки к рациону), изменения значительно меньше. Зарегистрирована корреляция между изменением минеральной насыщенности и ее исходным уровнем.

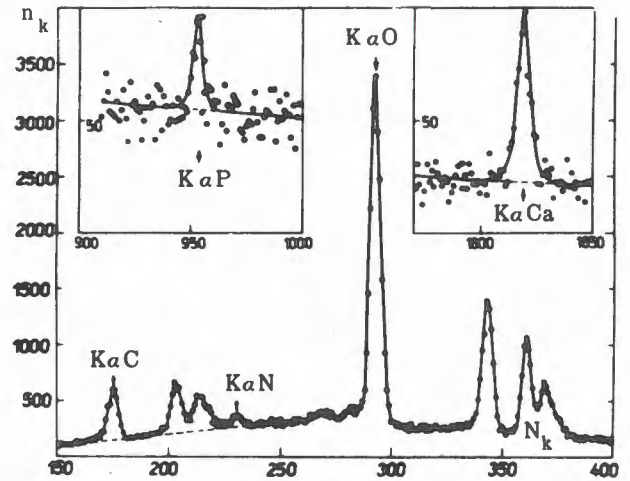


Рис. 22. Спектр мезорентгеновского излучения при остановке мюонов в губчатой части пяточной кости человека (по оси абсцисс - номер канала амплитудного анализатора, по оси ординат - количество импульсов на канал, зарегистрированных при трехчасовой экспозиции).

Крупные экспериментальные установки, электроника, ускорители

Осуществлен монтаж, комплексные испытания и запуск на пучке 70-ГэВ ускорителя установки "Проза", включающей "замороженную" поляризованную мишень объемом 60 см^3 , начаты исследования поляризационных явлений в обменном пион-протонном рассеянии, зарегистрировано свыше миллиона триггеров, получены первые результаты.

Завершен монтаж основных узлов и проведены успешные испытания на пучке серпуховского ускорителя первой очереди комплексной установки "Гиперон", включающей два магнитных спектрометра на пропорциональных и искровых камерах с общим числом каналов 20 тыс., широкоапертурные черенковские счетчики и сцинтилляционные годоскопы.

Выполнены работы по установке РИСК: введена в действие самая крупная в мире 5-метровая биполярная стримерная камера, введен в эксплуатацию (совместно с ЛВТА) телевизионный монитор и система бесфильмового съема информации.

Создан важный узел спектрометра АРЕС - детектор заряженных частиц, включающий 8 цилиндрических пропорциональных камер, электронику для них на 4224 канала, сцинтилляционный годоскоп, быструю электронную логику, специализированный процессор РАСТР, малую ЭВМ и систему "он-лайн"-связи с ЭВМ ЕС-1040. Детектор заряженных частиц отлажен и запущен в комплексе на пучке частиц мю-тракта синхроциклотрона.

Продолжались работы по созданию комплекса электронной аппаратуры для автоматизации физических экспериментов с использованием ЭВМ. Эти работы велись в следующих направлениях:

1. Разработка блоков наносекундного диапазона для обработки временной информации. Создан новый вариант системы блоков для многоканальных устройств с расширенными функциональными возможностями.

2. Разработка прецизионных блоков для обработки спектрометрической информации. Завершено создание электронной аппаратуры первого варианта установки "Пион", на которой уже получены первые физические результаты.

3. Разработка систем и управляющих блоков с применением больших интегральных схем. Создано несколько систем с микро-ЭВМ в стандарте КАМАК, а также анализатор на 4096 каналов в этом стандарте. Для микро-ЭВМ создан редактор текста и ассемблер.

4. Создание системы ЭВМ и периферийных устройств для обеспечения экспериментальных исследований. Создана двухсторонняя связь с ЭВМ ЕС-1040 установки АРЕС, а также центра накопления и обработки спектрометрической информации, построенного на основе ЭВМ ЕС-1010. Разработано необходимое программное обеспечение.

Всего за 1979 год разработано 19 новых электронных блоков и передано для использования в экспериментах более 360 блоков.

Выполнен большой объем работ, связанных с изготовлением оборудования для реконструкции синхроциклотрона. Завершено изготовление модулятора для подачи импульсного смещения на дуант, создана система для магнитных измерений с тремя датчиками Холла и выводом данных на ЭВМ, изготовлен электромаг-

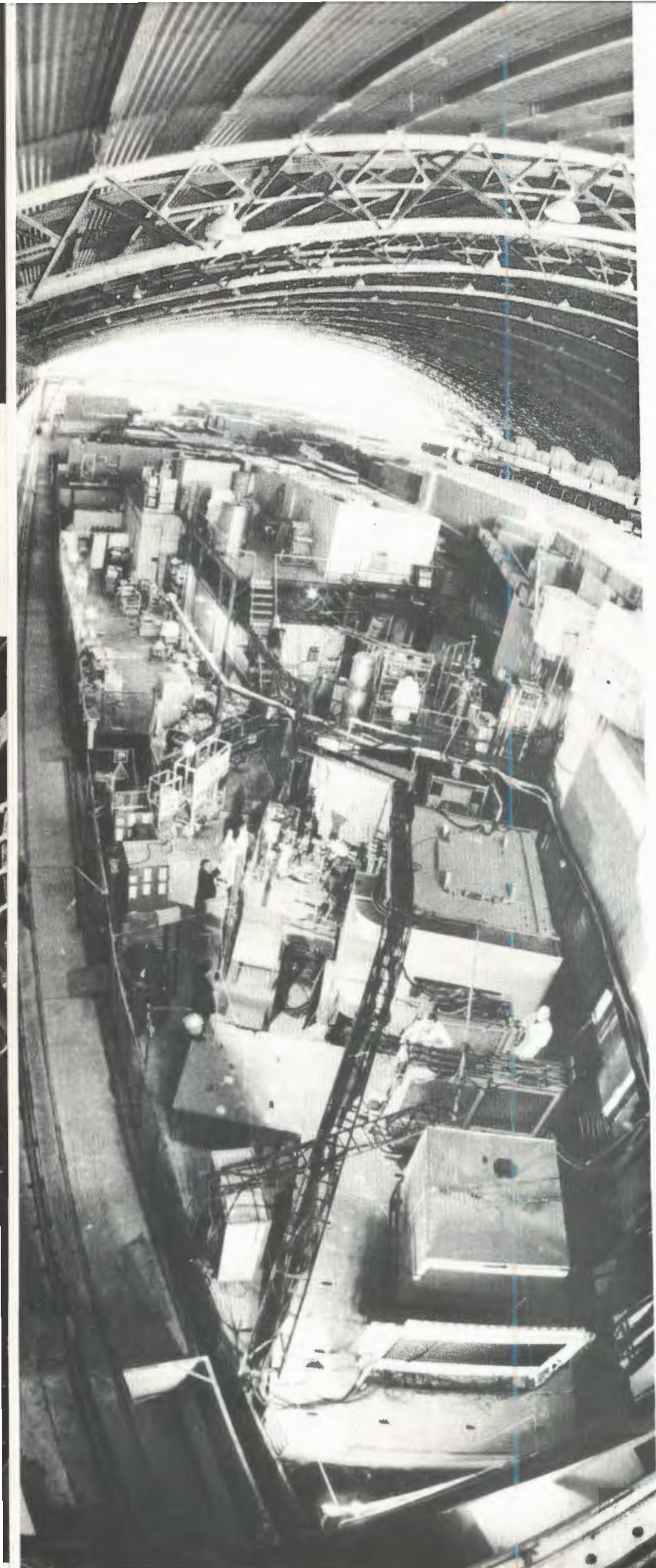
нитный канал с оксидной изоляцией для вывода частиц, изготовлен комплект гидродомкратов со станцией управления для монтажа ускорительной камеры в зазоре электромагнита, создана система питания привода транспортного устройства, отлажены стойки стабилизации тока, выполнены наладочные работы по оборудованию станции водоохлаждения, изготовлена часть крупного оборудования для новой высоковакуумной системы. На макете источника поляризованных протонов получен ток 16 мкА при 90%-ной поляризации.

Работа синхроциклотрона
с 1 января по 12 июля 1979 года

Таблица 4

№№	Виды работ	Время в час.
1.	Экспериментальные исследования по физике	3611
2.	Исследования отдела синхроциклотрона	56
3.	Подготовка физической аппаратуры и технологическая подготовка ускорителя	484
4.	Эксплуатационные простои	23
5.	Ремонтные и монтажно-наладочные работы	308
6.	Остановки в праздничные дни	150
7.	Работа мезонного тракта и систем магнитной растяжки пучка	1395
8.	Работа системы высокочастотной растяжки протонного пучка	891

С 13 июля 1979 г. синхроциклотрон остановлен на реконструкцию. В сжатые сроки, в основном силами лаборатории, проведен демонтаж экспериментальных установок и оборудования ускорителя.

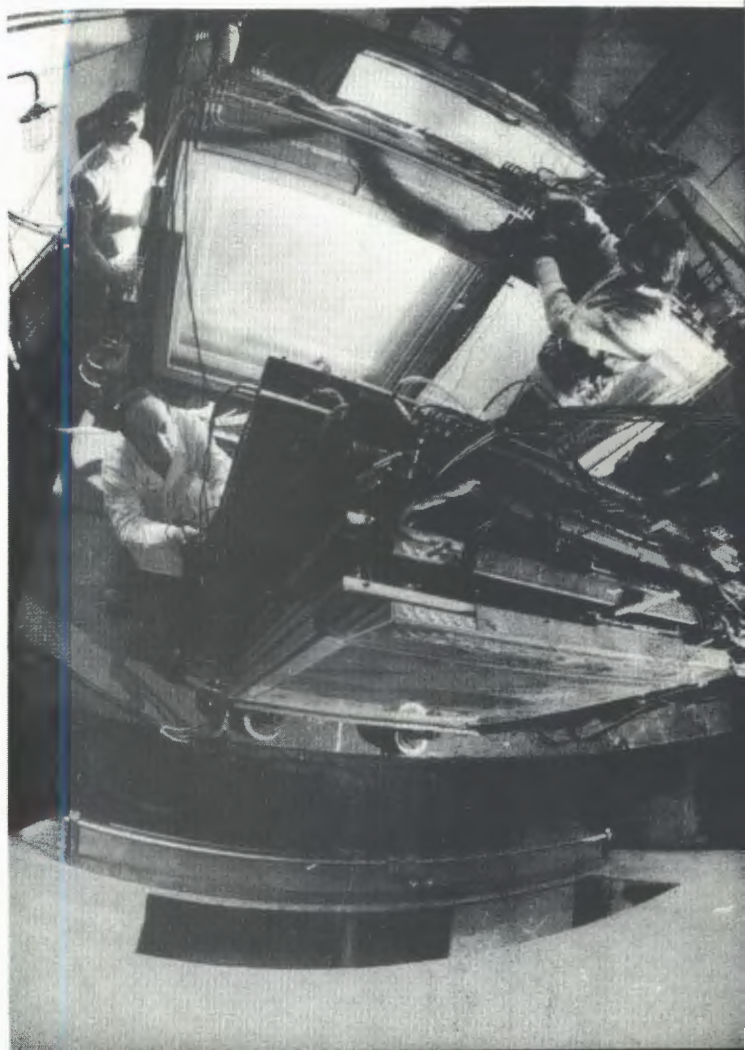
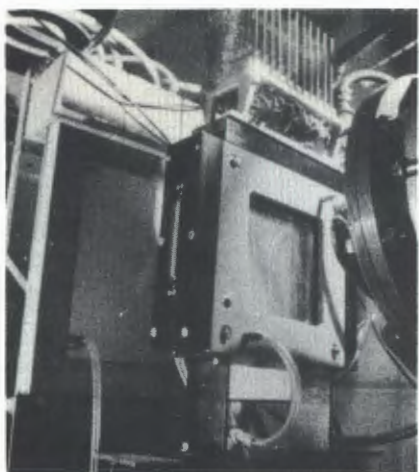


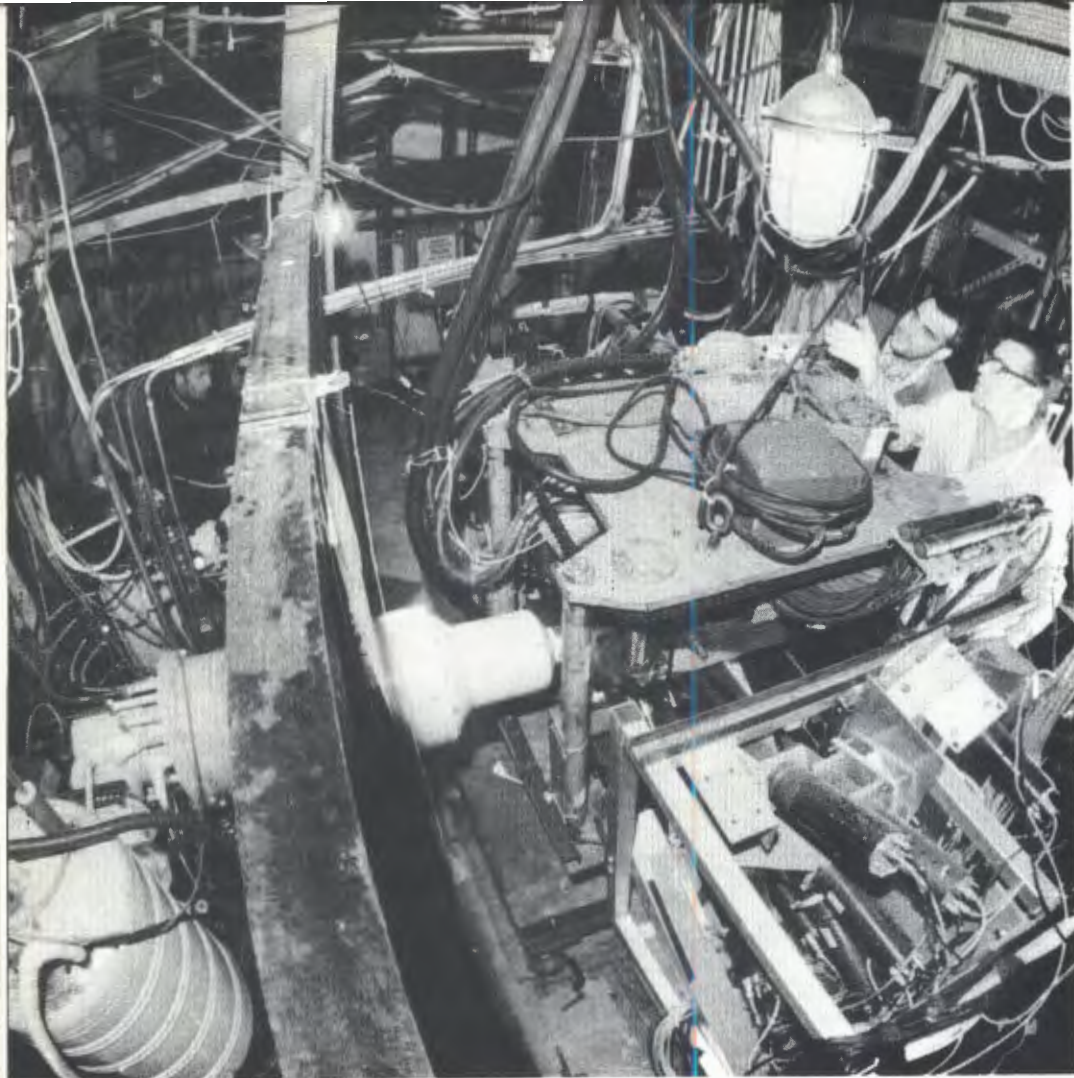
Введена в действие первая очередь крупного спектрометрического комплекса "Гиперон". Установка создавалась совместными усилиями большого интернационального коллектива ученых, инженеров и рабочих из ОИЯИ и научных центров НРБ, ПНР, СССР и ЧССР.



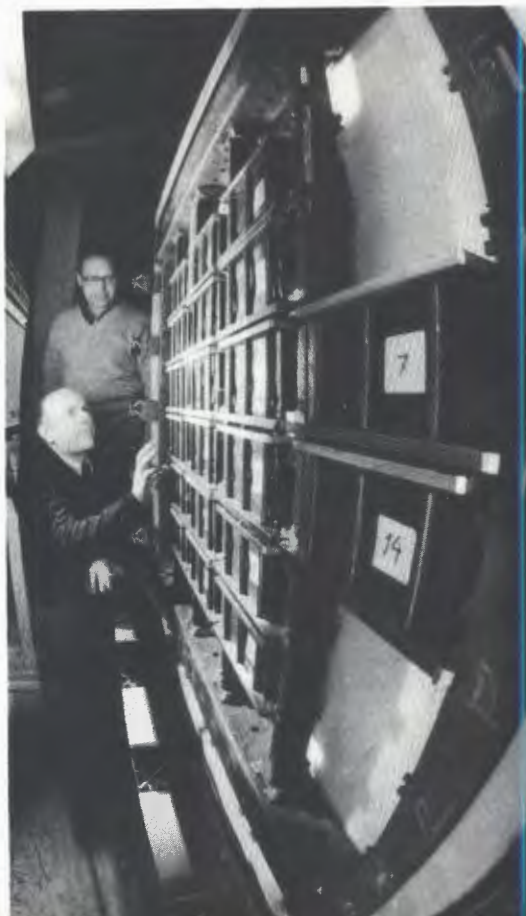


Основу первой очереди "Гиперона" составляют два анализирующих магнита и большое количество трековых детекторов (30 тыс. каналов).

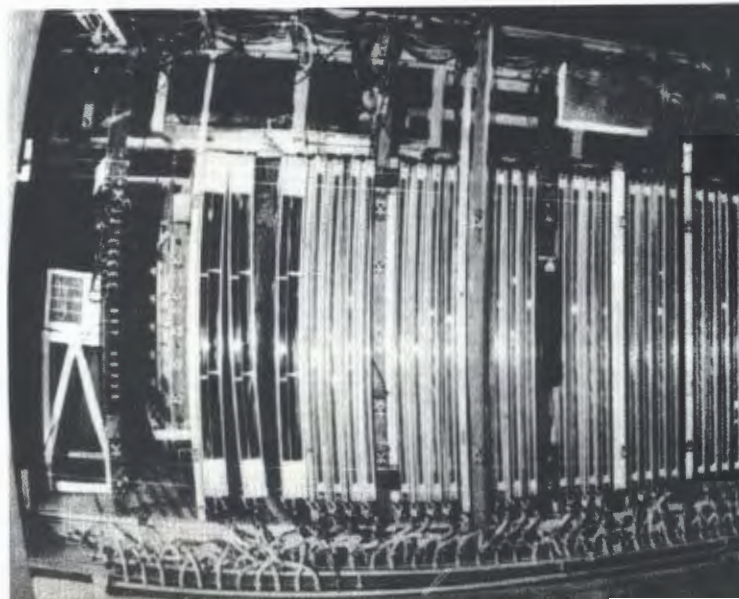


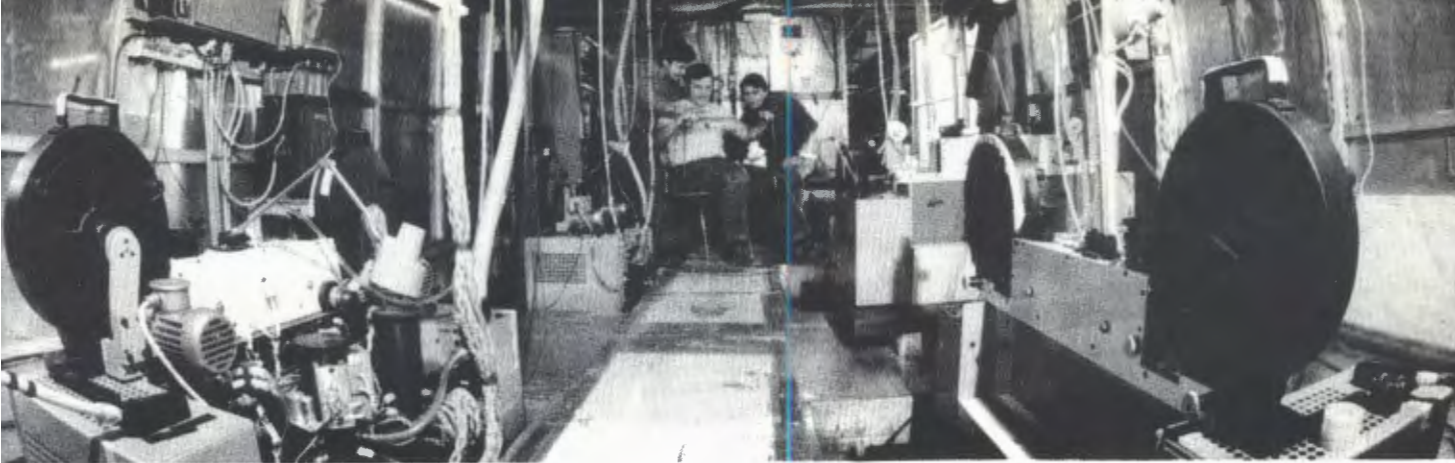


На пучке серпуховского ускорителя запущена установка "Проза", включающая "замороженную" поляризованную мишень объемом 60 см^3 , и начаты исследования поляризационных явлений в обменном пион-протонном рассеянии.

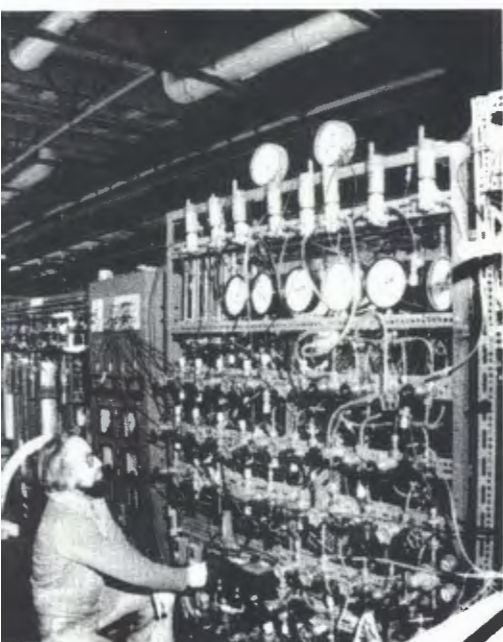


В рамках эксперимента "Шарм" продолжались исследования процессов образования и распада очарованных частиц с помощью фотозмульсий на серпуховском ускорителе.



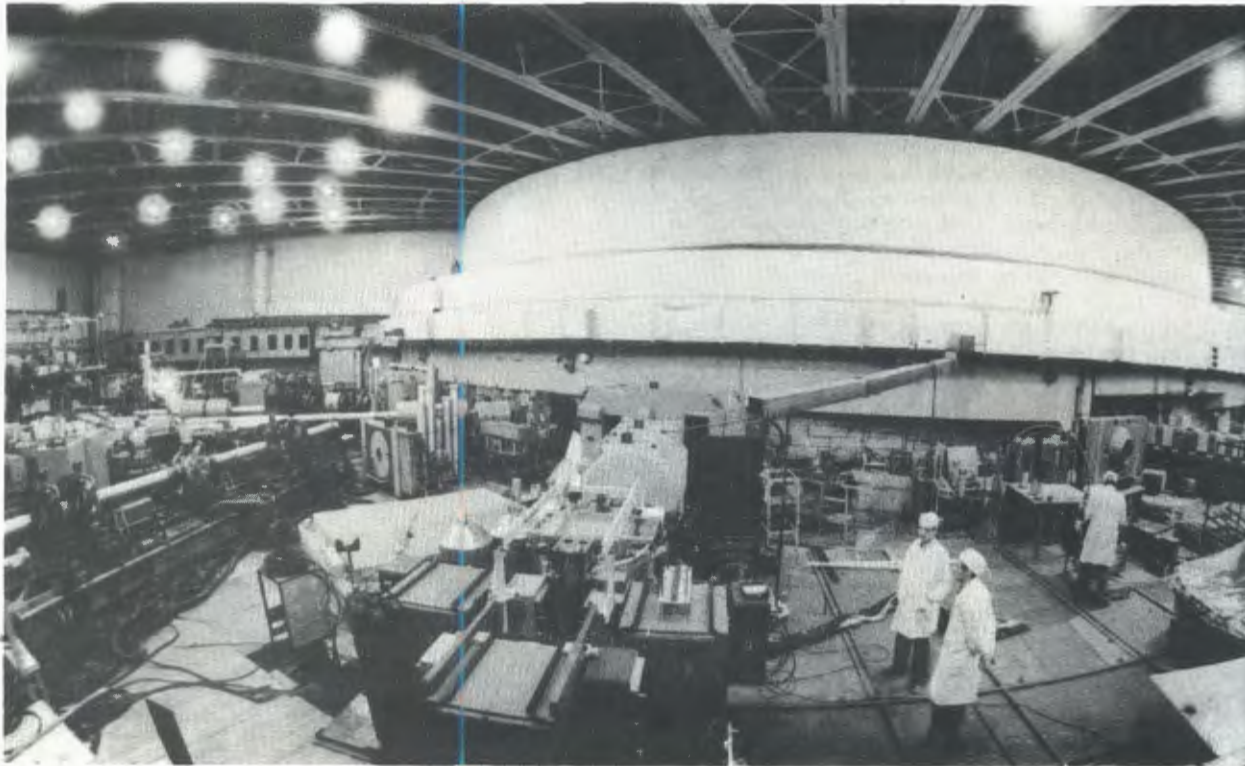


На установке РИСК введена в действие самая крупная в мире 5-метровая биполярная стримерная камера и начаты эксперименты. Получено 80 тысяч стереофотографий событий множественного рождения адронов на ядрах.

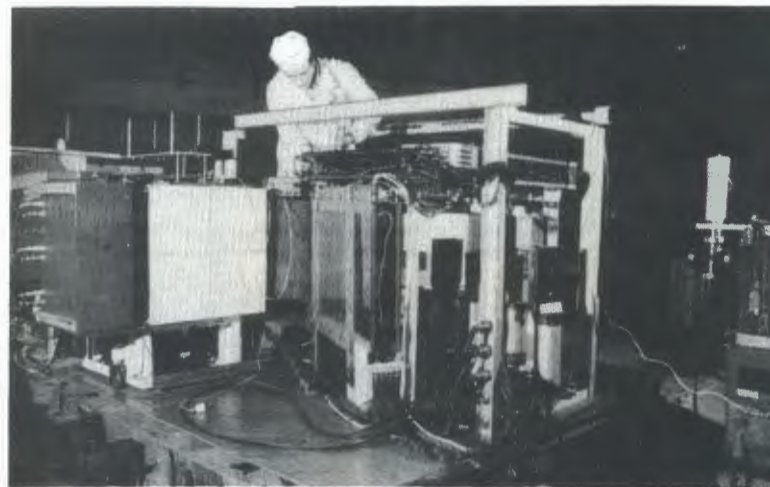




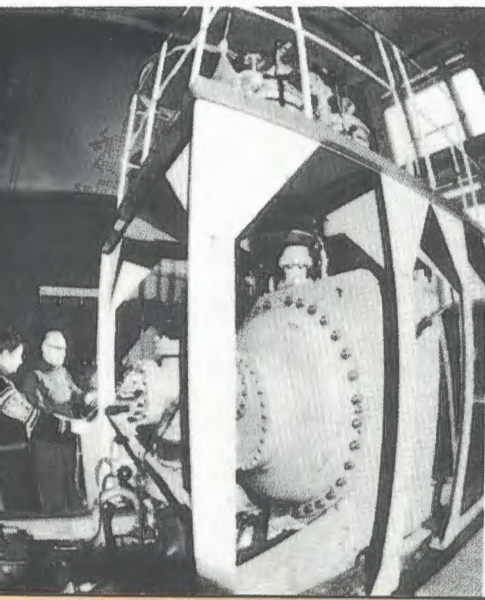
Продолжаются совместные работы лаборатории с Ленинградским институтом ядерной физики по изучению взаимодействий мезонов и нуклонов с нуклонами и ядрами, исследованию реакции обратного электророждения пионов, изучению свойств нейтронедефицитных изотопов.



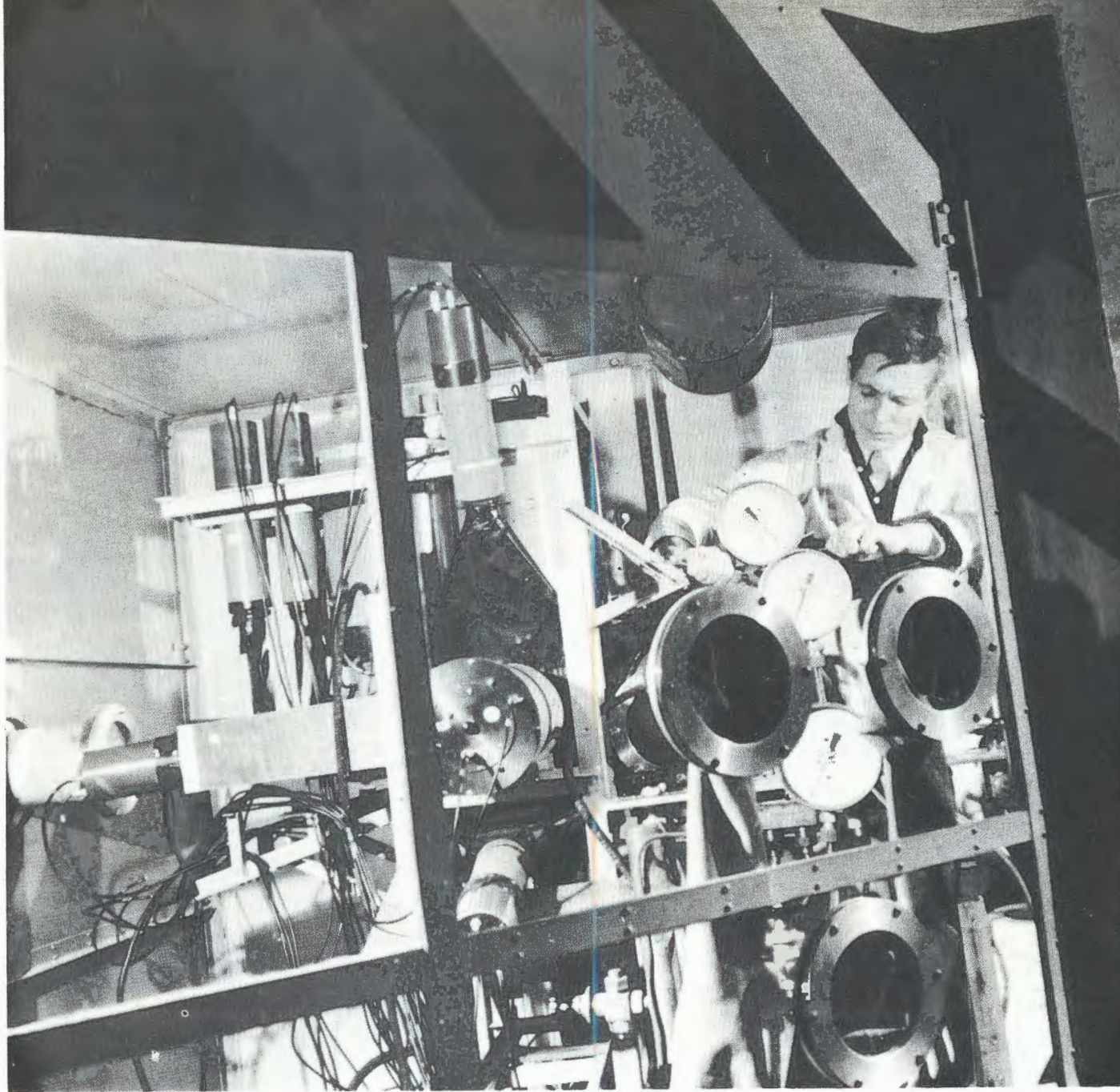
π -мезонный канал ускорителя ЛИАФ.



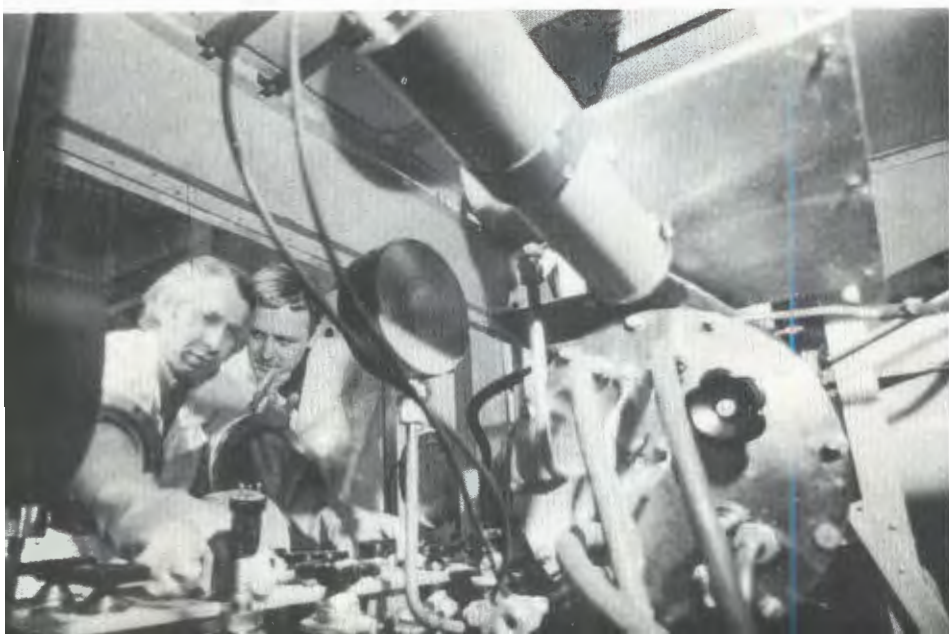
Установка для измерения обратного электророждения пиона.

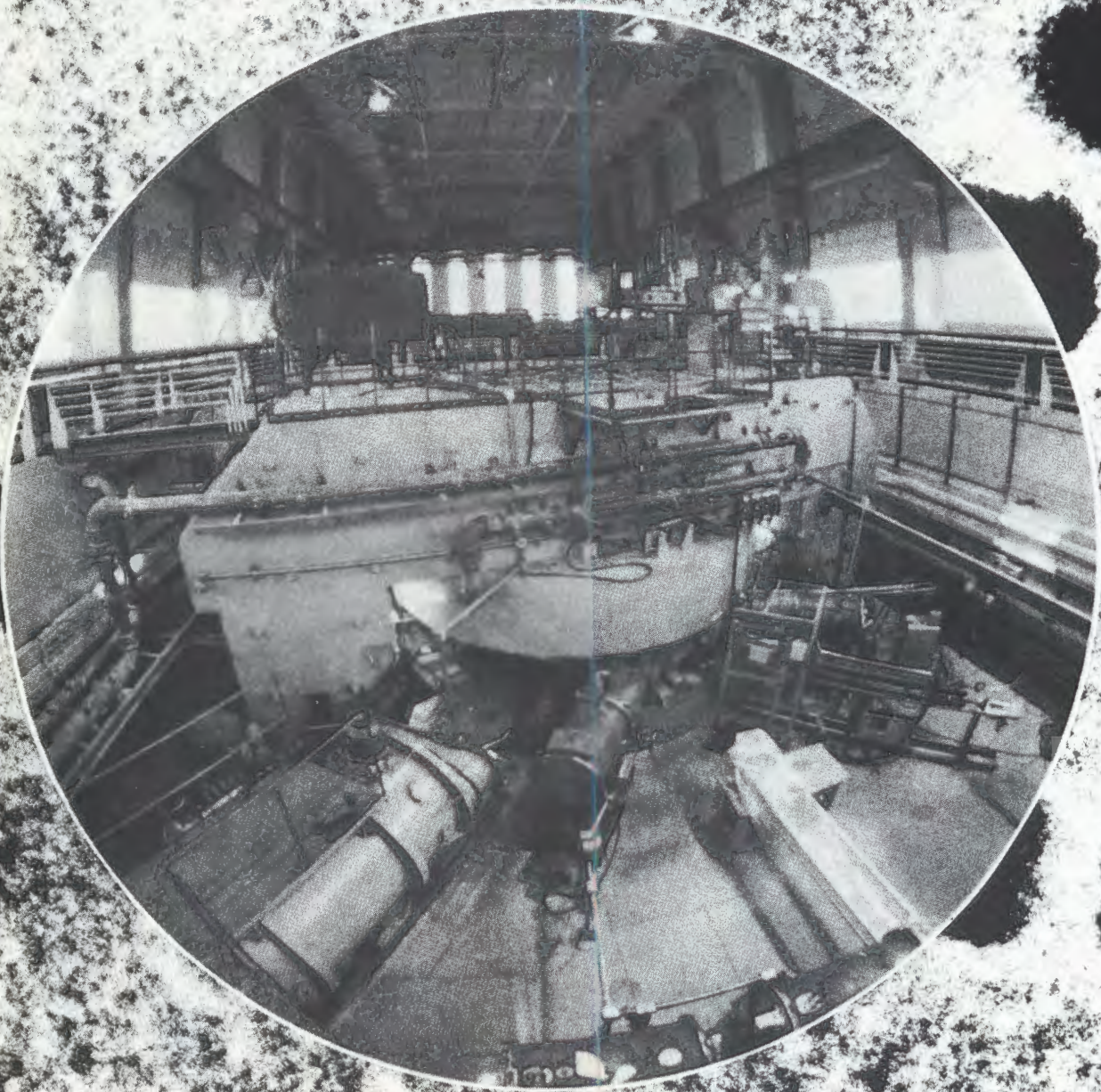


Испытание сверхпроводящей магнитной ловушки установки для исследований легких мезоатомов.



На синхроциклотроне проведены исследования мю-катализа реакции синтеза дейтерия и трития. Эксперимент подтвердил предсказанный теорией резонансный характер реакции.





Лаборатория ядерных реакций

Важнейшими достижениями лаборатории в истекшем году были создание на У-400 системы вывода и транспортировки внешнего пучка тяжелых ионов, получение интенсивных выведенных пучков тяжелых ионов от кислорода до меди с энергией до 14 МэВ/нуклон и проведение первых физических экспериментов по изучению механизмов взаимодействия сложных ядер, используемых для синтеза тяжелых элементов. Создавались также крупные экспериментальные установки, предназначенные для работы на У-400.

В научно-исследовательских работах основные усилия коллектива лаборатории были сконцентрированы на поисках сверхтяжелых элементов в природе, синтезе трансурановых элементов, изучении механизма ядерных реакций.

Большое внимание уделялось работам по практическому использованию ядерно-физических методов: созданию ядерных фильтров, радиационному материаловедению, активационному анализу.

Научно-исследовательские работы

Поиск
сверхтяжелых элементов
в природе

Продолжались работы по поиску и идентификации миллиметровых треков от остановок сверхтяжелых ядер галактического происхождения в кристаллах оливина из метеоритов. Просмотрено 850 мм³ оливинов, обнаружено свыше 5600 треков ядер с $Z \geq 50$. Показано, что распространенность сверхтяжелых ядер составляет величину $\leq 2 \cdot 10^{-8}$ от распространенности ядер группы урана.

Предложен и разработан новый метод идентификации треков спонтанного деления сверхтяжелых ядер, основанный на различии в термической стабильности треков осколков деления ядер урана и сверхтяжелых ядер. Отжиг кристаллов апатита в течение 5 ± 10 ч привел к уменьшению длин треков осколков спонтанного деления ядер урана в 2-2,5 раза, в то время как в случае осколков спонтанного деления сверхтяжелых ядер уменьшение длины треков составило величину $\sim 25 \pm 30\%$. Метод избирательного отжига осколков дал для двух образ-

цов природных апатитов верхнюю границу концентрации сверхтяжелых ядер на уровне $\leq (1 \div 5) \cdot 10^{-4}$ з/г (рис. 23).

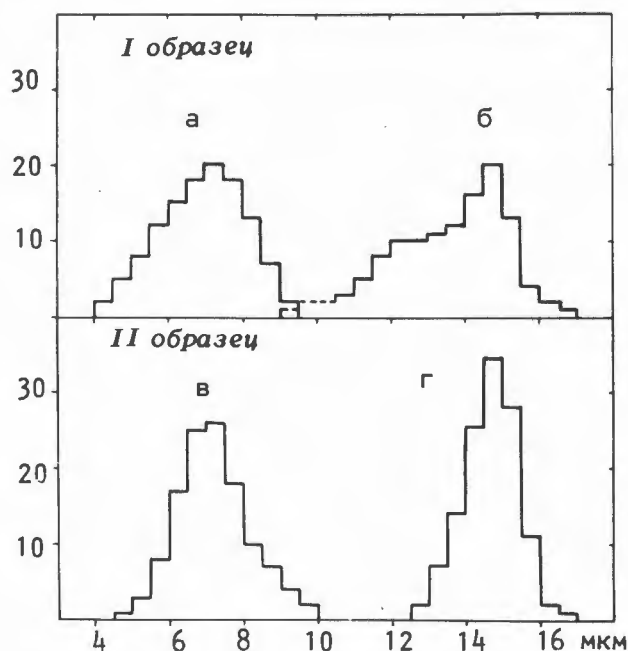


Рис. 23. Распределение длин треков осколков спонтанного деления ядер в двух образцах апатитов: а, в - после отжига образцов при температуре 330° в течение 30 час; б, г - без отжига образцов.

Произведена повторная возгонка в кислороде и водороде при 1000°C продуктов, выделенных ранее из метеорита Алленде с целью дальнейшего концентрирования и изучения свойств нового спонтанно делящегося нуклида.

Показано, что спонтанно делящуюся активность нельзя отнести за счет известных элементов Pu, Cm, Cf, т.к. она не обнаруживает характерных линий в α -спектре.

Температура осаждения нового нуклида в кислороде на платиновой термохроматографической колонке ($480 \pm 25^{\circ}\text{C}$) говорит об относительно высокой летучести его окиси.

Термохроматография позволяет проводить очень быстрое разделение элементов и соединений в газовой фазе благодаря их различной адсорбируемости на материале титановой колонки. Удалось осуществить термохроматографию в атомарном состоянии для большого ряда металлов, представляющих такие важные группы элементов, как актиноиды (Am и Cf) и аналоги сверхтяжелых элементов (Tl, Pb, Bi, Po). Аналоги сверхтяжелых элементов за счет специфического взаимодействия с титаном (образование интерметаллических соединений) осаждаются на колонке при температурах $> 900^{\circ}\text{C}$, в то время как двухвалентные металлы (Eu и Yb) и одновалентные (Na, K, Rb), не образующие соединений с титаном, осаждаются при $500 \div 900^{\circ}\text{C}$ и $100 \div 500^{\circ}\text{C}$ соответственно (рис. 24). Эти особенности открывают интересные возможности для радиохимического анализа продуктов ядерных реакций.

Существенной также является возможность использования методики для получения сведений о свойствах валентности самых тяжелых элементов, доступных только в виде отдельных атомов. Например, положение Cf на термохроматограмме, совпадающее с положением

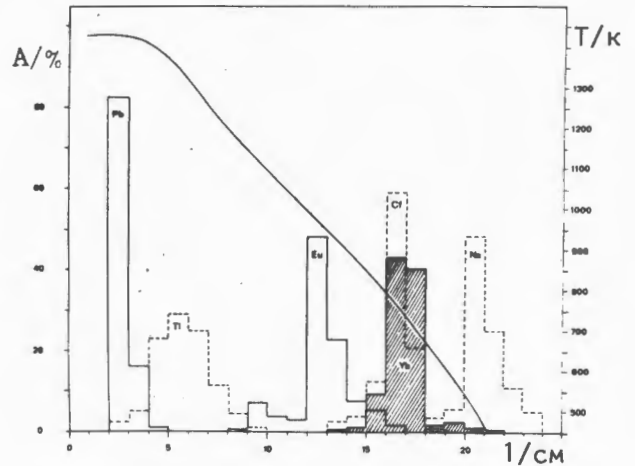


Рис. 24. Разделение на титановой колонке сложной смеси элементов в потоке гелия с парами кальция.

Yb, с определенностью указывает на его двухвалентность, что имеет принципиальное значение для химии актиноидов.

Синтез и исследование свойств трансурановых изотопов

Экстраполяция эмпирической систематики периодов спонтанного деления, а также динамические расчеты проницаемости потенциального барьера показывают, что времена жизни тяжелых изотопов элементов 107 и 108 могут быть достаточно высоки. Так, например, время жизни изотопа $^{267}_{107}$ с числом нейтронов 160 ожидается, согласно оценкам, в диапазоне от секунд до десятков секунд. Этот изотоп может быть синтезирован в ядерной реакции $^{249}\text{Bk} (^{22}\text{Ne}, 4n) ^{267}_{107}$ с эффективным сечением $\sim 7 \cdot 10^{-34} \text{см}^2$.

На выведенном пучке циклотрона У-300 проводились предварительные эксперименты по исследованию спонтанно делящихся активностей, образующихся в реакциях ^{249}Bk с ионами ^{22}Ne , на установке типа "магнитофон", ранее применявшейся для синтеза тяжелых изо-

топов 104, 105 и 106-го элементов. Для улучшения охлаждения мишени использовался проточный гелий, предварительно пропущенный через ловушку с жидким азотом.

При энергии ионов ^{22}Ne около 118 МэВ наблюдалась долгоживущая спонтанно делящаяся активность с большим выходом. Отдельно поставленные эксперименты показали, что она главным образом связана с распадом 2,6-часового ^{256}Fm , дочернего продукта ^{256}Md , образующегося непосредственно в реакции (рис. 25).

В дальнейших опытах с целью понижения уровня долгоживущего фона использовался эффект коллимации атомов отдачи - продуктов ядерных реакций.

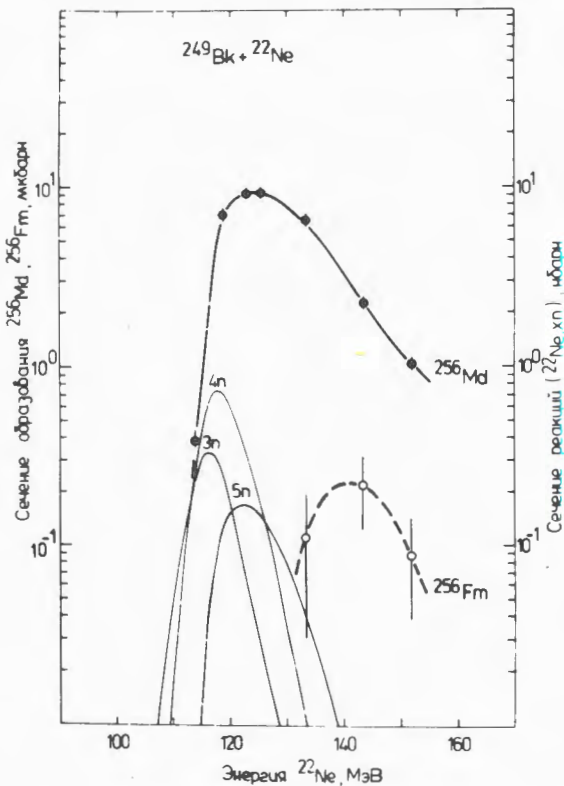


Рис. 25. Энергетическая зависимость сечения образования ^{256}Md и ^{256}Fm при облучении ^{249}Bk ионами ^{22}Ne .



Рис. 26. Распределение треков осколков спонтанного деления в реакции $^{249}\text{Bk} + ^{22}\text{Ne}$ при энергии ионов ^{22}Ne , равной 116-119 МэВ в лабораторной системе.

В результате поиска новых активностей в интервале времен от долей секунды до десятков секунд была обнаружена спонтанно делящаяся активность с периодом полураспада $1 \div 2$ с (рис. 26). Несмотря на относительно высокий уровень постоянного фона эффект вдвое превосходит его средний уровень. Соответствующее сечение образования этой короткоживущей активности составляет величину $\sim 10^{-33}$ см². Анализ показывает, что, в принципе, возможно несколько гипотез относительно происхождения активности, хотя наиболее вероятным источником представляется образование и распад изотопа $^{267}107$.

Измерены вероятности запаздывающего деления нейтронодефицитных изотопов менделевия (^{248}Md и ^{250}Md). Зависимость вероятности запаздывающего деления от энергии β -распада (рис. 27) позволяет судить о форме барьера деления исследуемых ядер. Показано, что в изотопах Cm, Cf и Fm вероятность деления определяется внутренним барьером, высота которого составляет величину ~ 6 МэВ.

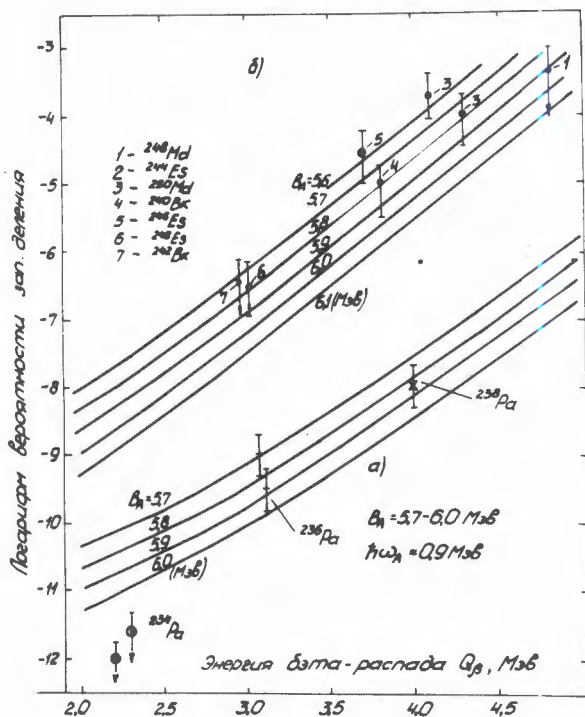


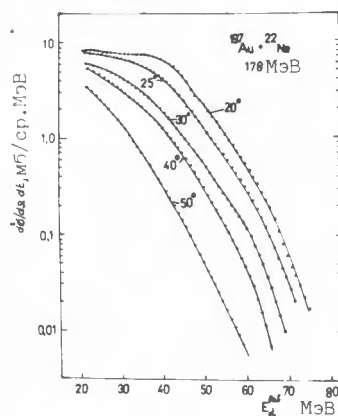
Рис. 27. Зависимость вероятности запаздывающего деления от энергии бета-распада: а) - нейтрондефицитные изотопы Pa, б) - нейтрондефицитные изотопы Bk, Es, Md. Точки - экспериментальные данные, прямые - результаты расчета для различных значений высот барьеров деления.

Наблюдалось деление, возбуждение изомерных состояний и эмиссия нейтронов под действием β - и γ -излучения, испускаемого при радиоактивном распаде. В случае β -распада высокой энергии (5-6 МэВ) сечения этих процессов имеют заметную величину (до 10^{-31} см^2 для деления ^{238}U и 10^{-28} см^2 для возбуждения изомерного состояния ^{115}In). Измерение этих сечений позволяет оценить радиационные и делительные ширины уровней, возбуждаемых при поглощении γ -квантов.

Механизм взаимодействия тяжелых ионов с ядрами

Осуществлен цикл исследований неравновесных процессов при столкновении сложных ядер, приводящих к образованию слабовозбужденных ядер после эмиссии высокоэнергичных заряженных

частиц. Измерены спектры и угловые распределения α -частиц в реакциях $^{197}\text{Au} + ^{22}\text{Ne}$, $^{181}\text{Ta} + ^{22,20}\text{Ne}$, $^{181}\text{Ta} + ^{40}\text{Ar}$ (рис. 28). Показано преимущественное испускание α -частиц под малыми углами. В диапазоне энергий ионов неона от 5 до 10 МэВ/нукл. измерены спектры α -частиц, испускаемых по направлению пучка тяжелых ионов. Для сепарации от пучка ионов использовался магнитный спектрометр МСП-144 и телескоп (Е, ΔE) детекторов. Высокая чувствительность данной методики позволила наблюдать альфа-частицы с энергией вплоть до 120 МэВ, что лишь на несколько мегаэлектронвольт ниже максимально возможной энергии α -частиц в двухтелескопном процессе (рис. 29). Были проведены эксперименты по изучению совпадений альфа-частицы с двумя коррелированными осколками деления тяжелого ядра-остатка. Примерно 50% от общего числа альфа-частиц коррелирует с осколками деления. Распределение осколков деления по массе и энергии соответствует делению составного ядра с атомным номером, равным $(Z_1 + Z_2 - 2)$.



Совокупность полученных экспериментальных данных свидетельствует об образовании слабовозбужденных составных

Рис. 28. Энергетические спектры альфа-частиц, образующихся в реакции $^{197}\text{Au} + ^{22}\text{Ne}$, измеренные под разными углами.

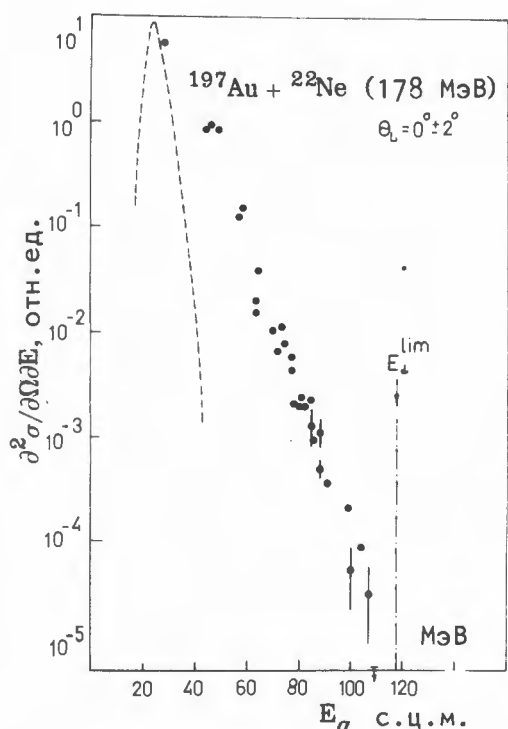


Рис. 29. Энергетический спектр альфа-частиц, образующихся в реакции $^{197}\text{Au} + ^{22}\text{Ne}$ (178 МэВ), измеренный под углом 0° . Пунктирной кривой представлен расчетный спектр испарительных альфа-частиц.

ядер в процессах, сопровождающихся вылетом высокоэнергичных α -частиц. Были проведены эксперименты по непосредственному наблюдению ядер, образующихся после вылета α -частицы. В случае слабоделящихся составных ядер с $Z = 75 \div 80$ сечение образования таких ядер оказалось $\sim 10^{-31} \text{ см}^2$, для составных ядер с $Z > 100$ величина сечения $(\alpha, 0n)$ -реакции равна $\sim 10^{-35} \text{ см}^2$ при энергии ионов $\text{Ne} = 8 \div 10 \text{ МэВ/нукл}$. В этом диапазоне энергий статистические расчеты дают величину сечения, на несколько порядков более низкую. Изучение неравновесных процессов, сопровождающихся вылетом высокоэнергичных альфа-частиц, представляет значительный интерес как с точки зрения механизма реакции, в котором возможна передача такой

энергии легкой частице, так и для получения "холодных ядер" с энергией вращения в несколько десятков мегаэлектронвольт (быстровращающиеся ядра), для поиска ираст-ловушек и изучения деления из изомерных состояний с большим угловым моментом. Следует отметить, что эти реакции могут быть использованы для синтеза новых изотопов тяжелых элементов, включая и сверхтяжелые ($^{248}\text{Cm} + ^{48}\text{Ca} \rightarrow ^{292}114 + ^4\text{He}$).

С помощью времяпролетного спектрометра с временным разрешением $\Delta t/t \leq 0,4\%$ и энергетическим разрешением $\Delta E/E \leq 1\%$ были изучены массовые распределения осколков деления ^{249}Cf ионами ^4He (рис. 30). Разрешение по массе составило величину

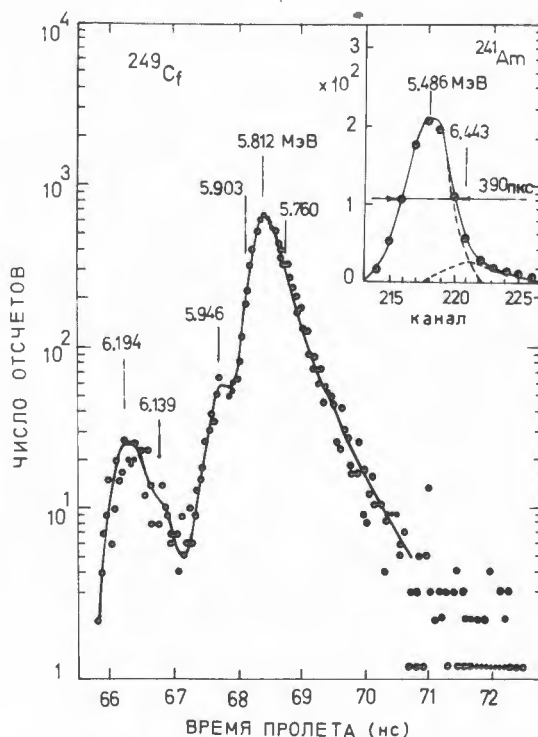


Рис. 30. Энергетические спектры альфа-частиц ^{249}Cf и ^{241}Am (в правом верхнем углу), измеренные с помощью времяпролетной методики.

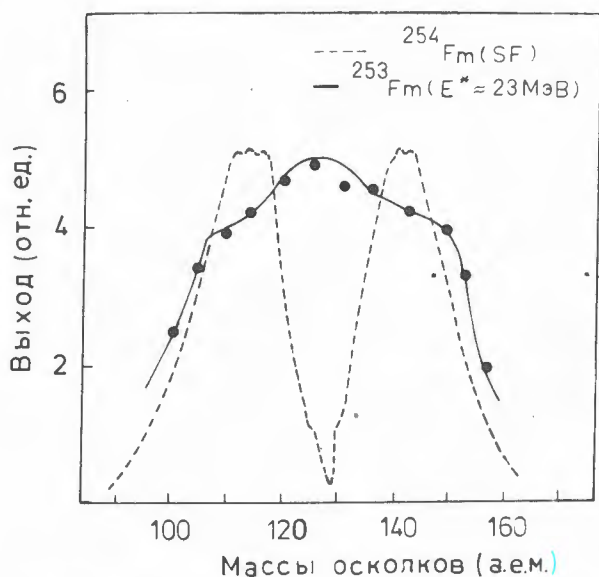


Рис. 31. Массовое распределение осколков деления ядер ^{253}Fm , образующихся в реакции $^{249}\text{Cf} + ^4\text{He}$, с энергией возбуждения 23 МэВ. Пунктиром представлено массовое распределение осколков спонтанного деления ядер ^{254}Fm .

$\Delta M/M \leq 1,5\%$. Соотношение вкладов симметричного и асимметричного деления ядра ^{253}Fm свидетельствует о том, что при делении трансурановых элементов α -частицами наблюдается симметризация массовых распределений осколков деления по мере увеличения атомного номера составного ядра (рис. 31).

Проведен статистический анализ вероятностей деления доактинидных ядер в реакции ($^{12}\text{C}, f$). В расчетах учитывалось деление составных ядер и дочерних ядер после вылета нейтронов, протонов и α -частиц. Показано, что при определенных предположениях о структуре барьера деления и энергетической зависимости параметров плоскостей уровней удается достаточно хорошо описать всю совокупность экспериментальных данных по сечениям деления и угловым распределениям осколков деления, образующихся при облучении мише-

ней из Er, Yb, Hf, W и Os ионами ^{12}C в интервале энергий от барьера взаимодействия до 110 МэВ (рис. 32).

Продолжалось изучение явления доминирования канала реакции с вылетом α -частицы в глубоко неупругих передачах. В системах $^{197}\text{Au} + ^{40}\text{Ar}$ (290 МэВ) и $^{232}\text{Th} + ^{40}\text{Ar}$ (290 МэВ) были измерены энергетические спектры, угловые распределения и сечения образования α -частиц в интервале углов 15° - 16° . Для угла вылета 40° были измерены энергетические спектры и сечения образования ряда изотопов элементов от гелия до аргона. Установлено, что максимумы энергетических спектров α -час-

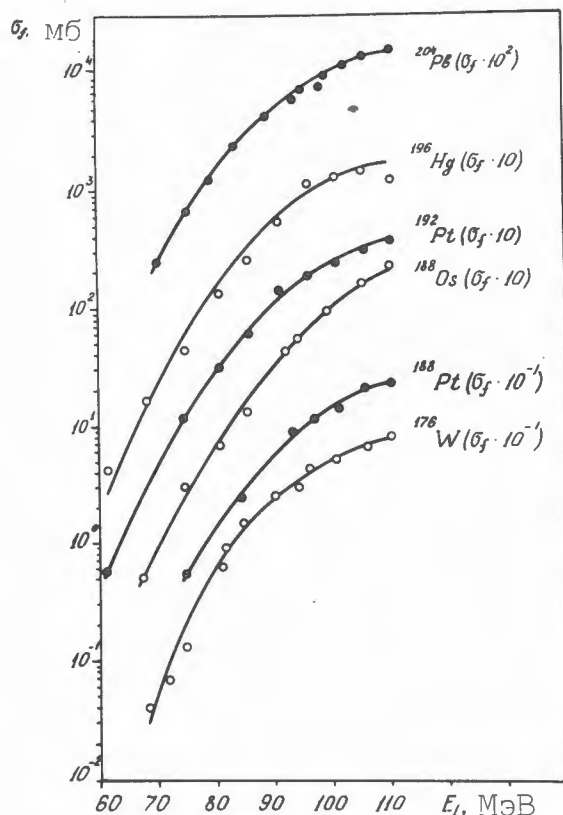


Рис. 32. Экспериментальные сечения деления (точки) и результаты расчета функций возбуждения деления в реакции ($^{12}\text{C}, f$).

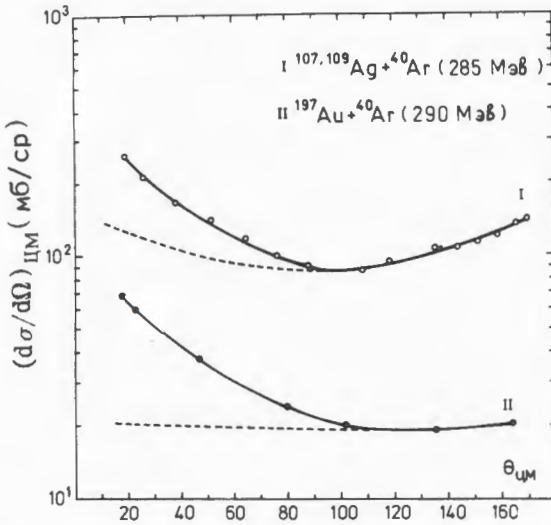


Рис. 33. Угловые распределения α -частиц из реакций $^{107,109}\text{Ag} + ^{40}\text{Ar}$ и $^{197}\text{Au} + ^{40}\text{Ar}$.

тиц соответствуют выходному кулоновскому барьеру для сопряженного α -частице ядра, угловые распределения в с.ц.м. направлены вперед (рис.33), а сечения образования изотопов ^3He , ^4He , ^6He подчиняются Q_{qq} -систематике (рис. 34). Полученные данные указывают на то, что подавляющая часть "прямых" α -частиц в этих реакциях может образовываться за счет глубоконеупругих передач, в которых ядру-мишени передаются все нуклоны налетающего ядра ^{40}Ar , кроме четырех нуклонов,

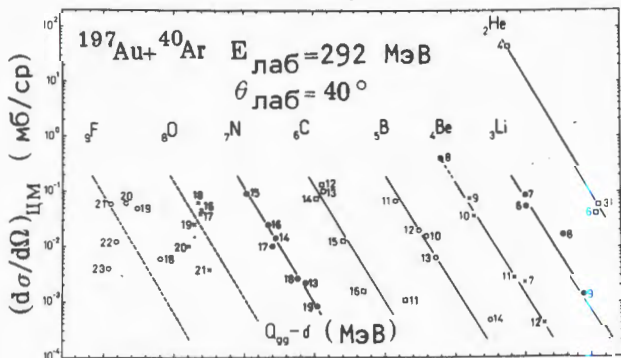


Рис. 34. Q_{qq} -систематика сечений образования изотопов элементов с $2 \leq Z \leq 9$ в реакции $^{197}\text{Au} + ^{40}\text{Ar}$.

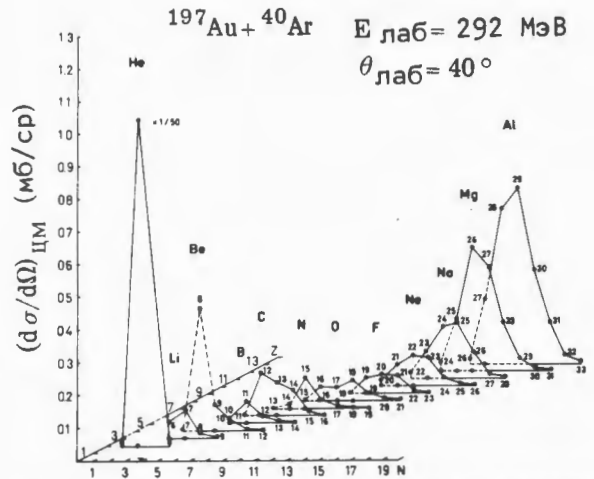


Рис. 35. Сечения образования изотопов элементов от He до Al - продуктов глубоконеупругих передач в зависимости от числа нейтронов N и протонов Z в изотопе, реакция $^{197}\text{Au} + ^{40}\text{Ar}$.

формирующих α -частицу. Обращает на себя внимание мощное доминирование канала реакции с вылетом α -частицы над остальными каналами глубоконеупругих передач (рис.35). Предлагается использовать это для получения ядер с очень большим ($\sim 100\hbar$) угловым моментом (рис.36).

Проведены эксперименты по измерению методом эффекта тени времени протекания реакции деления ядер урана под действием ионов ^4He . Была использована монокристаллическая мишень VO_2 . При энергии ионов ^4He , равной 25 МэВ, показано, что эффективное время протекания реакции $\tau_{\text{эфф}} = 2,4 \cdot 10^{-17}$ с.

Механизм образования К-вакансий изучен в экспериментах по измерению совпадений мягкого рентгеновского излучения с рассеянными ионами. Тонкая мишень из меди бомбардировалась ионами $^{63}\text{Cu}^{4+}$ с энергией 63 МэВ. Измеренная в эксперименте зависимость ионизации К-оболочек от параметра столкновения сравнивалась с предсказаниями модели вращательной связи и мо-

дели диффузии электронов. Результаты приведены на рис. 37.

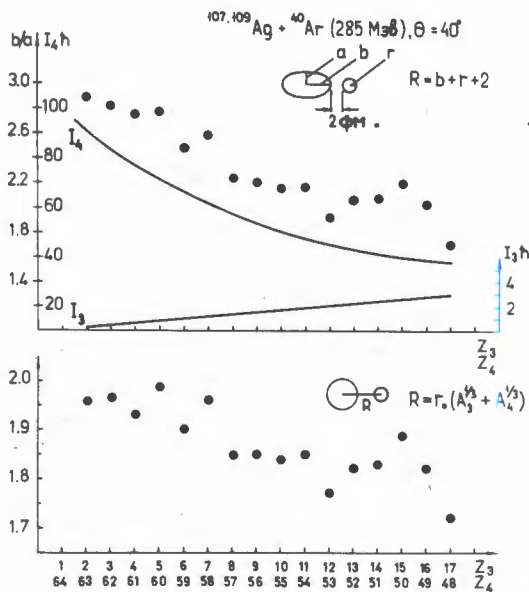


Рис. 36. Оценка деформации тяжелого фрагмента-продукта реакций глубоконеупругих передач для исходной системы $^{107,109}\text{Ag} + ^{40}\text{Ar}$. I_3 и I_4 - слиты легкой и тяжелой фрагментов. Форма тяжелого фрагмента - эллипсоид вращения с полуосями a и b , форма легкой - сфера. В нижней части рисунка деформация выражена через ядерный параметр r_0 .

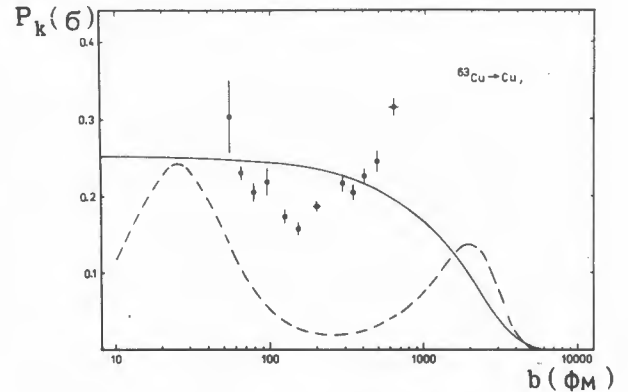


Рис. 37. Зависимость вероятности ионизации К оболочки Cu от параметра столкновения для системы Cu+Cu при энергии 63 МэВ. Сплошная кривая соответствует расчету по диффузионной модели, а штрих - предсказаниям модели вращательной связи.

Определена также зависимость ионизации молекулярного уровня $3d\sigma$ от параметра столкновения в соударениях ионов $^{63}\text{Cu}^{4+}$ и $^{93}\text{Nb}^{6+}$ с энергией 1 МэВ/нукл. с тонкой мишенью из золота. Результаты свидетельствуют о постоянстве вероятности образования L-вакансий золота при изменении массы иона в случае приближенного совпадения у сталкивающихся партнеров уровней K и L.

Экспериментальная аппаратура и научно-прикладные работы

Создано программное обеспечение многомерных экспериментов на линии с ЭВМ Минск-32, имеющее модульную структуру из программ двух уровней: базисного комплекса автокодных подпрограмм и основного комплекса программ на ФОРТРАНе, осуществляющих весь процесс автоматизации управления экспериментом.

Разработана аналоговая и цифровая аппаратура для универсального измерительного модуля, обеспечивающего проведение первоочередных экспериментов на пучках ускорителя У-400 на линии с ЭВМ СМ-3 и ТРА-1140.

Создан первый многомерный анализатор на базе системы МАКАМАК

с микропроцессорным управлением, имеющий объем оперативной памяти 48 Кбайт и включающий в себя блоки организации многомерных совпадений (до 8 каналов), трехмерный дисплей и дисплейный драйвер, амплитудные кодировщики и блоки ввода-вывода на перфоленту. Программное обеспечение НЕПТУН включает монитор, программы сбора, накопления и предварительной обработки, программы дисплея и пользователя. Монитор обеспечивает общение экспериментатора с системой путем диалога через клавиатуру алфавитно-цифрового терминала. Обеспечивается режим интегрального анализа двумерных спектров и режим буферного накопления для числа параметров более трех.

Для оперативного контроля и измерения токов пучка ускоренных ионов разработан интегратор тока на базе цифрового прибора Ф-30, обладающего малым входным сопротивлением и измеряющего токи в диапазоне $10^{-10} \div 10^{-3}$ А с возможностью передачи информации в ЭВМ.

Создана установка для измерения полной кинетической энергии осколков редких событий вынужденного деления ядер заряженными частицами. В качестве детекторов осколков деления применяются ионизационные камеры с плоскопараллельными электродами. Установка испытана на пучке α -частиц с интенсивностью 0,2 мкА. Эффективность регистрации совпадающих осколков составляет 13,5%, полуширина спектра ТКЕ осколков деления ^{238}U α -частицами составляет 35 МэВ. Такая установка может использоваться для поисков сверхтяжелых элементов с абсолютным содержанием $\geq 2 \cdot 10^7$ атомов в образце.

Для измерения масс продуктов ядерных реакций в лаборатории был создан времяпролетный спектрометр. В качестве временных детекторов использовались детекторы вторичных электронов на основе микроканальных пластин. Для измерения энергии регистрируемых продуктов использовалась ионизационная камера. Временное разрешение спектрометра для осколков деления тяжелых ядер $\Delta t/t \leq 0,45\%$, энергетическое разрешение $\Delta E/E \approx 1\%$, что позволило получить разрешение по массе $\Delta M/M \approx 1,5\%$.

Продолжалась разработка методов активационного анализа образцов с применением микротрона в качестве источника гамма- и нейтронного излучений. Исследованы возможности микротрона для определения содержания золота в геологических объектах методом активации резонансными нейтронами. Показано, что использование сложного уран-бериллиевого конвертора нейтронов и графита в качестве замедлителя обеспечивает проведение массового анализа образцов на содержание золота с чувствительностью порядка 10^{-7} г/г. Большой объем замедлителя допускает одновременное облучение на микротроне 200 образцов общей массой ~ 10 кг при длительности облучения 8-10 часов.

Для ускорения процесса измерения активности облученных образцов создана эффективная автономная система регистрации на основе Ge(Li)-детекторов и микропроцессорного контроллера "Микам-2" с блоками памяти, разработанного в ОНМУ. Разработан программный пакет "Титан", позволяющий осуществлять управление сбором и накопление данных, энергетическую калибровку спектрометрического тракта, управление индикацией в процессе накопления, а также управление обменом информацией с внешними устройствами.

Эксплуатация системы показала ее надежность, простоту управления, оперативность и удобство в использовании.

Проведена серия экспериментов по выбору оптимальной геометрии устройств для проведения рентгенофлуоресцентного анализа образцов с применением радиоактивных источников кобальта-125 и америция-241. Показана возможность оперативного проведения элементного анализа для широкого круга элементов с чувствительностью от 10^{-3} до $5 \cdot 10^{-6}$ г/г (рис. 38).

Исследована возможность использования интенсивных пучков альфа-частиц, получаемых на циклотронах, для активационного анализа образцов на содержание платины. Измерены сечения образования радионуклидов золота и ртути, образующихся в реакциях ускоренных альфа-частиц с природной смесью изотопов платины, и показано, что чувствительность обнаружения платины составляет $\sim 10^{-8}$ - 10^{-9} г. Полученные результаты показывают принципиальную возможность проведения активационного анализа платиносодержащих образцов на циклотроне с пределом, более низким, чем дают классические методы нейтронно-активационного анализа.

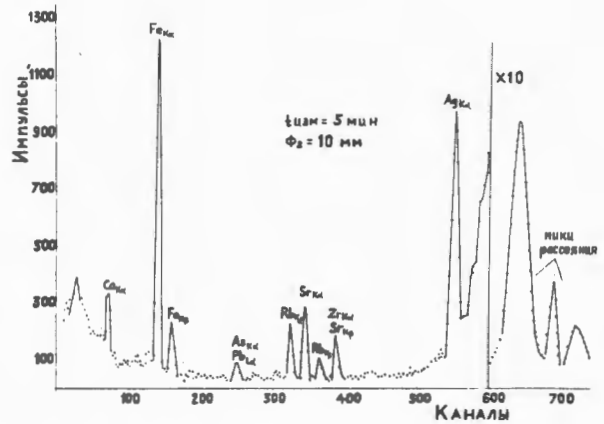


Рис. 38. Спектр геологической пробы с содержанием серебра 0,0129%.

Исследовалось влияние ионного облучения на процессы ползучести и разрушения алюминия. Показано, что действие радиации на материалы, подвергающиеся механическому напряжению, коренным образом отличается от действия ее на ненапряженный материал. В первом случае обнаружено значительное ускорение под облучением процессов ползучести и разрушения алюминия, во втором случае, наоборот, упрочение материала за счет появления дефектов, препятствующих движению дислокаций и развитию трещин.

Разработки в области ускорителей

На четырехметровом изохронном циклотроне тяжелых ионов (У-400) проводились работы по расширению диапазона ускоренных ионов, оптимизации процесса ускорения, исследованию вывода пучков ионов из циклотрона методом обдирки, усовершенствованию и повышению надежности работы узлов и систем ускорителя, а также выполнялись физические экспе-

рименты на внутренних и выведенных пучках.

На циклотроне У-400 ускорены ионы с $A/Z = 6,7-10$ до энергии от 14 до 6 МэВ/нукл. соответственно. Параметры пучков ускоренных ионов приведены в табл. 5.

Введены в строй все системы корректирующих катушек, включающих в себя

Таблица 5
 Параметры пучков ускоренных ионов
 на циклотроне У-400

Ионы	A/Z	Интенсивность (част./с)	Энергия (МэВ/нукл.)
O_{16}^{+2}	8	$6 \cdot 10^{13}$	8,5
Ne_{20}^{+2}	10	$3 \cdot 10^{13}$	6,5
Ne_{20}^{+3}	6,7	10^{13}	14,0
Ne_{22}^{+3}	7,3	$4 \cdot 10^{13}$	10,7
Mg_{24}^{+3}	8	$3 \cdot 10^{13}$	8,5
Ar_{40}^{+4}	10	$3,0 \cdot 10^{13}$	6,5
Ar_{40}^{+5}	8	$1,2 \cdot 10^{13}$	8,5
Ar_{40}^{+6}	6,7	$1 \cdot 10^{12}$	13,0
Ti_{48}^{+5}	9,6	$3 \cdot 10^{12}$	6,0
Ca_{40}^{+4}	10	$7 \cdot 10^{12}$	6,0
Ti_{48}^{+6}	8	$3 \cdot 10^{12}$	8,5
Fe_{56}^{+7}	8	$2 \cdot 10^{12}$	8,5
Cu_{63}^{+8}	7,9	$2 \cdot 10^{12}$	8,5

10 пар концентрических, с вкладом в магнитное поле от каждой около 50 Э, и 8 пар азимутальных корректирующих катушек, способных вносить коррекцию первой гармоники до 20 Э. Использование концентрических катушек и изменение уровня основного поля позволило добиться изохронного ускорения для указанного диапазона ионов.

Изучались потери ионов в процессе ускорения. Выяснилось, что основной причиной потерь является перезарядка ионов на остаточном газе. Были проведены работы по улучшению вакуума. В настоя-

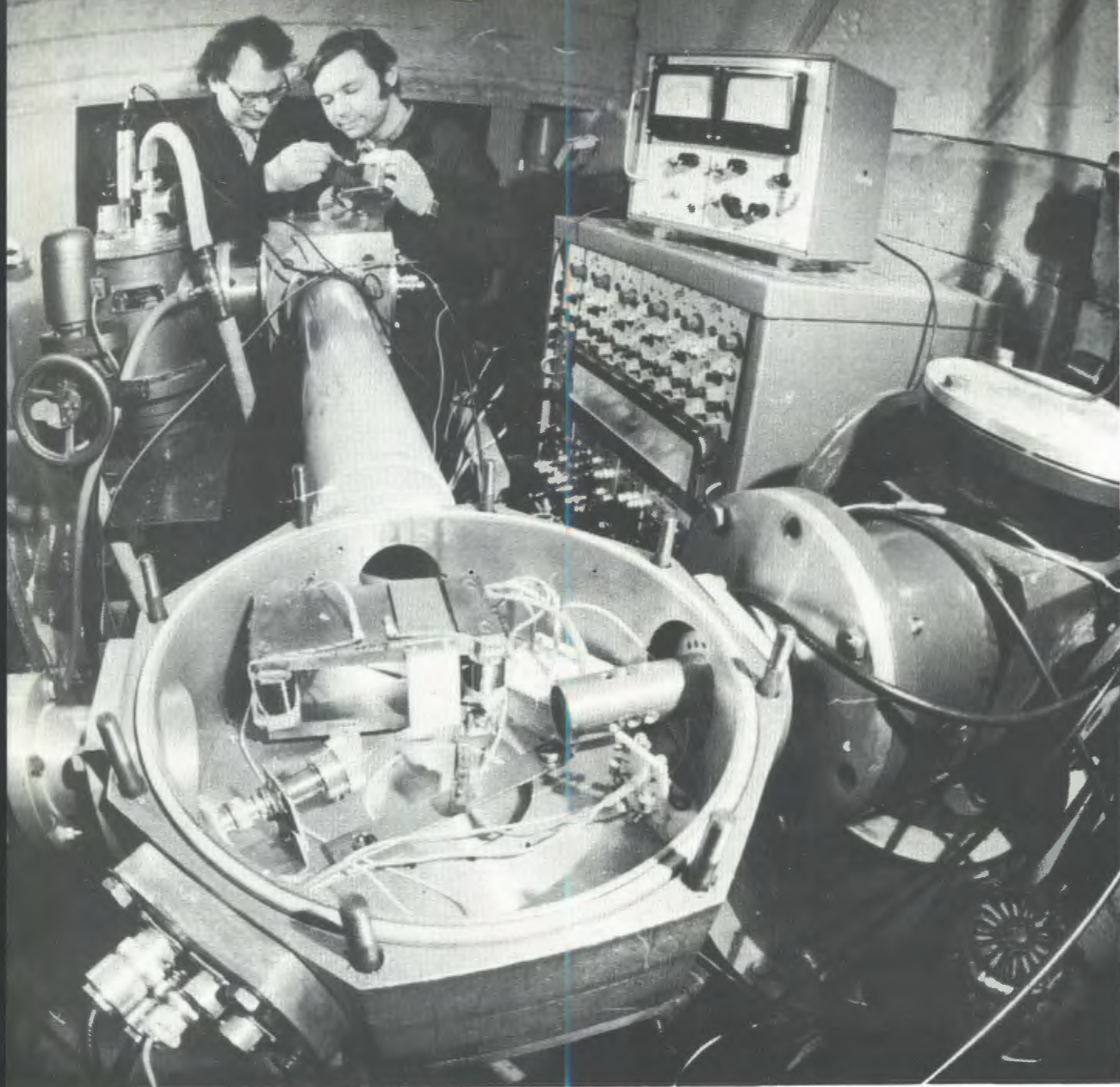
щее время в рабочем режиме достигнуто давление до $7 \cdot 10^{-7}$ Тор.

На циклотроне У-400 для вывода пучков используется двухоборотный вывод, при котором после обдирки на графитовой фольге толщиной 40 ± 60 мкг/см² до выхода из камеры ионы совершают два оборота на границе сектор-долина. Для всего диапазона ускоренных ионов изучалось положение и направление выведенных пучков, разделение пучков соседних зарядностей, их размеры и расходимость. Коэффициент вывода составляет около 60%. Изучалась также возможность плавной регулировки энергии выведенных пучков путем изменения радиального положения фольги.

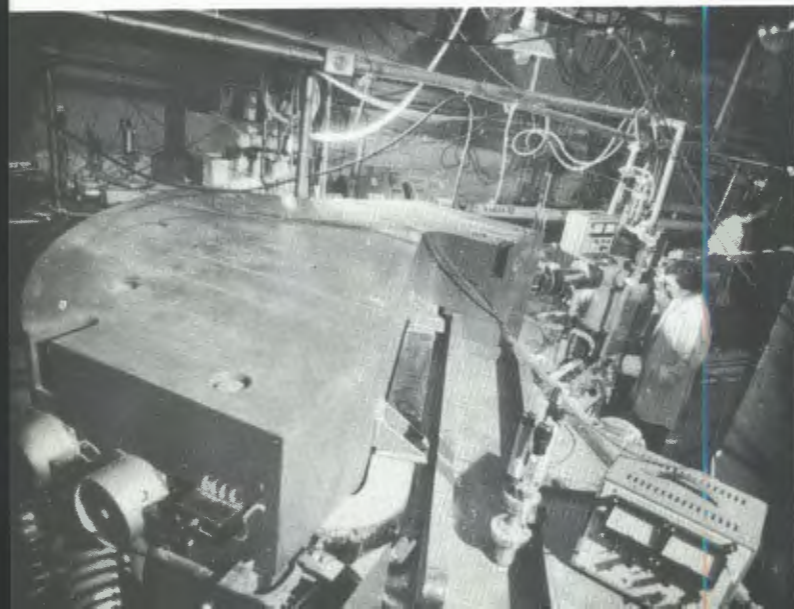
Осуществлена трассировка пучков по каналу длиной 6 м с дублетом квадрупольных линз, вакуумными постами и элементами диагностики. Энергетическое разрешение выведенных пучков, измеренное полупроводниковыми детекторами, равно 1%.

В целях развития циклотронного комплекса ЛЯР для получения интенсивных пучков тяжелых ионов вплоть до урана с энергией в несколько десятков мегаэлектронвольт на нуклон разработано физическое обоснование на создание второй ступени ускорения пучков тяжелых ионов - изохронного циклотрона с разделенными секторами со следующими параметрами:

диапазон ускоряемых ионов	- от ${}^4\text{He}$ до ${}^{238}\text{U}$,
энергия ионов	- от 250 до 50 МэВ/нукл.,
интенсивность пучков	- от $5 \cdot 10^{12}$ до 10^{14} част./с,
тип инжектора	- У-200, У-400.

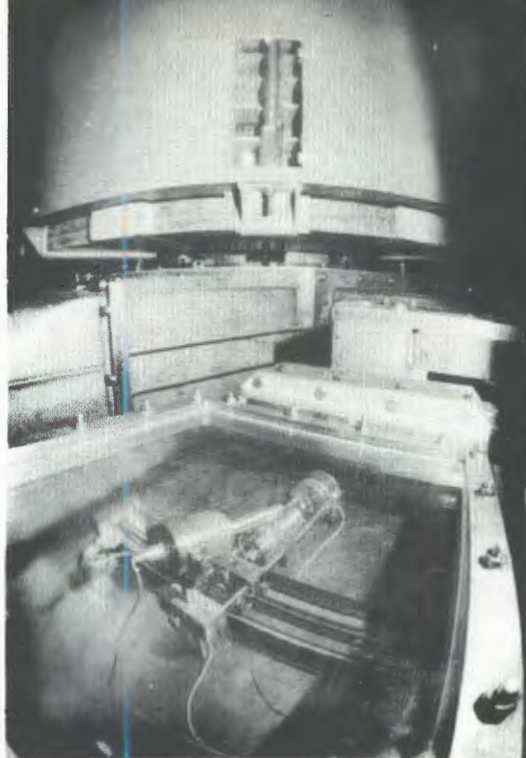


В исследованиях механизмов ядерных реакций и физики деления ядер используется времяпролетный масс-спектрометр. Временное и энергетическое разрешение детекторов установки позволяет измерять массовые распределения продуктов ядерных реакций с точностью 1,5 а.е.м.

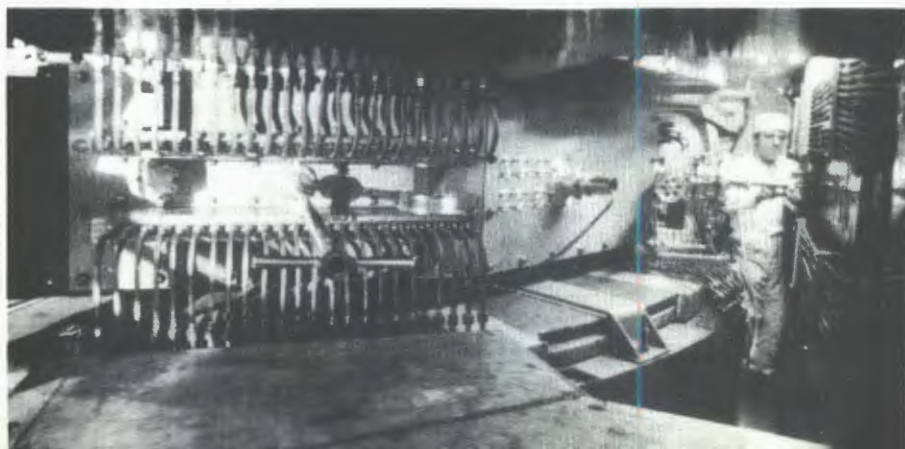
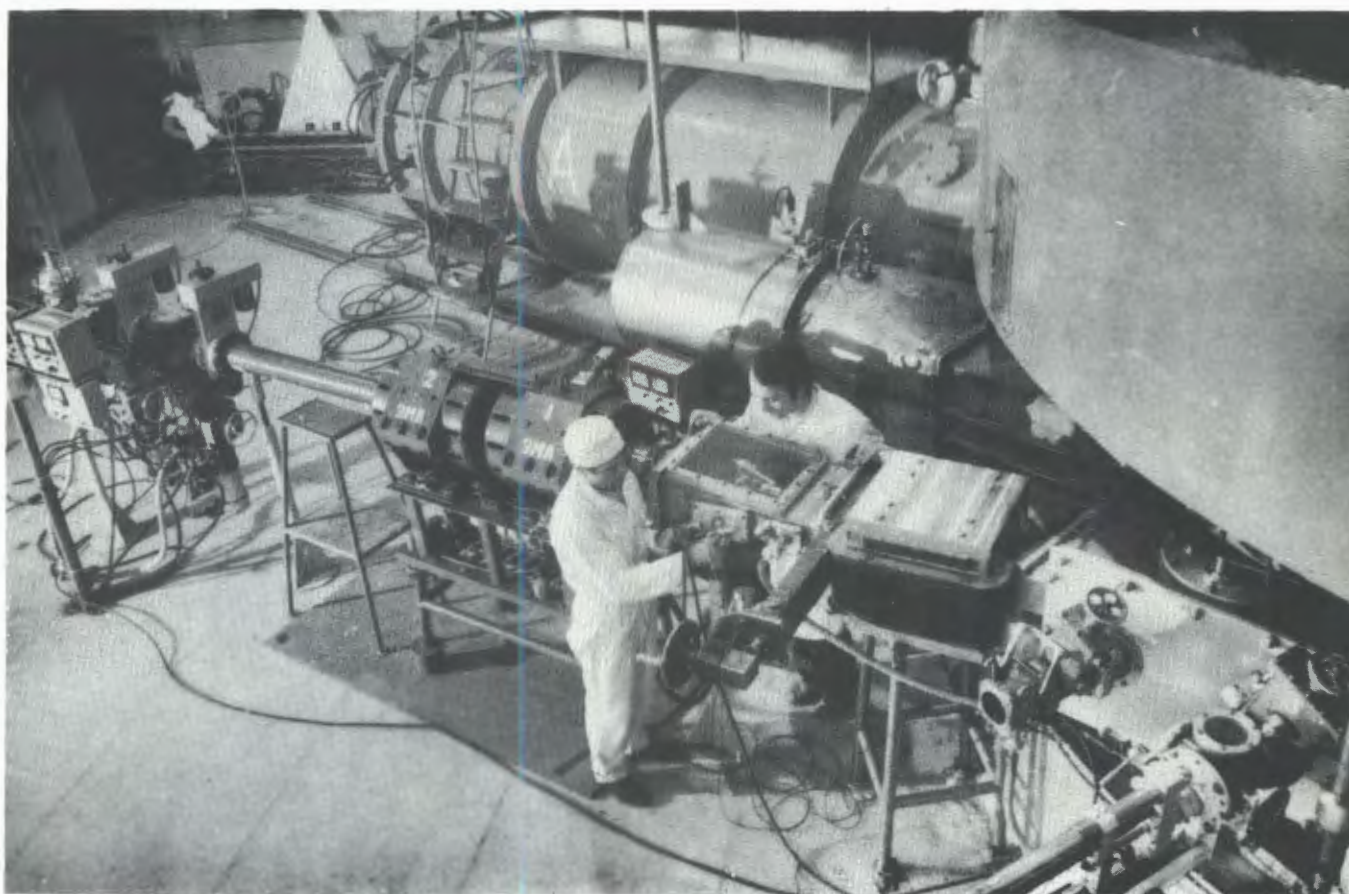


Телескоп из пропорциональных счетчиков, используемый в магнитном анализаторе для регистрации легких продуктов реакций.





На изохронном циклотроне У-400 создана система вывода и транспортировки внешнего пучка тяжелых ионов, ускоренных из мощного плазменного источника дугового типа. Диагностический блок в ионно-оптическом канале трассировки позволяет измерять энергетические и геометрические параметры выведенного пучка ионов.

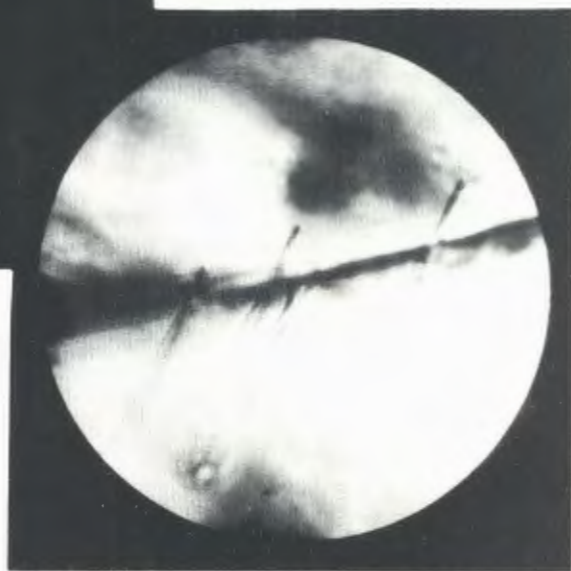


Введены в строй все системы корректирующих катушек. Проведено формирование изохронного магнитного поля.

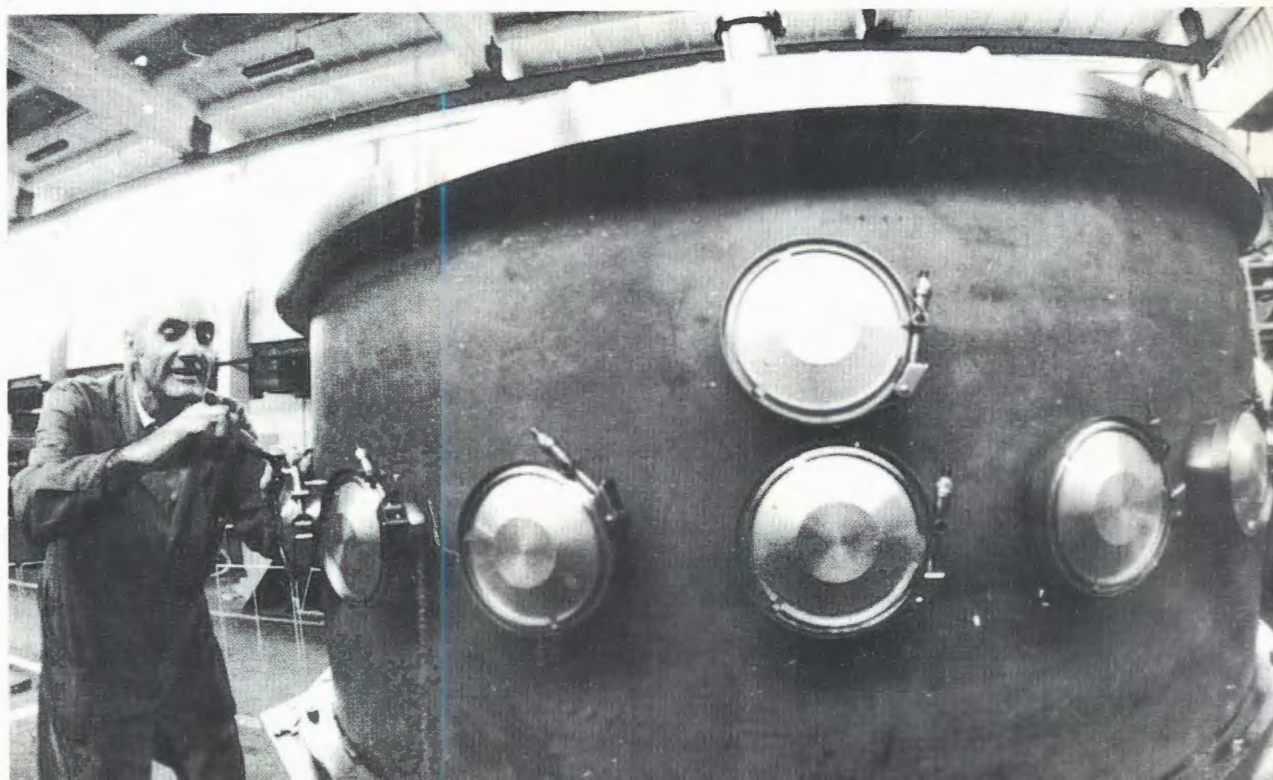


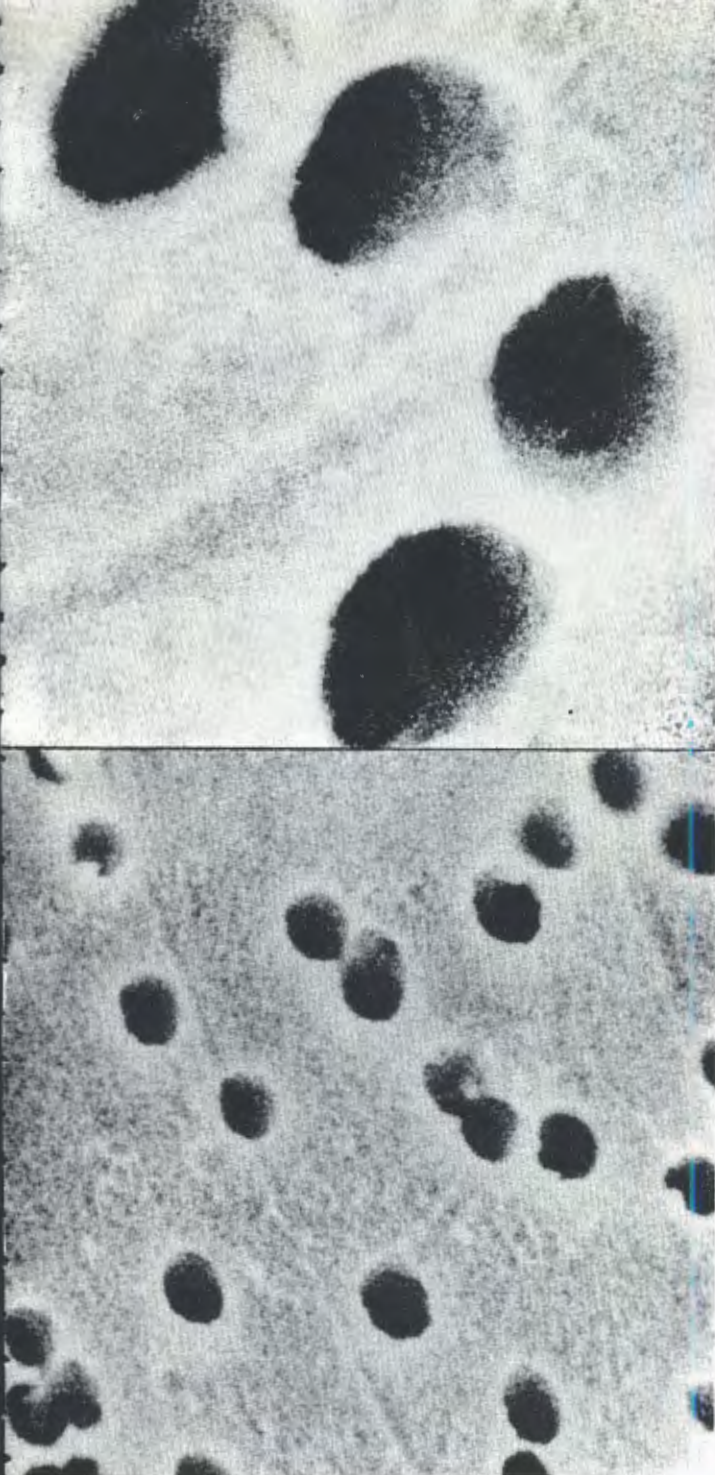
Для создания микроканалов и микротрещин в кристаллах оливина из метеоритов, содержащих древние треки от галактических космических ядер с $Z \geq 24$, применяется лазерная установка.

Треки ускоренных ядер железа, выявленные на микротрещине внутри объема кристалла оливина.



Для проведения совместных экспериментов по изучению механизма глубоконеупругих реакций на изохронном циклотроне тяжелых ионов У-400 в Институте ядерной физики (Краков, ПНР) изготавливается камера рассеяния.





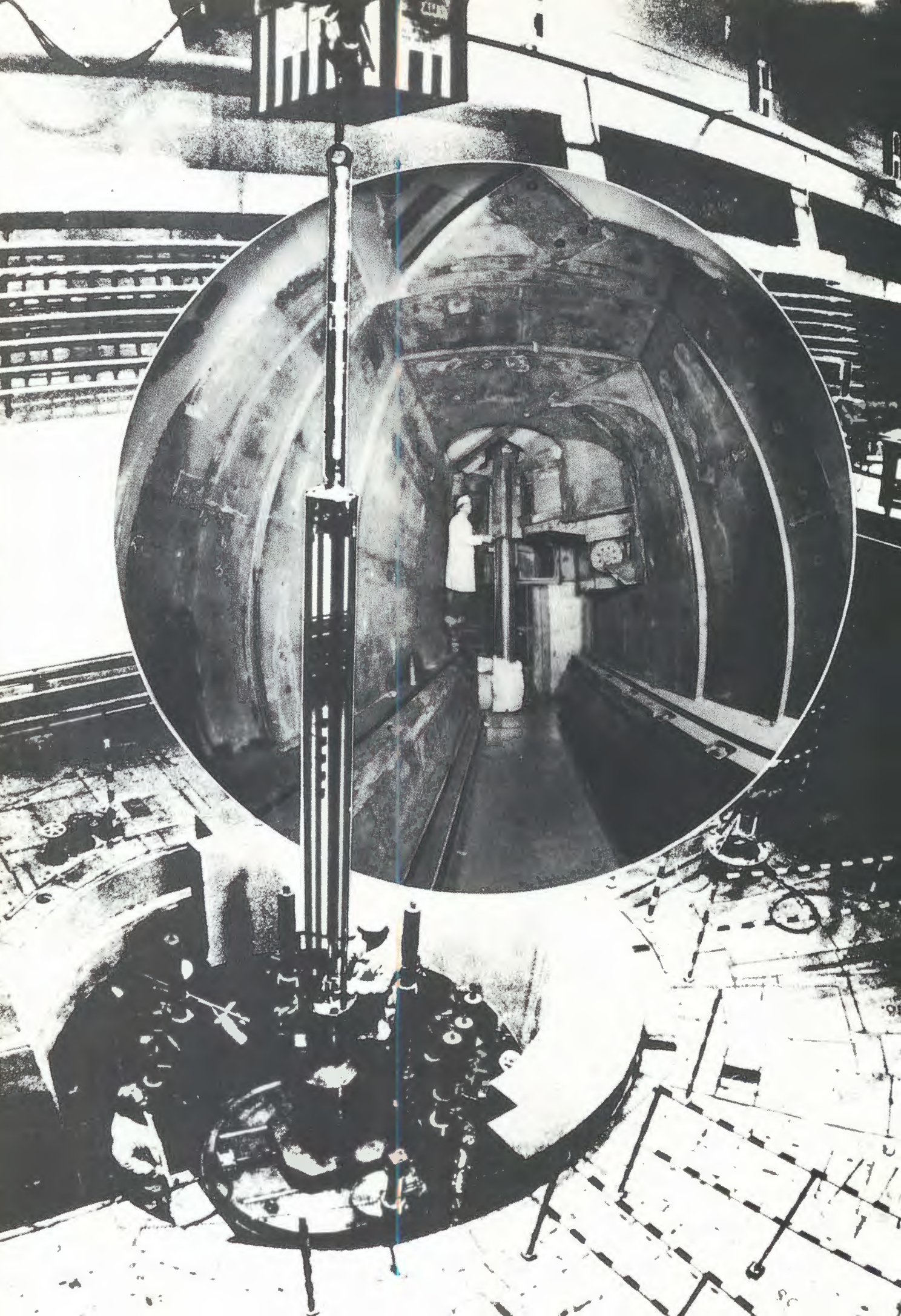
С помощью тяжелых ионов могут быть получены ядерные фильтры с различными диаметрами пор.

Установка, используемая на полуострове Челекен для проведения работ по выделению сверхтяжелых элементов из геотермальных рассолов. Производительность аппарата до 500 м³ рассола в сутки.



Влияние ионного облучения на механические свойства металлов исследовалось на специальной установке.





Лаборатория нейтронной физики

В 1979 году продолжалась поэтапная подготовка к энергетическому пуску импульсного реактора ИБР-2, создавались первоочередные физические установки для этого реактора. Одновременно осуществлялась программа научных исследований с применением нейтронов в области ядерной физики и физики конденсированных сред на реакторе ИБР-30. Методом спектрометрии по времени пролета обнаружен изомерный сдвиг нейтронных резонансов урана-238. Существенные результаты получены в исследованиях легчайших ядер посредством измерений радиационного захвата тепловых нейтронов. Измерены некоторые ядерные

параметры делящихся материалов, играющие большую роль в расчетах ядерных реакторов на быстрых нейтронах. В нейтронных экспериментах со сверхтекучим гелием обнаружены новые типы возбуждений квантовой жидкости. Разработан и экспериментально обоснован метод исследования текстур материалов с помощью рассеяния импульсного пучка тепловых нейтронов. Велись интенсивные работы по оснащению измерительно-вычислительного центра лаборатории современной электронно-вычислительной аппаратурой. Реактор ИБР-30 второй год работал по сокращенному графику в связи с подготовкой к энергопуску ИБР-2.

Научно-исследовательские работы

Изомерный сдвиг нейтронных резонансов

Эксперименты по обнаружению изомерного сдвига нейтронных резонансов, осуществленные в прошлом году, были дополнены измерениями, проведенными на ряде новых химических соединений урана-238 в резонансе с энергией 6,67 эВ. Результаты показаны на рис. 39, где изображена величина изомерного сдвига в микроэлектронвольтах в зависимости от изменений в плотности ($\Delta|\psi|^2$) электронного облака на ядре при переходе от одного химического соединения к другому. Каждая точка соответствует определенной паре химических соединений. Горизонтальные отрезки со стрелками соответствуют интервалам неопределенности значений $\Delta|\psi|^2$. Сплошная прямая проведена по методу наименьших квадратов, пунктирные прямые соответствуют диапазону с уровнем достоверности 95%.

Четкое проявление изомерного сдвига с максимальной величиной до 400 мкэВ свидетельствует о наблюдении методом нейтронной спектрометрии явления изомерного сдвига ядерных

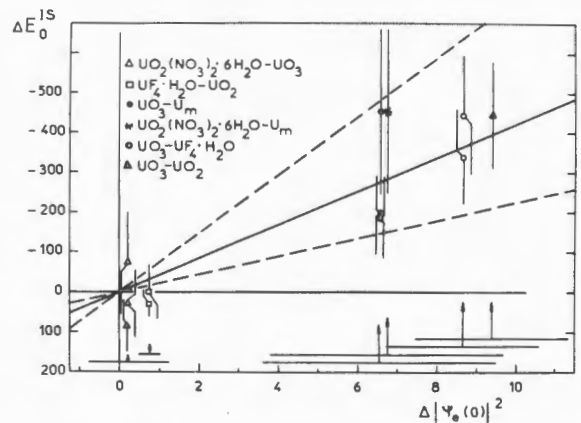


Рис. 39. Зависимость изомерного сдвига ΔE_0^{15} (в микроэлектронвольтах) резонанса урана-238 от разности электронной плотности $\Delta|\psi|^2$ (в ед. 10^{26} см^{-3}).

уровней, исследовавшегося ранее с помощью μ -мезоатомной и гамма-резонансной спектроскопии. Непосредственным результатом нейтронного эксперимента, имеющим большое значение для ядерной физики, является вывод об изменении среднеквадратичного радиуса ядра U-239 на величину $(1,7^{+1,2}_{-0,8}) \text{ Фм}^2$ при возбуждении до энергии около 6 МэВ. Этот результат на порядок превышает оценку, сделанную на основании статистической теории нагретых ядер. Подобное уменьшение радиуса соответствует переходу от деформированной к сферической форме ядра.

Радиационный захват нейтронов гелием-3

Продолжались исследования легчайших ядер с помощью нейтронов. В 1979 г. в лаборатории измерено эффективное сечение радиационного захвата тепловых нейтронов гелием-3. Экспериментальные данные для этого редкого процесса практически отсутствовали ввиду трудностей измерения малого (порядка 10^{-5} б) сечения на фоне конкурирующей реакции p -поглощения с сечением $\sim 5 \cdot 10^3$ б. В то же время гелий-4, образующийся в $\text{p}\gamma$ -реакции на гелии-3, является одной из простейших ядерных систем, доступной для теоретического расчета волновых функций ядра.

В измерениях с газовой мишенью на пучке реактора ИБР-30 с помощью детектора NaI(Tl) для регистрации гамма-лучей получена величина теплового сечения, равная 29 ± 9 мкб. Результаты для всей исследованной в ЛНФ области энергий нейтронов от 10^{-2} эВ до 60 кэВ показаны на рис. 40. При низких энергиях наблюдается захват s -волновых нейтронов (в соответствии с зависимостью $1/v$), при высоких начинает преобладать p -волновой захват.

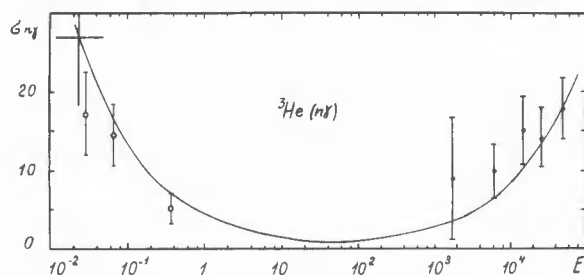


Рис. 40. Эффективное сечение радиационного захвата нейтронов ядрами гелия-3 $\sigma_{\text{п}\gamma}$ (в мкб) в зависимости от энергии нейтронов E (в эВ).

Для сопоставления с теорией были выполнены расчеты теплового сечения $\sigma_{\text{п}\gamma}$ с использованием гауссовых волновых функций основных состояний ядер ^3He и ^4He . Магнитный дипольный переход в реакции $^3\text{He}(n,\gamma)$ на тепловых нейтронах, запрещенный правилами отбора по симметрии волновой функции, может, однако, происходить за счет возможных малых компонент состояний "смешанной симметрии". Сравнение экспериментального и теоретического результатов привело к оценке 0,14% примеси состояния "смешанной симметрии" в гелии-4.

Исследования делящихся ядер

Константы реакторных материалов.

При расчетах реакторов на быстрых нейтронах, в связи с существованием эффекта резонансной блокировки, необходимы данные о прохождении нейтронов через толстые слои материала. Подобные измерения на ИБР-30 для ^{235}U и ^{239}Pu выполнены в случае как обычного, так и "делительного" пропускания в экспериментах типа самоиндикации.

На рис. 41 показаны экспериментальные спектры в интервале энергий нейтронов 3 эВ \div 3 кэВ. На рис. 42 даны зависимости ослабления числа нейтронов и числа делений от толщины пропускаю-

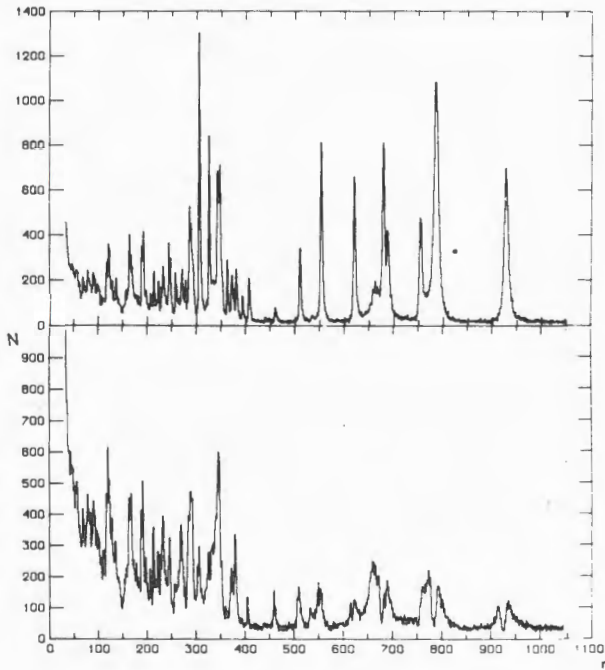
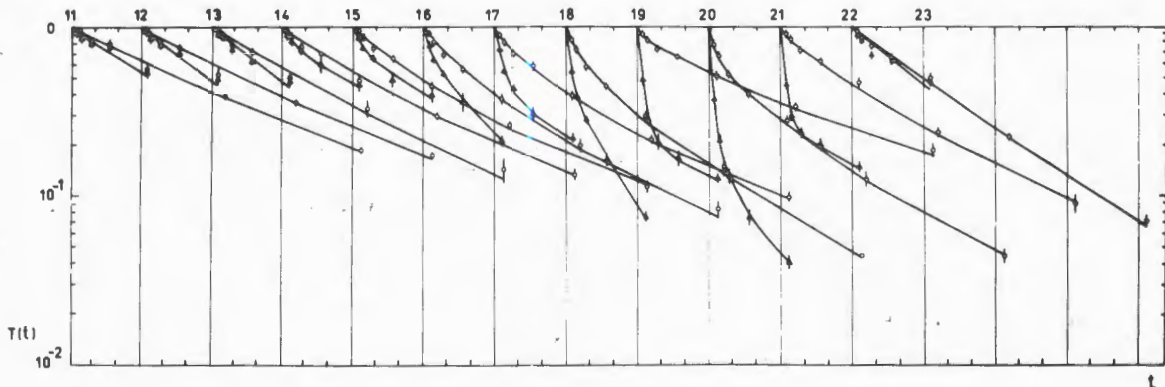


Рис. 41. Экспериментальные спектры по времени пролета, полученные с помощью плутониевой камеры деления: а - в открытом пучке, б - при толщине пропускающего образца плутония-239 $0,00412$ ядер/б.

Рис. 42. Значения обычного (ϕ) и "делительного" (Δ) пропускания T плутония-239 в зависимости от толщины образцов t в диапазоне от $0,0022$ до $0,1234$ ядер/б для каждой из 12-ти энергетических групп.



щего слоя плутония-239 для двенадцати энергетических групп. Тщательно выполненные измерения для большого набора толщин исследованных делящихся материалов позволили получить набор групповых констант и факторы резонансного самоэкранирования:

Деление резонансными нейтронами ядер из состояний ниже энергии связи нейтрона, образующихся после испускания гамма-квантов с энергией порядка 1 МэВ, предсказано теоретически, но до последнего времени оно не имело надежного экспериментального подтверждения применительно к ядру урана-235. Прямой метод обнаружения этого процесса, основанный на регистрации рентгеновских квантов, предшествующих делению, развит в экспериментах на реакторе ИБР-30. В этом случае рентгеновские кванты являются результатом внутренней конверсии искомых гамма-лучей, прямое наблюдение которых практически невозможно. Эксперименты проводились с помощью многослойной камеры деления с 2 г урана-235, германиевого детектора и ЭВМ ТРА-1001i. Регистрировались двумерные спектры. Аппаратура размещалась на пролетном расстоянии 57 м, что позволило исследовать резонансы с энергией до 21 эВ.

На рис. 43 показана полученная зависимость числа рентгеновских квантов на акт деления R от обратной величины делительных ширин Γ_f нейтронных резонансов. Величина R пропорциональна парциальной ширине $\Gamma_{\gamma f}$ двухступенчатого $(n, \gamma f)$ -процесса. Будучи усредненной по многим гамма-переходам, она является величиной, слабо меняющейся от резонанса к резонансу, в то время как делительные ширины сильно флуктуируют. В результате относительный вклад $(n, \gamma f)$ -процесса ожидается большим для резонансов с меньшими ширинами Γ_f . Таким образом, наклон прямой, вычисленной методом наименьших квадратов, свидетельствует в пользу существования $(n, \gamma f)$ -процесса, хотя для получения надежного заключения статистическая точность должна быть улучшена. Полученный к настоящему времени результат составляет величину $\Gamma_{\gamma f} = (2,1_{-1,7}^{+1,5}) \text{ мэВ}$.

Гамма-распад нейтронных резонансов

На реакторе ИБР-30, работающем совместно с ускорителем электронов ЛУЭ-40, исследована реакция $^{152}\text{Gd}(n, \gamma)^{153}\text{Gd}$ на резонансных нейтронах. До последнего времени данные об этой реакции отсутствовали как ввиду малого (0,2%) содержания изотопа ^{152}Gd в естественном гадолинии, так и из-за подавляющей конкуренции радиационного захвата на изотопах гадолиния-155 и -157, тепловое эффективное сечение которых примерно в 300 раз превышает исследуемое.

Спектры гамма-лучей в разных резонансах измерялись методом времени пролета с помощью Ge(Li)-детектора (чувствительный объем 17 см^3 , разрешение $6,4 \text{ кэВ}$ для энергии 7 МэВ), располагавшегося на расстоянии 50 м от актив-

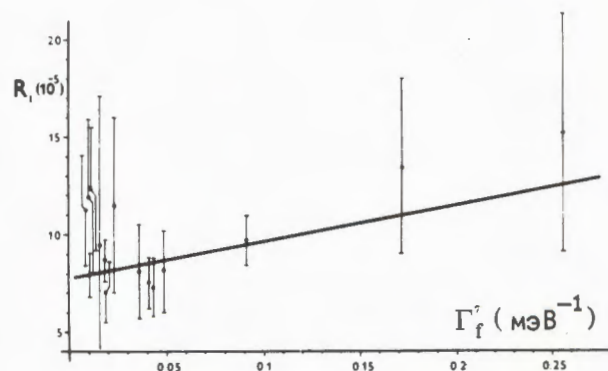


Рис. 43. Зависимость выхода рентгеновских квантов на акт деления (R_i) от обратного значения величины делительных ширин (Γ_f^{-1}) нейтронных резонансов урана-235.

ной зоны реактора. Двумерная информация о жестких гамма-переходах накапливалась в течение 18 суток, о мягких — около 2 суток. Пример спектров мягких гамма-лучей дан на рис. 44, где цифрами пронумерованы гамма-линии с энергией от 80 до 700 кэВ. Наблюдено 77 мягких и 17 первичных гамма-переходов. Получены новые спектроскопические данные о спинах и четностях уровней ядра ^{153}Gd , существенно дополняющие прежние результаты исследований в ядерных реакциях с заряженными частицами. В частности, для энергии связи нейтрона в ядре гадолиния-153 установлено значение $6246,4 \pm 0,4 \text{ кэВ}$, отличающееся от принятого ранее на 240 кэВ .

Изучение флуктуаций интенсивностей мягких гамма-переходов при захвате нейтронов в резонансах молибдена-95 и гадолиния-157 проведено на разделенных изотопах молибдена и гадолиния. Обнаружены отступления от статистической модели: интенсивности вторичных гамма-переходов в составном ядре гадолиний-158 флуктуирует сильнее, чем следует из теории. При исследовании молибдена-96 обнаружено аномальное заселение

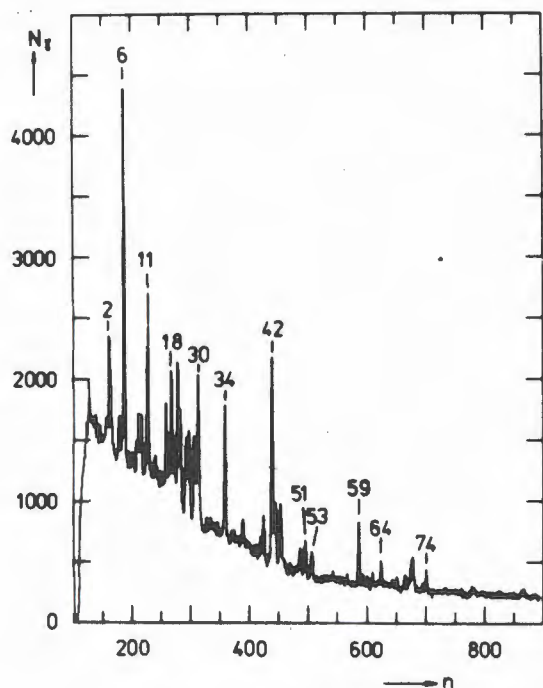


Рис. 44. Амплитудный спектр мягких гамма-лучей из резонанса 12,35 эВ в реакции $^{152}\text{Gd}(n, \gamma)^{153}\text{Gd}$. n - номер амплитудного канала, N_γ - число отсчетов в канале.

оккупольного уровня с энергией 2,2345 МэВ ($J^\pi = 3^-$) при захвате из состояний, возбуждаемых р-нейтронами. Установлена также статистически значимая вероятность корреляции нейтронных ширин резонансов с интенсивностями гамма-переходов с этого уровня.

Сверхплотные ядра

Дальнейшие поиски возможного образования сверхплотных ядер в делении осуществлены с применением радиоактивных индикаторов в пороговой реакции $(n, 5n)$ на висмуте-209. Величина порога этой реакции составляет около 30 МэВ, ядро-продукт распадается (период полураспада ^{205}Bi - 15,3 дня) с испусканием удобных для измерения гам-

ма-линий с энергией 703, 988, 1044 и 1862 кэВ. Образец висмута облучался в течение 4 суток в активной зоне реактора ИБР-30 при средней плотности потока нейтронов со спектром деления $\sim 4 \cdot 10^{12} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$. После выдержки в течение 21 суток был измерен с помощью Ge(Li) -детектора спектр гамма-лучей, показанный на рис. 45. Номерами обозначены линии в диапазоне от 570 (№1) до 2614 кэВ (№10). Эти линии принадлежат продуктам реакций (n, γ) , $(n, 2n)$, $(n, 3n)$, $(n, 4n)$. Линий висмута-205 не обнаружено. Из факта ненаблюдения реакции $^{209}\text{Bi}(n, 5n)^{205}\text{Bi}$ получена оценка выхода нейтронов на акт деления, не превышающая $4 \cdot 10^{-10}$ для нейтронов с энергиями в диапазоне 40-60 МэВ. Эта же величина служит пределом вероятности образования сверхплотных осколков в делении, сопровождаемом испусканием нейтронов с указанными энергиями. Прежняя оценка, полученная на ИБР-30, уменьшена в 50 раз.

Наиболее перспективным способом получения сверхплотных ядер, по-видимому, являются ядерные реакции под действием тяжелых ионов с энергией в несколько сотен мегаэлектронвольт на нуклон. В таких соударениях может достигаться уплотнение ядра, превышающее

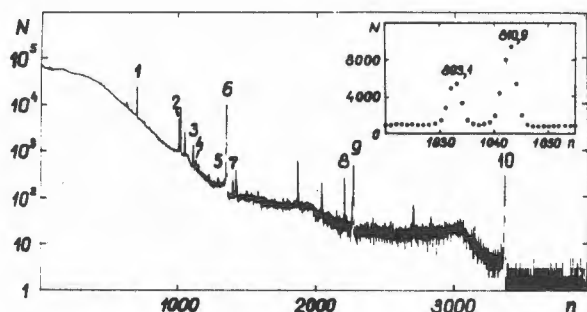


Рис. 45. Спектр гамма-лучей от облученного в реакторе ИБР-30 образца висмута-209, использованного для поиска сверхплотных ядер.

критическую плотность $\rho_k \approx 3\rho_0$, при которой возможно появление в ядре π -конденсатной неустойчивости. В ЛНФ выполнено теоретическое исследование π -конденсации ядер при большой плотности и большой температуре ядерной среды. Рассмотрен эффект возникновения равновесного излучения π -мезонов и перехода нуклонов в Δ_{33} -изобары. Получены сильная зависимость критической плотности ρ_k от температуры и время установления статистического равновесия, диктующие необходимость проведения экспериментов в условиях, при которых нагревание ядерной среды не превышало бы температуры $T = m_\pi c^2 = 140$ МэВ. Соблюдения этих условий можно ожидать в столкновениях ядер с массовым числом $A \approx 40$ с энергией на нуклон ≈ 500 МэВ.

Альфа-распад резонансных состояний ядер

Усредненное сечение (n, α) -реакции на неодиме-143 для нейтронов с энергией около 30 кэВ измерено на электростатическом ускорителе лаборатории. Нейтроны получались в реакции ${}^7\text{Li}(p, n){}^7\text{Be}$ при энергии протонов 1891 кэВ. Спектр нейтронов имел вид треугольника с основанием от 8 до 70 кэВ. Амплитудный спектр альфа-частиц исследуемой реакции измерялся с помощью двухсекционной ионизационной камеры, в которую помещалась мишень неодима, обогащенная неодимом-143. Полученный спектр альфа-частиц и схема уровней ядер, участвующих в реакции, показаны на рис. 46. Сплошной кривой показан основной вклад в спектр от альфа-частиц, сопровождающих переход в основное состояние конечного ядра церия-140.

Значение сечения $\sigma_{\alpha a}$ составило 20 ± 3 мкб. Отсюда определена средняя

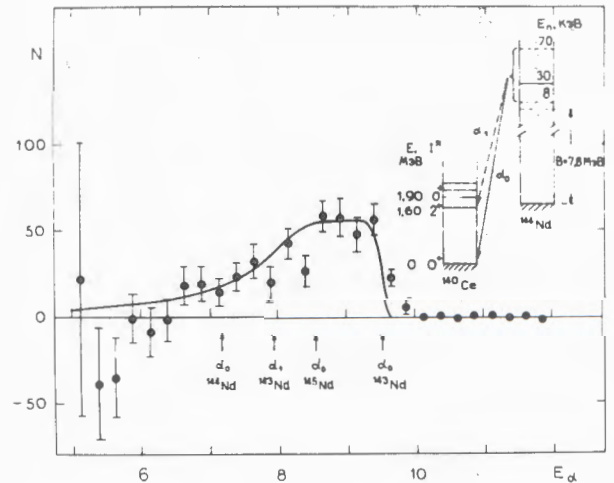


Рис. 46. Спектр альфа-частиц реакции ${}^{143}\text{Nd}(n, \alpha){}^{140}\text{Ce}$ при энергии нейтронов около 30 кэВ.

альфа-ширина $\Gamma_\alpha = 14 \pm 2$ мкэВ, согласующаяся, в соответствии с выводом статистической теории о постоянстве альфа-ширины, с данными из резонансной области энергии.

Методически улучшена аппаратура для измерения спектров альфа-частиц и эффективных сечений реакции (n, α) . Разработана, построена и испытана на нейтронном пучке цилиндрическая ионизационная камера с сеткой. Схематически конструкция камеры показана на рис. 47.

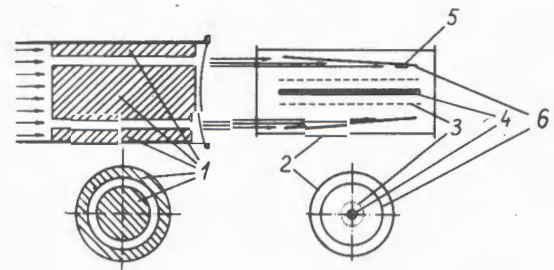


Рис. 47. Схема конструкции цилиндрической ионизационной камеры для измерения спектров альфа-частиц. 1 - коллиматор, 2 - корпус, 3 - сетка, 4 - собирающий электрод, 5 - мишень, 6 - высоковольтный электрод.

Высоковольтный электрод, несущий мишень (площадью $0,4 \text{ м}^2$), выполнен в виде усеченного конуса, что дает возможность облучения лишь малой доли объема камеры. Это обеспечило высокие перегрузочные характеристики спектрометра при умеренном ($100-200 \text{ кэВ}$) разрешении на пучке нейтронов. Создание камеры позволило приступить к измерению спектров (n, α) -реакции в области усредненного сечения при энергии нейтронов до десятков килоэлектронвольт.

Создан новый детектор альфа-частиц на основе пропорциональных сдвоенных проволочных камер, расположенных в общем вакуумированном корпусе. Мишени помещены в пространстве между камерами, что позволило защитить чувствительный объем последних от облучения в момент импульсной вспышки. Общая

площадь мишеней может достигать 1 м^2 . Отличительной особенностью детектора является его быстродействие, достигающее примерно 50 нс , и пониженное (до 45 мкс) время восстановления после перегружающего импульса мощности реактора.

Ультрахолодные нейтроны

Проведены эксперименты для выяснения возможности получения нейтронно-оптического изображения источника УХН с помощью цилиндрического зеркала. Измерения проводились на реакторе СМ-2 НИИАР (г.Дмитровград). Схема экспериментальной установки показана на рис. 48. Источник 9 (система 4-х щелей) и трековый детектор 8 (уран-титановый радиатор и фотостекло) рас-

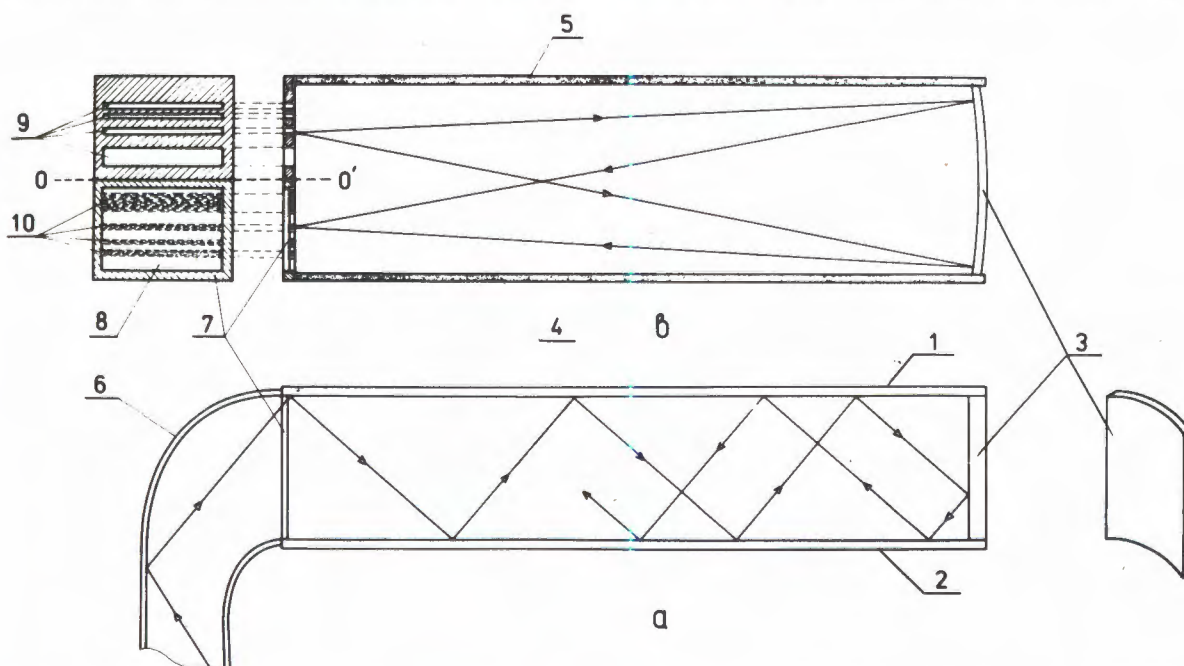


Рис. 48. Схема экспериментальной установки для получения оптического изображения источника ультрахолодных нейтронов: а - вид сбоку, б - вид сверху. 1, 2 - плоскостепенные зеркала, 3 - вертикальное круговое цилиндрическое зеркало, 4, 5 - боковые поглотители, 6 - нейтронный пучок, 7 - рамка с радиатором и детектором, 8 - детектор, 9 - источник, 10 - изображение сфокусированного пучка.

полагались рядом. Ультрахолодные нейтроны сходились на поверхности детектора после отражения цилиндрическим зеркалом 3 и многократных отражений от двух плоскопараллельных горизонтальных зеркал 1 и 2. После обработки стекла плавиковой кислотой на его поверхности выявилось изображение щелей в виде параллельных полос (видны на фотографии рис. 49). На рис. 49 показан также полученный в результате обработки под микроскопом график изменения плотности треков в поперечном направлении. Ширины щелей и расстояния между ними даны в миллиметрах.

Качество полученного нейтронно-оптического изображения позволяет ставить задачу определения заряда нейтрона с помощью смещения изображения источника УХН под действием электрического поля.

Предложен и реализован метод регистрации ультрахолодных нейтронов с помощью вращающегося счетчика, устранивший нижний порог (~ 50 нэВ) при детектировании УХН из-за отражения от входного окна детектора. Тонкие гофрированные стенки вращающегося ^3He -счетчика движутся со скоростями, превосходящими граничную для материала этих стенок скорость УХН. Испытания счетчика на пучке УХН подтвердили его расчетные параметры. Для счетчика с алюминиевой стенкой нижний энергетический порог регистрации составил ~ 5 нэВ. Счетчик найдет применение во многих экспериментах с ультрахолодными нейтронами.

Исследования с заряженными частицами

На электростатическом ускорителе ЭГ-5 проведены методические работы с целью создания оптимальных условий

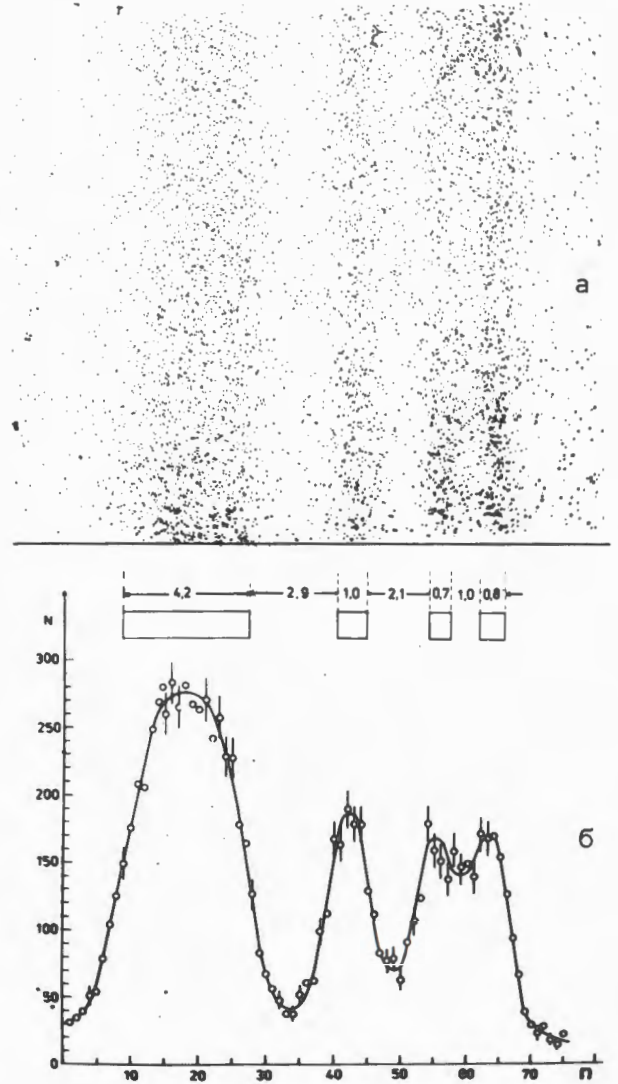


Рис. 49. Нейтронно-оптическое изображение источника УХН в виде щелей, обозначенных прямоугольниками: а - фотография поверхности трекового детектора, б - график изменения плотности треков в поперечном направлении.

для выполнения прикладных работ: медико-биологических, а также работ по элементному анализу материалов. С этой целью подготовлена система формирования протонных пучков микронных размеров.

Излучение Вавилова-Черенкова исследовалось в условиях, когда длина волны излучения сравнима с толщиной радиатора. В этом случае, согласно теоретическому предсказанию, излучение утрачивает острую направленность и возникает отклонение максимума угловых распределений от простого закона $\theta = \arccos 1/\beta n$.

Измерены угловые распределения излучения Вавилова-Черенкова под действием электронов с энергией 210 кэВ в слюдяной пластинке толщиной 2,5 мкм в спектральном диапазоне от 2500 до 5000 Å. Результаты показаны на рис. 50. Сплошная кривая - результат расчета, проведенного для излучения с электрическим вектором, лежащим в плоскости наблюдения, пунктирная - перпендикулярным к ней. Штрих-пунктирная кривая на рисунке получена без учета многократного рассеяния.

Положение максимума экспериментальных угловых распределений в первом приближении соответствует классической

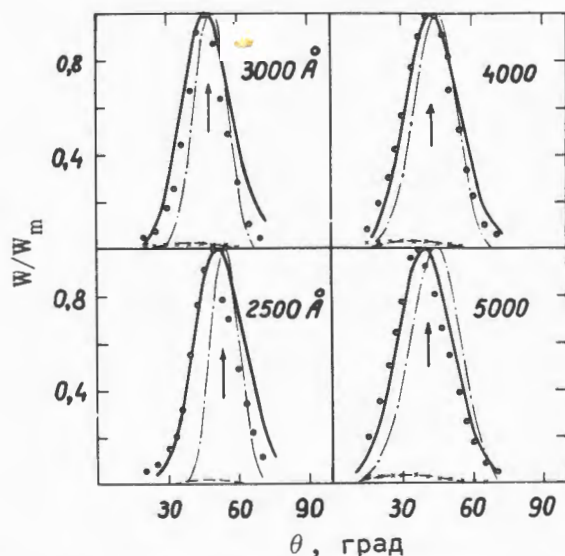


Рис. 50. Угловые распределения излучения Вавилова-Черенкова для энергии электронов 210 кэВ в слюдяной мишени толщиной 2,5 мкм.

зависимости, небольшие отклонения объясняются эффектом многократного рассеяния. Характерной особенностью результатов является проявление дифракционных эффектов в форме угловых распределений. Экспериментальные полуширины кривых согласуются с расчетом для дифракционных полуширин по формуле, полученной в работе. Проанализирован вопрос о пределах применимости расчетной формулы для полуширин.

Динамика конденсированных сред

Изучалось двухротонное связанное состояние, на существование которого указывали данные оптической спектроскопии. Нейтронные данные подтверждают существование двухротонного состояния и указывают на возможность существования двухротонных состояний с отличным от нуля полным импульсом. Ветвь двухротонного состояния (рис. 51) обладает некоторой дисперсией и достигает энергии 2Δ при $q = 1,65 \text{ \AA}^{-1}$. При больших импульсах ротонны отталкиваются и связанного состояния не возникает. Получено значение для константы фотон-ротонного взаимодействия, равное $0,5 \cdot 10^{-38} \text{ эрг} \cdot \text{см}^{-3}$.

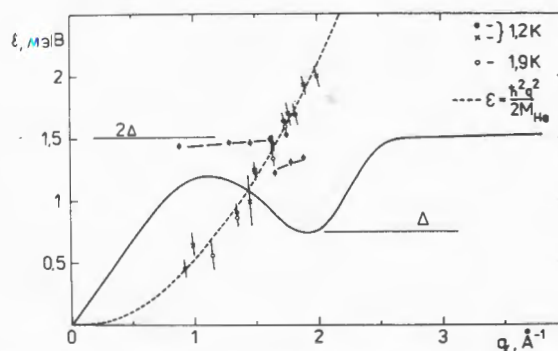


Рис. 51. Спектры возбуждений (энергия ϵ в мэВ) в сверхтекучем гелии в зависимости от переданного импульса q (в ед. Å^{-1}).

Вторым результатом эксперимента является наблюдение при низких энергиях ветви одноатомного рассеяния. Этой ветви на рисунке соответствует сплошная кривая с параболическим законом дисперсии, соответствующим рассеянию на почти свободном покоящемся атоме гелия. Существование этой ветви возбуждений является новым и неожиданным экспериментальным фактом, не следующим из известных теоретических моделей. Температурная зависимость интенсивности этого одноатомного рассеяния соответствует полученной ранее для плотности бозе-конденсата.

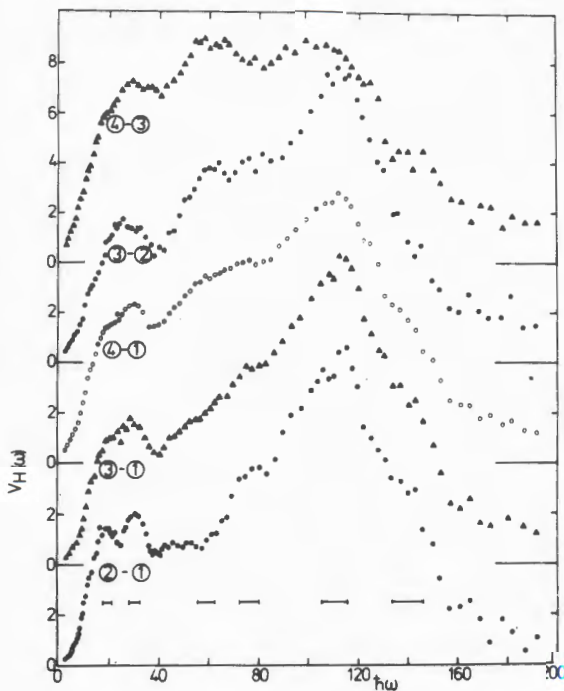


Рис. 52. Плотность энергетических состояний атомов водорода (в произвольных единицах) в зависимости от переданной нейтронам энергии $h\omega$ (в мэВ) для различных толщин адсорбированного слоя.

Проведено исследование динамических свойств водорода, адсорбированного на поверхности никеля, в совместной работе с Институтом твердого тела Центра ядерных исследований в Юлихе (ФРГ). На рис. 52 показаны полученные с помощью спектрометра КДСОГ на реакторе ИБР-30 плотности энергетических состояний атомов водорода, образующих 0,25 моноатомного слоя - кривая 2-1, 0,5 слоя - кривая 3-1 и один слой - кривая 4-1. Из зависимости наблюдаемых полос колебаний от количества адсорбированного водорода впервые получены силовые постоянные взаимодействия водород-никель $f_{H-Ni} = 8 \cdot 10^3$ дин/см и водород-водород $f_{H-H} = 4 \cdot 10^3$ дин/см. Результаты существенны для понимания как процессов катализа химических реакций, механизма работы топливных элементов, так и физических процессов на поверхностях твердых тел.

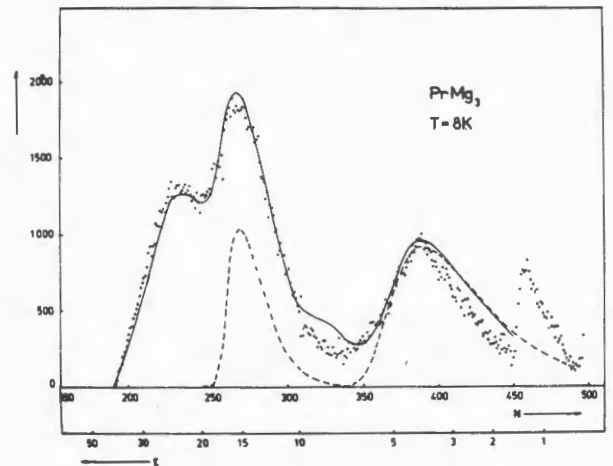


Рис. 53. Спектры неупругого рассеяния нейтронов на интерметалле $PrMg_3$.

Изучено кристаллическое поле в интерметалле PrMg_3 методом неупругого рассеяния тепловых нейтронов. Рассеяние измерялось в "обратной геометрии" под несколькими углами при температурах 8 и 80 К. Экспериментальный спектр при температуре 8 К показан на рис. 53, на котором сплошная кривая учитывает все основные процессы рассеяния, а пунктирная - выделенный вклад парамагнитного рассеяния на уровнях кристаллического поля. Получены параметры гамильтониана кристаллического поля: $X = 0,65 \pm 0,01$, $W = (-0,32 \pm 0,01)$ мэВ. Работа является совместным исследованием ОИЯИ, ЦИЯИ АН ГДР (г.Россендорф), Университета им. К.Маркса (г.Лейпциг) и Института металлургии им. А.А.Байкова (г.Москва).

Дифракция нейтронов

Получены первые экспериментальные результаты исследования текстур методом дифракции тепловых нейтронов по времени пролета. Текстура, т.е. наличие преимущественной ориентации кристаллитов в металлическом образце, ранее изучалась с помощью рентгеновских лучей преимущественно на поверхности металлов. Нейтроны позволяют увеличить исследуемый объем образца. На экспериментальных спектрах рис. 54, полученных для образца стали на 30-м пролетной базе ИБР-30 при различных положениях образца, наглядно видно, как сильно меняются интенсивности нейтронов в разных дифракционных отражениях в зависимости от ориентации образца.

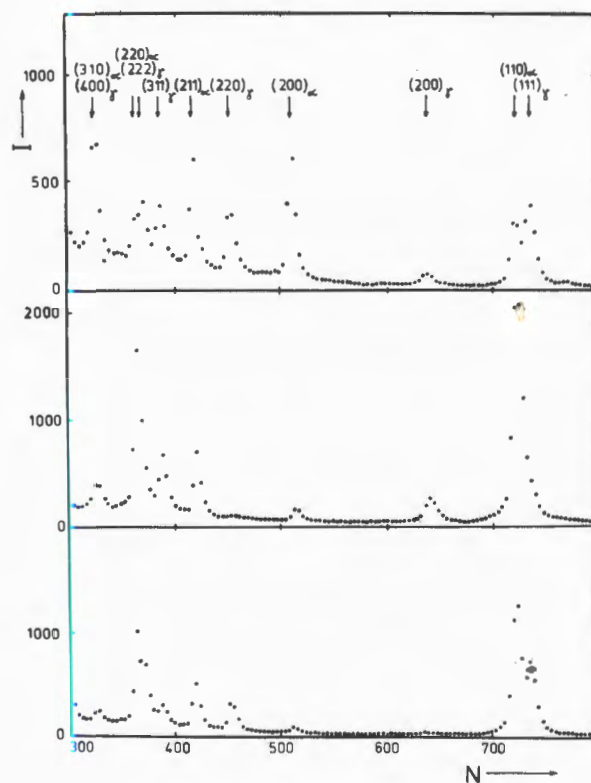


Рис. 54. Дифракционные спектры текстурированного образца стали при разных ориентациях последнего: I - число отсчетов детектора, N - номер канала временного анализатора.

Преимущество метода времени пролета состоит в возможности одновременного определения нескольких полусных фигур исследуемого образца, что особенно существенно для веществ с низкой кристаллической симметрией. Исследования проводятся совместно с ЦИЯИ АН ГДР (г.Россендорф), Техническим университетом (г.Дрезден) и Центральным институтом физики твердого тела и металлургии АН ГДР (г.Дрезден).

Нейтронно-активационный анализ

На импульсном реакторе ИБР-30 создан пневмотранспортный канал и подготовлена методика экспрессного нейтронно-активационного анализа с применением гамма-спектрометра высокого разрешения. Схема расположения пневмотранспортной системы и спектрометра в экспериментальном зале показана на рис. 55. Используемый поток быстрых и тепловых нейтронов составляет $(2-3) \cdot 10^{10} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$. Гамма-кванты наведенной активности регистрируются Ge(Li)-детектором. На установке проведены измерения содержания макроэлементов: калия, натрия, кальция, магния, фосфора и хлора в пораженных опухолью и непораженных тканях и биологических жидкостях подопытных животных (крыс) с целью изучения показателей водно-со-

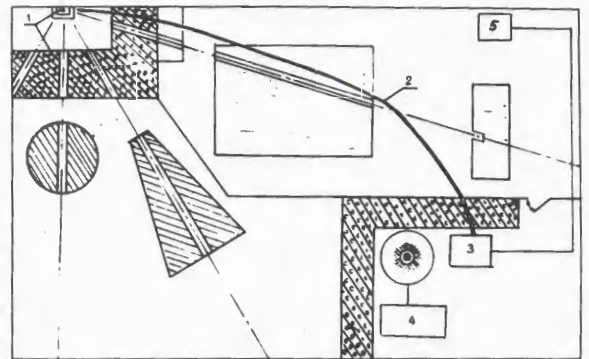


Рис. 55. Схема расположения пневмотранспортного канала и гамма-спектрометра в экспериментальном зале реактора ИБР-30: 1 - активная зона и биологическая защита реактора, 2 - канал, 3 - стойка управления, 4 - спектрометр, 5 - компрессор.

левого обмена. Пример получаемых аппаратурных спектров дан на рис. 56. Чувствительность анализа составляет (для разных элементов) $10^{-4} - 10^{-6}$ грамма на грамм при величине статистической ошибки от 5 до 15%.

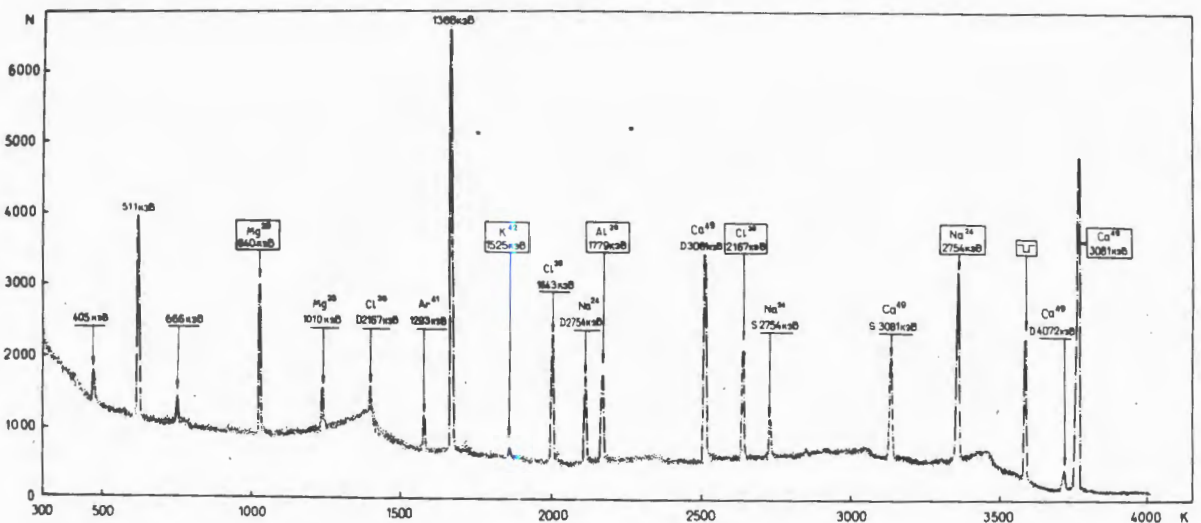


Рис. 56. Гамма-спектр, полученный при анализе костной ткани подопытных животных.

Эксплуатация, совершенствование и развитие основных установок и аппаратуры

Реактор и ускорители

Реактор ИБР-30 второй год работал по сокращенному графику в связи с подготовкой к энергетическому пуску ИБР-2. Время работы реактора на эксперимент составило 2500 ч в соответствии с планом. Создана и опробована ме-

тодика анализа состояния подвижных зон реактора. Проведена подготовка к замене изношенных ускоряющих волноводов ускорителя-инжектора ЛУЭ-40. Ускоритель ЭГ-5 в 1979 году проработал 2100 часов.

Измерительно-вычислительный центр

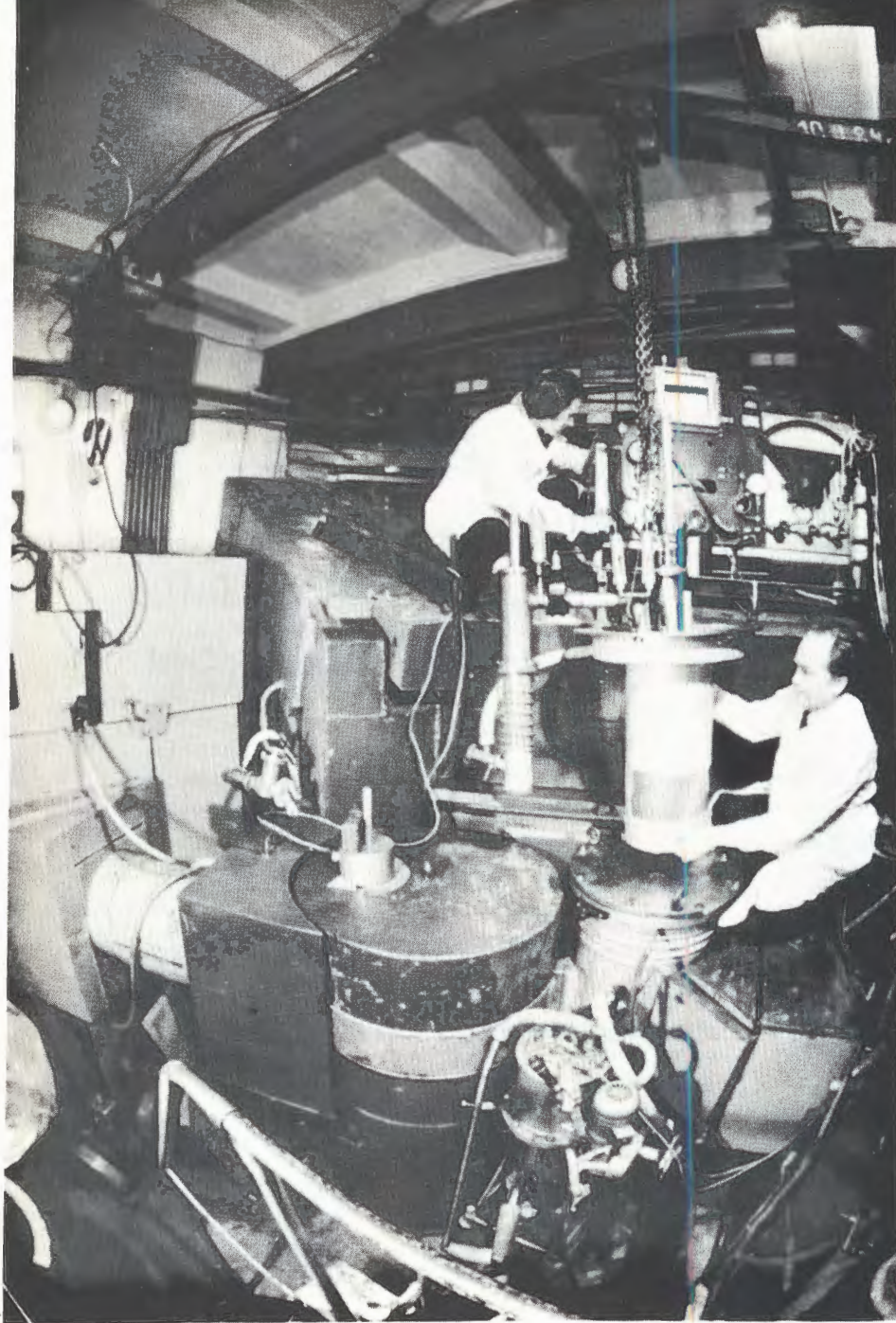
Наряду с эксплуатацией и модернизацией аппаратуры существующего измерительного центра реактора ИБР-30 проводилась работа по приобретению и вводу в действие оборудования измерительно-вычислительного центра ИБР-2. Проведена наладка электронно-вычислительной машины PDP-11/70, планируемой в качестве базовой машины нового центра.

Продолжалось оснащение центра малыми ЭВМ для измерительных модулей. В 1979 г. получено 4 машины СМ-3 и СМ-4 производства ПНР.

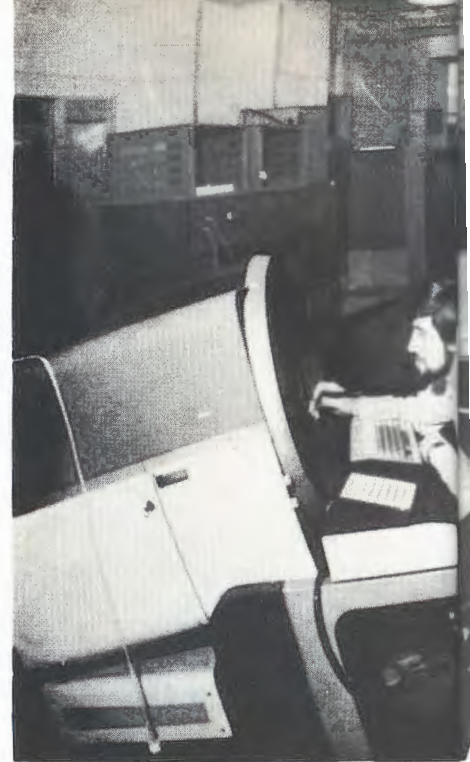
Продолжалось освоение электронно-вычислительной машины PDP-11/20, пла-

нируемой в качестве управляющей для центра и буферной к PDP-11/70. Опробован в эксплуатации макет блока связи действующего выходного коммутатора центра с ЭВМ PDP-11/20. Осуществление этой связи позволит подключить к PDP-11/20 существующие анализаторы.

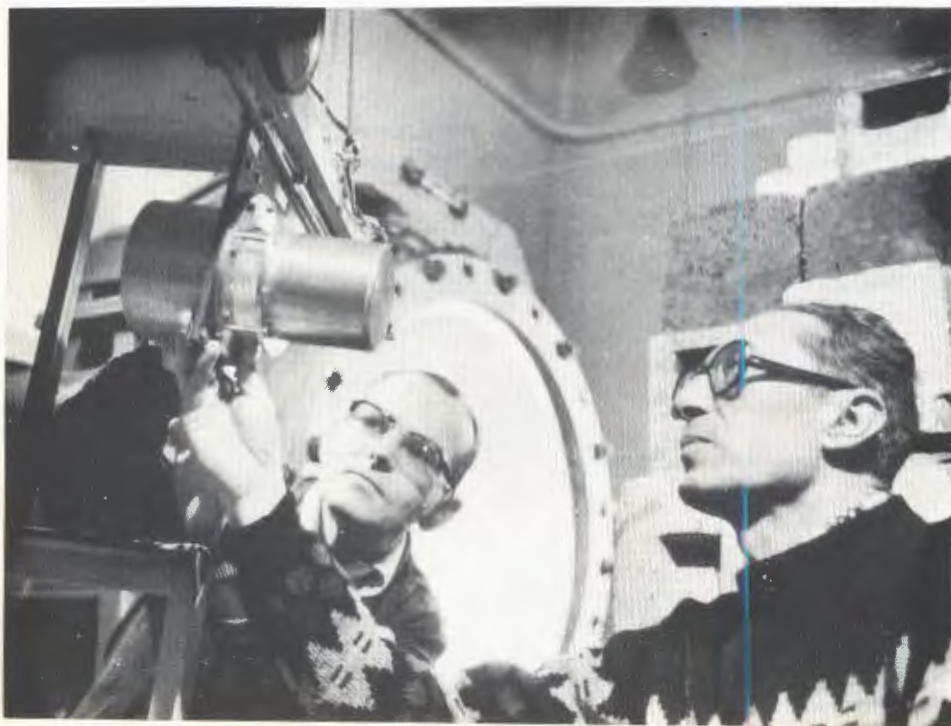
В ходе работ по расширению парка внешних устройств измерительных модулей выполнено подключение накопителей ЕС-5012 на магнитных лентах и накопителей ИЗОТ-1370 на магнитных дисках к электронно-вычислительным машинам PDP-11/20 и "Электроника".



Исследование сверхтекучего гелия-2 проводится с помощью двойного импульсного спектрометра нейтронов (установка ДИН-1М).



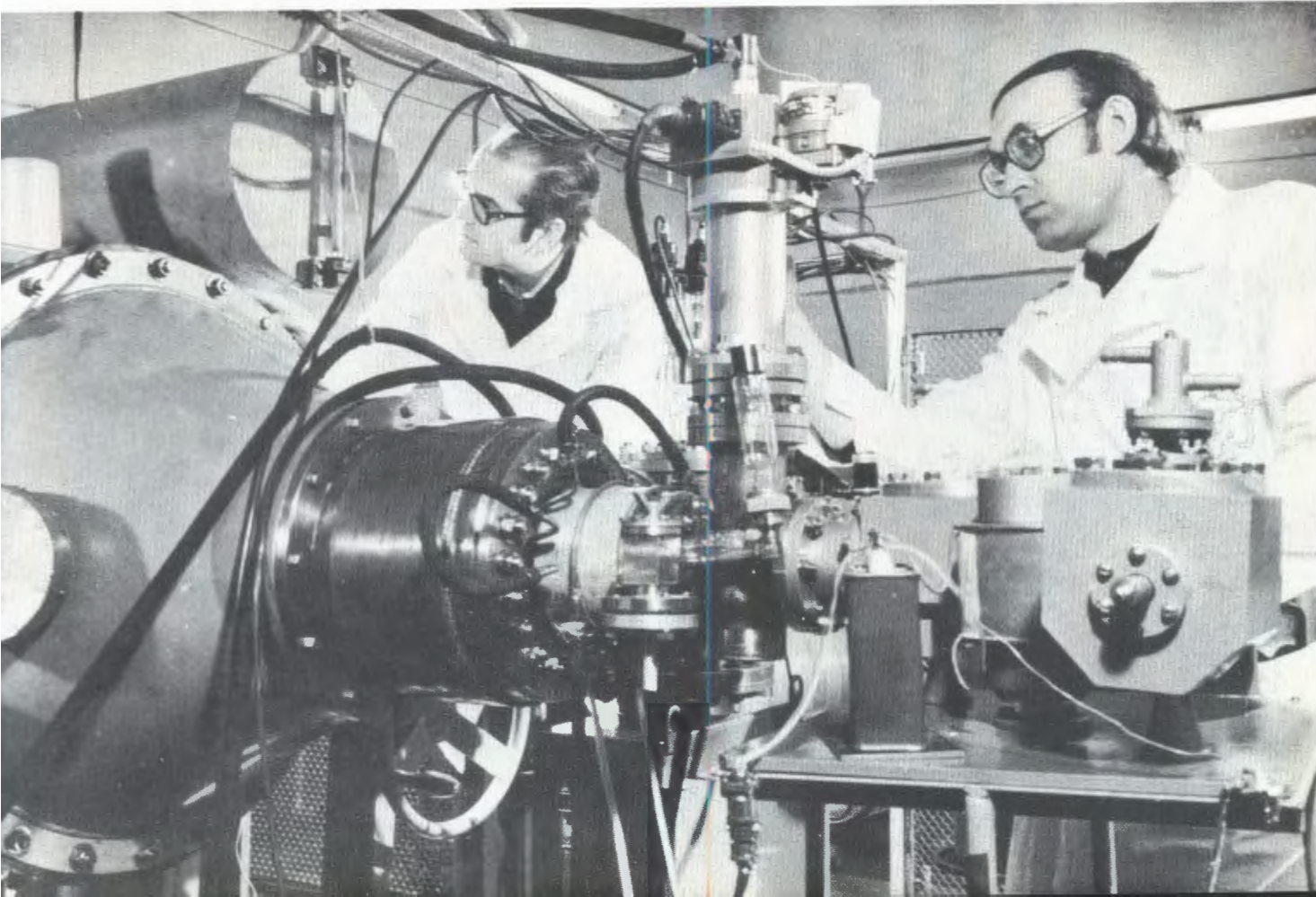
Экспериментальная электронная пушка ЭЭП-2 предназначена для проверки теории и методики расчета сильноочных электронных пучком с ламинарным пучком.



В результате эксперимента по измерению изомерного сдвига нейтронных резонансов определено изменение среднеквадратичного радиуса ядра ^{239}Pu , при возбуждении до энергии около 6 МэВ.



Измерительный центр лаборатории для исследований на новом реакторе строится на основе широкого применения современной вычислительной техники: от высокоскоростной ЭВМ до микропроцессоров.





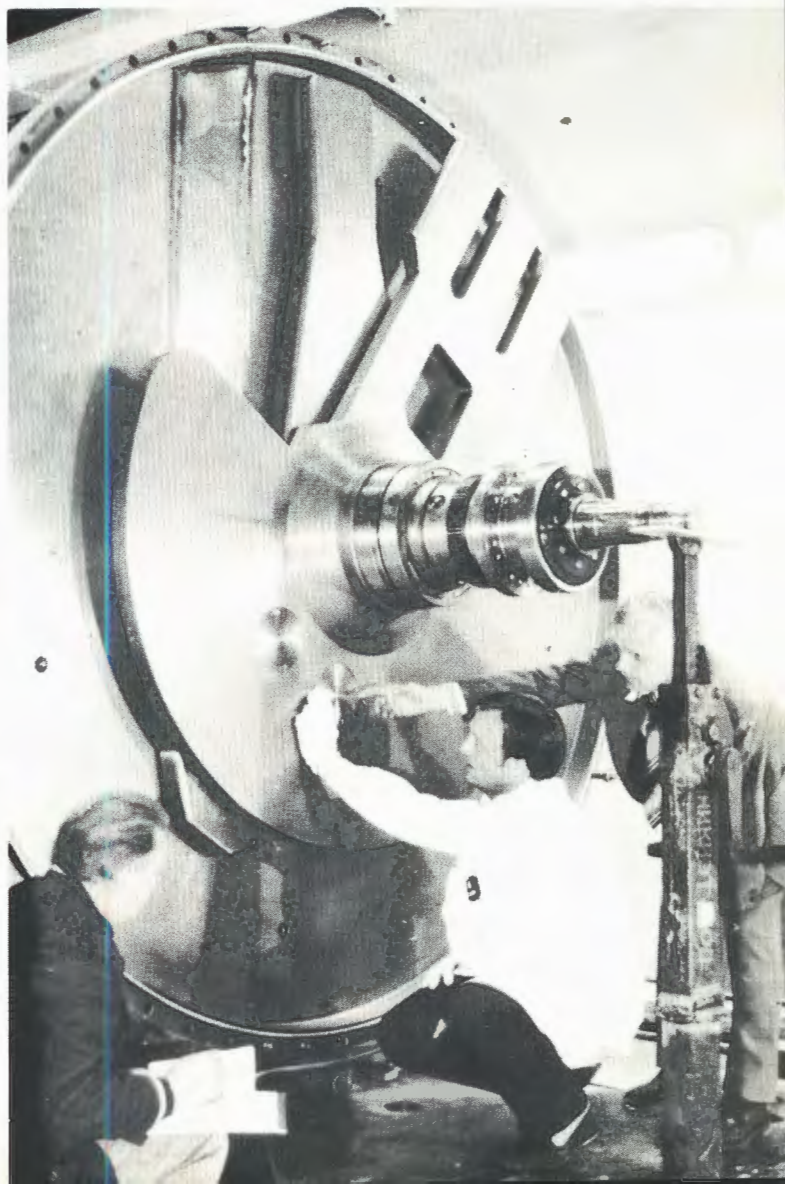
Экспериментальные залы реактора. Идет монтаж установок для проведения физических исследований на ИБР-2.

Совместно со специалистами Высшей технической школы (Магдебург, ГДР) ведутся работы по созданию спектрометра поляризованных тепловых нейтронов СПН-1. Механическое оборудование спектрометра смонтировано в экспериментальном зале ИБР-2.

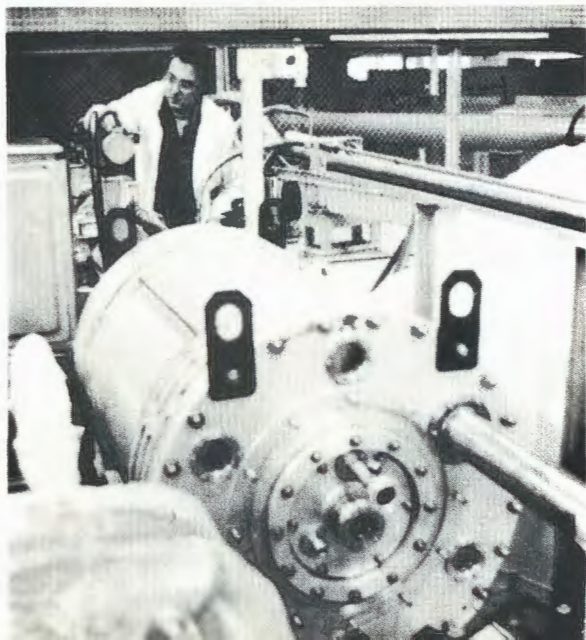




На основе исследований, проведенных во время физического пуска ИБР-2, создан новый вариант подвижного отражателя, который позволит получить проектные параметры реактора.



На канале ультрахолодных нейтронов нового реактора идет монтаж установки "Тристом" для измерения электрического дипольного момента нейтрона.

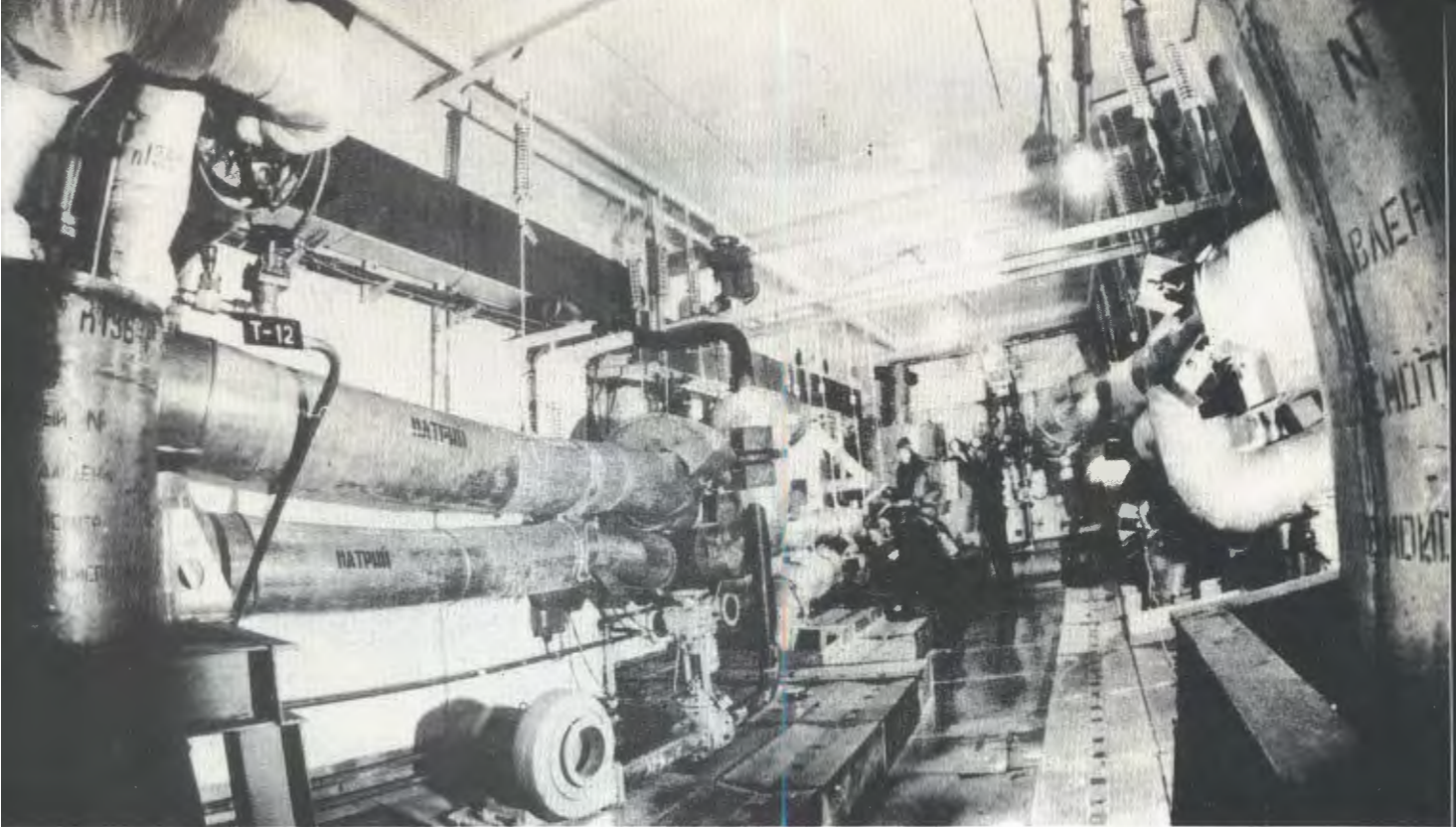


Сооружение реактора ИБР-2 и физических установок

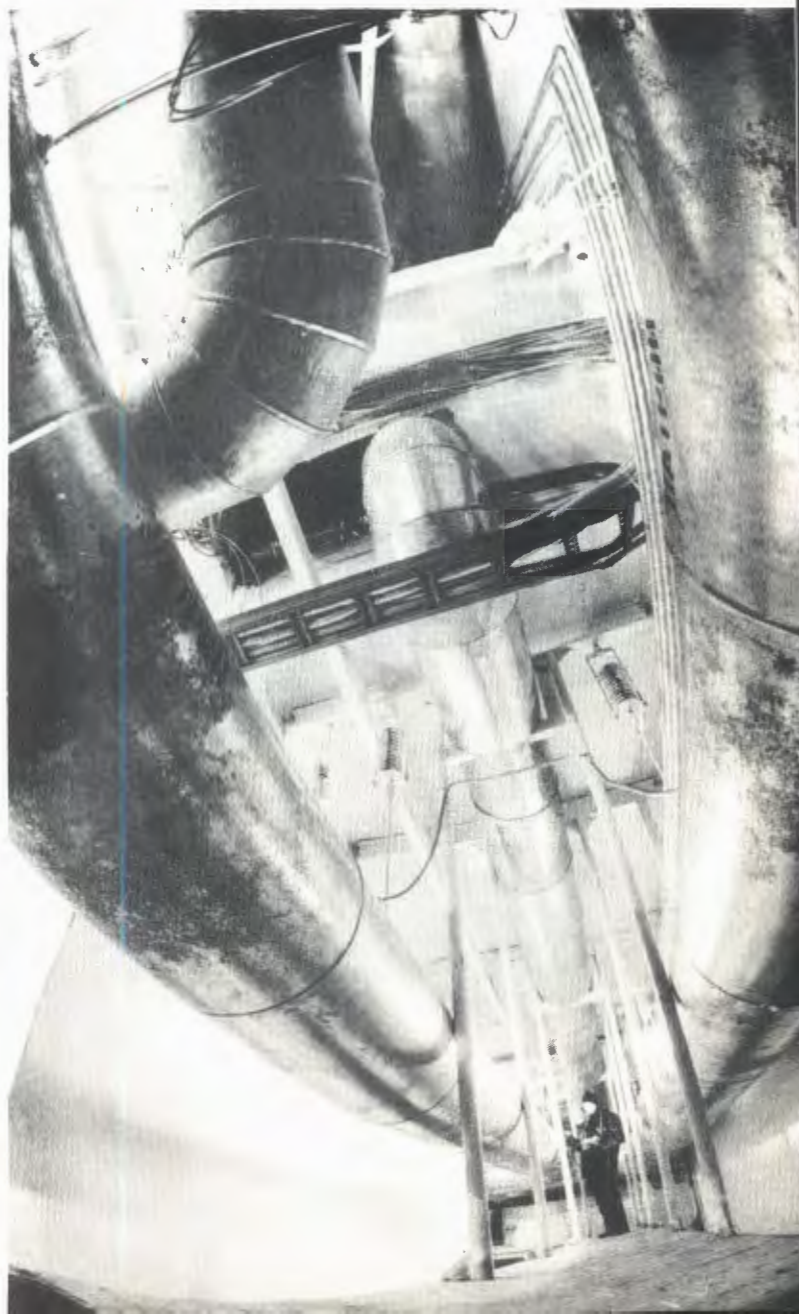
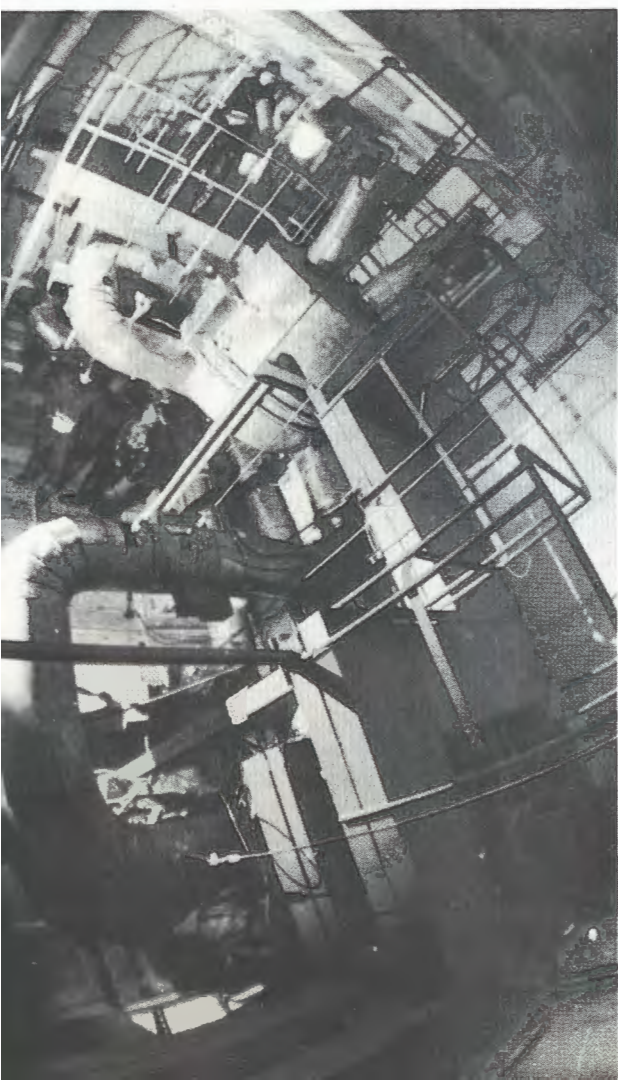
В 1979 г. пусковые работы на реакторе ИБР-2 были сосредоточены на монтаже, отладке и сдаче в эксплуатацию систем охлаждения реактора жидким натрием. Введен в действие 3-й и заполнен жидким натрием 2-й контуры системы охлаждения. В соответствии с результатами физического пуска проведены доработка и дополнительные испытания подвижных отражателей.

Продолжались работы по созданию инжекторной части сверхточного линейного индукционного ускорителя электронов ЛИУ-30. Наряду с испытаниями экспериментальной электронной пушки ЭЭП-2, во время которых достигнут ток электронов 230 А, проводилась техническая подготовка к сооружению штатной электронной пушки с ламинарным потоком на выходе, а также наладка систем электропитания модуляторов.

В соответствии с годовым планом проведен монтаж основных металлоконструкций первоочередных физических установок в экспериментальных залах реактора ИБР-2. Работы по сборке биологической защиты нейтронных пучков в экспериментальном зале №2 выполнены на 80%. В стадии монтажа находились основные узлы следующих установок: канал ультрахолодных нейтронов с установкой ТРИСТОМ для поиска дипольного электрического момента нейтрона, установка для малоуглового рассеяния, корреляционный спектрометр КОРА, нейтронный дифрактометр для биологических исследований. Высшей технической школой Магдебурга (ГДР) изготовлены и поставлены в ОИЯИ металлоконструкции и точные механизмы спектрометра поляризованных нейтронов. Выполнены подготовительные работы для монтажа зеркальных нейтронных установок спектрометра ДИН-2 с механическим прерывателем.



В лаборатории выполнен большой объем работ по программе энергетического пуска ИБР-2. Проведен технологический пуск и комплексные испытания второго и третьего контуров системы напряевого охлаждения реактора.





Лаборатория Вычислительной техники и автоматизации

Основные усилия коллектива лаборатории 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;

- развитие методов использования ЭВМ на линии с экспериментальными

установками ОИЯИ, а также разработку алгоритмов расчетов и создание программ обработки данных;

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

- проведение исследований по релятивистской ядерной физике и физике резонансов;

- разработку автоматизированной системы управления ОИЯИ.

Развитие и эффективное использование измерительно-вычислительного комплекса ОИЯИ

Расширение конфигурации ЭВМ центрального вычислительного комплекса

Завершены работы по наладке накопителей на магнитных дисках ЕС-5061 и блока управления этими накопителями в комплексе с ЭВМ БЭСМ-6. Общая емкость памяти на магнитных дисках ЭВМ БЭСМ-6 увеличена в 5 раз и составляет 290 Мбайт.

Разработан, изготовлен и отлажен мультиплексор и адаптер телеграфного канала на ЭВМ ЕС-1010 -концентраторе терминальных устройств.

Разработанная аппаратура позволяет подключить к ЭВМ-концентратору 16 терминальных устройств и расширить терминальную сеть на базе малой ЭВМ ЕС-1010 и БЭСМ-6.

Проведена разработка и завершается отладка второй очереди математического обеспечения концентратора терминалов БЭСМ-6 для обеспечения интерактивного (диалогового) режима работы БЭСМ-6 с программами. Разработанная версия операционной системы концентратора предусматривает использование мультиплексора терминалов.

Разработаны схемы управления для подключения к ЭВМ БЭСМ-6 графического дисплея. Дисплей введен в эксплуатацию и позволяет оперативно получать графическую информацию и рисунки печатных плат на БЭСМ-6.

На ЭВМ ЕС-1010 разработан, изготовлен и налажен канал, к которому подключен графопостроитель.

Проведены исследования по определению оптимальной конфигурации ЭВМ CDC-6500. По результатам исследований изменена конфигурация ЭВМ, что повысило ее производительность в среднем на 5%.

Создание и развитие математического обеспечения базовых ЭВМ ОИЯИ

Разработана версия операционной системы ЭВМ БЭСМ-6, обеспечивающая эксплуатацию новых дисков ЕС-5061. Реализован вариант нового алгоритма разделения времени, позволяющего оптимально использовать ресурсы БЭСМ-6. Введена в эксплуатацию новая версия операционной системы ЭВМ CDC-6500.

Проведены очередные ревизии и пополнены библиотеки программ общегона-

значения на ЭВМ БЭСМ-6. Библиотека программ общего назначения на ЭВМ ЕС-1040 расширена до 245 программ.

Внедрены две новые программные системы для аналитических преобразований на ЭВМ CDC-6500 и ЕС-1040. Проведены расчеты констант перенормиров-

ки пропагатора Госта и мюонного пропагатора с помощью программных систем для аналитических преобразований. Реализован алгоритм вычисления высших приближений в методе Крылова-Боголюбова, а также разработан и реализован алгоритм локального построения общего решения уравнения Чу-Лоу.

Разработаны структура и основные узлы интеллектуального терминала на основе микро-ЭВМ, к числу которых в первую очередь относятся:

- специализированная микро-ЭВМ для компиляции дисплейного файла;
- быстрый процессор для генерации стандартных графических элементов;
- универсальный блок памяти с воз-

Создание и развитие средств и методов визуальной связи с ЭВМ

возможностью доступа от двух процессоров.

Освоен серийный выпуск графических дисплеев на запоминающей ЭЛТ в Опытном производстве ОИЯИ.

На БЭСМ-6 разработан диалоговый монитор для управления удаленной дисплейной станцией при решении задач в режиме диалога "оператор-ЭВМ" (рис. 57).

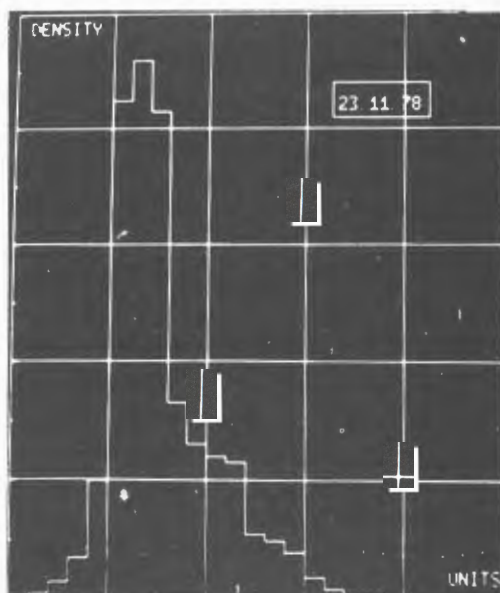
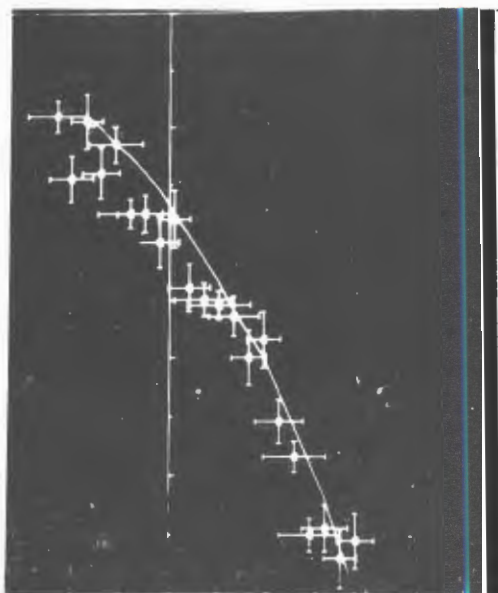


Рис. 57. Примеры изображений, получаемых с помощью универсальной диалоговой подсистемы анализа и графического представления одномерных массивов.

Эксплуатация базовых электронно-вычислительных машин

Таблица 6

ЭВМ	Годовой план /в час/	Общее полезное время счета за год /в час/	Среднесуточное полезное время счета /в час/	Число пропущенных задач
БЭСМ-6	6000	6910	20,3	75425
CDC-6500	6000	7440	21,6	196510* (28610)

* В скобках указано число задач, обработанных с терминалов.

Создание и развитие автоматических и полуавтоматических систем обработки камерных снимков

Спиральный измеритель

Проведено детальное исследование процесса калибровки на основе методических измерений событий ар-эксперимента на "Спиральном измерителе", получены оценки нелинейных искажений по полю сканирования, изучены их временные и температурные зависимости. На основе этих исследований разработаны новые методы компенсации нелинейных искажений и проведена работа по модернизации программы Калибр, что позволило снизить искажения импульсов событий при измерении их на "Спиральном измерителе" до 0,5%.

Осуществлен комплексный запуск системы фильтрации в реальном времени и обсчет первых событий.

Сканирующий автомат НРД

Введена в эксплуатацию новая электронная аппаратура сканирующего автомата НРД в режиме имитации прежней электронной схемы автомата. С помощью новой электронной аппарату-

ры измерено около 100 тыс. событий, полученных с жидководородных камер ЛВЭ и МИС ЛЯП (в том числе и в процессе опытной эксплуатации). Аппаратура сканирующего автомата показала хорошую надежность.

Проводились методические исследования режима фильтрации данных сканирования в реальном времени с целью повышения эффективности измерений. Подготовлен программный комплекс и проведены методические измерения ионизации на пленках, полученных с камеры "Людмила".

Для реализации проекта повышения эффективной производительности НРД введены в эксплуатацию две ЭВМ ТРА-1 с соответствующим комплектом внешних устройств.

Создана и запущена в эксплуатацию новая версия программ измерений снимков с МИС с отбором данных по маске и угалкой информации в реальное время измерений. Выполнены рабочие измерения около 50 тыс. событий со средней скоростью 100 соб./час и с трех-

кратным сокращением объема первичных данных на магнитных лентах. Создана и введена в эксплуатацию система программ фильтрации данных с МИС на CDC-6500. Скорость фильтрации доведена до 600 соб./час. Созданы тестовые программы для спецпроцессора.

Автомат
на электронно-лучевой
трубке АЭЛТ-2/160

Завершена обработка на сканирующем автомате АЭЛТ-2/160 10 тыс. событий с магнитного искрового спектрометра ОИЯИ, полученных в эксперименте по исследованию когерентного рождения π -мезонов.

Проведена разработка первой очереди математического обеспечения системы обработки снимков с установки РИСК на АЭЛТ-2/160, завершено создание и оформление библиотеки базовых подпрограмм автомата. Выполнялись работы по использованию сканирующих систем на электронно-лучевой трубке в прикладных исследованиях.

Создан многоцелевой сканирующий комплекс на основе автоматов АЭЛТ-2/160 и АЭЛТ-1, предназначенный для одновременной обработки фотоснимков от двух экспериментов.

Развитие методов использования ЭВМ на линии с экспериментальными установками ОИЯИ

В рамках работ по созданию математического обеспечения систем реального времени для регистрации и обработки информации в экспериментах в области физики высоких энергий создан новый вариант программы сбора и обработки информации и усовершенствована

Модуль универсальной измерительной системы для обработки снимков с трековых детекторов

На базе двух измерительных проектов БПС-75 и ЭВМ СМ-4 создавался макет модуля, пригодный для просмотра и предварительных измерений снимков со всех трековых детекторов ОИЯИ. Ведутся работы по подключению проектов БПС-75 к ЭВМ СМ-4, разработке блоков, освоению аппаратуры и системного обеспечения ЭВМ.

Начаты работы по исследованию возможностей использования узлов модуля для создания устройств для просмотра фотоэмульсий с "Нейтронного детектора".

Обработка снимков с трековых детекторов

Для полуавтоматических измерений сложных фотографий с различных трековых камер ОИЯИ в 1979 году использовалась система из 12 приборов ПУОС и 6 столов САМЕТ на линии с ЭВМ БЭСМ-4. Проведена наладка 7 блоков ПУОС-КАМАК.

При помощи полуавтоматических устройств ПУОС-САМЕТ обработано 383,8 тыс. треков сложных событий на снимках с камер ЛВЭ и ЛЯП; при помощи автоматических сканирующих устройств НРД и АЭЛТ-1 - 95 тыс. событий на снимках с различных камер ОИЯИ.

подсистема управления данными. Создан комплекс программ для установки "Кристалл", получили дальнейшее развитие комплексы программ для установок БИС-2 и "Фотон".

Для моделирования и обработки экспериментальных данных с НА-4-спектро-

метра созданы варианты основных звеньев программного комплекса на базовых ЭВМ ОИЯИ, а также пакеты прикладных программ общего назначения. Разработанное математическое обеспечение широко используется в электронных экспериментах, проводимых в ОИЯИ.

На ЭВМ ЕС-1010 подготовлен модернизированный вариант программной системы настройки и контроля работы каналов транспортировки заряженных частиц синхрофазотрона ОИЯИ. Создана и опробована система для измерения и управления токами в магнитооптических элементах каналов вывода. Подготовлена на ЭВМ ЕС-1010 программа расчета токов в магнитных линзах.

Создана телевизионная система контроля работы пятиметровой стримерной

камеры спектрометра РИСК. Система сдана в эксплуатацию и используется в экспериментах на установке РИСК в ИФВЭ. На базе телевизионной системы контроля разработана аппаратура для цифровой регистрации координат треков и записи этой информации в память ЭВМ ЕС-1040 в реальном времени эксперимента.

Введено в эксплуатацию программное обеспечение координатографов на ЕС-1010. Разработана первая очередь программ выдачи топологии печатных схем на дисплей ЭВМ CDC-6500. Созданы программы редактирования топологии схем в пакетном и диалоговом режимах на БЭСМ-6 и CDC-6500.

Создание и развитие методов и программ для обработки экспериментальных данных

Проведены работы по текущей модернизации и развитию программ обработки फिल्मовой информации в соответствии с заявками лабораторий. Завершена разработка проекта автоматизированной системы математической обработки फिल्मовой информации на ЭВМ CDC-6500.

Создан комплекс дисплейных программ для анализа результатов счета в интерактивном режиме. Выполнен анализ результатов фильтрации данных сканирования на "Спиральном измерителе" в реальном времени измерений.

Завершаются работы по созданию системы генерации программ обработки फिल्मовой информации на базе программ для геометрической реконструкции и кинематического анализа событий, а также программы EDIT в рамках системы "Гидра".

Развитие математического обеспечения единой системы обработки спектро-

метрической информации. Создан комплекс программ, обеспечивающих прием, сжатие и сортировку двумерных спектров в реакции (n, α) . Разработаны и включены в библиотеку программ модули для нейтронно-активационного анализа, обработки двумерных дифракционных спектров, а также спектров пропускания нейтронов. Расширена библиотека программ системы обработки спектров за счет включения программных модулей, разработанных в странах-участницах ОИЯИ.

Получили дальнейшее развитие математические методы обработки информации. Выполнен сравнительный анализ результатов расчетов для различных методов представления движущихся логарифмических особенностей в трехчастичных интегральных уравнениях для непрерывного спектра. Получены встречные убывающие сходящиеся последовательности, удобные в организации вычислений параметров треков с учетом факторизованного представления информационных мат-

риц. На основе трехчастичного квази-потенциального подхода рассчитаны в приближении однократного пион-нуклонного рассеяния с учетом нуклон-нуклонного взаимодействия в конечном состоянии интегральное и дифференциальное се-

чения развала дейтрона пионом в области (3,3) -резонанса. Показано, что теоретические расчеты качественно описывают имеющиеся экспериментальные данные.

Исследования по релятивистской ядерной физике и физике резонансов

На основе анализа экспериментальных данных об импульсных спектрах вторичных дейтронов, испущенных под углом 103 мрад во взаимодействиях дейтронов с импульсом 4,3; 6,3 и 8,9 ГэВ/с с ядрами углерода, алюминия и висмута, сделан вывод о том, что в соударениях релятивистских дейтронов с ядрами часть нуклонов ядра, вовлеченных во взаимодействие с налетающим дейтроном, должна испускаться в связанном состоя-

нии, в виде фрагментов ядра-мишени (рис. 58).

Выполнены расчеты импульсных спектров вторичных дейтронов от квазиупругого дейтрон-дейтронного рассеяния при 8,9 ГэВ/с, демонстрирующие эволюцию структуры высокоимпульсных частей спектров дейтронов, обусловленной вкладом нуклон-нуклонных соударений различной кратности, по мере изменения угла рассеяния.

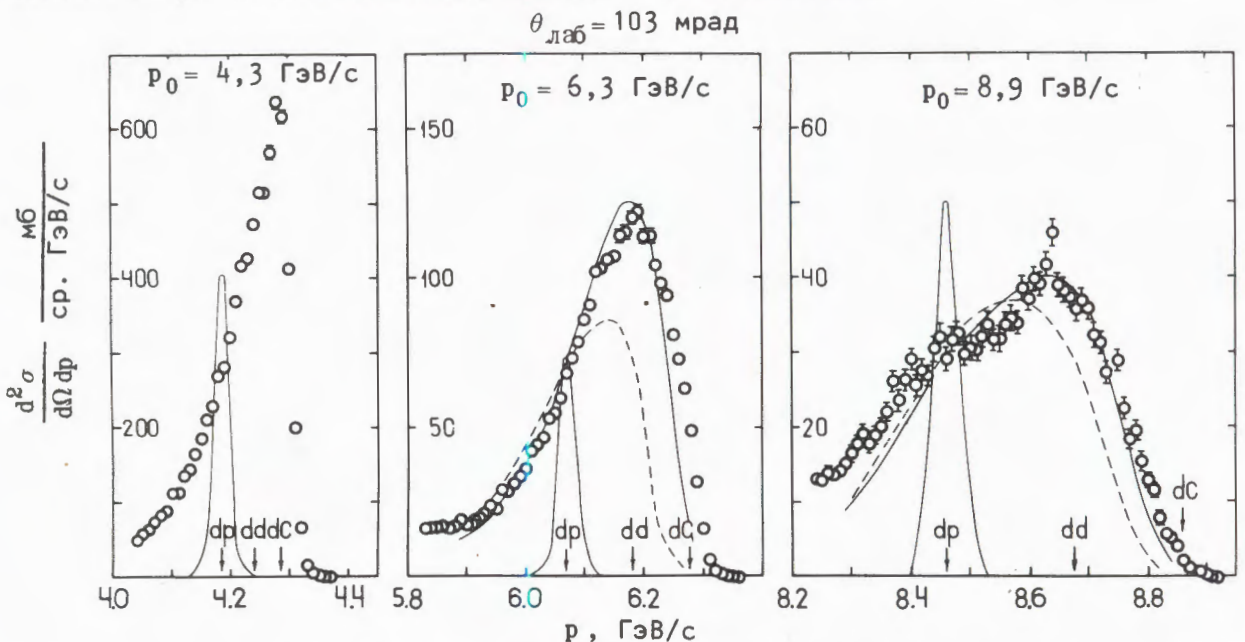


Рис. 58. Высокоимпульсные части спектров дейтронов, испущенных в соударениях дейтронов с импульсом 4,3; 6,3 и 8,9 ГэВ/с с ядрами углерода под углом 103 мрад. Стрелки показывают значения импульсов дейтронов, вычисленные из кинематики упругих (d-p)-, (d-d)- и (d-C)-соударений. Пики от упругого рассеяния характеризуют разрешение спектрометра. Сплошными и штриховыми кривыми показаны результаты расчетов.

Разработана и смонтирована аппаратура контроля режимов работы магнитного спектрометра с проволочными камерами на линии с ЭВМ. Разработан и изготовлен опытный образец блока кодирования информации с пропорциональных камер, созданы подпрограммы приема информации для работы установки на линии с ЭВМ.

С помощью установки СКМ-200 (совместно с ЛВЭ) проведены экспериментальные исследования множественного рождения отрицательных частиц во взаимодействиях ядер с ядрами при импульсах налетающих ядер ^{12}C и ^{16}O 4,5 ГэВ/с на нуклон. Проведены эксперименты с целью обнаружения эффекта задержанного деления из высокоспиновых ядерных состояний в реакции захвата π^- -мезонов ^{232}Th и ^{238}U .

Проведены исследования механизма возбуждения высокоспиновых ядерных состояний при поглощении медленных π^- -мезонов атомными ядрами. Получены экспериментальные доказательства того факта, что возбуждение вращательного движения остаточного ядра мало зависит от массы, зарядового состава испущенных частиц и деформации исходного ядра.

С помощью однометровой жидководородной камеры проведено изучение πp -взаимодействий при импульсе 1-5 ГэВ/с. В экспериментах по изучению странных частиц в πp -взаимодействиях при 16 ГэВ/с обнаружена аномалия в спектре эффективных масс комбинаций π^+ , π^- при значении $m_{\pi^+\pi^-} = 0,4$ ГэВ/с² и $\Gamma \leq 0,03$ ГэВ/с² в реакции $\pi p \rightarrow d\pi^+\pi^-$. Определены сечения различных каналов с образованием странных частиц. В частности, были идентифицированы события с Ξ^- , Ξ^+ , Ξ^0 и Λ^0 -частицами.

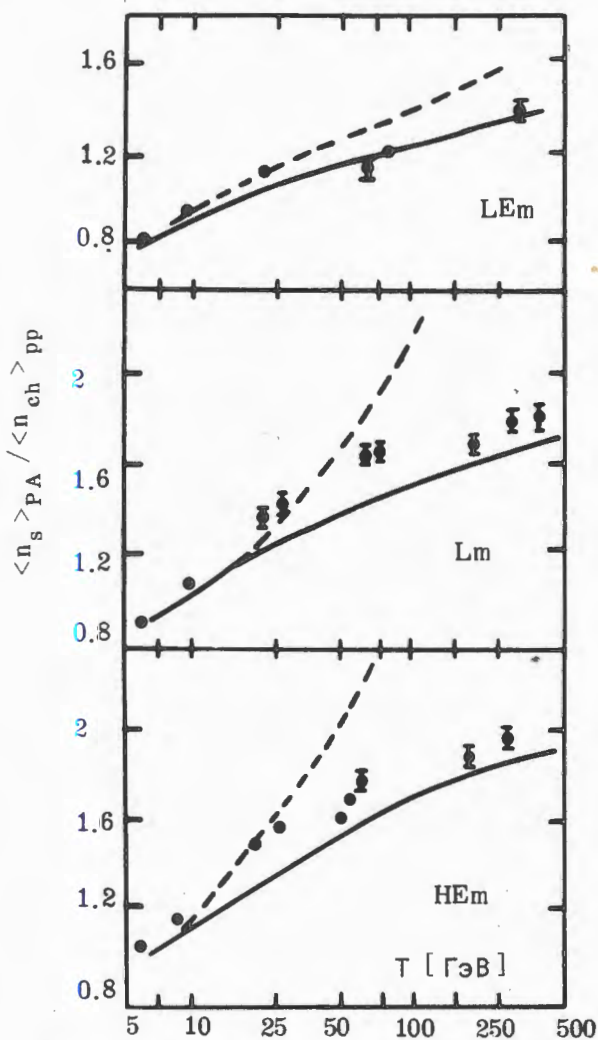


Рис. 59. Отношение числа релятивистских частиц, рождаемых в неупругих взаимодействиях протонов с ядрами фотозмульсии, к числу заряженных частиц из неупругих (p-p)-столкновений. LEm, Em, HEEm - взаимодействие с легкими ядрами эмульсии, с эмульсией в среднем, с тяжелыми ядрами эмульсии, T - энергия протонов. Пунктир - расчет по общепринятой каскадной теории, сплошные кривые - расчет по усовершенствованной модели, более точно учитывающей временную динамику процесса. Точки - эксперимент.

Разработана модель неупругих взаимодействий высокоэнергетических α -частиц с легкими и тяжелыми ядрами на основе внутриядерных каскадов. Прове-

дена разработка усовершенствованной каскадной модели для области очень высоких энергий, учитывающей временную динамику процесса и многочастичные внутриядерные взаимодействия. Создана удобная для практического использования стандартная программа расчета адрон-ядерных каскадов при энергиях $T <$

$< 3-5 \text{ ГэВ}$. На основе диаграммной техники разработана согласующаяся с опытом модель испускания легких фрагментов в адрон-ядерных столкновениях. Проводилось математическое моделирование на ЭВМ процессов, связанных с распространением потоков быстрых частиц в средах (рис. 59).

Разработка прикладных методов вычислений

Выполнены исследования одного класса сингулярных интегральных уравнений, включающего уравнения Лоу. Установлены условия существования и единственности решений. Построены численные алгоритмы решения задач этого класса. Разработан метод приближенного решения уравнения $\pi\pi$ -рассеяния и проведено сравнение с теорией возмущений. Исследована точность приближенных решений уравнений типа Лоу для различных квадратурных формул. Реализованы алгоритмы уточнения решений нелинейного интегрального уравнения Лоу, а их эффективность проиллюстрирована численными расчетами.

Построено уравнение непрерывного аналога метода Ньютона в связи с краевой задачей Штурма-Лиувилля. Найден эффективный алгоритм решения этих задач на ЭВМ и проведены численные расчеты.

Построена спектральная теория интегро-дифференциального уравнения, решениями которого являются произведения решений двух одномерных систем Дирака. На ее основе предложена простая схема нахождения нелинейных эволюционных уравнений, решаемых методом обратной задачи рассеяния. Исследовано существование частицеподобных решений для широкого класса одномерных задач. Проведено строгое доказательст-

во устойчивости уединенной волны для нелинейного уравнения специального вида.

Исследованы динамические свойства неодномерных солитонов в рамках двух принципиально различных скалярных моделей теории поля. Показано, что виды их взаимодействий, а также области параметров, в которых они проявляются, качественно совпадают в обеих моделях (рис. 60). Исследовано существование и устойчивость спинорных солитонов в моделях с четырехфермионным взаимодействием. Показано, что в тех моделях, в которых решения могут быть представлены в разделяющихся переменных, они либо не локализованы, либо неустойчивы.

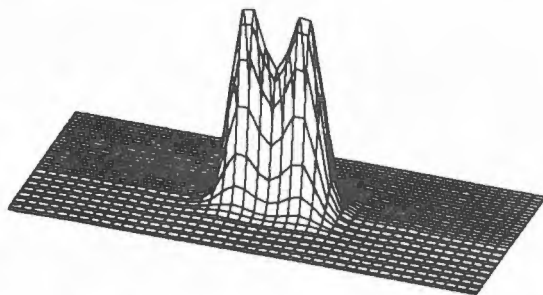


Рис. 60. Поверхность, изображающая плотность энергии $H(x, y, t=112)$ системы двух солитонов, образующих связанное состояние в рамках уравнения Клейна-Гордона с логарифмической нелинейностью. Скорости встречного движения солитонов $v_1 = -v_2 = 0,1$, $H_{\max} = 12,06$ (в безразмерных единицах).

Выполнены исследования, связанные с дискретными разложениями волновых функций непрерывного спектра и резонансными состояниями для одномерного уравнения Шредингера с потенциалом конечного радиуса действия. Разработана программа вычисления матричных элементов специального вида в квазичастично-фононной модели ядра. Выполнены исследования в области технологии программирования. Результаты исследований нашли применение при программировании ряда задач теоретической ядерной физики и в смежных областях науки.

Проведены численные расчеты магнитных полей сверхпроводящих диполей типа "оконная рама" и магнитного поля линзы устройства быстрого вывода синхрофазотрона. Результаты этих расчетов использованы при конструировании и создании вышеназванных систем. Разработан и реализован численный метод решения обратных задач магнитостатики для формирования однородного магнитного поля в синхрофазотроне ОИЯИ. Проводилось исследование возможности корректировки показателя поля в квадранте синхрофазотрона путем подбора токов в корректирующих витках. Велись исследования возможности корректировки периодических траекторий в синхрофазотроне путем исправления геометрических искажений в квадрантах ускорителя. Разрабатывались методы решения трехмер-

Подготовлена и сдана в эксплуатацию система программ бухгалтерского учета на ЭВМ CDC-6500. Система используется для учета материалов на центральном

ных задач магнитостатики путем использования метода конечных элементов высокого порядка точности и метода уточнения решений Ричардсона. Создана программа генерирования конечных элементов, на которые разбивается область при решении задач магнитостатики. Получена теорема для операторных уравнений, обосновывающая метод уточнения решения.

В связи с работами, проводимыми в ОНМУ, исследовано движение плоского сгустка электронов в неоднородной волноводной структуре под действием наведенного стороннего поля и собственного поля сгустка. Разработана программа решения задачи разностным методом. Доказана сходимость решения разностной задачи к решению непрерывной.

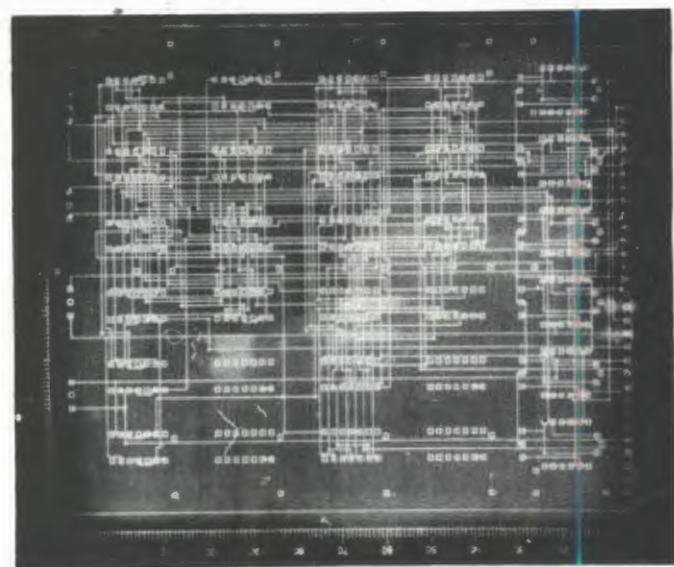
Выполнен цикл исследований, посвященных разработке новых методов численного решения сингулярной задачи Штурма-Лиувилля для систем большого числа интегродифференциальных уравнений Шредингера. Разработанные на этой основе алгоритмы и программы успешно применялись для расчетов с повышенной точностью характеристик мезомолекулярных и ядерных процессов. Предсказанные на основе проведенных численных исследований значения уровней энергии слабосвязанных состояний мезомолекул $dd\mu$ и $dt\mu$ подтверждены экспериментами, выполненными в ЛЯП ОИЯИ.

АСУ ОИЯИ

складе ОИЯИ. Подготовлен к сдаче в эксплуатацию на БЭСМ-6 первый вариант системы программ для учета изобретений в ОИЯИ.



Расширение конфигурации и повышение эффективности ЭВМ центрального вычислительного комплекса ОИЯИ - одна из главных задач лаборатории.



Изображение схемы печатной платы на экране дисплея ЭВМ БЭСМ-6.

Общая емкость памяти БЭСМ-6 на магнитных дисках увеличена в 5 раз и составляет 290 Мбайт.

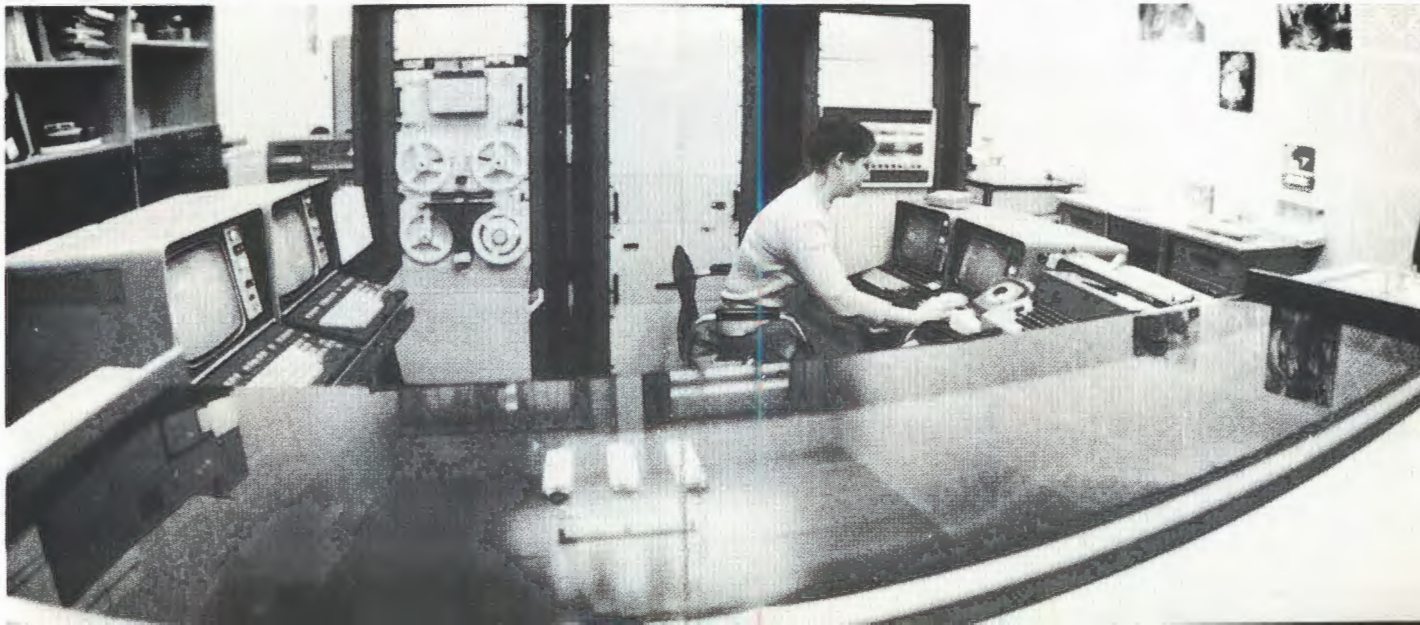


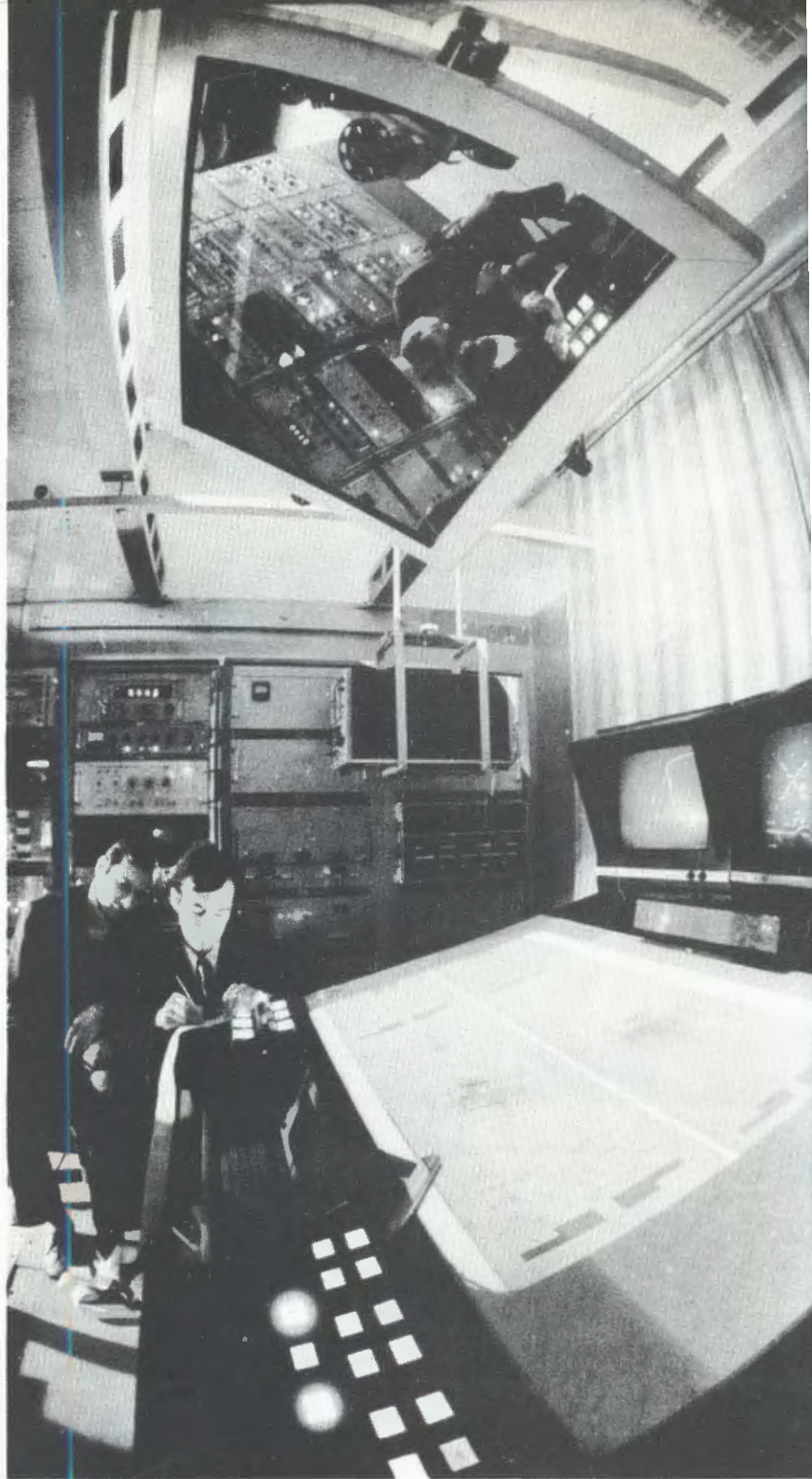
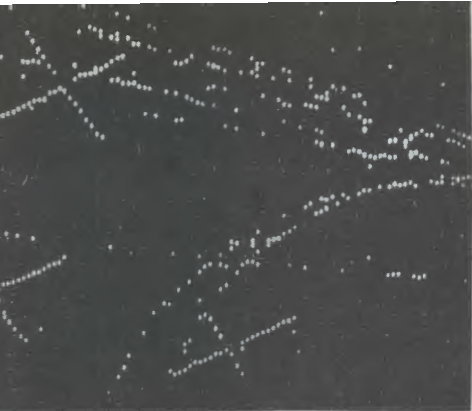
В рамках развития просмотрно-измерительного проектора БСП-75 ведутся работы по созданию блока для определения координат треков с помощью матрицы на приборах с зарядовой связью.



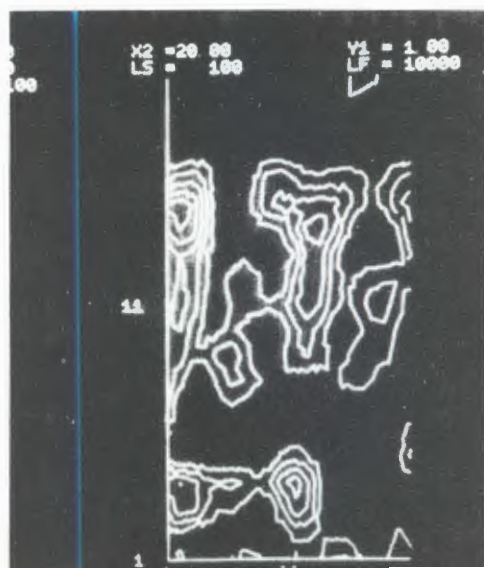
Успешно развиваются методы использования ЭВМ на линии с экспериментальными установками ОИЯИ. На снимке: во время сеанса на установке БИС-2.

Расширяется терминальная сеть ЭВМ БЭСМ-6 на основе концентратора - ЭВМ ЕС-1010. Первая очередь терминальной сети успешно эксплуатируется.

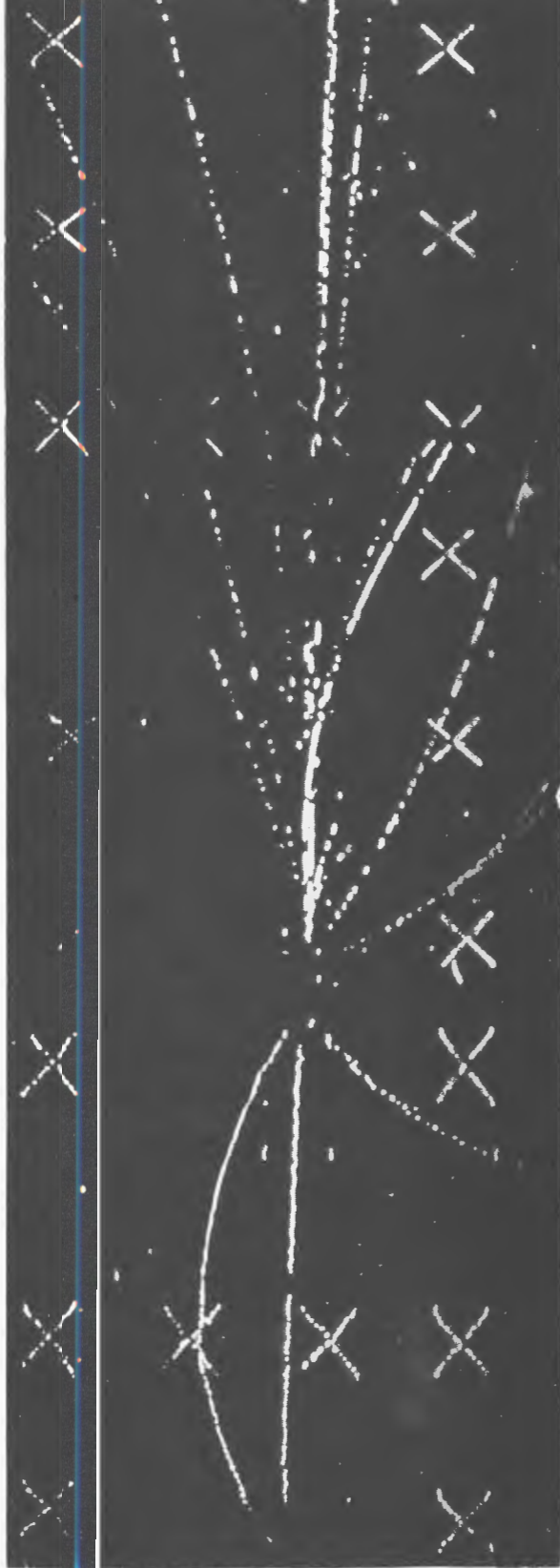
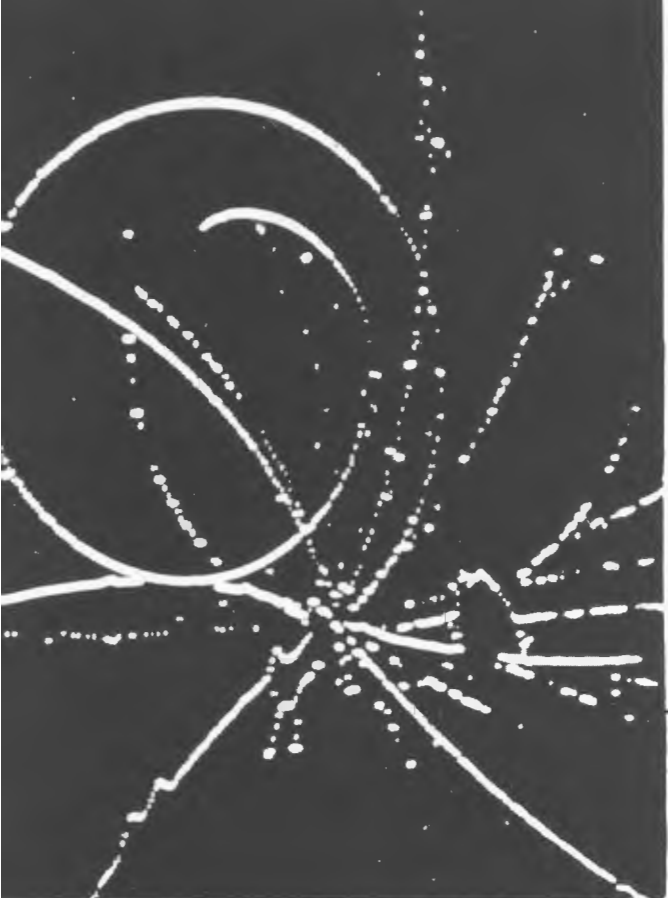




Завершены работы по созданию первой очереди комплекса программ для измерения и распознавания снимков с установки РИСК на автомате АЭЛТ-2/160. На экране дисплея-лупы могут быть представлены фрагменты измеренных событий с различной степенью детализации.



Изображение фрагмента карты электронной плотности при изучении структуры молекулы белка.



Создана телевизионная система контроля стримерной камеры установки РИСК. На снимках - события, зарегистрированные бесфильмовым способом (на экране дисплея показана половина рабочего объема стримерной камеры).

В лаборатории разработана система автоматизированного учета расхода электроэнергии (АСОДЭС).



Отдел новых методов ускорения

Основные усилия Отдела новых методов ускорения были направлены на исследование возможности ускорения электронно-ионных колец во внешнем электрическом поле; выполнение работ, связанных с созданием проекта коллективного ускорителя тяжелых ионов - инжектора тяжелоионного синхротрона; исследования, связанные с созданием отдельных систем ускорительно-накопительного комплекса в ИФВЭ (Серпухов); создание проекта координатного детектора нейтринного калориметра; обеспечение надежной работы аппаратуры в эксперименте NA-4.

Работы по исследованию коллективного ускорителя тяжелых ионов и разработке проекта КУТИ-20

Исследования 1979 года по прототипу коллективного ускорителя предусматривали проверку возможностей ускорения электронно-ионных колец в электрическом поле и имели принципиальное значение, поскольку ранее существовали только расчеты режимов такого ускорения. Однако вопросы, связанные с переходным излучением в структурах, не позволяли однозначно определить эффективность действия электрического поля на плотный двухкомпонентный сгусток. В качестве ускоряющего элемента была выбрана индукционная импульсная секция с соответствующим ведущим магнитным полем.

Экспериментальные исследования условий вывода электронно-ионного кольца из адгезатора и его предварительного ускорения в соленоиде показали, что неопределенность момента снятия магнитной потенциальной ямы, в которой движется кольцо (окончание вывода), составляет ~ 5 мкс. Для синхронизации движения кольца с импульсом электрического поля в ускоряющей секции КУТИ (продолжительность импульса ~ 200 нс) был создан специальный стартовый токовый виток, который позволил сократить неопределенность времени вывода в тысячу раз (рис. 61). Это обеспечило устойчивый режим работы прототипа КУТИ при ускорении ионов в индукционном электрическом поле. Результаты показали, что энергия ионов, ускоренных в спадающем магнитном поле соленоидов и в индукционной секции, составляет ~ 4 МэВ/нукл. и прирост энергии ионов азота за счет ускорения в индукционном электрическом поле соответствует эффективной напряженности поля.

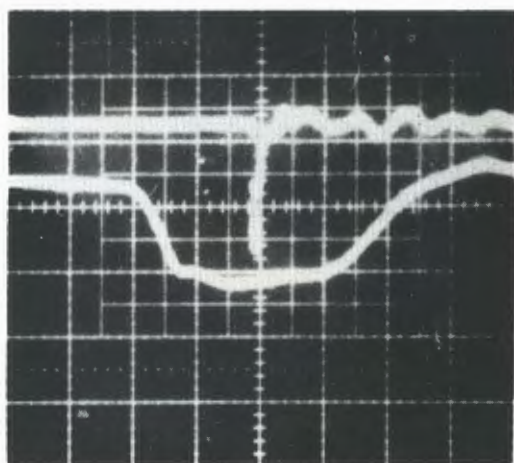


Рис. 61. Осциллограммы тормозного γ -излучения электронного кольца (верхняя) и ускоряющего напряжения на индукционной секции. Развертка - 50 нс/дел.

Таким образом, создан ускоритель, основанный на коллективном методе ускорения, в котором для ускорения электронно-ионных колец используется внешнее электрическое поле.

В процессе запуска ускоряющей секции были опробованы новые методики, которые позволили в каждом импульсе ускорителя следить за количеством электронов и ионов в кольце, а также определять скорость движения кольца после ускорения.

Это, в первую очередь, система измерения тормозного излучения электронов в поле ионов. На начальных радиусах кольца в адгезаторе система позволяет измерять число электронов N_e , а на конечных радиусах - произведение $N_e n_i$, где n_i - плотность ионов в кольце. Были проведены исследования временной зависимости накопления ионов из остаточного газа при разных его давлениях в камере адгезатора (см. рис. 62). Это позволило экспериментально определить необходимый уровень вакуума в адгезаторе.

Система "времени пролета" позволила с помощью индукционных датчиков определять время пролета кольца на базе 1 м, т.е. его скорость. Время пролета электронного кольца без ионов со-

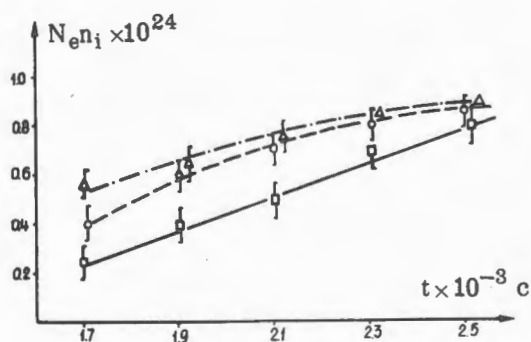


Рис. 62. Зависимость $N_e n_i$ от времени при накоплении ионов из остаточного газа при различных его давлениях. \square - $5 \cdot 10^{-8} \text{ Torr}$; \circ - 10^{-7} Torr ; \triangle - $2 \cdot 10^{-7} \text{ Torr}$.

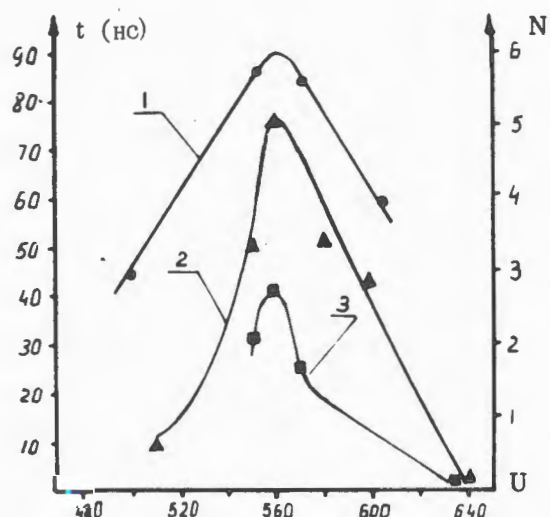


Рис. 63. Зависимости числа ионов в кольце на выходе из прототипа КУТИ и времени пролета электронно-ионного кольца от напряжения на втором соленоиде U (относительные единицы). 1 - интенсивность ионов в относительных единицах, определенная по наведенной активности в мишени; 2 - временной сдвиг импульса γ -излучения относительно стартового импульса; 3 - время пролета ускоренным электронно-ионным кольцом односторонней базы.

ставляло 5 нс. Нагрузка кольца ионами увеличивала время пролета до 40 нс, что соответствовало $\beta = 0,083$ и энергии 3,5 МэВ/нукл. Таким образом, система позволила определять как скорость, так и число ионов в кольце. Эти результаты хорошо согласуются с полученными ранее по методу активационного анализа.

Изучено влияние рассогласования полей первого и второго соленоидов со спадающими магнитными полями на интенсивность ускоряемых ионов, которая определялась по средней активности мишени за несколько импульсов. Скорость электронно-ионного кольца в каждом импульсе определялась с помощью времяпролетной методики, а также путем измерения времени задержки γ -излучения с мишени относительно стартового

импульса. Величина магнитного поля во втором соленоиде пропорциональна напряжению U , а рассогласование полей (отклонение градиента поля на стыке соленоидов от его значений внутри соленоидов) пропорционально отклонению величины U от значения, соответствующего максимуму кривых *рис. 63*. Как видно, результаты всех трех методик измерения находятся в хорошем качественном согласии. Максимумы кривых наблюдаются при согласовании полей. В этом случае электронно-ионное кольцо при прохождении области стыка соленоидов не теряет ионы. При рассогласовании происходят потери ионов и время движения облегченного кольца уменьшается.

Новые методики в сочетании с использовавшимся ранее способом наблюдения за электронным пучком по синхротронному излучению позволяют непрерывно следить за процессом формирования электронно-ионного кольца и его ускорением.

Проведены опыты по разделению электронной и ионной компонент с использованием специальной катушки. Результаты экспериментов, согласующиеся с расчетами, говорят о том, что место разделения и радиус ионного кольца являются управляемыми параметрами.

Проведенные эксперименты по фокусировке ионного пучка с помощью специальной параболической линзы с азимутальным полем показали принципиальную работоспособность такого устройства.

Завершается монтаж ионного канала, который позволит проводить спектрометрический анализ ускоренного ионного пучка.

Проведен большой цикл теоретических исследований, посвященный различным вопросам работы коллективного ускорителя и дальнейшей разработке коллективного метода ускорения.

Предложен и разработан метод стабилизации когерентного аксиального движения кольца в камере адгезатора с помощью системы пассивных витков, включенных попарно навстречу друг другу. Согласно расчетам, такая система позволяет увеличить вдвое число электронов в сжимаемом кольце.

Проведен анализ режимов ускорения трехкомпонентных колец. Показано, что при определенных условиях, осуществляя режим сброса тяжелоионной компоненты, можно увеличить эффективность ускорения легких ионов в 1,5-2 раза.

Исходя из условий образования ионов внутри тороидального объема, занимаемого электронами, проведены расчеты конфигурации фазового объема, занимаемого ускоренными ионами. Определена конфигурация поперечного эмиттанта ионов на выходе из КУТИ. Показано, что с помощью ряда специальных поворотно-фокусирующих устройств можно преобразовать конфигурацию пучка так, что поперечный эмиттанс значительно уменьшится (*рис. 64*).

Проведен анализ инжекции коротких сгустков из КУТИ в ТИС и предложен режим инжекции, позволяющий накапливать в ТИСе число ионов, соответствующее его кулоновскому пределу ($\sim 10^{11}$ ионов).

Завершено создание двух секций индукционного ускорителя электронов СИЛУНДа-II, способного работать при повышенных частотах повторения. Получен устойчивый ток 800 А при частоте повторения 50 Гц и длительности импульса 40 нс (*рис. 65*). Здесь использован разработанный и созданный в отделе оригинальный модулятор-генератор высоковольтных импульсов ускоряющего напряжения, способный работать на частоте 50 Гц. В схеме этого генератора один мощный металлокерамический тиратрон

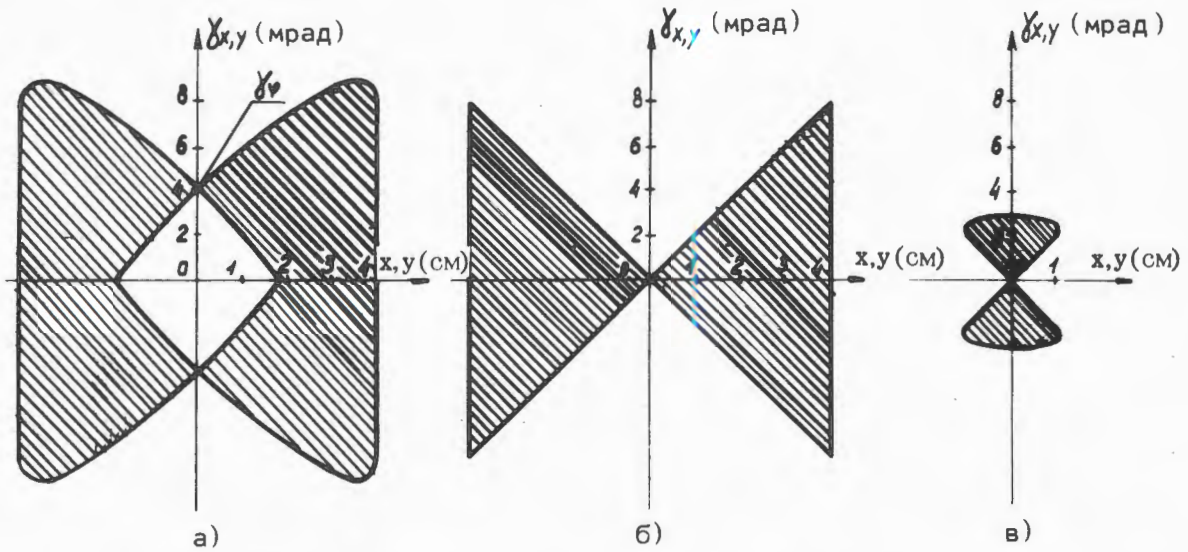


Рис. 64. Конфигурация поперечного эмиттенса ионов на выходе из КУТИ (а), после поворота ионов в зазоре магнита (б) и на определенном расстоянии после прохождения ионами специальной линзы с азимутальным магнитным полем (в).

работает в микросекундном диапазоне импульсов на большую группу индукторов, образующих целую ускоряющую секцию. Это позволило более полно и эффективно использовать возможности тиратрона. Применение в модуляторе нелинейных схем трансформирования мощности существенно упростило генератор, повысило к.п.д. и надежность установки. Полезная мощность, выделяемая модулятором в пучок электронов, составляет 0,4 ГВт в импульсе. В ускорителе наряду с новым модулятором применены новые схемные решения систем фокусировки, синхронизации и питания.

Велась разработка нового адгезатора, способного работать с частотой повторения 50 Гц. На этой частоте на стенде успешно проведены испытания адгезатора и катушек III ступени сжатия с масляным охлаждением, а также исследованы динамические и тепловые нагрузки. Разработка ведется в тесном сотрудничестве с Техническим университетом в Дрездене (ГДР).

Все эти работы послужили основой при разработке эскизного проекта коллективного ускорителя тяжелых ионов - инжектора ТИСа на энергию 20 МэВ/нукл. и с интенсивностью пучка ионов урана $2,5 \cdot 10^{12}$ ион/с. Ускоритель с такими параметрами может быть с хорошей эффективностью использован и как самостоятельная установка для ядерно-физических экспериментов.

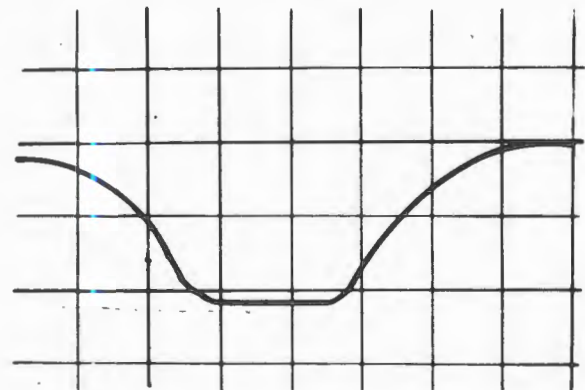
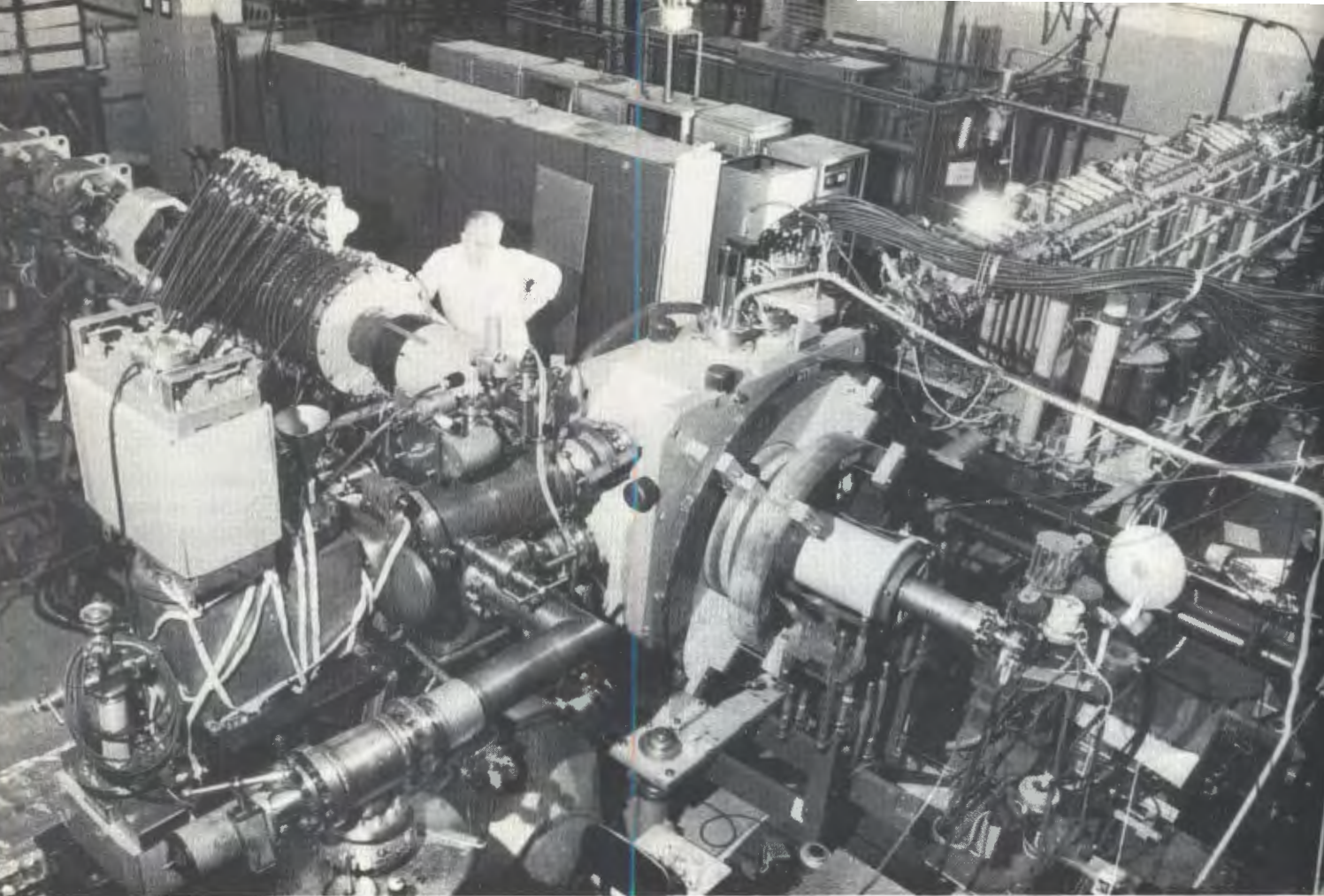
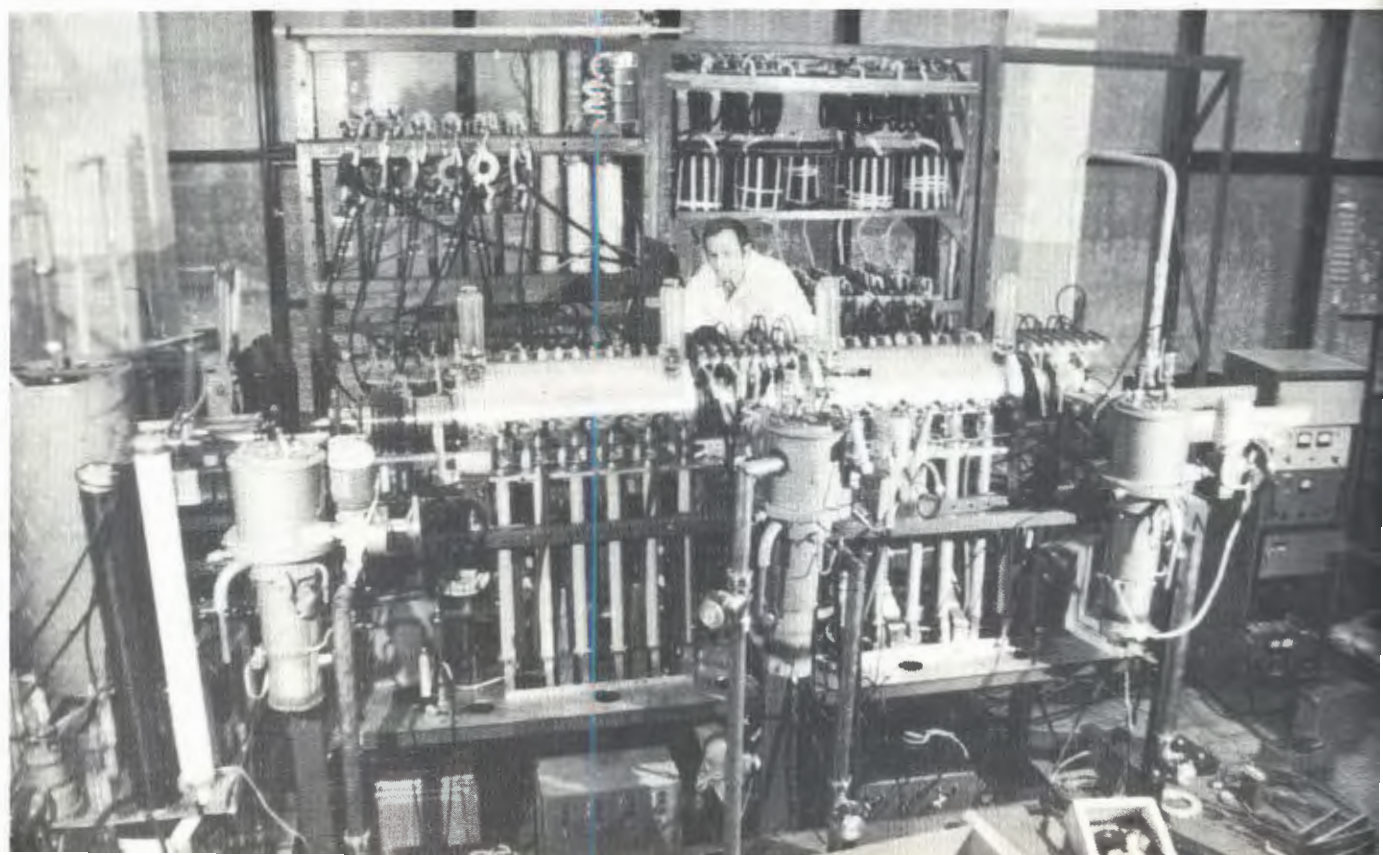


Рис. 65. Осциллограмма тока СИЛУНДА-II: амплитуда - 400 А/дел; развертка - 10 нс/дел.

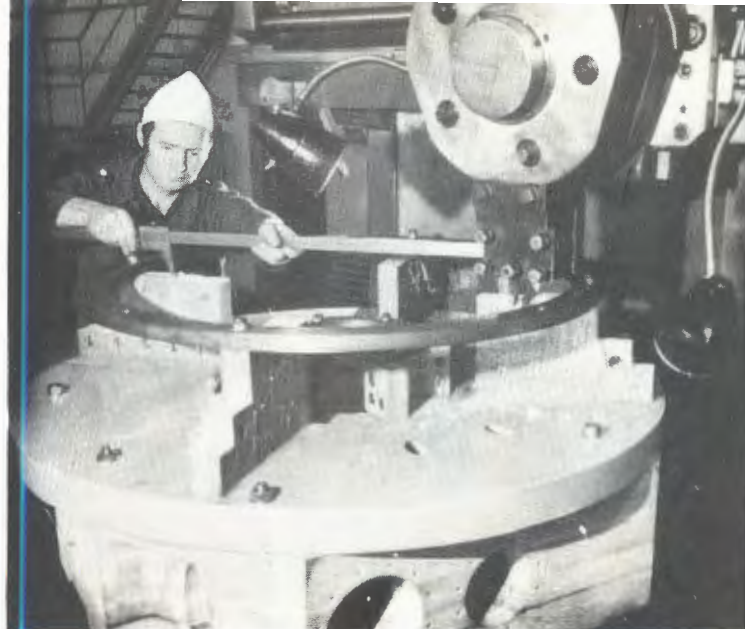


В зале прототипа коллективного ускорителя смонтирована начальная часть канала транспортировки ионов.

Завершено создание двух секций индукционного ускорителя электронов "Силунд-II".

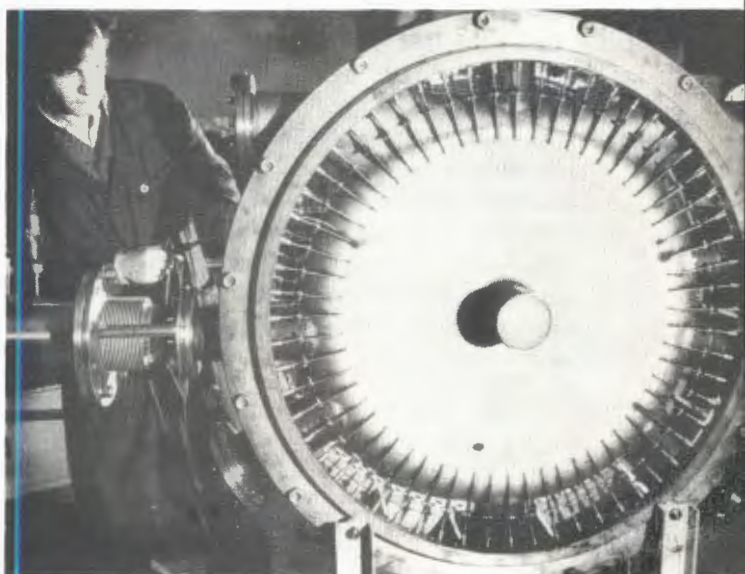


Проведена разработка эскизного проекта коллективного ускорителя тяжелых ионов КУТИ-20 - варианта инжектора для ускорительного комплекса тяжелых ионов.



Ступель и блок камеры адгезатора во время обработки на карусельном станке.

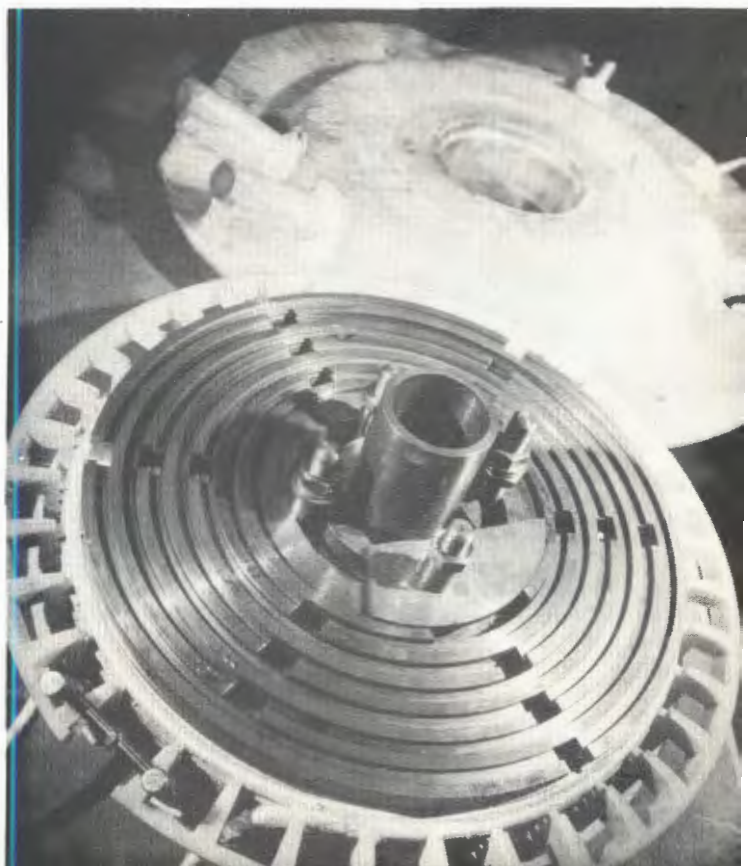
Вакуумные испытания адгезатора на стенде.



Проведение стендовых испытаний основных узлов адгезатора КУТИ-20.



Охлажденная обмотка третьей ступени сжатия (в оснастке).



Работы, связанные с созданием УНК

Проведены экспериментальные и теоретические исследования гидродинамики двухфазных потоков гелия на стенде, моделирующем криогенные системы УНК и включающем криогенный имитатор магнитов (КИМ). В экспериментах удельная тепловая нагрузка на КИМе изменялась в широких пределах, перекрывающих нагрузки в УНК. Результаты экспериментов показывают, что значение гидравлического сопротивления при наличии тепловых нагрузок (неадиабатные условия) в исследованной области паросодержаний меньше ожидаемого по теории течения гомогенного потока парожидкостной смеси (рис. 66).

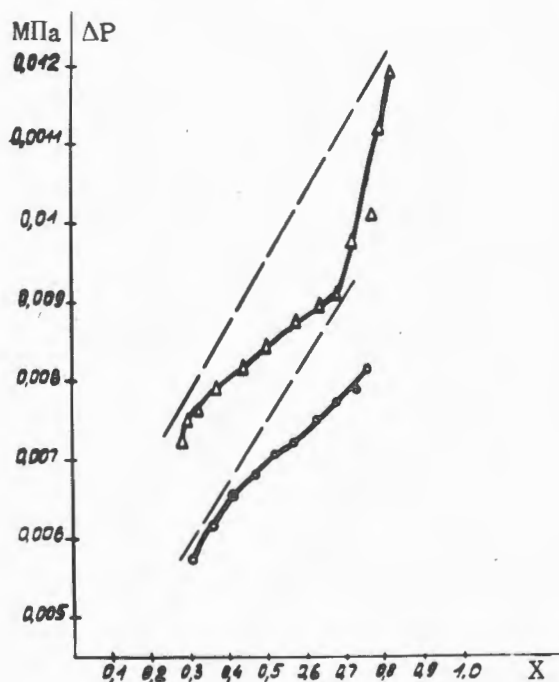


Рис. 66. Зависимость гидравлического сопротивления канала от величины среднего паросодержания текущего по нему двухфазного потока гелия. O - при расходе $142 \text{ кг/с} \cdot \text{м}^2$; Δ - при расходе $176 \text{ кг/с} \cdot \text{м}^2$; --- - соответствующие зависимости, рассчитанные на основе гомогенной модели.

Работы по созданию больших координатных детекторов

Значительный объем работ выполнен по введению в постоянную эксплуатацию комплекса аппаратуры мюонного эксперимента в ЦЕРНе. Одновременно с наладкой аппаратуры проводилось накопление экспериментального материала. Опубликованы первые результаты по исследованию глубоконеупругого рассеяния положительно заряженных мюонов на ядрах углерода при энергиях мюонов 120 и 280 ГэВ в интервале передач $30 \div 200 (\text{ГэВ/с})^2$. Измеренное в эксперименте среднеквадратичное импульсное разрешение спектрометра для мюонов с квадратом импульса выше $20 (\text{ГэВ/с})^2$ не зависит от импульса и составляет ~8%. Разрешение по квадрату переданного импульса изменяется от 10 до 6% в диапазо-

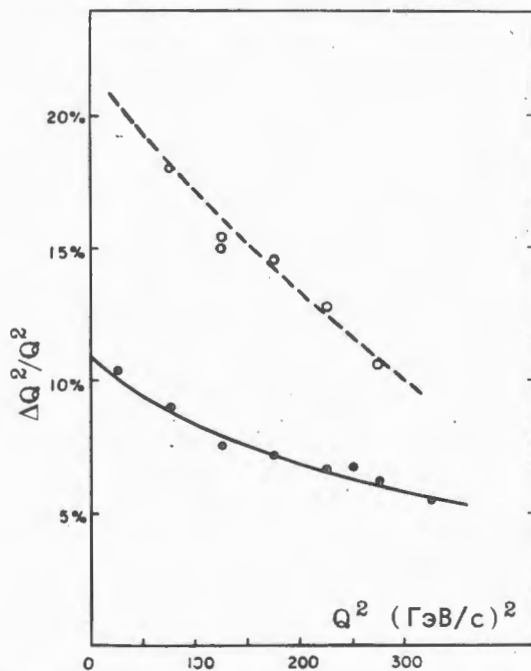
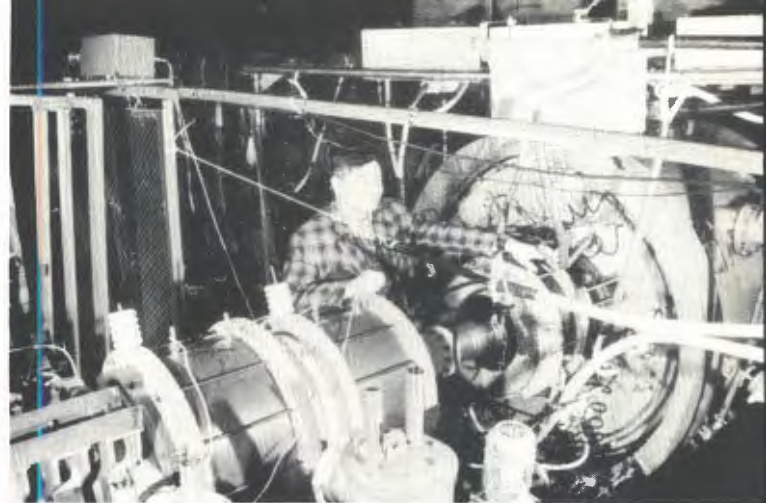


Рис. 67. Зависимость разрешения спектрометра NA-4 от квадрата переданного импульса. ● — для фокусирующихся мюонов; ○ — для дефокусирующихся мюонов.



Переходной участок модели коллективного ускорителя.

Стабилизированный трехканальный источник питания для модуляторов модели коллективного ускорителя.

не от 20 до 200 (ГэВ/с)² для фокусирующихся мюонов и несколько хуже для дефокусирующихся мюонов (рис. 67). Полугодовой опыт работы спектрометра показывает, что изготовленные в ОНМУ 80 камер работают надежно и удовлетворяют жестким требованиям эксперимента.

Проводилась проработка вариантов координатного детектора для нейтринного калориметра. Предложено два проек-

та детектора, содержащего 200 камер ($4 \times 2 \text{ м}^2$) и соответствующую электронную аппаратуру для считывания информации, в которых предполагается широко использовать опыт, полученный при подготовке эксперимента NA-4. Первый проект основан на пропорциональных камерах, второй - на дрейфовых. В последнем предложена новая схема организации электроники детектора, позволяющая повысить точность измерения.

Отдел радиационной безопасности и радиационных исследований

Дозиметрический контроль радиационной обстановки и индивидуальных доз персонала в зонах радиационного воздействия позволил организовать деятельность подразделений Института, связанную с использованием ядерно-физических установок и радиоактивных веществ, так, что годовой уровень облучения персонала и отдельных лиц, выпол-

нявших работы в санитарно-защитной зоне, не превысил ни предельно допустимых доз, ни пределов доз. К концу 1979 года на индивидуальном дозиметрическом контроле находилось 2140 сотрудников Института. У большей части персонала доза облучения за год составила величину менее 1,5 бэр. Тщательный дозиметрический контроль способствовал четко организованному проведению работ по демонтажу радиоактивного оборудования и узлов синхроциклотрона в полях излучений с высокими уровнями. Изучена радиационная обстановка на циклотроне У-400 в режиме ускорения ионов Ag^{4+} (6 МэВ/нукл.) и Ne^{3+} (10 МэВ/нукл.).

Подготовлена основа системы радиационного контроля в новом экспериментальном павильоне ЛВЭ (корпус №205) к проведению в нем работ с выведенным из синхрофазотрона пучком частиц. По рекомендации сотрудников отдела установлена биологическая защита ускоряющего прямолинейного промежутка синхро-

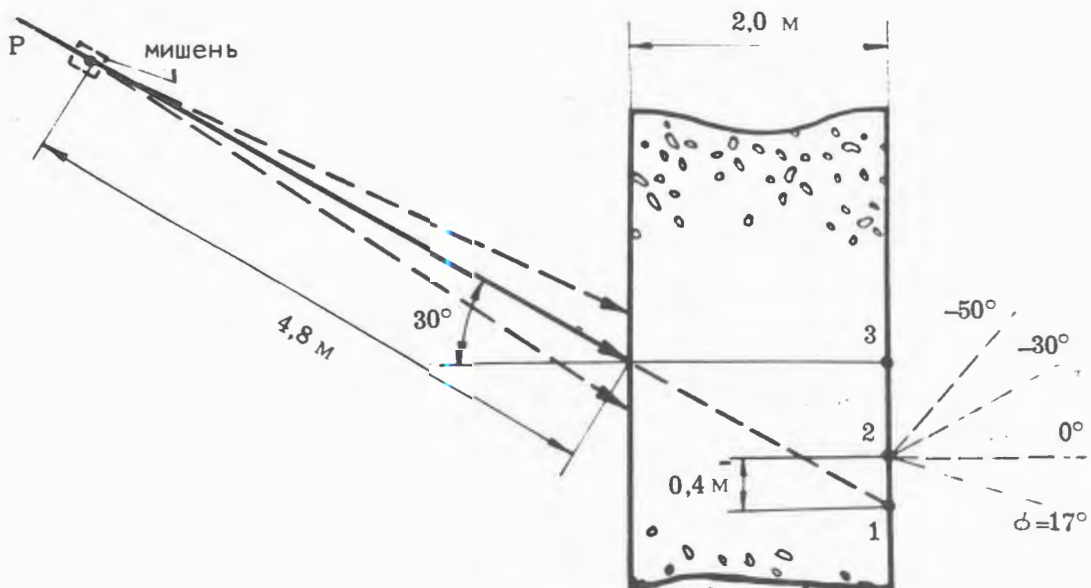


Рис. 68. Геометрия измерений спектрально-угловых характеристик поля излучения за защитой.

фазотрона, что снизило уровни излучения в помещениях персонала в корпусе №205 в 3 раза; усилена защита вблизи выводного прямолинейного промежутка, снизившая уровни излучения в этом районе в 2 раза. Внедрены термолюминесцентные детекторы излучений для повышения достоверности результатов контроля дозы гамма-излучения и заряженных частиц в окружающей ОИЯИ среде.

Основные усилия коллектива отдела в области радиационных исследований были направлены на дальнейшее изучение характеристик полей излучения базовых ядерно-физических установок и проверку адекватности показаний детекторов излучений эквивалентной дозе и спектру частиц в этих полях. В 1979 году завершен цикл исследований спектрально-угловых характеристик протонного компонента поля излучения за защитой синхроциклотрона. Измерения выполнены в двух типичных геометриях источник-защита

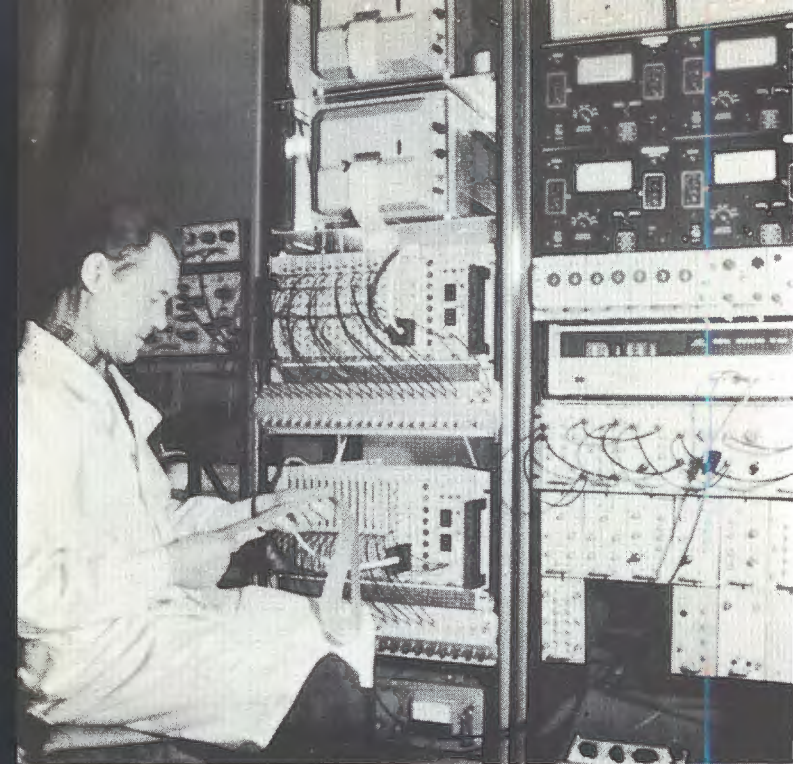
(см. рис. 68). В геометрии I коллимированный пучок протонов с энергией 630 МэВ падал на бетонную защиту толщиной 2 м. Во второй геометрии пучок протонов полностью тормозился в медной мишени и формировал источник падающего на защиту излучения. Информация о полученном наборе экспериментальных данных приведена в табл. 7.

Получены экспериментальные данные о чувствительности дозиметра ДН-А-1 и сцинтилляционного детектора LiJ(Eu) в шаровых полиэтиленовых замедлителях в области энергии нейтронов 30 кэВ. Для дозиметра ДН-А-1 значения дозовой чувствительности при энергии нейтронов 30 кэВ и нейтронов плутоний-бериллиевого источника совпадают в пределах ошибок измерений. В 1979 году завершена обработка данных по сравнению различных методов и средств определения поглощенной дозы протонов в диапазоне 82-660 МэВ. Сравнивались данные, полученные термолюми-

Таблица 7

Измеренные спектрально-угловые характеристики протонного компонента поля излучения за защитой синхроциклотрона ЛЯП

Геометрия 1	Точка 1	а/ Угловые распределения потоков протонов в горизонтальной плоскости б/ Спектр протонов при $\phi = 30^\circ$
	2	а/ Угловые распределения потоков протонов б/ Спектры протонов при $\phi = 17^\circ, 0^\circ, -30^\circ, -50^\circ$ в/ Флюенсы нуклонов и протонов
	3	а/ Угловые распределения потоков протонов в горизонтальной плоскости б/ Спектр протонов при $\phi = 0^\circ$
Геометрия 2	2	а/ Угловые распределения потоков протонов б/ Спектры протонов при $\phi = 0^\circ, -30^\circ, -50^\circ$ в/ Флюенсы нуклонов и протонов
	3	а/ Угловые распределения потоков протонов в горизонтальной плоскости



Пульт системы радиационного контроля корпуса №205 ЛВЭ.

Дозиметрический контроль в главном зале синхроциклотрона при демонтаже ускорителя.



Калибровка прибора DR-3 в градуировочном зале ОРБ и РИ.



несцентным, активационным и ионизационным методами. Результаты измерений показали, что разброс значений поглощенных доз не превышает 9-11% для энергий протонов от 82 до 120 МэВ и 18-24% при энергиях протонов более 150 МэВ. Выполненные экспериментальные и расчетные исследования адекватности показаний индивидуального фотодозиметра нейтронов ИФКн подтвердили возможность определения полной эквивалентной дозы поля излучения за защитой ускорителей протонов с помощью метода ИФКн путем введения в процеду-

ру просмотра ядерной эмульсии разделения треков на "черные" и "серые". В 1979 году закончены экспериментальные исследования активации строительных материалов в зале синхроциклотрона, которые показали, что наведенная активность материалов уменьшается с уменьшением содержания Na, Mn, Fe, Al, Si в составе материала. По степени активации исследованные материалы располагаются в следующем порядке возрастания наведенной радиоактивности: мрамор, обычный бетон, грунт, гематитовый бетон.

Международные
СВЯЗИ
и научное
сотрудничество



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

- Из общего числа 139 научных тем совместно с научно-исследовательскими организациями стран-участниц выполнялось 136 тем, с научными центрами других стран и международными научными организациями - 23 темы.

- По вопросам научно-технического сотрудничества и для участия в научных совещаниях в страны-участницы (кроме

СССР) командировано 550 специалистов, в том числе 435 специалистов с целью выполнения совместных работ, 107 - для участия в научных конференциях, совещаниях, школах и 8 - по оргвопросам и для чтения лекций.

- Из стран-участниц принято 1095 ученых и специалистов для выполнения совместных работ, с целью обмена опытом и консультаций.

- Проведено 44 научных совещания, в которых приняло участие 2344 человека.

- В научные центры и на международные конференции в странах-неучастницах направлено 111 сотрудников ОИЯИ.

Сотрудничество с научными центрами стран-участниц ОИЯИ

В 1979 году международное научно-техническое сотрудничество ОИЯИ успешно развивалось со всеми странами-участницами по основным направлениям научных исследований Института, а также в области прикладных и методических разработок.

В совместных исследованиях по физике высоких энергий успешно работают интернациональные коллективы.

В 1979 году в основном завершено создание установки БИС-2. Сотрудничество с ИИЯЭ БАН, ВХТИ (НРБ),

ЦИФИ (ВНР), ИФВЭ АН ГДР, ФИАН и ИФВЭ (СССР), ФИ ЧСАН (ЧССР) осуществляется в форме участия в сеансах по набору статистики, совместных разработок программ, анализа экспериментальных данных и подготовки публикаций. Разработан проект усовершенствования БИС-2 и предложена программа исследований на установке на следующую пятилетку. Для эксперимента по поиску и исследованию новых частиц с помощью установки БИС-2 в ЦИФИ ВАН (Будапешт) разработаны и изготовлены пропорциональные искровые камеры.

Исследования pp - и dp -взаимодействий с помощью двухметровой жидководородной камеры "Людмила" проводятся с участием ФИ ЧСАН, Карлова университета в Кошице (ЧССР), ВХТИ (НРБ), ЦИФ (СРР), НИИЯФ МГУ, ТГУ, ФИАН, ИФВЭ АН КазССР (СССР). На материалах, переданных в лаборатории-участницы сотрудничества, проводится просмотр, измерения, идентификация частиц и подготовка ленты суммарных результатов в унифицированном формате.

В 1979 году проводился просмотр снимков, полученных с помощью двухметровой пропановой камеры, в котором участвовали лаборатории Алма-Аты (ИФВЭ), Белграда (ИФ), Бухареста (ЦИФ), Будапешта (ЦИФИ), Кракова (ИЯФ), Дубны (ЛВЭ, ЛВТА), Москвы (МГУ), Праги (Университет), Софии (ИЯИЯЭ), Ташкента (ФТИ), Тбилиси (ТГУ), Улан-Батора (ИФМ), Варны (ВМЭИ), Варшавы (Университет). Вклад сотрудничающих лабораторий в обработку экспериментального материала составил 81 тыс. кадров.

Исследование ap - и dp -взаимодействий с помощью метровой водородной пузырьковой камеры ведется в рамках международного сотрудничества, в котором кроме ОИЯИ принимают участие ИЭФ и Университет им. Шафарика (ЧССР), ИЯИ ПАН и Университет в Варшаве (ПНР), Филиал ФИАН СССР (Красная Пахра), Лаборатория физики высоких энергий ТГУ (Тбилиси).

В экспериментальных исследованиях в пучках релятивистских ядер на спектрометре СКМ-200 участвуют ИФВЭ (Алма-Ата), ИЯИ Варшавского университета, ТГУ и ИФАН ГССР (Тбилиси), Институт медико-биологических проблем ФИАН СССР (Москва). По полученным результатам подготовлено 6 совместных

публикаций, направлено два доклада на Международную конференцию в Ванкувере.

Экспериментальные исследования на установке РИСК являются важной частью научной программы ряда стран-участниц ОИЯИ по физике высоких энергий. Помимо научных центров ВНР, ГДР, ПНР, СССР и ЧССР к сотрудничеству РИСК в 1979 году присоединилась НРБ. Сотрудничество осуществляется в форме совместных разработок узлов и аппаратуры для установки, разработок оборудования, обработки полученной информации, создания математического обеспечения, участия в сеансах на ускорителе. Специалистами ИФВЭ (Цойтен) разработаны и изготавливаются полуавтоматы для измерения событий на пленочном материале. На базе этих полуавтоматов в 1979 году в Цойтене был введен измерительный комплекс, который в настоящее время является самым мощным центром в странах-участницах по обработке пленочной информации с установки РИСК. В Варшавском университете в 1979 году закончено изготовление трех пропорциональных камер ($1 \times 0,5 \text{ м}^3$) с соответствующей электроникой для установки РИСК. В Тбилиси создана и используется в совместных экспериментах самая большая в мире пятиметровая биполярная стримерная камера.

На пучке ускорителя ИФВЭ (Серпухов) введена в действие первая очередь крупного спектрометрического комплекса "Гиперон", который создается совместными усилиями большого интернационального коллектива специалистов ОИЯИ, научных центров НРБ, ПНР, СССР и ЧССР. Так, в Софийском университете ведутся разработки и изготовление новых блоков электроники для отдельных узлов установки, в университете и ИЭФ САН совместно со спе-

специалистами ИФ АН БССР (Минск) и ИЯИЯЭ (София) создается программа обработки экспериментальных данных.

В 1979 году продолжалось исследование процессов захвата мюонов и пионов ядрами в фотоэмульсиях с вылетом заряженных частиц. В сотрудничестве принимают участие ИЯИЯЭ и ВХТИ (София, НРБ), ИФМ (Улан-Батор, МНР) и ИЯИ (Бухарест, СРР). Фотоэмульсионные камеры были облучены на синхроциклотроне ОИЯИ. Готовые для просмотра фотоэмульсии переданы в сотрудничающие организации для дальнейшей обработки.

Исследования свойств нейтронодефицитных изотопов, удаленных от линии бета-стабильности, осуществлялись по общей программе совместно с ГДР, МНР, ПНР, СРР, СССР и ЧССР. Специалисты ИЯИЯЭ БАН принимали участие в создании программ обработки спектров ядерного излучения, совместно с сотрудниками Варшавского университета измерены характеристики распада четырех новых изотопов Sm и Pm. На синхроциклотроне ЛИЯФ АН СССР (Гатчина) в экспериментах ЯСНАПП-ИРИС обнаружено десять новых изотопов лютеция и иттербия. Совместно с ИЯФ (Ржеж) и Политехническим институтом (Прага) ведется обработка результатов измерений излучений ориентированных ядер, полученных на установке "Спин". Сотрудники Технического университета в Дрездене ведут совместные исследования свойств нейтронодефицитных спалогенных радионуклидов, ими подготовлена часть аппаратуры для исследований подвижности ионов астата.

Эффективно развивалось сотрудничество по изучению химических свойств трансурановых элементов и поиску сверхтяжелых элементов в природе. В ЦИИРИ

(Лейпциг) разрабатывались отдельные радиохимические методики, а также выполнялся изотопный анализ легких элементов в исследуемых образцах. ЦИИРИ также осуществлен подбор образцов минералов и руд для анализа на спонтанное деление.

При участии ЦИЯИ (Россендорф) проведены исследования химических свойств некоторых трансурановых элементов. Совместно с ЦИЯИ создана методика измерения масс-продуктов ядерных реакций по времени пролета с временным разрешением 370 пкс, что позволило в короткий срок провести цикл экспериментов по изучению особенностей деления ядер трансурановых элементов ионами ^4He на пучке циклотрона У-200. С Монгольским государственным университетом велись совместные эксперименты по поиску сверхтяжелых элементов в природных образцах, по исследованию структуры барьеров деления. Активное сотрудничество по изучению характеристик продуктов ядерных реакций продолжается с ИЯИ в Кракове и Варшавским университетом.

Совместно с ИФЯТ (Бухарест) проводились исследования запаздывающего деления нейтронодефицитных изотопов берклия. Получены новые изотопы $^{240,242}\text{Bk}$, определены периоды их полураспада и вероятности запаздывающего деления.

В области нейтронной физики осуществлялось широкое сотрудничество со всеми странами-участницами ОИЯИ.

Так, сотрудники ИЯИЯЭ БАН готовят математические программы для обработки экспериментальных результатов исследования реакции деления урана-235 под действием нейтронов. Для

экспериментов на ИБР-2 ЦИФИ ВАН готовит электронную аппаратуру и участвует в создании спектрометра КОРА. Совместно со специалистами Высшей технической школы в Магдебурге ведутся работы по созданию спектрометра поляризованных тепловых нейтронов.

Для проведения экспериментов на ИБР-30 по исследованию дифракции нейтронов в монокристаллах Институтом ядерной физики ЧСАН были поставлены высококачественные монокристаллы кремния и германия больших размеров, представлен уникальный прецизионный гониометр. Эффективно осуществлялось международное научно-техническое сотрудничество ОИЯИ со странами-участницами в области разработки и создания новых установок и аппаратуры, совершенствования методики эксперимента, развития вычислительной техники.

В 1979 году активно развивалось сотрудничество, связанное с запуском и наладкой изохронного циклотрона У-400, получением на нем проектных параметров пучков, а также усовершенствованием существующих ускорителей У-200 и У-300. Продолжаются совместные работы с ИФЯТ (Бухарест) по изготовлению в СРР системы транспортировки пучков циклотрона У-400, по разработке совместно с ЦИФИ ВАН измерительно-вычислительного комплекса автоматизации экспериментов на У-400. В ИЯФ (Краков) изготовлена большая часть камеры рассеяния для магнитного спектрометра, подготавливаемого к запуску на У-400.

Специалисты ИЯИЯЭ БАН принимали участие в создании программ моделирования процессов и обработки эк-

спериментальных результатов спектрометра АРЕС, в создании электроники и программ математического обеспечения для проектов "Гиперон", ГОДЕСК, ЯСНАПП-2. Сотрудники университетов в Софии и Пловдиве разрабатывают новый детектор для исследования реакции (n, α) на реакторе ИБР-2. На реакторе ИБР-30 проведены измерения некоторых его характеристик. Специалисты ЦИФИ принимают участие в разработке проекта "Нейтронный детектор", быстро процессора для идентификации треков для спектрометра АРЕС, работах по созданию автомата для измерения событий на फिल्मовом материале установки РИСК, в разработке специальной электроники и программного обеспечения для автоматизированной системы управления коллективным ускорителем тяжелых ионов (АСУ-КУТИ). На линии с ЭВМ ТРА-70 совместно с ВНР запущены и работают 2 системы измерения параметров сверхпроводящих магнитов.

В ИЯИ (Россендорф) разрабатываются 50 контейнеров ФЭУ для сцинтилляционных годоскопов спектрометра АРЕС, разработано программное обеспечение и алгоритм управления режимом инжектора ускорителя циклического типа.

В 1979 году сотрудниками ТУ в Дрездене выполнены расчеты на прочность новой конструкции вакуумной камеры адгезатора коллективного ускорителя, проведены необходимые испытания. Продолжалось сотрудничество по созданию спектрометрического комплекса для анализа характеристического рентгеновского излучения электронно-ионных колец. Совместно с сотрудниками центра вычислительной техники АН ГДР велись работы по развитию методов автоматизированного управления КУТИ.

ИЯИ (Сверк) разрабатывает и изготавливает блоки электронной аппаратуры для установки РИСК, спектрометра ядерной отдачи, оказывает помощь в изготовлении полупроводниковых спектрометров с электроникой в стандарте КАМАК, в разработке и изготовлении детекторов dE/dx на основе эпитаксиальных пленок. В сотрудничестве с ИЯИ (Сверк) разработано и испытано несколько электронных схем съема информации с "Поляриметра".

Ученые и специалисты Варшавского университета и ИЯИ (Сверк) проводили методические разработки по созданию приемного устройства магнитного спектрографа МСП-144, который станет одним из плечей установки ДЭМАС. Созданы координатно-чувствительные пропорциональные счетчики, ионизационные камеры, лавинные счетчики, обладающие высоким временным разрешением. ЦИФ (Бухарест) участвует в создании экспериментальной установки "Пион" и проведении на ней физических исследований в пионных пучках низких энергий. В рамках сотрудничества в СРР проведены исследования характеристик детектирующих элементов (сцинтилляционных и полупроводниковых) на пучках протонов тандем-генератора ЦИФ.

Совместно с ИЯФ в Ржеже завершено проектирование детекторного узла установки для изучения угловых корреляций. Совместно с чехословацкими специалистами разрабатывается принципиально новый детектор, который будет использоваться для нейтронной радиографии и может в дальнейшем применяться для исследований в биологии, кристаллографии, медицине, дефектоскопии. Основное отличие детектора от существующих - высокое пространственное разрешение. Эффективно развивается сотрудничество с Пражским политехническим

институтом по линии создания микротрона для ОИЯИ с энергией 90 МэВ.

Университет в Братиславе участвует в разработке цилиндрических пропорциональных камер для спектрометра АРЕС и соответствующей электроники. Осуществлялась научно-техническая помощь в создании оптической системы спектрометра и разработка широкоапертурных черенковских счетчиков по проекту МИС-СКАТ.

Работы по созданию и развитию системы программ модульной структуры для обработки данных на ЭВМ БЭСМ-6, CDC-6500 и ЕС-1040 ведутся совместно с сотрудниками ИФВЭ АН ГДР, ИЭФ САН и Университетом в Кошице (ЧССР), ФИ ЧСАН и ИФВЭ АН КазССР. На ЭВМ CDC-6500 (ОИЯИ), БЭСМ-6 (ИФВЭ АН ГДР и ИФВЭ АН КазССР), ЕС-1040 (ИЭФ САН и Университет г.Кошице), ИБМ 370/135 (ФИ ЧСАН) создан большой комплекс программ, предназначенных для анализа फिल्मовой информации с различных трековых детекторов ОИЯИ.

В решении задач прикладного характера международное сотрудничество проводилось в форме совместных методических разработок, создания аппаратуры, проведения совместных исследований. В ИЯИЯЭ БАН разработана и создана аппаратура для исследования радиационных повреждений в материалах.

Совместно с Центром физики и Софийским университетом проводились исследования влияния ионов бомбардировки на структуру пленок, используемых для сверхпроводящих резонаторов.

В сотрудничестве с учеными из Лейпцигского университета выполнены эксперименты по облучению монокристалла

пучком ионов циклотрона У-300. Определение степени повреждения и профиля дефектов выполняется в Лейпциге методом каналирования протонов и α -частиц.

Совместно со специалистами ЦАГИ (Москва), Политехнического института (Львов) проводились работы по внедрению в прикладных областях автоматизированных систем обработки फिल्मовой информации, построенных на основе сканирующих автоматов на электронно-лучевой трубке. Разработан новый, усовершенствованный комплекс управляю-

щего математического обеспечения для сканирующей системы АЭЛТ-1М.

В Институте макромолекулярной химии ЧСАН выполнены сложные работы по приготовлению иммуноглобулинов и растворов полиметакрильной кислоты для изучения их структуры на пучках реактора ИБР-30.

Продолжалось сотрудничество, в форме консультаций и передачи опытных образцов ядерных фильтров, с институтами ВНР, СРВ, КНДР, ПНР, СРР.

Научные совещания ОИЯИ

В числе проведенных Объединенным институтом ядерных исследований в 1979 году 44 совещаний - 5 крупных научных, 20 рабочих и методических, 19 научно-организационных. В них приняли участие 2344 специалиста.

V Международное совещание по не-локальной квантовой теории поля, проходившее 18-25 апреля 1979 года в Алуште, обсудило вопросы, связанные с проблемой сильной связи в нелокальной квантовой теории поля, динамикой малых расстояний, единой теорией поля и локальных симметрий, неабелевыми калибровочными теориями, квантовыми эффектами в гравитации. Успех совещания обеспечили исключительная актуальность

тематики, высокий научный уровень докладов и активность участников, хорошая организация симпозиума.

Видные ученые из научных центров многих стран мира приняли участие в Международном симпозиуме по фундаментальным проблемам теоретической и математической физики, проходившем 23-27 августа в Дубне. Программа симпозиума охватывала проблемы астрофизики и теории гравитации, квантовой теории поля и элементарных частиц, математической физики, теории конденсированных сред и атомного ядра. Многие доклады были тесно связаны с развитием идей крупнейшего советского математика, механика и физика академика Н.Н. Боголюбова.

В соответствии с соглашением между ОИЯИ и ЦЕРНом при содействии Венгерской Академии наук 2-15 октября 1979 года в Добогокё (ВНР) была проведена очередная VI Международная школа физиков ОИЯИ-ЦЕРН. Научная программа школы имела целью ознакомить молодых физиков-экспериментаторов с важнейшими теоретическими и экспериментальными достижениями в физике высоких энергий и элементарных частиц. Лекторами и докладчиками были ведущие специалисты ОИЯИ, ЦЕРН, ФНАЛ и других крупных ядерно-физических научных центров.

С 16 по 25 сентября 1979 года в Минске была проведена XIII Международная школа молодых ученых ОИЯИ по проблемам ускорителей заряженных частиц.

С докладами о наиболее интересных и перспективных проектах развития мировых ускорительных центров выступили ведущие специалисты Объединенного института, институтов Советского Союза, некоторых зарубежных научных центров.

С 5 по 8 июля 1979 года в Дубне был проведен Международный симпозиум по проблеме нескольких тел в ядерной физи-

ке, явившийся продолжением серии европейских конференций по указанной тематике. Большой интерес, проявленный к симпозиуму, обусловлен высоким уровнем исследований по этой проблеме в ОИЯИ и странах-участницах. В программе были представлены обзорные доклады наиболее известных ученых, расширенные сообщения о наиболее интересных оригинальных результатах, сообщения на стендовых секциях. Симпозиум значительно укрепил престиж советских ученых и ученых других стран-участниц, работающих в области физики малочастичных систем.

Рабочие (научно-методические) совещания ОИЯИ, проведенные по отдельным конкретным вопросам выполнения совместных работ в рамках проблемно-тематического плана ОИЯИ, позволили лучше скоординировать и объединить усилия институтов, лабораторий и научных организаций стран-участниц Института в решении вопросов создания новых физических установок, разработки методических проблем и совместных исследований на действующих установках, сравнения и согласования полученных результатов.

Участие ОИЯИ в научных совещаниях и конференциях других физических центров

В 1979 году сотрудники ОИЯИ участвовали в 100 международных и национальных научных конференциях и совещаниях, в том числе в 75 в странах-участницах.

Международный семинар по теоретической и математической физике в мае 1979 года в Лейпциге (ГДР) показал актуальность проводимых в ОИЯИ исследований в этой области и необходимость расширения сотрудничества ОИЯИ с институтами стран-участниц для сохранения ведущего положения, занимаемого Институтом в ряде избранных научных направлений.

Участие в работе международной конференции "Коллективные движения с большой амплитудой в ядрах" (10-12 июня, 1979 г., Кестхей, ВНР) еще раз подтвердило, что одной из наиболее актуальных проблем ядерной физики является изучение реакций под действием тяжелых ионов. Все больший интерес в этой области начинают представлять исследования при энергии 100 МэВ/нукл.

Ученые ОИЯИ выступили с приглашенными докладами на Международной конференции по физике гиперядра и взаимодействию низкоэнергичных каонов (11-14 ноября 1979 г., Яблонна, ПНР). Конференция показала, что следует уделить особое внимание дальнейшим поискам и исследованию мультимезонных резонансов, особенно тех, указание на существование которых получено на про-

пановой камере ОИЯИ, так как они находят обоснование в рамках кварковых моделей и могут служить проверкой последних.

Делегация ОИЯИ приняла участие в работе I Венгерского симпозиума "Микромашины, микропроцессоры и их применение" (17-19 апреля 1979 года, Будапешт). На симпозиуме были рассмотрены, в частности, системы для разработки микропроцессорных устройств, мультимикропроцессорные системы, микропроцессоры и система КАМАК, программное обеспечение и микропрограммирование. Полученная на симпозиуме обширная информация будет использована в разработках Института при внедрении микропроцессоров и микро-ЭВМ.

Широкую известность приобрела Ежегодная международная зимняя школа в Карпаче (ПНР), которая в 1979 году была посвящена обсуждению современных тенденций в развитии теории твердого тела. Полученная на школе информация о последних достижениях в наиболее быстро развивающихся областях теории конденсированного состояния будет полезной при планировании исследований в ЛТФ, ЛЕТА и ЛНФ ОИЯИ.

Институт направлял также делегации или отдельных ученых на крупные международные конференции, проводимые в других странах: Международную конференцию по физике высоких энергий в Женеве; Международную конференцию "Ядерная физика и электромагнитные

взаимодействия" в Майнце (ФРГ); VIII Международную конференцию по физике высоких энергий и структуре ядра в Ванкувере (Канада); Международный симпозиум по перспективам изучения ядер, уда-

ленных от области стабильности в Нашвилле (США); Международный симпозиум по физике и химии деления в Юлихе (ФРГ); Международную конференцию по ускорителям в Сан-Франциско и др.

Связи с научными центрами стран, не являющихся участницами ОИЯИ, и международными организациями

В 1979 году ОИЯИ поддерживал научные связи с национальными научными центрами США, Швейцарии, Франции, Англии, ФРГ, Италии, Дании, Финляндии, 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 1979 году 61 сотрудник ОИЯИ побывал в научных центрах стран-неучастниц Института с целью выполнения совместных работ и обмена опытом. Институт принял 98 ученых из этих стран.

Обработан материал совместных экспериментов ОИЯИ-ФНАЛ по прямому рассеянию K^- -мезонов на электронах при импульсе 250 ГэВ/с.

Проводился дальнейший анализ неупругого pp -рассеяния в области энергий 50-400 ГэВ при малых переданных импульсах и больших недостающих массах. В сотрудничестве с американскими

физиками были измерены электромагнитные радиусы α - и K -мезонов. Совместный эксперимент, выполненный в ОИЯИ на установке "Кристалл", впервые показал возможность отклонения пучка протонов изогнутым монокристаллом.

Исследования взаимодействия быстрых адронов и легких ядер с ядрами ($A = 14, 100, 130, 200$) с помощью фотоэмульсий проводились в соответствии с протоколом о сотрудничестве с Институтом физики Университета имени Гете во Франкфурте-на-Майне, ФГР. Производился обмен информацией о проведенных работах по исследованию взаимодействия быстрых ядер с ядрами. ОИЯИ предоставил Центру физики Университета им. Гете фотоэмульсии, облученные ядрами ^{12}C на ускорителе ОИЯИ.

Продолжалось эффективное сотрудничество с Университетом в Турине и Национальной Лабораторией во Фраскати (Италия). В 1979 году проведены измерения дифференциального сечения рассеяния пионов на ядрах 3He при энергии 60-80 МэВ. Итальянские специа-

листы принимали участие в обработке результатов этих измерений, а также в разработке узлов установки ГОДЕСК и программы исследований на ней.

По теме МИС на сканирующих автоматах HPD в Италии обработано 350 тысяч стереофотографий, продолжались работы по созданию спектрометрического тракта и быстрого процессора для мишени из кремниевых полупроводниковых счетчиков. В Милане проведено испытание программы построения треков со спектрометра МИС. В обработке экспериментального материала, полученного с МИС, принимал участие Институт физики Хельсинского университета.

Группа из Сассекского университета (Великобритания) участвует в исследованиях радиоактивного распада ориентированных ядер на установке "Спин". При обработке полученного экспериментального материала используется ЭВМ университета.

Совместные исследования актуальных проблем физики тяжелых ионов осуществлялись с Институтом ядерной физики в Орсе (Франция), обществом по изучению тяжелых ионов в Дармштадте (ФРГ), Институтом физики в Белграде и другими научными центрами стран-участниц.

ОИЯИ обменивался научной информацией с исследовательскими центрами Англии, США, Франции и ФРГ по проблемам нейтронной физики. В центре ядерных исследований в Юлихе (ФРГ) проведены эксперименты по исследованию динамики водорода, адсорбированного на поверхности никеля.

В 1979 году ОИЯИ поддерживал традиционные научные контакты и связи с такими международными организациями,

как СЭВ, МАГАТЭ, ЦЕРН, Международный центр теоретической физики в Триесте, ИЮПАП, Европейское физическое общество и другие.

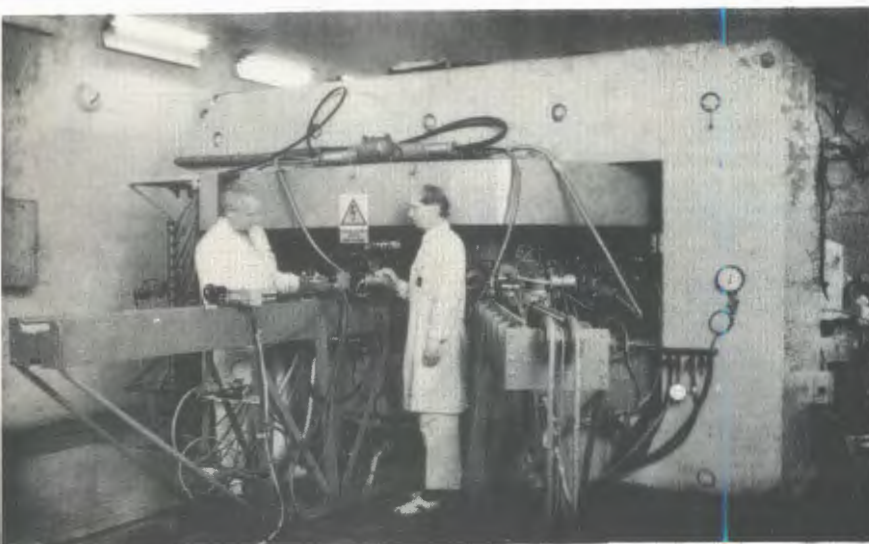
Связи с СЭВ и МАГАТЭ осуществлялись в форме взаимного участия в научных и научно-организационных мероприятиях, обмена публикациями, научно-технической документацией и материалами.

Сотрудничество с ЦЕРН (Швейцария) развивалось в таких формах, как командировки на короткие и длительные сроки для участия в совместных экспериментах, обмен публикациями, взаимное участие в научных конференциях, проведение совместных школ для молодых ученых. Для проведения совместных с ЦЕРН научных исследований по актуальным проблемам физики элементарных частиц в сотрудничестве с физиками из Франции, ФРГ и Италии была создана уникальная экспериментальная установка - тороидальный спектрометр. В 1979 г. установка была окончательно смонтирована и на ней проведены первые сеансы облучения, получено более двух миллионов событий. В рамках ОИЯИ в совместных с ЦЕРН экспериментах принимают участие физики НРБ, ВНР, ГДР, СССР и ЧССР.

С целью общего ознакомления с деятельностью Объединенного института, его лабораториями и работой экспериментальных установок в течение года Институт посетили 79 групп экскурсантов (1459 человек), из них 75 групп (1383 человека) - из стран-участниц, 4 группы (71 человек) - из других стран.



На циклотроне У-120М в Ржеже (СССР) завершен цикл исследований характеристик ускорителя, достигнуты проектные параметры.



Экспозиция ОИЯИ на Юбилейной выставке СЭВ "Мирный атом в странах социализма" (павильон "Атомная энергия" ВДНХ СССР).





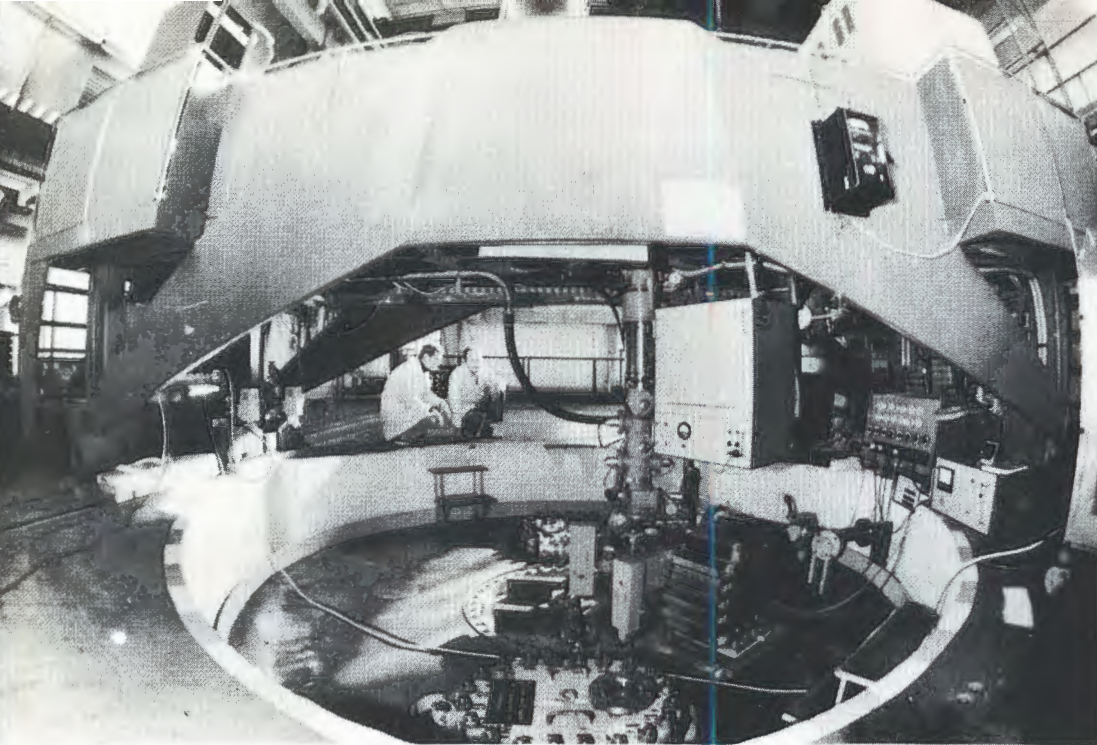
В сентябре ОИЯИ посетил Генеральный директор ЦЕРНа профессор Дж.Адамс. Цель визита - обсуждение вопросов сотрудничества Европейской организации ядерных исследований и ОИЯИ.

Успешно развивается сотрудничество ОИЯИ, Университета в Турине и Национальной лаборатории во Фраскати (Италия).



Эксперимент по каналированию частиц высоких энергий проведен совместно с физиками ФНАЛ и университета в Олбани (США). На снимке: профессор Т.Туиг и руководитель эксперимента доктор физ.-мат. наук Э.Н.Цыганов.





Ученые и специалисты научных центров ГДР принимают участие в выполнении 59 тем плана научно-исследовательских работ ОИЯИ. Плодотворно развивается сотрудничество с Центральным институтом ядерных исследований в Росендорфе.



В одном из отделов ЦИЯИ ведутся исследования по определению загрязнения жидкого натрия.

Внутренняя часть камеры для регистрации тяжелых фрагментов в реакциях с тяжелыми ионами.

Спектрометр для определения времени жизни нейтрона.



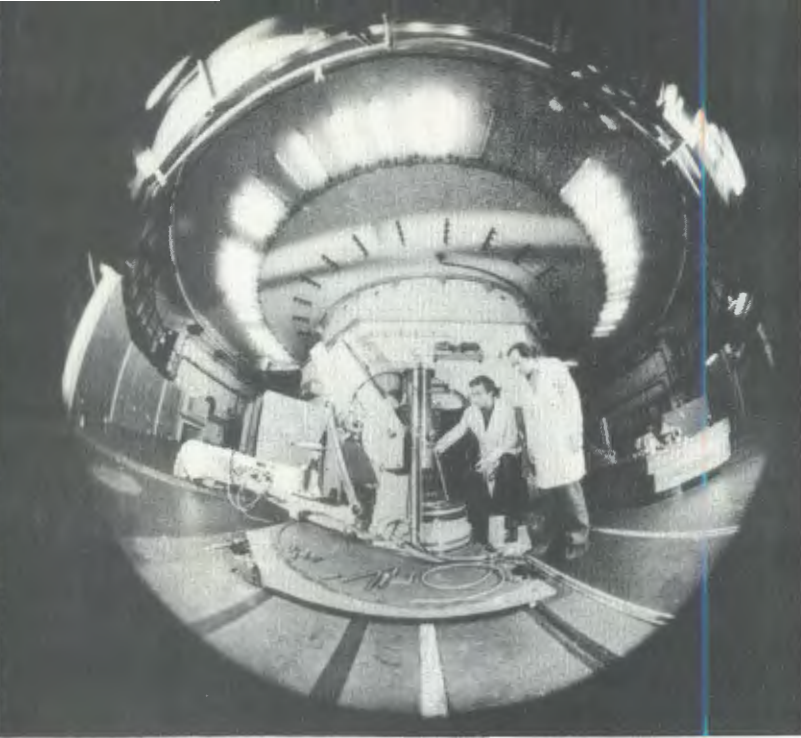


Институт физики высоких энергий в Цойтене активно участвует в программе исследований по физике высоких энергий. На снимке: участники эксперимента РИСК обсуждают результаты исследований.



В 1979 году в Цойтене введен в действие измерительный комплекс, который в настоящее время является одним из самых мощных центров по обработке фильмовой информации с установки РИСК и других установок ОИЯИ.

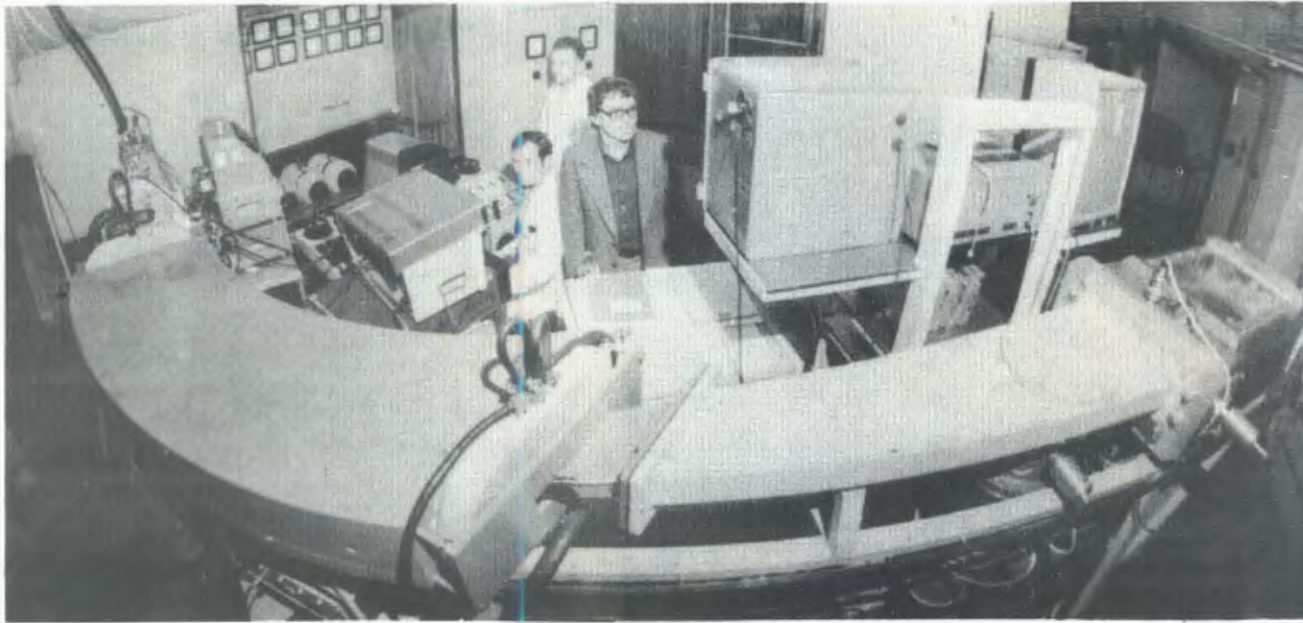




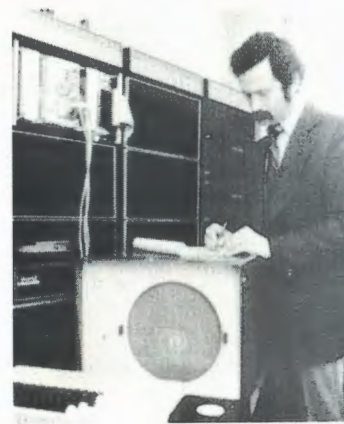
Объединенный институт активно сотрудничает с национальными научными центрами ПНР. Совместные исследования проводятся по 69 научным темам.

Исследовательский реактор "Мария" в Институте ядерных исследований в Сверке.

Электромагнитный сепаратор для разделения изотопов, созданный в ИЯИ, предназначен для ионного легирования полупроводников.

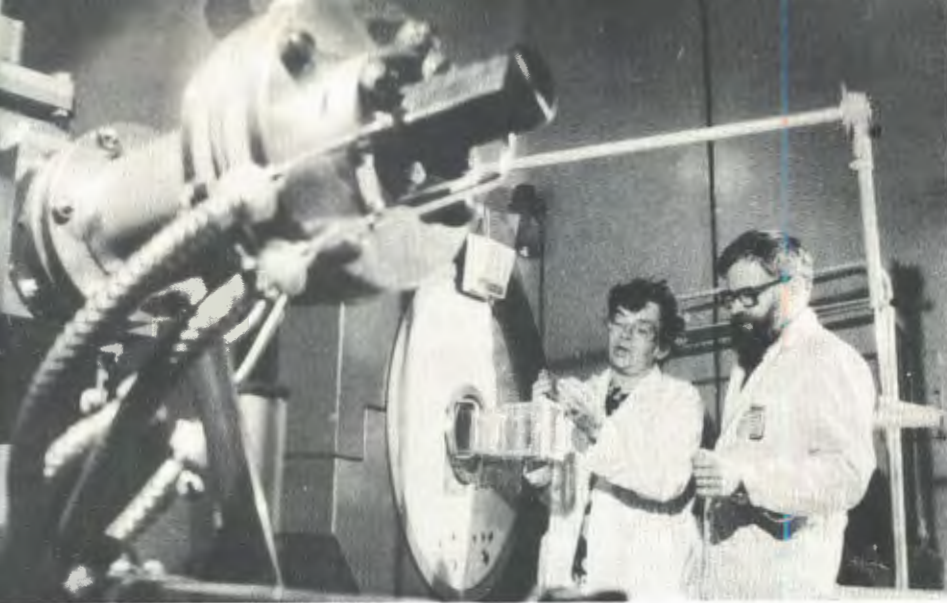


Графический дисплей, разработанный и изготовленный в Дубне, используется в Сверке в экспериментах в сочетании с аппаратурой КАМАК.



В Варшавском университете совместно с ОИЯИ создается циклотрон У-200П.



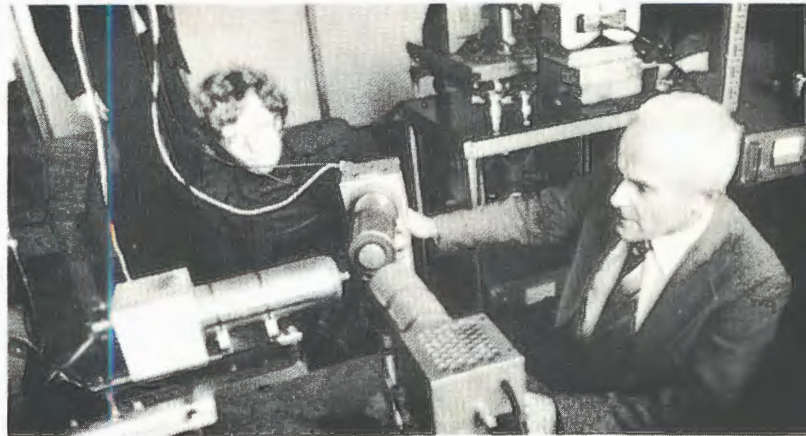


В отделе радиационной биологии Института ядерной физики в Кракове проводятся исследования биологических воздействий нейтронов и γ -излучений. В опытах используются модельные растения, обладающие повышенной чувствительностью к излучению.

Установка для измерения возмущений угловых корреляций γ -излучений в ИЯФ (Краков) используется для исследований радиационных дефектов в кристаллах.



Изучение структуры твердых тел и жидкостей - одно из направлений исследований, проводимых в лаборатории гамма-резонансной спектроскопии Ягеллонского университета (Краков).



В Институте ядерной физики ведутся работы по реконструкции ускорителя У-120 в изохронный циклотрон У-144.



СПРАВКА

о развитии международного сотрудничества и связей
Объединенного института ядерных исследований
за период 1972-1979 гг.

№№ пп	Вид сотрудничества	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980 /план/
1.	Количество командировок специалистов из стран-участниц в ОИЯИ (без совещаний)	503	684	826	1026	1079	1078	1010	1095	1150
2.	Количество командировок специалистов ОИЯИ в страны-участницы	431	417	426	474	508	525	502	550	575
3.	Количество научных, методических и научно-организационных совещаний	29	39	38	42	39	48	49	44	42
4.	Количество командировок на международные конференции и в научные центры стран-неучастниц	132	140	112	131	130	135	111	111	120
5.	Количество приездов специалистов из стран-неучастниц	226	157	206	250	321	226	188	164	200
6.	Количество стипендиатов ОИЯИ	15	17	8	11	13	9	9	9	12

ПЕРЕЧЕНЬ

научных и научно-организационных совещаний,
проведенных Объединенным институтом ядерных исследований
в 1979 году

№№ пп	Название совещания	Время проведения	Место проведения	Количество участников
<i>I. Симпозиумы, школы, совещания</i>				
1.	V Международное совещание по не- локальной квантовой теории поля	18-25 апреля	Алушта, СССР	150
2.	Международный симпозиум по проб- леме нескольких тел в ядерной фи- зике	5-8 июня	Дубна	111
3.	Международный симпозиум по фун- даментальным проблемам теорети- ческой и математической физики	23-27 августа	Дубна	180
4.	Международная школа по физике вы- соких энергий ОИЯИ-ЦЕРН	2-15 сентября	Добогоке, ВНР	130
5.	XIII Международная школа молодых ученых по ускорителям заряженных частиц	17-25 сентября	Минск, СССР	103
<i>II. Рабочие совещания</i>				
6.	Совещание по взаимодействию быст- рых ядер и адронов с ядрами	16-18 января	Дубна	20
7.	Совещание по экспериментам на ус- тановке БИС	13-15 марта	Дубна	50
8.	Совещание по исследованиям на двух- метровой пропановой камере	27-29 марта	Дубна	73
9.	Совещание по проблемам альфа-рас- пада и кластерных явлений	3-5 апреля	Дубна	80

№№ пп	Название совещания	Время проведения	Место проведения	Количество участников
10.	Совещание по подготовке экспериментов на У-400	18-20 апреля	Дубна	80
11.	Совещание по полупроводниковым детекторам	25-27 апреля	Дубна	13
12.	Совещание по совместному ОИЯИ-ЦЕРН мюонному эксперименту	26-28 апреля	Дубна	35
13.	Совещание по установке РИСК	15-17 мая	Дубна	50
14.	Совещание по обработке снимков с однометровой водородной пузырьковой камеры	15-17 мая	Дубна	18
15.	Совещание по обработке снимков с установки "Людмила"	15-17 мая	Дубна	40
16.	Выставка-семинар "Электронная аппаратура для исследований в ядерной физике"	11-13 июня	Дубна	40
17.	Совещание по совместному эксперименту на установке СКМ-200	19-21 июня	Дубна	33
18.	Совещание по применению координатографов АДМАП для автоматизации и производства печатных плат	19-21 июня	Дубна	58
19.	Совещание по экспериментам на установке БИС и двухметровой пропановой камере	17-22 сентября	Варна, НРБ	47
20.	Совещание по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике	18-20 сентября	Дубна	50
21.	Совещание по программе ЯСНАПП-2	30 октября-1 ноября	Дубна	80
22.	Совещание по исследованию процессов дифракционной диссоциации мезонов на установке МИС	13-15 ноября	Дубна	50

№№ пп	Название совещания	Время проведения	Место проведения	Количество участников
23.	Совещание по обработке снимков с установки "Людмила"	13-15 ноября	Дубна	18
24.	Совещание по изготовлению аппаратуры и экспериментам на установке "Гиперон"	20-22 ноября	Дубна	50
25.	Совещание по обработке снимков с однометровой водородной пузырьковой камеры	4-6 декабря	Дубна	20

III. Научно-организационные совещания

26.	45 сессия Ученого совета ОИЯИ	9-12 января	Дубна	90
27.	Камерный комитет	10-12 апреля	Дубна	30
28.	Фотоэмульсионный комитет	10-12 апреля	Дубна	30
29.	Комитет по электронным экспериментам	10-12 апреля	Дубна	30
30.	Комитет Полномочных Представителей правительств стран-участниц ОИЯИ	24-26 апреля	Дубна	90
31.	Комитет по структуре ядра	25-27 апреля	Дубна	30
32.	Комитет по нейтронной физике	25-27 апреля	Дубна	30
33.	Комитет по физике тяжелых ионов	25-27 апреля	Дубна	30
34.	Сессия Ученого совета по физике высоких энергий	22-24 мая	Дубна	70
35.	Сессия Ученого совета по физике низких энергий	29-31 мая	Дубна	70
36.	46 сессия Ученого совета ОИЯИ	12-15 июня	Дубна	90
37.	Камерный комитет	16-18 октября	Дубна	30

№№ пп	Название совещания	Время проведения	Место проведения	Количество участников
38.	Фотоэмульсионный комитет	16-18 октября	Дубна	30
39.	Комитет по электронным экспери- ментам	16-18 октября	Дубна	30
40.	Комитет по структуре ядра	23-25 октября	Дубна	30
41.	Комитет по нейтронной физике	23-25 октября	Дубна	30
42.	Комитет по физике тяжелых ионов	23-25 октября	Дубна	30
43.	Финансовый комитет	13-15 ноября	Дубна	25

ПЕРЕЧЕНЬ

международных и национальных конференций,
симпозиумов, совещаний и школ,
в которых принимали участие специалисты Объединенного института
ядерных исследований в 1979 году

№№ пп	Название совещания	Время проведения	Место проведения	Количество участников
----------	--------------------	---------------------	---------------------	--------------------------

А. В странах-участницах Института

1.	XX Всесоюзное совещание по физике низких температур	Москва, СССР	23-26 января	10
2.	Международный коллоквиум "Акту- альные проблемы вычислительной техники"	Дрезден, ГДР	3-10 февраля	2
3.	Ежегодная международная зимняя школа по теоретической физике "Со- временные тенденции в теории кон- денсированных сред"	Карпач, ПНР	17 февраля - 4 марта	4

№№ пп	Название совещания	Место проведения	Время проведения	Количество участников
4.	XVII Международная зимняя школа по ядерной физике "Сверхтонкие взаимодействия в металлах и сплавах".	Бельско-Бяла, ПНР	19 февраля - 2 марта	4
5.	Конференция "Современные проблемы математической физики и вычислительной математики"	Москва, СССР	19-21 февраля	16
6.	Научно-техническое совещание "Управляющие вычислительные комплексы СМ-3 и СМ-4 в автоматизированных системах управления научных исследований"	Москва, СССР	19-21 февраля	7
7.	II Зимняя школа по физике защиты от излучений	Гауссиг, ГДР	26 февраля - 2 марта	1
8.	X Весенний симпозиум по физике высоких энергий	Бермсгрюн, ГДР	12-16 марта	2
9.	Совещание стран - членов СЭВ по технологической сверхпроводимости	Москва, СССР	16-21 марта	1
10.	II Совещание "Методы радиоанализа"	Дрезден, ГДР	18-25 марта	4
11.	Всесоюзный семинар "Особенности биологического действия ускоренных многозарядных ионов и протонов"	Пушино, СССР	20-22 марта	2
12.	XI Всесоюзная школа по когерентной оптике и голографии	Ростов Великий, СССР	25 марта - 1 апреля	1
13.	Всесоюзное совещание по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра	Рига, СССР	27-30 марта	31
14.	IX Международный симпозиум по электронной структуре металлов и сплавов	Гауссиг, ГДР	1-8 апреля	1

№№ пп	Название совещания	Место проведения	Время проведения	Количество участников
15.	VI Всесоюзное совещание по методам Монте-Карло в вычислительной математике и математической физике	Новосибирск, СССР	11-13 апреля	1
16.	XII Всесоюзное совещание по применению рентгеновских лучей для исследования материалов	Звенигород, СССР	16-18 апреля	2
17.	Всесоюзный симпозиум "Структура биологических макромолекул"	Звенигород, СССР	20-22 апреля	3
18.	Международный семинар по математической и теоретической физике	Лейпциг, ГДР	3-15 мая	2
19.	Курсы фирмы "Рэнк Ксерокс"	Брно, ЧССР	6 мая- 4 июня	1
20.	III Европейский симпозиум по ядерной медицине	Карловы Вары, ЧССР	15-18 мая	1
21.	II Международный симпозиум по структуре адронов и множественному рождению частиц	Казимеж, ПНР	20-26 мая	1
22.	VII Одесский симпозиум по теоретической физике	Одесса, СССР	28 мая- 8 июня	1
23.	Семинар "Электромагнитные взаимодействия адронов в резонансной области энергий"	Харьков, СССР	30 мая- 1 июня	1
24.	Всесоюзное рабочее совещание "Действие электромагнитных полей на простейшие биологические системы и их модели"	Пушино, СССР	21-23 мая	1
25.	Конференция молодых ученых по физике атомного ядра, элементарных частиц и конденсированного состояния	Гатчина, СССР	22-30 мая	4

№№ пп	Название совещания	Место проведения	Время проведения	Количество участников
26.	X Совещание по физике взаимодействия заряженных частиц с кристаллами	Москва, СССР	28-30 мая	6
27.	Всесоюзная конференция по космическим лучам	Ереван, СССР	5-7 июня	1
28.	VI Всесоюзный семинар по линейным ускорителям	Харьков, СССР	5-7 июня	2
29.	Всесоюзная конференция "Технология программирования"	Киев, СССР	5-8 июня	1
30.	Симпозиум по коллективным движениям ядра с большой амплитудой	Балатон, ВНР	10-16 июня	6
31.	Всесоюзная конференция "Автоматизация научных исследований на основе применения ЭВМ"	Новосибирск, СССР	11-13 июня	17
32.	III Всесоюзное совещание по микродозиметрии	Москва, СССР	18-22 июня	6
33.	Всесоюзная конференция по ионному обмену	Москва, СССР	18-21 июня	5
34.	II Международный симпозиум по реакциям, вызываемым нейтронами	Смоленице, ЧССР	25 июня - 1 июля	2
35.	Конференция по низкоэнергетическим ускорителям и их использованию в промышленности	Ленинград, СССР	26-28 июня	1
36.	Школа-семинар "Эффект Джозефсона в науке и технике"	Киев, СССР	27 июня - 3 июля	1
37.	III Международная конференция по мощным электронным и ионным пучкам	Новосибирск, СССР	3-6 июля	6
38.	Международный семинар по проблемам физики высоких энергий и теории поля	Серпухов, СССР	9-15 июля	30

№№ пп	Название совещания	Место проведения	Время проведения	Количество участников
39.	Международная конференция "Математические аспекты теории солитонов"	Ядвизин, ПНР	25 августа- 2 сентября	3
40.	Семинар "Глубоководное детектирование мюонов и нейтрино"	Иркутск, СССР	27-30 августа	10
41.	VI Конференция чехословацких физиков	Острава, ЧССР	27-31 августа	10
42.	Конференция социалистических стран по применению жидких кристаллов	Будапешт, ВНР	27 августа- 1 сентября	1
43.	Международная школа по статистической физике	Брашов, СРР	30 августа- 15 сентября	6
42.	12 Европейский симпозиум статистиков	Варна, НРБ	2-8 сентября	1
43.	XII Летняя школа по ядерной физике	Миколайки, ПНР	2-16 сентября	4
44.	Летняя школа по вычислительной физике "Цифровые методы в решении физических задач"	Рожнов, ЧССР	3-15 сентября	3
45.	Курсы по ЭВМ ТРА	Будапешт, ВНР	3-17 сентября	2
46.	II Всесоюзное совещание "Диалоговые вычислительные комплексы - ДИАЛОГ-79"	Серпухов, СССР	4-7 сентября	10
47.	Конференция по применению поляризованных нейтронов для исследования конденсированных сред	Заборов, ВНР	9-13 сентября	1
48.	Конференция по гиперядрам и физике каонов при низких энергиях	Яблонна, ПНР	10-17 сентября	2
49.	Курсы по ЭВМ ТРА	Будапешт, ВНР	17-29 сентября	2
50.	Конференция по некорректно поставленным задачам	Фрунзе, СССР	19-23 сентября	5

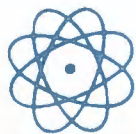
№№ пп	Название совещания	Место проведения	Время проведения	Количество участников
51.	IX Всесоюзное совещание по сегнетоэлектричеству	Ростов-на-Дону, СССР	24-26 сентября	4
52.	Конференция молодых ученых по актуальным проблемам современной физики	Ереван, СССР	24-28 сентября	8
53.	Всесоюзный семинар ИНИС	Ереван, СССР	24-30 сентября	4
54.	II Школа по физике радиационных повреждений твердого тела	Алушта, СССР	25 сентября-4 октября	2
55.	IV Школа по физике атомного ядра, нейтронной физике и ядерной энергетике	Варна, НРБ	1-15 октября	12
56.	Международный симпозиум "Структура адронов-79"	Моудры, ЧССР	7-13 октября	4
57.	Рабочее совещание по совместному ОИЯИ-СССР-ПНР-США нейтринному эксперименту	Краков, ПНР	7-17 октября	1
58.	IX Школа по ядерной физике	Бухара, СССР	8-18 октября	11
59.	Всесоюзное совещание по проблемам квантовой теории поля и физики элементарных частиц	Ташкент, СССР	9-11 октября	7
60.	IV Семинар по проблемам повышения эффективности ЭВМ БЭСМ-6	Котбус, ГДР	15-22 октября	2
61.	Советско-польский семинар "Использование и развитие аппаратуры КАМАК для автоматизации научных исследований"	Львов, СССР	16-20 октября	1
62.	I Венгерский симпозиум "Микропроцессоры и их применение"	Будапешт, ВНР	17-23 октября	9

№№ пп	Наименование	Место проведения	Время проведения	Количество участников
63.	Симпозиум "Пояснение принципа работы операторского пульта ЕС-7069 с ЕС ЭВМ 1040"	Москва, СССР	18 октября	2
64.	Школа-семинар "Математические методы квантовой статистики"	Баку, СССР	26 октября- 1 ноября	1
65.	Совещание по системам автоматизации научных исследований на основе ИВК и аппаратуры КАМАК	Москва, СССР	30-31 октября	1
66.	II Конференция "Изотопы в природе"	Лейпциг, ГДР	2-11 ноября	1
67.	Конференция по физике высоких энергий	Аренсхопп, ГДР	12-16 ноября	3
68.	Заседание Постоянной комиссии СЭВ по использованию атомной энергии	Зелена Гура, ПНР	17-25 ноября	1
69.	XVIII Международная конференция стран - членов СЭВ по физике и технике низких температур	Дрезден, ГДР	19-23 ноября	8
70.	Семинар "Теоретико-групповые методы в физике"	Звенигород, СССР	28-30 ноября	27
71.	III Всесоюзная научно-техническая конференция "Фотометрия и ее метрологическое обеспечение"	Москва, СССР	2-6 декабря	1
72.	II Всесоюзная конференция "Перспективы и проблемы развития вычислительной техники"	Новосибирск, СССР	5-6 декабря	1
73.	Пленум Научного совета АН СССР по проблемам ускорителя заряженных частиц	Дубна	6-7 декабря	10
74.	VI Всесоюзное совещание по опыту эксплуатации и усовершенствованию электростатических ускорителей	Харьков, СССР	11-13 декабря	5

№№ пп	Наименование	Место проведения	Время проведения	Количество участников
75.	Рабочее совещание теоретиков, экспериментаторов и ускорительщиков по pp- программе УНК	Серпухов, СССР	17-18 декабря	25
<i>Б. В странах-неучастницах Института</i>				
1.	Международное рабочее совещание "Свойства ядер и ядерных возбуждений"	Хиршегг, Австрия	14-28 января	1
2.	Национальная конференция по ускорителям	Сан-Франциско, США	11-14 марта	3
3.	Международная школа по ядерной физике	Эриче, Италия	26 марта- 6 апреля	2
4.	Совещание консультативной группы МАГАТЭ	Триест, Италия	6-13 мая	1
5.	Торжественное заседание в честь 100-летия со дня рождения А.Эйнштейна	Париж, Франция	16-17 мая	1
6.	Международный симпозиум по физике и химии деления	Юлих, ФРГ	14-18 мая	3
7.	Международная конференция "Ядерная физика на электронных ускорителях"	Майнц, ФРГ	5-9 июня	2
8.	Международная конференция "Нейтрино-79"	Берген, Норвегия	18-22 июня	2
9.	XVI Европейское совещание по циклотронам	Виллиген, Швейцария	20-22 июня	2
10.	III Сессия советско-американской комиссии по сотрудничеству	Батавия, США	26 июня- 5 июля	1
11.	Международная конференция по физике высоких энергий	Женева, Швейцария	27 июня- 4 июля	6

№№ пп	Наименование	Место проведения	Время проведения	Количество участников
12.	X Международная конференция по твердым трековым детекторам	Лион, Франция	2-7 июля	1
13.	VIII Международная конференция по физике высоких энергий и структуре ядра	Ванкувер, Канада	13-17 августа	6
14.	Международный симпозиум по ядерной физике	Люсечиль, Швеция	18-25 августа	1
15.	Международная конференция по математической физике	Лозанна, Швейцария	27-31 августа	2
16.	Международная конференция по электромагнитам и лептонным взаимодействиям	Батавия, США	22 августа- 1 сентября	2
17.	Международная конференция по магнетизму и Международная конференция по рассеянию нейтронов и магнетизму	Мюнхен, Юлих, ФРГ	29 августа- 7 сентября	2
18.	X Международный симпозиум по химии горячих атомов	Лафборо, Великобритания	2-7 сентября	2
19.	Международный симпозиум по перспективному изучению ядер, удаленных от области стабильности	Нашвилл, США	9-20 сентября	2
20.	VI Международная конференция по атомным массам	Ист-Лансинг, США	16-28 сентября	2
21.	Международная школа по физике высоких энергий	Купари, СФРЮ	20-27 сентября	1
22.	Конференция европейских пользователей ЭВМ фирмы CDC	Гаага, Нидерланды	25-27 сентября	2
23.	Рабочее совещание по возможностям и ограничениям ускорителей и детекторов и Заседание комитета ИКФА	Диаблер, Швейцария	3-13 октября	1
24.	Международная конференция по ядерным сечениям для технологических задач	Ноксвилл, США	21-29 октября	1

Научная информация



Издательский отдел

Издательский отдел в 1979 году продолжал публикацию научных работ сотрудников Института. Выпущено в свет 854 наименования брошюр - сообщений и препринтов ОИЯИ. Количество изданных служебных материалов составило 271 наименование. Общий объем всех изданий значительно превышает 1000 учетно-издательских листов.

Увидели свет 10 сборников трудов совещаний и конференций, организованных Объединенным институтом.

Наибольшей популярностью читателей пользовались: сборник трудов Международного симпозиума по проблемам теоретической и математической физики, Труды V Международного семинара по проблемам физики высоких энергий, Труды V Международного совещания по не-локальным теориям поля, Труды III совещания по использованию ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач.

В редакции научных журналов, на конференции, симпозиумы, школы в 1979 году было направлено 1447 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", "Report on Mathematical Physics", "Acta Physica Polonica", "physica status solidi" и др.

В 56 стран мира, более чем по 1000 адресам, рассылались публикации Дубны. Около тридцати 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 7955 препринтов, 120 наименований журналов и 335 монографий.

Для оперативного информирования читателей научно-технической библиотеки о новых поступлениях продолжался выпуск экспресс-бюллетеней НТБ и патентного отдела. Вышел в свет ежегодный библиографический указатель работ сотрудников ОИЯИ за 1978 год, а также сборник "Открытия и изобретения сотрудников ОИЯИ за 1976-78 гг."

Кроме публикации препринтов, сообщений, сборников, а также материалов Комитета Полномочных Представителей и ученых советов издательским отделом выполнены многочисленные заказы на ксерокопирование. За год изготовлено свыше 500 тыс. копий.

Выполнялись заказы на переплетные работы - переплетено 5,5 тыс. томов. Для обработки экспериментальной информации и других целей изготовлено около 900 тыс. различных бланков.



В печатном отделении.

Научно-техническая библиотека

В 1979 году число читателей научно-технической библиотеки и ее филиалов составило более 6 тысяч человек, в том числе около 800 человек, прибывших в ОИЯИ в командировки. Количество выданной за год литературы и просмотренной на выставках новых поступлений превышает 585 тысяч печатных единиц.

По заказам читателей получено по межбиблиотечному абонементу 1965 названий книг и журналов. Выполнено 565 читательских заявок, поступивших из библиотек Советского Союза.

По всем источникам комплектования (покупка, подписка, книгообмен) в 1979 году получено 18431 экземпляр, в том числе 7532 на иностранных языках. Проведена большая работа по очистке фонда от устаревшей и мало используемой литературы, списано в прошедшем году более 15 тысяч экземпляров.

На 1 января 1980 года библиотечный фонд составляет 367 тысяч экземпляров, из них около 150 тысяч на иностранных языках.

Все поступившие издания своевременно обрабатывались и отражались в сводных каталогах центральной библиотеки и в каталогах филиалов. Картотека публикаций сотрудников ОИЯИ пополнилась 4577 карточками. Подготовлен и сдан в печать Указатель работ сотрудников Института за 1978 год.

Еженедельно выпускалась экспресс-информация о новых поступлениях библиотеки: "Книги", "Препринты", "Статьи". Всего за прошедший год выпущено 156 номеров таких экспресс-бюллетеней. Напечатано 96 списков на новые журналы, поступившие в библиотеку. Еженедельно обновлялись выставки новых поступлений.

Было организовано 8 тематических выставок литературы к совещаниям, школам, проходившим в Институте, и к юбилеям выдающихся ученых-физиков.

Обмен изданиями

Всего за 1979 год в научно-техническую библиотеку ОИЯИ поступило в порядке обмена 9026 публикаций из 41 страны, в том числе 1170 из ЦЕРНа.

Кроме того, в порядке обмена в библиотеку бесплатно поступают научные журналы из 22 стран (121 название).

Конкретное количество поступлений из стран-участниц и других стран показывает следующая таблица:

Страны-участницы ОИЯИ:

Наименование страны	Препринты	Оттиски	Журналы	Книги
Болгария	3		8	
Венгрия	120	8	5	
ГДР	89	8	4	4
Куба	5			
Польша	51	187	7	7
Румыния	54	10	13	17
Чехословакия	21	20	8	4
СССР	2003		29	165

Другие страны и международные организации:

Наименование страны	Препринты	Оттиски	Журналы	Книги	Наименование страны	Препринты	Оттиски	Журналы	Книги
Австралия	65		1		Нидерланды	75	14		
Австрия	26		4	36	Новая Зеландия	3			
Бельгия	24	8	5		Норвегия	10	10		
Бразилия	92	11			Пакистан	3			
Великобритания	296	45	1		Португалия	3			
Греция	1				Сингапур	1			
Дания	60	66	1		США	1496	210	4	59
Евратом	12	35	1	5	Турция	8		1	
Западный Берлин	30	20		1	Финляндия	59		1	
Израиль	25				Франция	420	95	4	6
Индия	83	24	3	6	ФРГ	605	50	9	7
Ирландия	16				Швейцария	46			2
Испания	9				ЦЕРН	1158		4	9
Италия	363	56	1		Швеция	68	6		
Канада	110	37			Югославия	2			
Мексика	5			3	КАР	9			
					Япония	426	151	7	4

Итого из стран-участниц ОИЯИ поступило 2346 препринтов, 233 оттиска, 74 наименования журналов, 197 книг; из

других стран и международных организаций - 5609 препринтов, 838 оттисков, 121 наименование журналов и 138 книг.

Патентный отдел

Правовая охрана открытий

1979	1976- 1979	1958- 1979

Зарегистрировано
в СССР открытий 3 8 24

В 1979 году зарегистрированы от-
крытия:

1. "Явление электрической и маг-
нитной поляризуемости элементарных
частиц на примере протона". - Дип-
лом №217. Авторы открытия: А.М.Балдин,
В.С.Барашенков, В.И.Гольданский,
О.А.Карпухин, А.В.Куценко, В.В.Павлен-
ская, В.А.Петрунькин.

2. "Прямое выбивание дейтронов из
атомных ядер быстрыми протонами". -
Диплом №221. Авторы открытия: Л.С.Аж-
гирей, М.Г.Мещеряков, И.К.Взоров,
В.П.Зрелов, А.Ф.Шабудин, Б.С.Неганов.

3. "Ядерная прецессия нейтронов".
Диплом №224. Авторы открытия:
М.И.Подгорецкий, В.Г.Барышевский.

Защита и использование изобретений

	1979	1976- 1979	1958- 1979
Получено положительных решений	72	261	701
Использовано изобретений	27	120	331

Рационализаторские предложения

	1979	1978	1958- 1979
Использовано рационализаторских предложений	739	661	8389
Экономический эффект от ис- пользования изобретений и рационали- заторских предложений (в тыс.руб.)	81,5	47,2	1695,8

Административно-
хозяйственная
деятельность



Кадры

Численность сотрудников Объединенного института ядерных исследований в конце 1979 года составила 6942 человека, из них научных сотрудников - 992, инженерно-технических работников - 2046.

В 1979 году в Институте работали четыре академика: Н.Н. Боголюбов, Б.М. Понтекорво, Г.Н. Флеров, И.М. Франк, шесть членов-корреспондентов академий наук: А.М. Балдин, Н.Н. Говорун, В.П. Джелепов, И.Звара, М.Г. Мещеряков, Д.В. Ширков, 116 докторов наук, 507 кандидатов наук.

В 1979 году принято в ОИЯИ 682 че-

ловека, освобождено от работы за этот же период в связи с окончанием срока работы и по другим причинам 556 сотрудников.

В течение года учеными и научно-техническими советами ОИЯИ избраны на новые сроки 150 научных сотрудников. Присвоены ученые звания младшего научного сотрудника 43, звания старшего научного сотрудника - 8, звания профессора - 3 сотрудникам.

В 1979 году кандидатские диссертации защитили 20 сотрудников, докторские - 7.

Финансовая деятельность и капитальное строительство

Для проведения научно-исследовательских работ, капитального строительства научно-исследовательских объектов и других мероприятий, связанных с деятельностью Института, Комитет Полномочных Представителей правительств государств-членов Объединенного института ядерных исследований на 1979 год ассигновал 42 307 тысяч рублей.

Фактические расходы за 1979 год составили 40 819 тысяч рублей, или 96,5% по отношению к годовым ассигнованиям,

Определенных успехов в работе достигли производственные и вспомогательные подразделения, обслуживающие Лаборатории Института. Объем готовой

из них на научно-исследовательскую деятельность 26 932 тыс.руб., на капитальное строительство научно-исследовательских и других объектов 13 887 тыс.руб. План научно-исследовательских работ в 1979 году выполнен на 100,0%, достигнута экономия 1098 тыс.руб. План капитального строительства научно-исследовательских и других объектов - на 98,2%. Введено в действие основных средств на сумму 12 454 тыс.руб., или 116,7% к годовому плану.

Производственная деятельность продукции, выполненных работ и оказанных услуг составил в 1979 году 10 225 тысяч рублей, или 101,7% к годовому плану.