

ДУБНА·1974

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

© 3M
0-292

11-1977



JOINT INSTITUTE FOR NUCLEAR RESEARCH

1974 · DUBNA

Библиот. зала

СЗМ
=0-292

ОТЧЕТ О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объединенный институт
ядерных исследований
БНПИАТ ОАЭ

ЕЖЕГОДНОЕ ИЗДАНИЕ

Оглавление

Введение	6
Проблемный план ОИЯИ на 1974 год	14
Научно-исследовательские работы, выполненные лабораториями ОИЯИ в 1974 году	
Лаборатория теоретической физики	20
Лаборатория высоких энергий	32
Лаборатория ядерных проблем	54
Лаборатория ядерных реакций	74
Лаборатория нейтронной физики	94
Лаборатория вычислительной техники и автоматизации	110
Отдел новых методов ускорения	120
Руководящие и консультативные органы	
Международные связи	
Деятельность руководящих и консультативных органов	130
Премии ОИЯИ за 1973 год	133
Международные связи и научное сотрудничество	136
Научная информация	
Издательский отдел	158
Научно-техническая библиотека	158
Изобретательство, рационализация и патентная служба	162
Общеинститутские службы	
Административно-хозяйственная деятельность	
Отдел радиационной безопасности	166
Совет по радиозлектронике	168
Административно-хозяйственная деятельность	170

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 до энергии 10 ГэВ

Лаборатория ядерных проблем
Синхроциклотрон для ускорения протонов до энергии 680 МэВ

Лаборатория ядерных реакций
Циклотроны для ускорения многозарядных ионов

Лаборатория нейтронной физики
Импульсный реактор на быстрых нейтронах

Лаборатория вычислительной техники
и автоматизации

Отдел новых методов ускорения

Введение

В 1974 году лаборатории Объединенного института ядерных исследований успешно выполнили программу научных исследований в широкой области физики элементарных частиц, ядерной физики, в области развития новых методов физического эксперимента. Дальнейшее развитие получили международные научные связи Института. Закончена подготовка нового пятилетнего плана развития ОИЯИ.

Теоретиками Института при исследовании степенных автомодельных асимптотик, описывающих взаимодействие частиц с большими передачами импульса, на основе принципа автомодельности и правил обобщенного размерного анализа кварковых амплитуд найдена точная угловая зависимость дифференциальных сечений рассеяния на большие углы. При рассмотрении ряда полей в нелокальной квантовой теории показано, что возникает простая классификация полей, соответствующая их перенормируемости. В рамках квантовой киральной теории поля удалось описать в хорошем согласии с экспериментальными данными ряд физических явлений, связанных с сильными, слабыми и электромагнитными взаимодействиями пионов при низких энергиях. Важным результатом является завершение прямых полумикроскопических расчетов плотности уровней сферических и деформированных ядер. В рамках модели, которая учитывает взаимодействия квазичастиц с фононами, рассмотрен процесс фрагментации, ведущей к усложнению структуры состояний с ростом энергии возбуждения.

Эксперименты в области физики высоких энергий проводились как в Дубне, так и на крупнейших ускорителях других физических центров. Группа советских сотрудников ОИЯИ участвовала, в рамках советско-американского соглашения, в



*На сессии Ученого совета Объединенного
института ядерных исследований.*



работах на ускорителе в Батавии. Завершена обработка измерений в опытах по изучению упругого pp -рассеяния в интервале энергий от 9 до 400 ГэВ. На этом же ускорителе с помощью газовой струйной дейтериевой мишени изучалось дифракционное упругое pd -рассеяние в области импульсов 50-385 ГэВ/с.

Закончен анализ результатов исследования прямого рассеяния пионов с энергией 50 ГэВ на электронах, которое проводилось на Серпуховском ускорителе объединенной группой физиков ОИЯИ и Калифорнийского университета, определен электромагнитный радиус пиона. Учеными ОИЯИ, ИФВЭ и Калифорнийского университета изучено упругое π^-p -рассеяние на малые углы при импульсах пионов 40 и 50 ГэВ/с. Интернациональная группа специалистов из ОИЯИ, ИФВЭ, ИТЭФ и Сакле завершила обработку результатов исследования поляризационных эффектов в рассеянии π^-p , K^-p , $\bar{p}p$, pp при импульсе 40 ГэВ/с. На пучке Серпуховского ускорителя закончена настройка пятиметрового искрового спектрометра ОИЯИ, на нем начались исследования дифракционной диссоциации пионов на ядрах углерода.

На синхрофазотроне ОИЯИ получены данные о кумулятивном мезонообразовании во взаимодействии протонов и дейтронов с дейтронами и сложными ядрами. С помощью созданного в Институте спектрометра частиц отдачи получены первые физические данные об упругом dd -рассеянии на малые углы.

На синхроциклотроне выполнено прецизионное измерение времени жизни мюона, позволившее в несколько раз улучшить точность определения константы слабого взаимодействия. В опытах, про-

водившихся совместно физиками ОИЯИ и ЦЕРНа, обнаружено новое явление - эмиссия смещенного рентгеновского излучения при образовании мюонных атомов тяжелых элементов - урана, тория, вридия, тантала. Исследованиями деления ядер тяжелых элементов при взаимодействии с μ^- -мезонами установлено существенное снижение вероятности деления этих ядер в присутствии мюона на $1s$ -орбите мезоатома. Ученые Института совместно с физиками из Москвы, Бухареста, Турина, Софии, Пловдива и Ржежа детально исследовали упругое рассеяние пионов ядрами гелия-3 и гелия-4 в области $(3/2, 3/2)$ - резонанса.

Проведены эксперименты по синтезу трансурановых элементов, основанные на использовании мишеней из стабильных элементов /свинец, висмут/ и ускоренных на циклотроне У-300 ионов титана и хрома. Синтезированы изотопы $^{244,246}\text{Fm}$, 102 элемента, $^{254,255,256}\text{Ku}$. При облучении свинца ускоренными ионами хрома зарегистрировано спонтанное деление синтезированного ядра с периодом полураспада около 0,01 с, которое было идентифицировано авторами как изотоп $^{259}\text{106}$. На новом масс-сепараторе БЭМС-2, функционирующем на пучке тяжелых ионов, исследовались излучатели запаздывающих протонов. Усовершенствована методика изучения нейтронизбыточных изотопов легких элементов, в опытах показана ядерная стабильность изотопов ^{14}Be , ^{19}C , ^{20}C /новый изотоп/.

На пучках импульсного реактора ИБР-30 проведены измерения магнитных моментов высоковозбужденных компаунд-состояний в экспериментах с поляризованными ядрами. В исследованиях с ультрахолодными нейтронами испытаны

О Р Г А Н Ы У П Р А В Л Е Н И Я
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

КОМИТЕТ ПОЛНОМОЧНЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ

Академик Х.Христов (Народная Республика Болгария)
 Профессор Д.Островски (Венгерская Народная Республика)
 Профессор Ле Ван Тхьем (Демократическая Республика Вьетнам)
 Доктор Ф.Гильберт (Германская Демократическая Республика)
 Ким Ын Сам (Корейская Народно-Демократическая Республика)
 Профессор Д.Цзвэгмид (Монгольская Народная Республика)
 Профессор Я.Фелички (Польская Народная Республика)
 Профессор И.Урсу (Социалистическая Республика Румыния)
 А.М.Петросьянц (Союз Советских Социалистических Республик)
 Академик Я.Кожешник (Чехословацкая Социалистическая Республика)

По одному представителю от
каждой страны-участницы
ОИЯИ

Финансовый комитет

УЧЕНЫЙ СОВЕТ ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Председатель - академик Н.Н.Боголюбов
 академик К.Лангус
 профессор Ч.Шимане
 Ученый секретарь - кандидат физико-математических наук Ю.А.Шербаков

Народная Республика Болгария академик Э.Джаков академик Х.Христов доцент Ц.Бончев	Венгерская Народная Республика академик Л.Пал профессор Д.Береши профессор Д.Киш	Демократическая Республика Вьетнам Нгуен Ван Хью Дао Вонг Дык Фам Зун Хаен	Германская Демократическая Республика академик К.Гроте профессор Б.Кюн профессор Г.Музиоль	Корейская Народно-Демократическая Республика Ким Ген Чун	Монгольская Народная Республика профессор Б.Чадраа профессор Д.Чултэм	Польская Народная Республика профессор А.Хрынкевич профессор Е.Яник профессор Р.Сосновски	Социалистическая Республика Румыния академик Ш.Щинейка профессор Д.Барб доктор П.Драгическу	Союз Советских Социалистических Республик академик А.А.Логунов академик Г.Н.Флеров профессор В.П.Джеленов	Чехословацкая Социалистическая Республика профессор Ю.Дубински доктор Ю.Чайко доктор Я.Селлак
--	---	---	---	---	---	--	--	--	--

Ученый совет
по физике высоких энергий
Председатель - академик К.Лангус
Ученый секретарь - кандидат физико-математических наук М.Г.Шафранова

Ученый совет
по теоретической физике
Председатель - профессор Д.И.Блохинцев
Ученый секретарь - доктор физико-математических наук Б.М.Барбашов

Ученый совет
по физике низких энергий
Председатель - профессор Ч.Шимане
Ученый секретарь - кандидат физико-математических наук Ю.П.Попов

Камерный комитет
Председатель - кандидат физико-математических наук З.Новак

Комитет по электронным экспериментам
Председатель - профессор Д.Киш

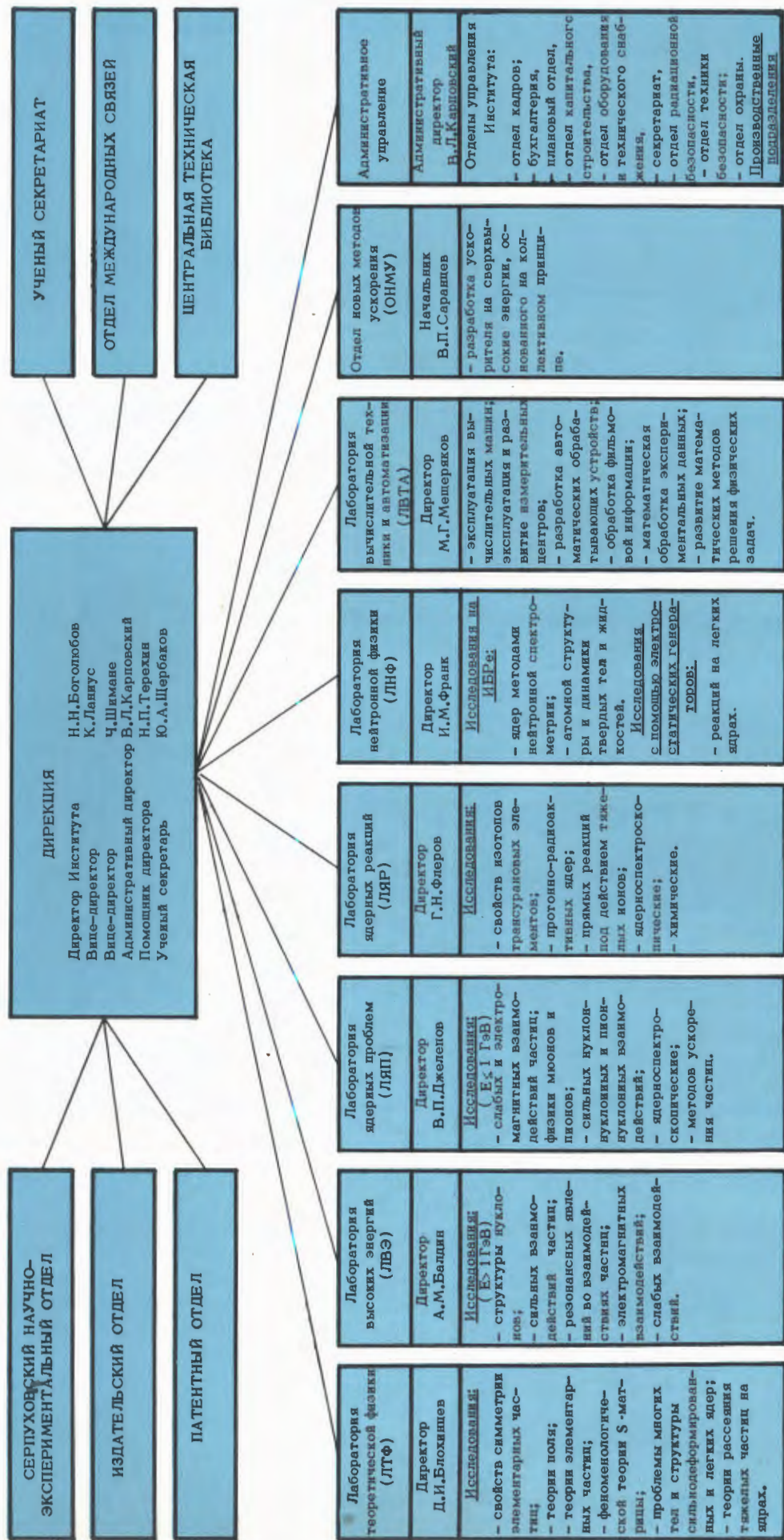
Фотоэмульсионный комитет*
Председатель - профессор И.Тучек

Комитет по нейтронной физике
Председатель - профессор Е.Яник

Комитет по структуре ядра
Председатель - профессор Ж.Желев

Комитет по физике тяжелых ионов
Председатель - профессор Я.Жилич

СТРУКТУРА
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ



высокоэффективные газовые и замороженные конверторы - источники УХН. Развивались работы по поиску p_a -реакции на резонансных нейтронах. С помощью созданного в ОИЯИ спектрометра малоуглового рассеяния нейтронов получены первые экспериментальные результаты в исследованиях гемоглобина новым методом. Закончились измерения неупругого рассеяния нейтронов на образце PrF_3 , позволившие определить параметры кристаллического поля и схему расщепления основного мультиплета трехвалентного иона празеодима.

В Объединенном институте продолжались работы по совершенствованию действующих ускорителей и разработке новых систем. Запущен новый инжектор синхрофазотрона - линейный ускоритель ЛУ-20 на энергию протонов 20 МэВ при токе 20 мА. Интенсивность внутреннего пучка синхрофазотрона повышена до 10^{12} протонов/цикл. Введена в эксплуатацию система медленного вывода пучка из ускорителя, ее работой управляют с помощью ЭВМ. Введен в эксплуатацию ионный источник "Крион" инжектора ЛУ-9М, благодаря чему ускорены ядра гелия и азота. На синхроциклотроне создан высокоинтенсивный пучок пионов для медико-биологических и физических исследований. Продолжалась подготовка к реконструкции ускорителя.

Экспериментально подтвержден открытый ранее в ОИЯИ эффект расширения замкнутых орбит, использование которого решает проблему практически 100%-ного вывода протонного пучка в сверхсильноточных циклических ускорителях с жесткой фокусировкой. Ведутся работы по созданию четырехметрового изохронного циклотрона, предназначенного для ускорения пионов от неона до ксенона. Про-

должалось строительство комплекса нового мощного реактора ИБР-2, начался монтаж технологического оборудования.

Введен в опытную эксплуатацию сильноточный импульсный ускоритель электронов СИЛУНД, входящий в систему коллективного ускорения тяжелых ионов. Создана четырехступенчатая импульсная система для формирования магнитного поля в адгезаторе, она обеспечивает необходимое поле в процессе всего цикла сжатия колец. Продолжались исследования систем коллективного ускорителя протонов на высокие энергии с целью подготовки эскизного технического проекта такого ускорителя. Произведено несколько пусков кольцетрона - модели основной системы ускорителя.

На канале нейтральных частиц Серпуховского ускорителя восстановлен магнитный искровой спектрометр ОИЯИ, на котором начались исследования распадов каонов. Более 80 тыс. снимков получено с помощью водородной камеры "Людмила".

В пионном пучке синхрофазотрона запущен многоцелевой черенковский масс-спектрометр "Фотон" на 90 каналов. Для работы с пучками легких ядер введена в действие двухметровая пропановая пузырьковая камера. Для исследования прямых ядерных реакций с образованием быстрых дейтронов на синхроциклотроне создан двуплечный спектрометр. В водородной стримерной камере зарегистрированы треки электронов, причем необходимая яркость следов получена при относительно низкой напряженности поля. Пучки тяжелых ионов использованы для решения научно-технических задач. Усовершенствована методика производства ядерных фильтров, изготовлены опытные образцы

фильтров с помощью пучков ионов ксенона. Продолжались работы по использованию методов активационного анализа.

Продолжалось развитие измерительно-вычислительного комплекса Института. На базовых машинах введены в эксплуатацию стандартные накопители на магнитной ленте, дисковые системы памяти, новые варианты математического обеспечения этих ЭВМ. Совершенствуется аппаратура визуальной связи с ЭВМ. Изготовлен графический дисплей на запоминающей трубке, началось изготовление разработанных в Институте дисплеев для малых ЭВМ. Создается матобеспечение дисплейных станций. Закончена отладка сканирующего автомата "Спиральный измеритель", на нем началась массовая обработка камерных снимков. Обработка снимков с трековых камер велась также на автоматах НРД и АЭЛТ-1. Расширена система связи полуавтоматов ПУОС и АЭЛТ-1 с ЭВМ. Продолжались разработки математических программ для экспериментальных установок, работающих на линии с ЭВМ, а также для систем обработки камерных снимков. Продолжают развиваться измерительные центры лабораторий. Выполнен цикл прикладных математических расчетов.

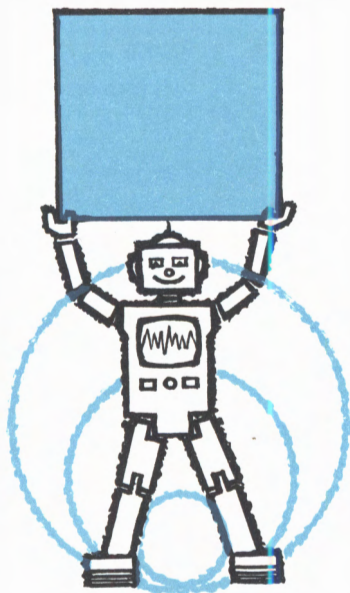
Объединенный институт успешно осуществляет международное научное со-

трудничество. Лаборатории Института выполняли совместно с научно-исследовательскими организациями стран-участниц работы по 160 темам. В связи с проведением этих работ, а также для решения других задач в Институте было принято около 900 специалистов из стран-участниц, ОИЯИ направил в эти страны более 400 сотрудников Института. Более 110 сотрудников Института побывали на конференциях, организованных в странах, не являющихся членами ОИЯИ, а также в научных центрах этих стран. В Дубне было принято более 160 специалистов из этих стран. В течение года Объединенный институт организовал около 40 научных и научно-организационных международных совещаний, среди них: II Международная школа по нейтронной физике в Алуште, IV Международный симпозиум по физике высоких энергий в Варне, Международное совещание по методам исследования коллективных возбужденных ядер в Дубне.

Н. Боголюбов

Н.Н.БОГОЛЮБОВ
Директор Объединенного института
ядерных исследований

Проблемный план
Объединенного
института
ядерных исследований
на 1974 год



Проблемный план Объединенного института ядерных исследований на 1974 год

Научно-исследовательская, методическая и научно-организационная деятельность Объединенного института ядерных исследований в 1974 году проводилась в соответствии с планами, утвержденными Ученым советом ОИЯИ на его XXXV сессии:

- планами научно-исследовательских и методических работ лабораторий;

- планами сотрудничества и совместных работ, осуществляемых ОИЯИ, институтами стран-участниц и других стран.

При утверждении планов научно-исследовательских и методических работ лабораторий Ученый совет отметил как наиболее важные следующие направления.

Лаборатория
теоретической физики

1. Развитие исследований в области квантовой теории поля и теории элементарных частиц; рассмотрение автомодельного поведения процессов при высоких энергиях; подведение итогов исследований по теории сильных взаимодействий в области низких энергий.

2. Развитие теории атомного ядра и ядерных реакций.

3. Развитие теории конденсированных сред.

Лаборатория высоких энергий

1. Физические исследования на ускорителях:

- исследование закономерностей множественного образования частиц с использованием материалов, полученных на камере "Людмила", на метровой жидководородной камере, на двухметровой пропановой пузырьковой камере; материалов, полученных в пучках релятивистских ядер, а также материалов, полученных при облучении ядерных эмульсий;

- исследование поведения амплитуд бинарных реакций с использованием материалов, полученных на базовой установке ОИЯИ - БИС, по регенерации нейтральных каонов на дейтерии, материалов по πN -, πa -рассеянию, материалов по dd -, pd - и pp -рассеянию в широкой области энергий;

- исследование электромагнитной структуры элементарных частиц с использованием материалов, полученных на установках БИС, "Фотон", и подготовка исследования процессов фоторождения с использованием камеры "Людмила".

2. Методические исследования:

- развитие синхрофазотрона как ускорителя релятивистских ядер;

- работы по дальнейшему расширению набора пучков синхрофазотрона и улучшению их качества;

- работы по физическому обоснованию и проектированию жесткофокусирующего ускорителя релятивистских ядер "Нуклотрон", использующего возможности техники сверхпроводимости;

- проведение подготовительных экспериментов на установках "Фотон" и СКМ-200 на пучках синхрофазотрона;

- работы по созданию установки "Альфа" для исследования πN -рассеяния на малые углы;

- совершенствование пузырьковых и стримерных камер;

- развитие криогенных систем /водородных и гелиевых ожижителей/, создание сверхпроводящих устройств;

- развитие и внедрение в эксперимент современной электронной аппаратуры;

- развитие методики получения пучков полностью ионизированных атомов.

Лаборатория ядерных проблем

1. В области физических исследований на ускорителях:

- проведение экспериментов по проверке законов сохранения лептонного заряда в редких распадах пионов и мюонов и исследованию $\mu - e$ -распада в области малых энергий позитрионов распада;

- изучение электромагнитной структуры адронов в процессах образования лептонных пар при пион-нуклонных соударениях;

- исследование длин пион-нуклонного рассеяния и реакций образования пионов пионами вблизи порога;

- исследование структуры ядер при рассеянии протонов и пионов в захвате мезонов ядрами;

- исследование изомерии формы ядер и эксперименты по программе ЯСНАПП;

- развертывание исследований дифракционной диссоциации пионов на ядрах с помощью МИС при импульсе 40 ГэВ/с;

- поиск метастабильных частиц в наносекундной области времен жизни и исследование поляризации в π Р-рассеянии на ускорителе ИФВЭ.

2. В области методических исследований:

- проведение работ по созданию установки РИСК;

- развитие центра накопления и обработки информации на базе ЭВМ Хьюлетт-Паккард и нескольких М-6000 и создание электронной аппаратуры, управляемой ЭВМ;

- сооружение прототипа установки У-120М.

3. В области создания высокоточного фазотрона /установка "Ф"/:

- проведение работ по реконструкции синхроциклотрона в установку "Ф" и курирование работ по изготовлению камеры, резонансной системы, вариатора и др.;

- разработка системы вывода пучка из установки "Ф", создание систем растяжки пучка и управления установкой;

- разработка новых экспериментальных установок для высокоточного фазотрона;

- завершение разработки проекта установки ЯСНАПП-2 на пучке установки "Ф".

Лаборатория ядерных реакций

1. Работы по синтезу и изучению физических и химических свойств сверхтяжелых элементов в предполагаемой области стабильности $Z \geq 110$, $N \geq 184$ в реакциях с тяжелыми ионами;

2. Синтез трансурановых элементов с $Z \geq 105$ и изучение свойств их радиоактивного распада.

3. Поиск сверхтяжелых элементов в природе.

4. Работы по синтезу и изучению свойств ядер, удаленных от долины бета-стабильности.

5. Подготовительные работы по проектированию и моделированию ускорителя тяжелых ионов /вплоть до урана/ циклотронного типа с целью оценки оптимальных сроков создания и параметров.

6. Работы по практическому использованию тяжелых ионов для решения важных научно-технических и народнохозяйственных задач.

7. Проведение работ по ускорителю У-200 для Варшавского университета.

Лаборатория нейтронной физики

1. Проведение работ, связанных с со-
оружением комплекса ИБР-2.

2. Изучение свойств ядер с помощью
нейтронов и заряженных частиц.

3. Исследование фундаментальных
свойств нейтронов.

4. Изучение конденсированных сред
методами нейтронной спектроскопии.

5. Рабочее проектирование экспери-
ментальной аппаратуры для физических
исследований на ИБР-2 и создание аппа-
ратуры измерительно-вычислительного
центра ИБР-2.

Лаборатория вычислительной техники и автоматизации

1. Развитие измерительно-вычисли-
тельного комплекса ОИЯИ:

- обеспечение эффективной работы
вычислительных машин;

- развитие системы CDC-6200 до
CDC-6400 и ее включение в вычисли-
тельный комплекс ОИЯИ; оснащение вы-
числительных машин устройствами внеш-
ней памяти;

- подготовительные работы по раз-
витию вычислительного комплекса Ин-
ститута путем использования ЭВМ-дис-
петчера;

- модернизация транслятора с ФОР-
ТРАНа, а также развитие мониторинг
системы и библиотеки стандартных про-
грамм ЭВМ БЭСМ-6 и БЭСМ-4;

- развитие дисплейной станции на ма-
лой ЭВМ М-6000.

2. Создание, развитие и использо-
вание автоматических и полуавтомати-
ческих систем обработки камерных сним-
ков:

- эффективное использование и раз-
витие измерительно-просмотровых уст-
ройств / НРД, АЭЛТ-1, СИ-1, система
ПУОСы-САМЕТ/;

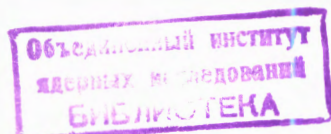
- монтаж и комплексная настройка
СИ-2 и разработка просмотрово-измери-
тельного стола БПС-3У;

- исследование возможности исполь-
зования микропроцессоров для управления
полуавтоматическими устройствами;

- разработка сканирующего устрой-
ства АЭЛТ-2.

3. Создание программ обработки экс-
периментальных данных и проведение на-
учно-технических расчетов:

- создание и развитие системы про-
грамм модульной структуры для обработ-
ки данных на БЭСМ-6, CDC-6200 и
ЕС-ЭВМ;



- повышение эффективности системы программ обработки снимков с камеры "Людмила" и МИС ОИЯИ;

- развитие системы программ для установки БИС-2 и "Альфа";

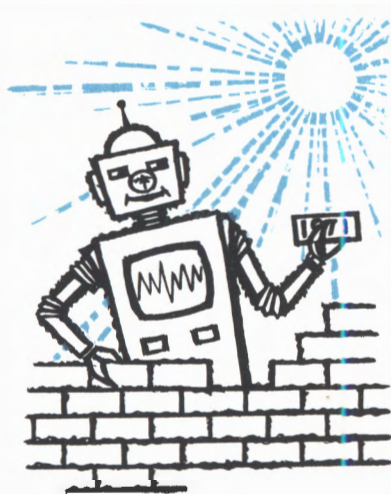
- разработка новых методов прикладных вычислений, включая математиче-

ское моделирование процессов в коллективном ускорителе и синхрофазотроне.

Отдел
новых методов ускорения

Работы по запуску ускорителя тяжелых ионов.

Научно-
исследовательские
работы,
выполненные
лабораториями ОИЯИ
в 1974 году



Лаборатория теоретической физики

Структура
теории поля

Важные результаты получены при изучении высокоэнергетического поведения процессов для различных типов взаимодействий. Был выполнен ряд работ по изучению автомодельного характера высокоэнергетических процессов, начало которого было положено работой Н.Н.Боголюбова, В.С.Владимирова и А.Н.Тавхелидзе.

Получены новые результаты при исследовании степенных автомодельных асимптотик во взаимодействии частиц с большими передачами импульса. На основе принципа автомодельности и правил обобщенного размерного анализа кварковых амплитуд найдена точная угловая зависимость дифференциальных сечений рассеяния на большие углы. Исследован вопрос об ограничениях, налагаемых общими принципами квантовой теории поля на характер асимптотического поведения амплитуд упругого рассеяния на большие углы. Найдены необходимые и достаточные условия на спектральные функции в представлении Йоста-Лемана-Дайсона, обеспечивающие существование степенных автомодельных асимптотик амплитуды рассеяния на большие углы как на массовой, так и вне массовой поверхности.

Интересные результаты получены при изучении степенных автомодельных асимптотик амплитуды упругого рассеяния на большие углы на основе квазипотенциального уравнения Логунова-Тавхелидзе для широкого класса аналитических квазипотенциалов. Найдена инте-

ресная взаимосвязь между высокоэнергетическим поведением полного сечения взаимодействия частиц и характером возможных поправок к степенному поведению дифференциального сечения рассеяния на большие углы.

Продолжались работы по исследованию автомодельных решений для матричных элементов произведений локальных токов в конформно-инвариантных теориях. Найдены новые результаты для случая частиц, соответствующих унитарному представлению конформной группы с непрерывным спектром масс.

Интересным является исследование ренормализационной инвариантности в квантовой теории поля. Было выяснено, что ренормализационная инвариантность означает, по-существу, независимость наблюдаемых результатов от способа выбора параметра взаимодействия и нормировки асимптотических состояний и является фундаментальным условием в любой теории. Для неренормируемых теорий оно приводит к неаналитичности по константе связи и ограничениям на произвольные параметры вычитания. Интересно, что, в отличие от квазиклассического случая, ренорм-инвариантность допускает масштабно-инвариантное поведение и в теориях с размерными константами связи /в частности, в теории типа $(\bar{\Psi} 0 \Psi)^2$ /.

На основе методов ренормализационной группы продолжались исследования по неабелевым и др. моделям квантовой теории поля, связанные с поисками асимптотической свободы или конечной ренормировки константы связи.

Было исследовано асимптотическое поведение амплитуды глубоконеупругого рассеяния в модели ϕ^4 . Показано, что если инвариантный заряд стремится к по-

стоянному пределу при $q^2 \rightarrow \infty$, то структурные функции W_1 и W_2 имеют степенную асимптотику. Включение в модель асимптотически свободных полей приводит к логарифмическим поправкам к степенной асимптотике. В модели с векторными частицами степенная асимптотика исчезает, остается только логарифмическая асимптотика структурных функций.

Продолжались исследования структуры нелокальной квантовой теории поля. Был также рассмотрен класс так называемых "существенно нелинейных полей", т.е. полей, "сигнал" которых распространяется со скоростью, зависящей от производной поля. При этом рассматривались скалярные, спинорные и векторные "существенно нелинейные поля". Показано, что возникающая простая классификация полей соответствует классификации-полей по их перенормируемости.

Был завершен цикл исследований по унитарности и причинности в нелокальной квантовой теории. Найдено формальное доказательство унитарности S-матрицы в функциональной форме. Доказано утверждение: если в теории возмущений промежуточная регуляризация вводится через пропагаторы виртуальных частиц и существует конечный предел при степени регуляризации, то предельная S-матрица унитарна.

Развивалась теория электромагнитного поля в условиях неевклидовой геометрии сферического мира де Ситтера. Предложен новый метод в электродинамике - метод инвариантного ящика, который позволит по-новому подойти к проблеме устранения бесконечности в квантовой электродинамике: вместо расходящихся интегралов придется рассматривать расходящиеся ряды. Показано, что в методе инвариантного ящика группа изометрий

пространственно-временного мира имеет десять параметров и в пределе, когда радиус мира стремится к бесконечности, эта группа переходит в группу Пуанкаре плоского мира. В этом очевидное преимущество метода инвариантного ящика перед обычной трактовкой.

Получен ряд новых результатов в рамках квантовой теории поля с импульсным пространством постоянной кривизны:

1/ Разработан метод построения T - и P -произведений, использующий коэффициенты Клебша-Гордона группы де Ситтера.

2/ В общем виде сформулировано условие микропричинности, играющее в развиваемой теории роль основного динамического уравнения.

3/ Исследованы аналитические свойства P -функций, вытекающие из нового условия микропричинности.

4/ Получено и исследовано уравнение для спинорного поля, являющееся обобщением уравнения Дирака в духе p -пространства постоянной кривизны.

5/ Изучен аналог масштабного преобразования в импульсном пространстве постоянной кривизны. На этой основе сделан ряд предсказаний относительно поведения сечений при сверхвысоких энергиях.

На основе вариационного принципа предложен вид оператора координаты в квантовой теории поля. Собственными функциями этого оператора являются суперпозиции с любым числом квантов, но не состояния с определенным числом квантов.

Метод неприводимых коэффициентных функций обобщен на случай частиц Ферми, и на основе этого метода рассмотрены модели Юкавы в двумерном и трехмер-

ном пространстве-времени, а также продолжена работа над моделью $g\phi^4$ в случае четырехмерного пространства-времени.

Построена теория совместных нелинейных реализаций аффинной и конформной симметрий. Оказалось, что эта теория тождественна теории тяготения Эйнштейна в полевой формулировке. Тем самым выявлен новый факт - теория тяготения есть теория спонтанно нарушенных аффинной и конформной симметрий, а гравитоны являются голдстоуновскими частицами.

Предложен новый метод исследования суперсимметрий Бозе-Ферми. Принцип действия выражен как интеграл по 8-мерному многообразию обычных и спинорных координат. Введен аналог δ -функции Дирака для антикоммутирующих переменных. Намечена инвариантная теория возмущений, в которой легко и изящно происходит сокращение расходящихся чисел контрчленов, характерное для суперсимметричных моделей.

Свойства симметрии элементарных частиц

Закончен ранее начатый цикл работ по исследованию свойств симметрии дуальных амплитуд. Были найдены калибровочные условия для физических состояний, возникающие при факторизации дуальных амплитуд с помощью конечного числа пятимерных осцилляторов.

Разработана механика релятивистской струны, при этом были существенно использованы полученные 9 лет назад результаты по точному решению нелиней-

ных уравнений типа Борна-Инфельда. Как в случае этих уравнений, так и в случае механики релятивистской струны, по существу, речь идет об уравнениях двумерных минимальных поверхностей в n -мерном пространстве Минковского. В последнее время теория релятивистской струны применяется для описания свойств адронов.

Критически рассмотрены попытки нарушения СРТ-инвариантности в схеме, где основной величиной служит инвариантная плотность гамильтониана взаимодействия, а поля выступают как вспомогательные комбинации операторов рождения и уничтожения. Показано, что схема с дополнительными эрмитовыми полями так же, как и схема с двумя неэрмитовыми полями, несостоятельны. Работа доложена на IV Международном симпозиуме в Варне.

Взаимодействие элементарных частиц

Успешно развивались приближенные методы квантовой теории поля в применении к задаче описания асимптотического поведения амплитуд рассеяния. На основе метода прямолинейных путей изучена роль так называемых "перекрученных графов" /лестничные графы с "твистом"/ при обосновании эйконоального приближения в квантовой теории поля, а также найден соответствующий им ряд поправок к двухчастичному квазипотенциалу. В этом приближении были рассмотрены инклюзивные процессы в простой квантово-полевой модели.

В рамках метода функционального ин-

тегрирования было рассмотрено рассеяние составных частиц. Показано, что в высокоэнергетической области амплитуда рассеяния переходит в глауберовскую для случая рассеяния составных частиц с явным выражением для формфактора.

Исследована возможность использования плотной ядерной материи для выявления реалистичной схемы множественной генерации адронов в элементарном акте. Полученные уравнения позволили провести анализ большого круга фактов адрон-ядерного взаимодействия при высоких энергиях. Показано преимущество моделей множественной генерации, основанных на гипотезе о наличии промежуточных состояний - кластеров, перед одночастичными моделями. На основе проведенных исследований по разделу научных работ сформулированы предложения по проекту "Нуклотрон", разработанному в ЛВЭ.

Выведено квазипотенциальное уравнение нового вида - в т.н. переменных "светового фронта" Дирака. Показаны преимущества этих переменных для описания формфакторов и процессов рассеяния составных частиц при больших энергиях и передачах импульса.

Найдены асимптотические решения квазипотенциального уравнения для пион-нуклонного и нуклон-нуклонного рассеяния с помощью операторного метода, которые будут использованы затем для описания соответствующих экспериментальных данных.

В рамках квазипотенциального подхода развита геометрическая аргументация для объяснения изменения режима /с экспоненциального на степенной/ поведения

дифференциального сечения в зависимости от передачи импульса. Найдена простая эмпирическая формула для описания амплитуды упругого $p\bar{p}$ -рассеяния в области высоких энергий.

Предложен и развивается новый подход для объяснения наблюдающихся в эксперименте необычных свойств процесса аннигиляции пар e^+e^- в адроны. В основе модели лежит предположение о доминирующем влиянии массивных флуктуаций адронного вакуума или, в терминах модели партонов, о существовании тяжелых партонов с необрывающимся спектром масс.

Продолжает развиваться предложенная совместно с сотрудниками ЛВЭ модель множественного рождения частиц. Модель дает хорошее описание экспериментальных данных по образованию странных частиц в процессах π^+p -взаимодействия, полученных на двухметровой пропановой камере в Серпухове при импульсе 40 ГэВ/с.

Предложена кварковая полевая модель, в которой удается одновременно описать быстрое убывание амплитуд упругих процессов с большой передачей импульса и почти автомодельное поведение глубоконеупругого рассеяния. Это согласование - дополнительный сильный аргумент в пользу составной модели адронов со слабой величиной затравочного взаимодействия кварков.

В рамках квантовой киральной теории поля удалось описать в хорошем согласии с экспериментальными данными целый ряд физических явлений, связанных с сильными, слабыми и электромагнитными взаимодействиями пионов при низких энергиях: длину и фазы $\pi\pi$ -рассеяния, электромагнитный радиус и формфактор пиона, поляризуемость пиона и ряд сла-

бых и электромагнитных распадов пионов.

Предложено инвариантное описание пространственной структуры адронов на основе перехода к релятивистскому конфигурационному представлению, что позволяет выделить из формфактора нуклона вклад центральной области, имеющей радиус, равный комптоновской длине волны.

Детально изучено уравнение Бете-Солпитера для пиона, состоящего из кварка и антикварка, связанных релятивистским потенциалом, соответствующим обмену бесконечным числом частиц, спектр которых экспоненциально растет. Оценен электромагнитный формфактор пиона при больших передачах импульса, осциллирующий с периодом 1 ГэВ.

Комбинируя поведение действительной и мнимой частей формфактора в резонансной области с правилами сумм, удалось объяснить все существующие экспериментальные данные для электромагнитного формфактора пиона.

Предложен новый метод определения $\langle r^2 \rangle^{1/2}$ из данных для электромагнитного формфактора. Определены константы связей $KN\Lambda$ и $KN\Sigma$ на основании экспериментальных данных о дифференциальных сечениях адронов при фиксированном значении.

Предложена динамическая "кварк-партоновая" модель нарушения унитарной симметрии для корреляционных функций токов. Показано, что использование модифицированных спектральных правил сумм с улучшенными свойствами сходимости приводит к модели "смешивание масс" для $\omega\phi$ -системы, которая позволяет получить новые соотношения для констант лептонных распадов мезонов, хорошо согласующиеся с экспериментом.

Завершена программа вычислений по проверке правил сумм для амплитуд комптоновского рассеяния.

Исследовалось множественное распределение частиц, рождаемых в столкновении протонов высокой энергии. На основе полуклассической модели столкновения адронов, состоящих из стабильных кварков, и путем сравнения с экспериментальными данными для моментов множественного распределения определено наиболее вероятное значение числа кварков, составляющих протон. Оно оказалось равным трем.

На основе статистического подхода получены основные характеристики множественного рождения частиц при высоких энергиях, показано, что двухкомпонентная модель находится в противоречии с известными соотношениями между механизмами мультипериферического и дифракционного образования адронов.

Два сотрудника лаборатории приняли участие в работах по измерению $\langle \tau_{\pi}^2 \rangle$ для пиона на Серпуховском ускорителе. Предложен опыт по определению знака константы слабого взаимодействия из процессов глубоконеупругого рассеяния поляризованных лептонов на нуклонах /эти опыты в настоящее время делаются в Серпухове и Батавии/.

В 1973 году в Брукхейвене обнаружены некоторые корреляции типа "распад-образование" для $X(960)$ -мезона, отвечающие спин-четности 2^- и указанные ранее в лаборатории, в связи с чем перечислены все возможные корреляции такого рода, измерение которых может позволить решить проблему спин-четности X -мезона.

Разработан метод расчета сечений рассеяния в двухканальной задаче с уче-

том закрытого канала и на этой основе вычислены сечения процессов $d_{\mu} + p$, $p_{\mu} + p$, $d_{\mu} + d$, $t_{\mu} + t$ в нижнем состоянии сверхтонкой структуры.

Совместно со Швейцарским институтом ядерных исследований (SIN) продолжены исследования влияния химических сил на процессы захвата μ^- -мезонов.

Полумикроскопический подход

в теории ядра

Важным результатом является завершение прямых полумикроскопических расчетов плотности уровней сферических и деформированных ядер. Вычислена плотность уровней нечетно-нечетных ядер. Изучена зависимость плотности от энергии возбуждения, спина и четности. Учтено влияние вращения на плотность уровней и показано, что оно для уровней со сравнительно невысокими спинами приводит к увеличению плотности в несколько раз. Результаты расчетов плотности уровней с учетом вибрационного и ротационного движений хорошо согласуются с соответствующими экспериментальными данными при энергии связи нейтрона. Показано, что для ряда сферических ядер при промежуточных энергиях возбуждения результаты прямых расчетов сильно отличаются от предсказаний статистической модели. Представляет интерес экспериментальное изучение этого нестатистического эффекта.

В рамках модели, учитывающей взаимодействия квазичастиц с фононами, рассмотрен процесс фрагментации, ведущей к усложнению структуры состояний

с ростом энергии возбуждения. Разработан приближенный метод решения уравнений модели, основанный на учете всех когерентных членов и полюсных некогерентных членов. Учтено влияние членов волновых функций "квазичастица плюс два фонона" на низколежащие состояния нечетных деформированных ядер.

Проведены исследования свойств коллективных квадрупольных состояний в сильно деформированных ядрах. Показано, что если нижайшие возбужденные состояния имеют простую однофононную структуру, то двухфононные состояния сильно смешаны с состояниями с большим числом фононов. Этот же метод применен к исследованию переходных и сферических ядер, где получено хорошее согласие теоретических результатов с измеренными экспериментально энергиями и вероятностями электрических квадрупольных переходов. Проведены исследования свойств 0^+ -состояний, возбуждаемых в реакциях двухнуклонной передачи, и рассчитаны сечения таких реакций. Исследования показали, что эти 0^+ -состояния имеют сложную природу. Парные корреляции в них носят динамический характер, заметно влияние альфа-частичных корреляций. Учет ангармонических эффектов улучшает согласие теоретических результатов с экспериментальными для сечений реакций.

Исследованы равновесные деформации основных состояний нейтроноизбыточных ядер в области бария и нейтронодефицитных изотопов тория и урана. Сделанные предсказания равновесных деформаций представляют большой физический интерес, особенно в связи с работами, планируемыми в ЛЯРе. Рассмотрена связь коллективных и квазичастичных степеней свободы ядра в различных сферических ядрах. Показано, что связь оказывает

существенное влияние на свойства низколежащих состояний ядер. Без ее учета нельзя достичь правильного описания энергий и вероятностей переходов между этими состояниями. Исследованы свойства нижайших неротационных состояний в легких четных и нечетных изотопах тория и урана.

Совместно с сотрудниками ЛВТА продолжалась разработка программ для ЭВМ по теоретической ядерной физике. Были созданы программы для расчета плотности сферических и деформированных ядер в рамках полумикроскопического подхода. При расчетах плотности деформированных ядер учитываются ротационные степени свободы. Составлена программа для расчета в рамках модифицированной экситонной модели энергетических спектров частиц, испущенных высоковозбужденным ядром. Всего создано пять программ.

Структура ядра
и ядерные реакции
при низких энергиях

Завершена разработка неадиабатической модели с промежуточной связью для описания вращательных состояний в нечетных атомных ядрах. При использовании небольшого числа феноменологических параметров модель позволяет получить единое описание всех наблюдаемых на опыте характеристик ротационных уровней, проследить их изменение с ростом углового момента и установить границы применимости адиабатического приближения.

Предложен квантовомеханический метод построения эффективных межнук-

лонных взаимодействий в ядрах, базирующихся на принципе инвариантности гамильтониана относительно преобразований группы симметрии. Такие взаимодействия, согласованные с формой статического ядерного поля, использованы для исследования свойств 1^+ -возбуждений в несферических ядрах и их роли в формировании изоскалярного квадрупольного резонанса, а также динамических зарядов для $E2$ -переходов в нечетных ядрах.

Разработана процедура вычисления усредненных моментов инерции ядер. Показано, что метод дает устойчивые результаты и позволяет использовать различные модели как для вычисления средних моментов инерции, так и отклонений от них.

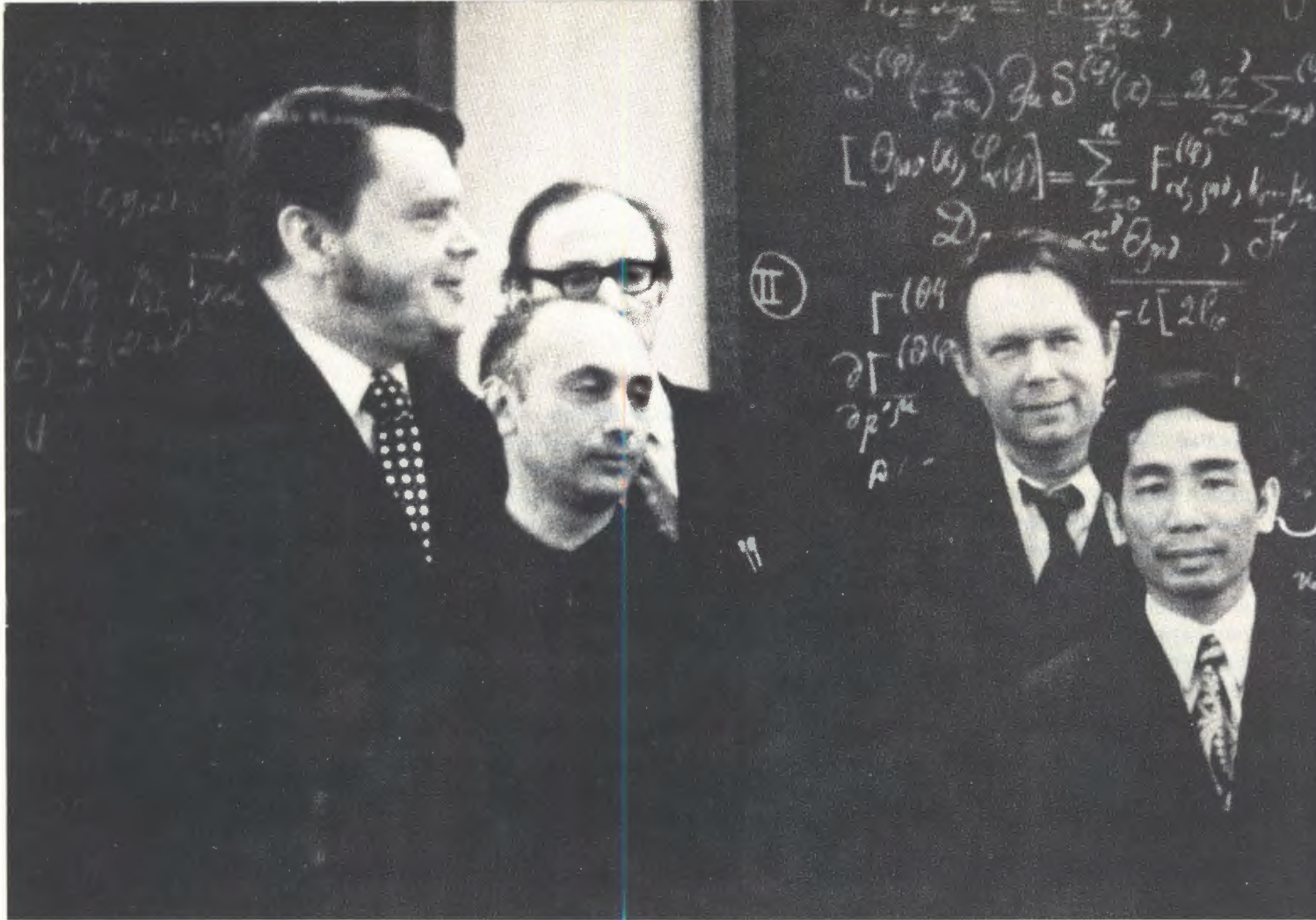
Развит метод вычисления формы вращающихся ядер, который использован для изучения формы легких изотопов ртути. Объяснены наблюдаемые аномалии среднеквадратичных радиусов в нечетных изотопах и энергии ротационных каскадов $E2$ -переходов в четных изотопах.

На основе нового метода выделения движения центра тяжести кластеров проведены расчеты абсолютных ширины α -распада для сферических ядер. Показано, что метод позволяет качественно улучшить согласие теории с экспериментом.

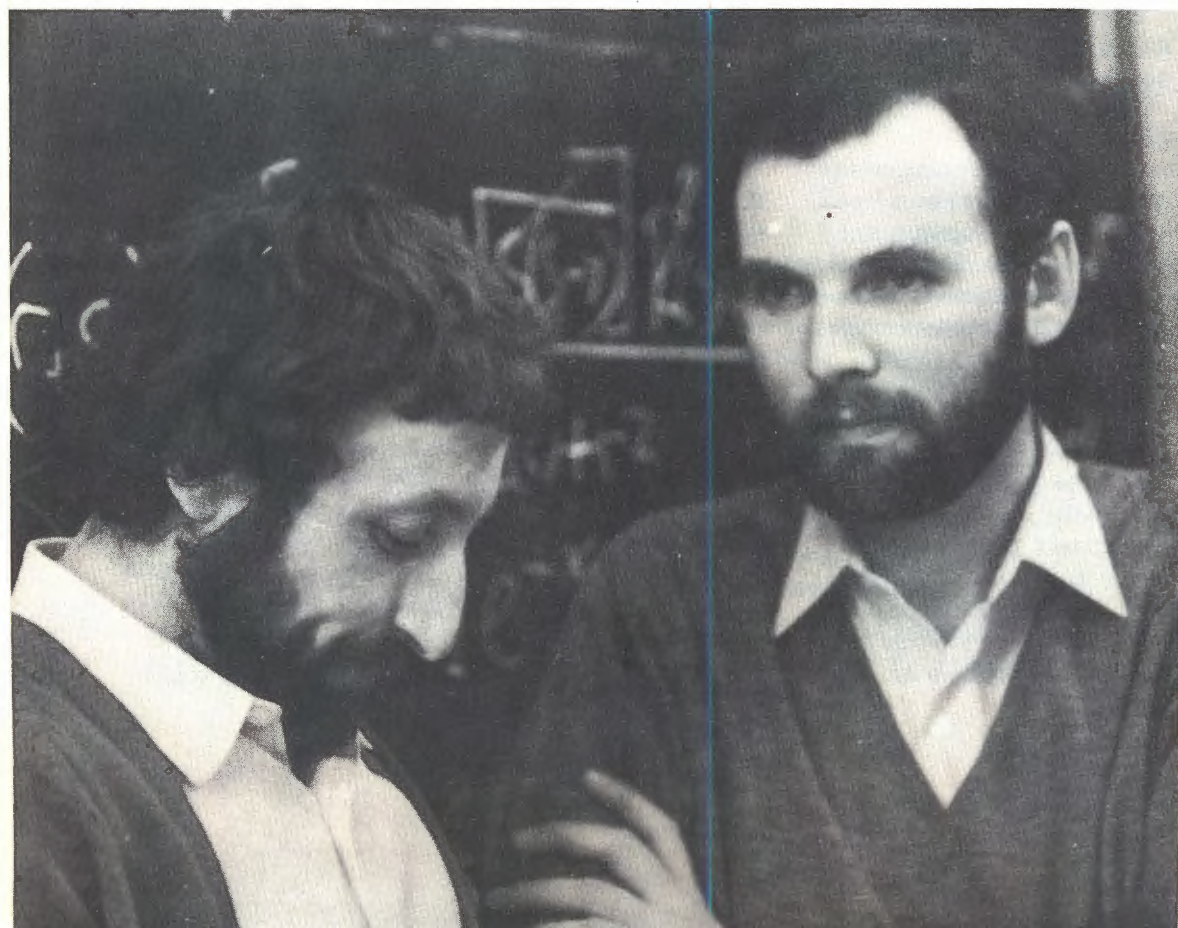
Исследованы неадиабатические эффекты вращения в четно-четных ядрах на основе микроскопической квантовой теории. Проанализировано изменение параметров формы и парных взаимодействий в редкоземельных ядрах и дана интерпретация "странных" изменений параметров формы, не объяснимых на основе соображений о действии центробежных сил.

Закончены анализ ротационных спектров в рамках феноменологического подхода, а также исследование спектров нечетных ядер в микроскопической модели. Предложена физическая параметризация матричных элементов мультипольных операторов между состояниями с большими угловыми моментами.

При рассмотрении упругого и неупругого рассеяния электронов на ядрах было установлено, что не все $4N$ -ядра кластеризованы в основном состоянии, однако по мере роста возбуждения их кластеризация усиливается. Построена модель для совместного описания рассеяния электронов и альфа-частиц высоких энергий сложными ядрами, и получено удовлетворительное описание экспериментальных данных. Исследованы неадиабатические эффекты в кулоновском упругом рассеянии сложных ядер. Показано, что при сближении ядер до расстояний порядка или меньших их радиусов учет внутренних коллективных возбуждений ядер приводит к резкому возрастанию приведенной массы. Дана новая формулировка обратной задачи рассеяния-восстановления потенциала взаимодействия по положению резонансов и их ширин. Ее конкретная разработка сделана для рассеяния, сопровождающегося возбуждением коллективных состояний в мишени, и для случая взаимодействия, зависящего от скорости. Проведены точные вычисления двухчастичных ядерных волновых функций и с их помощью вычислены сечения реакций двухнуклонных передач. Оказалось, что использование этих правильных функций ядра резко увеличивает значение абсолютных сечений передач и значительно сближает их с экспериментальными значениями. Проведен учет неупругих эффектов на основе метода сильной связи каналов в реакциях подбарьерной передачи нуклона на ядре урана. Это позволило получить абсолютные



*Болгарскому теоретику С.Мавродиеву присуждена ученая степень кандидата физико-математических наук.
 Научным руководителем его работы был В.Г.Кадышевский.*



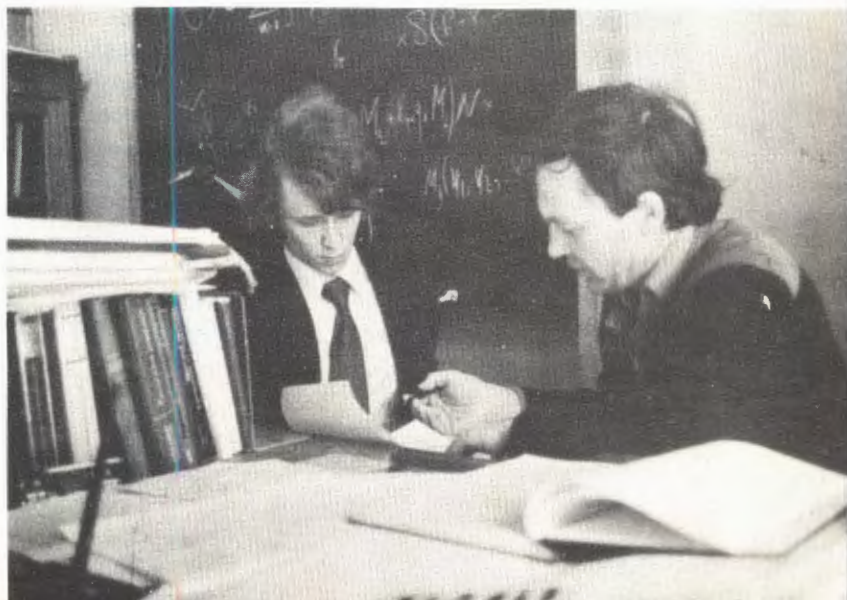


Сотрудники лаборатории тепло поздравили вьетнамского ученого Дао Вонг Дыка с успешной защитой докторской диссертации.

Коллектив ученых Лаборатории теоретической физики играет большую роль в подготовке научных кадров высокой квалификации.

Чехословацкий физик С.Дубничка, участвующий в работах по теории элементарных частиц. Недавно он стал кандидатом физико-математических наук.

Аспирант Саратовского университета В.Г.Малышкин работал в лаборатории под руководством Г.В.Ефимова. На основании результатов своих работ он защитил кандидатскую диссертацию.



значения измеренных сечений в реакциях передачи нуклона.

Реакции при высоких энергиях и структура ядра

Исследованы процессы деления атомных ядер адронами и легкими ядрами высокой энергии. Показано, что каскадно-испарительная модель ядерных реакций в сочетании с предложенным феноменологическим способом описания барьеров деления правильно передает поведение основных характеристик реакции, а для многих величин дает количественное согласие с опытом. Это, в частности, сечение деления, множественность сопровождающих частиц, выходы изотопов для конкурирующего процесса расщепления ядра. Для второй - испарительной - стадии реакции предложена модифицированная модель экситонного возбуждения и предравновесного испускания частиц ядром. В основе модели лежит рассмотрение процесса установления статистического равновесия в ядре как случайного марковского процесса. На ее основе выполнен ряд расчетов испарительных спектров в реакциях с нейтронами, что привело к заключению о существенной роли эффектов предравновесного испускания частиц. Для нейтронных спектров, полученных из фотоядерных реакций и реакций поглощения остановившихся мю-мезонов ядрами, показано, что чрезвычайно важно учитывать коллективный характер состояний гигантского дипольного резонанса.

Рассматривались множественные процессы в реакциях взаимодействия

адронов с ядрами, наблюдаемые в ЛВЭ и других центрах. Обращено внимание на важность учета информации о поведении в ядре адронных кластеров, рожденных во внутриядерных столкновениях.

Одним из основных направлений было изучение процессов слабых взаимодействий мюонов и нейтрино с легкими ядрами. Так, открытие нейтральных токов поставило вопрос об их структуре, а парциальные переходы в легких ядрах могут служить хорошим спектром соответствующих амплитуд. Проведенный анализ позволил указать на ряд таких переходов, которые могут решить вопрос о структуре тока. В соответствии с этим разработана программа /совместно с ИЯИ и ИФВЭ/ экспериментальных исследований на ускорителе типа "мезонная фабрика". Теоретический анализ процессов поглощения мюонов дейтроном показал, что представляет интерес использование такой реакции для независимого определения нейтрон-нейтронной длины рассеяния. Большим преимуществом указанной реакции является отсутствие третьей, сильно взаимодействующей частицы, что позволяет интерпретировать экспериментальные результаты с большой точностью.

Вопросы теории твердого тела и конденсированного состояния

В рамках общей программы изучения свойств ангармонических кристаллов рассмотрены структурные фазовые переходы, в частности, фазовые переходы в сегнетоэлектриках.

Проведены исследования по определению содержания бозе-конденсата в жидком гелии II. Показано, что теоретиче-

ская модель жидкого гелия дает процентное содержание конденсата, равное $3 \pm 1,3$ при температуре $1,2^\circ\text{K}$.

Изучена дифракция медленных электронов при наличии поверхностных примесей с учетом вклада поверхностных плазмонов. Проведен расчет электронного спектра в лантанидах. Эта работа позво-

лила расшифровать экспериментальные данные по рассеянию нейтронов в редкоземельных соединениях.

Новые возможности подхода к модельным системам, предложенного в Институте ранее, были изучены и использованы в теории лазеров-мазеров и в теории фазового перехода металл-диэлектрик.

Лаборатория высоких энергий

В лаборатории велись научные исследования по физике элементарных частиц, в области релятивистской ядерной физики, работы по созданию новых приборов для проведения физических экспериментов, по разработке и совершенствованию методов проведения экспериментов, по совершенствованию основной ускорительной базы лаборатории - синхрофазотрона, по расширению возможностей синхрофазотрона для постановки новых экспериментов. Важная часть научной программы лаборатории была связана с экспериментами на Серпуховском ускорителе 70 ГэВ и на ускорителе 400 ГэВ в Батавии.

Большая часть исследований проводилась на основе широкого международного сотрудничества с лабораториями и институтами стран-участниц ОИЯИ.

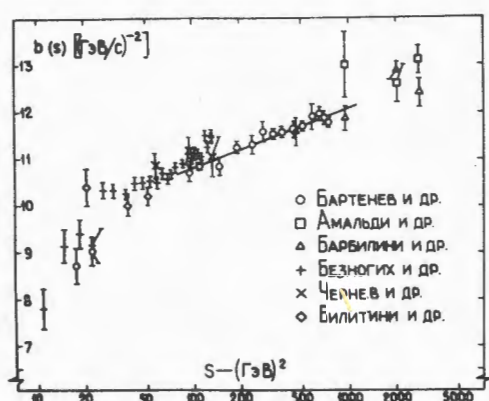
Научно-исследовательские работы

Поведение амплитуд рассеяния в зависимости от энергии взаимодействующих частиц

1. Завершена обработка измерений в эксперименте по изучению упругого pp -рассеяния в интервале энергий от 9 до 400 ГэВ, проведенного в рамках советско-американского соглашения на ускорителе 400 ГэВ /Батавия/. В опыте использовалась газовая струйная водородная мишень с регистрацией протонов отдачи с помощью позиционных полупроводниковых детекторов.

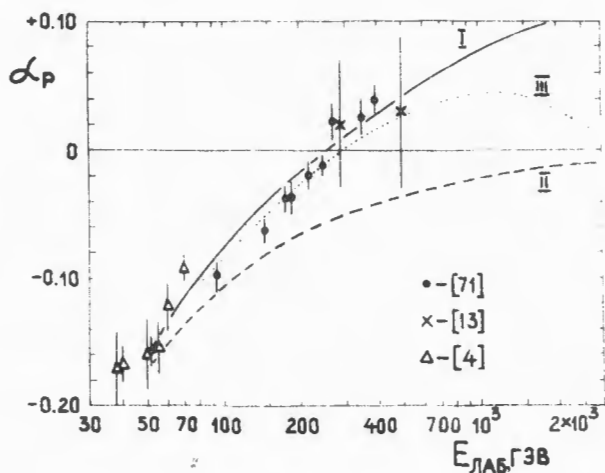
Для дифракционного упругого pp -рас-

сеяния вперед измерен наклон $b(s)$ в диапазоне переданных импульсов $t/t_0 = 0,005 \div 0,09 \text{ ГэВ}^2$. Обнаружен /рис. 1/ рост наклона $b(s)$ в зависимости от s . В интервале $s = 100 \div 750 \text{ ГэВ}^2$ значения величин наклона $b(s)$ описаны зависимостью $b(s) = b_0 + 2a' \ln s$, где $b_0 = 8,23 \pm 0,27$ и $a' = 0,278 \pm 0,024 \text{ ГэВ}^{-2}$.



1. Наклон дифракционного пика $b(s)$ для переданного импульса $t/t_0 \leq 0,12 \text{ ГэВ}^2$ в зависимости от квадрата полной энергии в с.ц.м.

Отношение a_{pp} реальной части амплитуды упругого pp -рассеяния вперед к мнимой части, измеренное в области энергии $E = 50 \div 400 \text{ ГэВ}$, составляет /рис. 2/



$$a_{pp} = -0,157 \pm 0,012 \text{ при } E = 51,5 \text{ ГэВ}$$

$$a_{pp} = +0,039 \pm 0,012 \text{ при } E = 393 \text{ ГэВ}.$$

Величина $a_{pp} = 0$ при значении $E = 280 \pm 60 \text{ ГэВ}$. После указаний, полученных в эксперименте на встречных пучках ЦЕРНа, впервые надежно установлен экспериментальный факт, что a_{pp} при высоких энергиях меняет знак с отрицательного на положительный.

В интервале $9-400 \text{ ГэВ}$ вычислено сечение упругого протон-протонного рассеяния. В области энергий больше 100 ГэВ наблюдается рост сечения упругого протон-протонного рассеяния /рис. 3/.

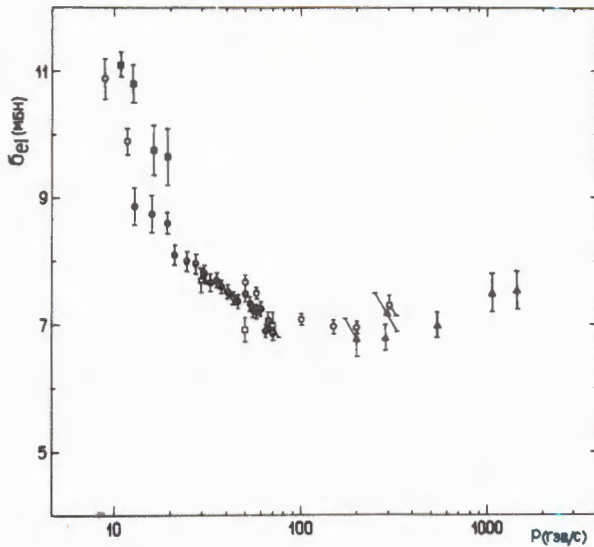
Интересной особенностью поведения упругого сечения является практическое постоянство отношения упругого сечения к полному $\sigma_{el} / \sigma_{tot}$ при энергиях свыше 100 ГэВ .

В проведении эксперимента и обработке измерений участвовали физики ОИЯИ, ФНУЛ /Батавия/, Рокфеллеровского ун-та /Нью-Йорк/, Рочестерского ун-та /Рочестер/.

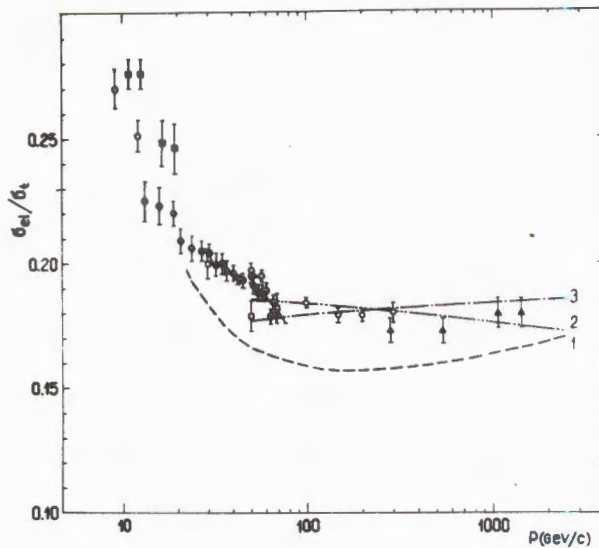
2. Изучено дифракционное упругое pp -рассеяние в области импульсов $50-385 \text{ ГэВ}/c$ с помощью газовой струйной дейтериевой мишени и набора полупроводниковых детекторов на ускорителе У-400

2. Отношение реальной и мнимой частей амплитуды упругого pp -рассеяния вперед при $t=0$ в зависимости от энергии. Кривые вычислены по дисперсионным соотношениям с вариантами: I - величины полных сечений $\sigma_t(pp)$ и $\sigma_t(\bar{p}p)$ растут, как $0,49 \ln^2(s/122)$ до E_{∞} , II - полное сечение $\sigma_t(pp)$ при энергии $E = 120 \text{ ГэВ}$ является константой, равной 38 мбн , III - полное сечение $\sigma_t(pp)$ при энергии $E = 2000 \text{ ГэВ}$ становится постоянным, равным $44,2 \text{ мбн}$. Во всех трех вариантах предполагается, что $\sigma_t(\bar{p}p)$ стремится к $\sigma_t(pp)$ как $E^{-0,6}$.

/Батавия/ советско-американской группой.



3. Энергетическая зависимость сечения упругого протон-протонного рассеяния.



4. Энергетическая зависимость отношения сечений σ_{el}/σ_{tot} для pp-взаимодействия.

В интервале переданных импульсов $|t| = 0,05 \div 0,12 \text{ ГэВ}^2$ дифференциальное сечение упругого pd -рассеяния фитировалось функцией

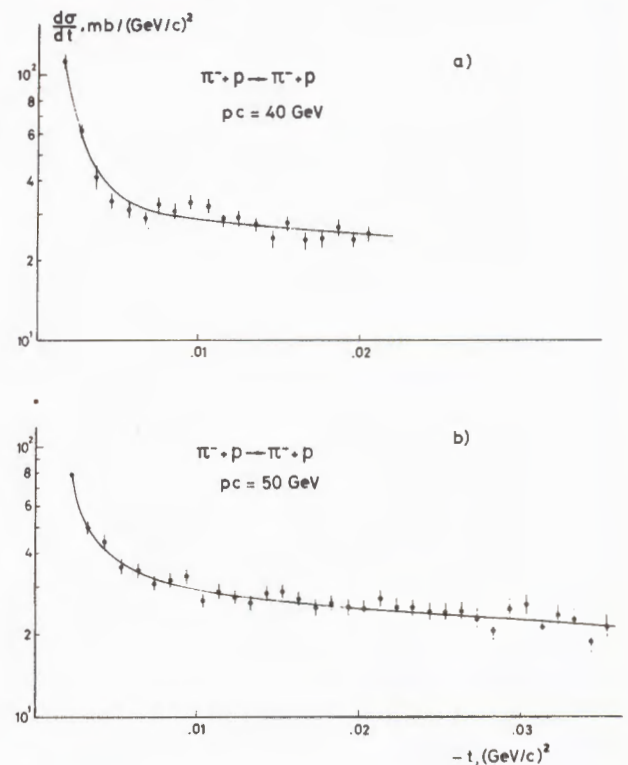
$$\frac{d\sigma}{dt} \sim \exp(bt + ct^2).$$

Определено

$b(s) = /35,7 \pm 1,1/ + /0,73 \pm 0,17/ \ln s$, а величина c бралась постоянной, равной $c = 0,06 \text{ ГэВ}^{-4}$.

В получении экспериментальных данных участвовали сотрудники ОИЯИ, ФНУЛ /Батавия/, Рокфеллеровского ун-та /Нью-Йорк/ и Рочестерского ун-та /Рочестер/.

3. Завершена обработка результатов эксперимента по изучению упругого π^+p -рассеяния при импульсах пионов 40 и



5. Дифференциальные сечения упругого π^+p -рассеяния при энергиях 40 и 50 ГэВ.

50 ГэВ/с на малые углы на Серпуховском ускорителе с помощью магнитного искрового спектрометра. По 5000 событиям упругого π^-p -рассеяния при 40 ГэВ/с и 8000 событиям при 50 ГэВ/с определены дифференциальные сечения $d\sigma/dt$ в зависимости от переданного импульса /рис. 5/.

Для величины отношения реальной части амплитуды упругого рассеяния вперед к мнимой части получено значение:

$$a_{\pi p} = -0,074 \pm 0,033 \text{ при } 40 \text{ ГэВ/с}$$

$$a_{\pi p} = -0,006 \pm 0,026 \text{ при } 50 \text{ ГэВ/с.}$$

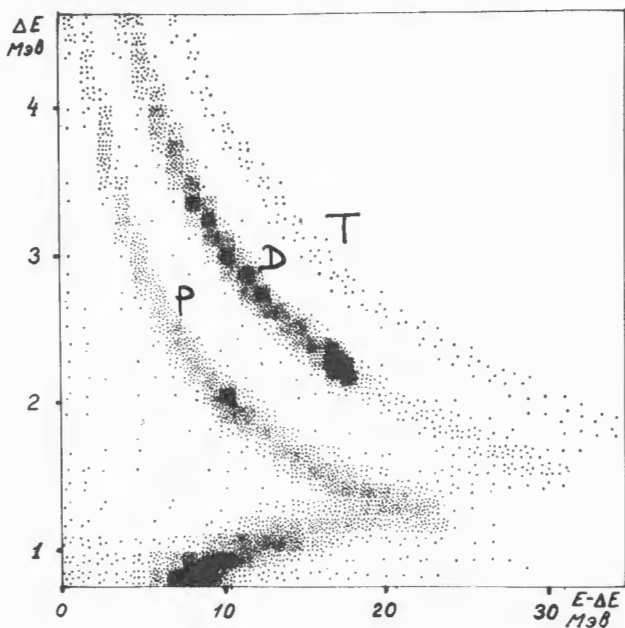
Работа проведена сотрудниками ОИЯИ, ИФВЭ /Серпухов/ и Калифорнийского университета.

4. Начато изучение процессов упругого dd -рассеяния на синхрофазотроне в интервале энергий 6-10 ГэВ с помощью спектрометра частиц отдачи. Принцип действия установки состоит в реализа-

ции режима многократного прохождения внутреннего пучка ядер синхрофазотрона через тонкую мишень при одновременной регистрации угла вылета и энергии частиц отдачи. Часть детекторов частиц отдачи может устанавливаться неподвижно, а часть передвигается в диапазоне углов от 75 до 91,5° по отношению к направлению пучка. Работа ведется на линии с ЭВМ. Предусмотрен режим двумерного анализа спектров частиц отдачи для обеспечения идентификации частиц отдачи /рис. 6/.

В области переданных импульсов $|t| = 0,008 \div 0,15 \text{ ГэВ}^2$ исследовалось упругое dd -рассеяние при энергии дейтронов от 6 до 10 ГэВ. Получены предварительные данные о дифференциальном сечении упругого dd -рассеяния.

В проведении эксперимента участвуют сотрудники ОИЯИ и ИЯИ /Варшава/.



6. Двухмерный спектр частиц отдачи, полученный при изучении упругого dd -рассеяния.

Механизм

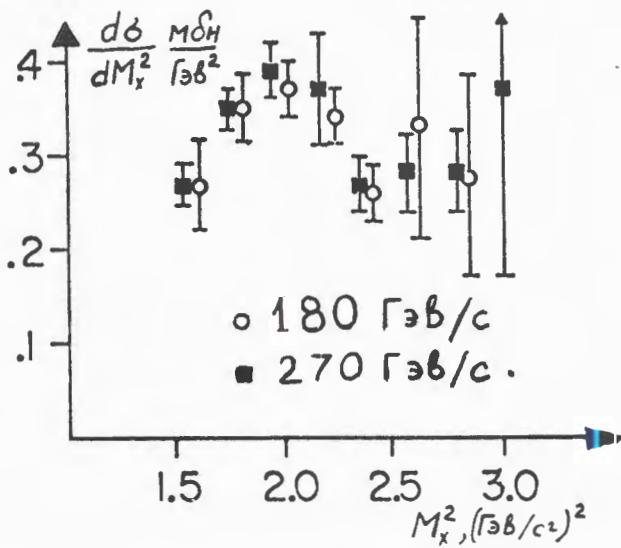
рождения и распада частиц и резонансов.

Поиск новых резонансов

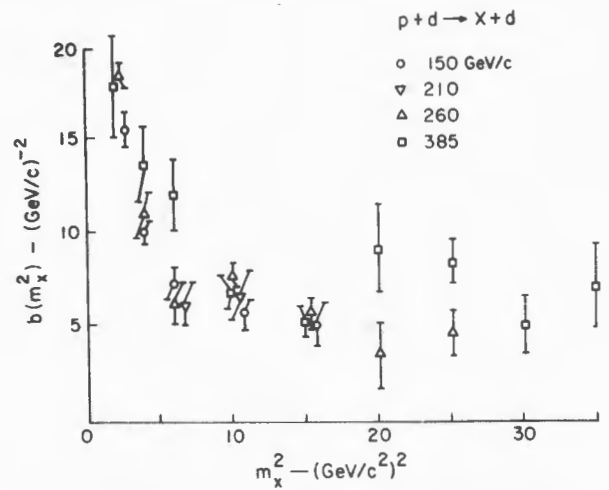
1. Проведена обработка измерений неупругого pd -взаимодействия в области энергий $E = 50 \div 400 \text{ ГэВ}$ на ускорителе У-400 /Батавия/ с помощью газовой струйной дейтериевой мишени и набора $\Delta E, E$ -сэндвичей полупроводниковых детекторов.

При изучении реакции $pd \rightarrow N^*d$ установлено, что при энергиях 180 и 270 ГэВ сечение дифракционного возбуждения N^* в области малых масс N^* не зависит от энергии /рис. 7/.

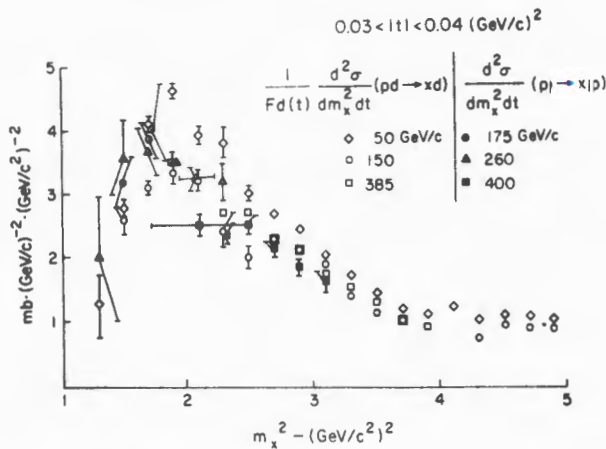
Изучено поведение инвариантного сечения дифракционной диссоциации на дейтроне в реакции $pd \rightarrow Xd$ в области энергий $E = 50 \div 4000 \text{ ГэВ}$ для интервала переданных импульсов $|t| = 0,03 \div 0,12 \text{ ГэВ}^2$. Обнаружено, что в спектре малых масс доминирует макси-



7. Энергетическая зависимость сечения возбуждения N^* в реакции $pd \rightarrow N^*d$.



9. Зависимость наклона дифференциального сечения образования X в реакции $pd \rightarrow Xd$ при высоких энергиях.



8. Сечение образования $M^2(x)$ в реакции $pd \rightarrow Xd$ при высоких энергиях.

мум при $M^2(X) \approx 1,8 \text{ ГэВ}^2/\text{рис. 8/}$, а t -зависимость сечений при фиксированном $M^2(X)$ — характеризуется быстрым уменьшением величины наклона b от значения 18 ГэВ^2 при $M^2(X) \geq 6 \text{ ГэВ}^2/\text{рис. 9/}$.

В получении результатов и обработке измерений принимают участие физики ОИЯИ, ФНУЛ /Батавия/, Рокфеллеровского ун-та /Нью-Йорк/ и Рочестерского ун-та.

2. Продолжается исследование неупругих π^-p , π^-n и π^-C -взаимодействий при импульсе $40 \text{ ГэВ}/\text{с}$ с помощью двухметровой пропановой пузырьковой камеры, облученной на ускорителе $70 \text{ ГэВ}/\text{Серпухов/}$. Сотрудничество лабораторий Алма-Аты, Будапешта, Бухареста, Варшавы, Дубны, Кракова, Москвы, Серпухова, Софии, Ташкента, Улан-Батора, Ханоя, Чандигара /Индия/ на статистике 10500 событий π^-p - и π^-n -взаимодействий, 15000 гамма-квантов в πN -взаимодействиях и около 12000 K^0 -частиц получило следующие результаты:

а/ Обнаружен ранний скейлинг в области фрагментации пиона для реакции $\pi^-p \rightarrow \pi^+ \dots$ при $E \geq 5 \text{ ГэВ}$, для которого достаточно условия экзотичности фраг-

ментирующей системы /в данном случае $\pi^- \pi^-$ /.

б/ В области фрагментации нуклона-мишени получено указание на ранний скейлинг только при условии экзотичности реакции /для $\pi^- p \rightarrow \pi^+ \dots$ скейлинг имеется/.

в/ Для $\pi^- N$ -реакции с рождением 2π -мезонов обнаружены близкие корреляции 2π -мезонов с длиной корреляции $L \approx 2$.

г/ Значение величины корреляционной функции

$$R(y_1, y_2) = \sigma_{in} \frac{d^2\sigma}{dy_1 dy_2} / \frac{d\sigma}{dy_1} \cdot \frac{d\sigma}{dy_2} - 1$$

для системы $(\pi^+ \pi^-)$ примерно в 2 раза больше по сравнению с системой $(\pi^+ \pi^+)$ или $(\pi^- \pi^-)$.

д/ Значение $R(0,0)$ для $\pi^- p$ -взаимодействий при импульсе 40 ГэВ/с в пределах $\pm 10\%$ совпадает с аналогичной величиной $R(0,0)$ для pp -взаимодействий при энергиях 200 и 1500 ГэВ .

е/ Определены сечения дифракционного процесса $\pi^- p \rightarrow p \dots$ $\sigma_d = 2,32 \pm 0,12 \text{ мбн}$ и множественность вторичных частиц $\langle n_{+,-} \rangle = 3,8 \pm 0,2$.

Сравнение сечений σ_d при импульсах 40 и 205 ГэВ/с /данные из Батавии/ показало их совпадение в пределах ошибок.

ж/ Сравнение нормированных структурных функций для реакций

$\pi^- p \rightarrow \gamma + \dots$ и $\pi^- C \rightarrow \gamma + \dots$ показало, что в области фрагментации пиона они совпадают в пределах $\pm 7\%$, а в области фрагментации протона и ядра углерода резко различаются, что совпадает с предсказаниями партонной модели.

з/ Продолжалось изучение инклюзивных распределений Λ^- -и K^0 -частиц.

и/ При изучении зарядового обмена в $\pi^- p$ -взаимодействиях получено, что существенную роль имеют процессы недифракционного типа /вплоть до энергии

400 ГэВ/ , что согласуется с предсказаниями мультипериферической модели с кластерами.

3. Исследование $\pi^- p$ -взаимодействий при импульсе 5 ГэВ/с проводится с помощью однометровой жидководородной пузырьковой камеры, облученной на синхрофазотроне ОИЯИ.

Проведено сравнение расчетных данных по модели OPER с одним набором параметров и одним формфактором с экспериментальными данными реакции $\pi^- p \rightarrow p \pi^+ \pi^- \pi^-$ /спектры эффективных масс, угловые распределения и т.д./ в широком интервале значений энергии от 2 до 205 ГэВ . Получено согласие не хуже 20% .

Завершено сравнение экспериментальных данных о реакции $\pi^- p \rightarrow p \pi^+ \pi^-$ с расчетами по модели OPER и получено удовлетворительное согласие. Обработка результатов велась физиками ОИЯИ в сотрудничестве с физиками ИТЭФ/Москва/.

4. Взаимодействие дейтронов с импульсом $3,3 \text{ ГэВ}$ с протонами изучалось с помощью однометровой жидководородной пузырьковой камеры, облученной в пучке сепарированных дейтронов на синхрофазотроне ОИЯИ.

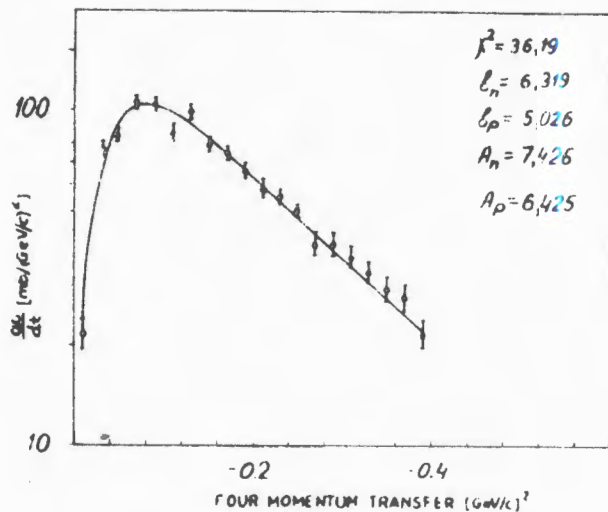
На статистике 8380 событий уточнено сечение реакции $dp \rightarrow ppp$ $\sigma = 37,2 \pm 1,4 \text{ мбн}$, а для реакции с сохранением зарядов у взаимодействующих частиц $\sigma = 30,8 \pm 1,2 \text{ мбн}$. Полученное дифференциальное сечение $d\sigma/dt$ аппроксимировано функцией с формфактором Альбери, Берточчи и Бялковского /АВВ/ /рис. 10/.

Проведен анализ угловых распределений спектатора. Получено, что в области малых импульсов спектаторов / $0 - 40 \text{ МэВ/с}$ / для описания данных достаточно учесть только первую полюсную диаграмму.

Сделана оценка верхней границы при-

меси $\Delta\Delta$ -состояния в волновую функцию дейтрона: ~ 100 мкбн.

Работа проводится группами физиков ОИЯИ, ТГУ /Тбилиси/, ИЯИ /Варшава/, Варшавского университета.



10. Дифференциальное сечение $d\sigma/dt$ реакции $dp \rightarrow ppn$.

5. Взаимодействие антипротонов с импульсом 22,4 ГэВ/с с протонами изучается с помощью двухметровой жидководородной пузырьковой камеры "Людмила", облученной пучком сепарированных антипротонов на ускорителе 70 ГэВ /ИФВЭ, Серпухов/. Объединенная группа 10 лабораторий: Дубны, Бухареста, Праги, Кошице, Хельсинки, Москвы, Тбилиси, Алма-Аты на статистике 11558 событий провела анализ топологических сечений $\bar{p}p$ -взаимодействий. Рассчитана средняя множественность заряженных частиц

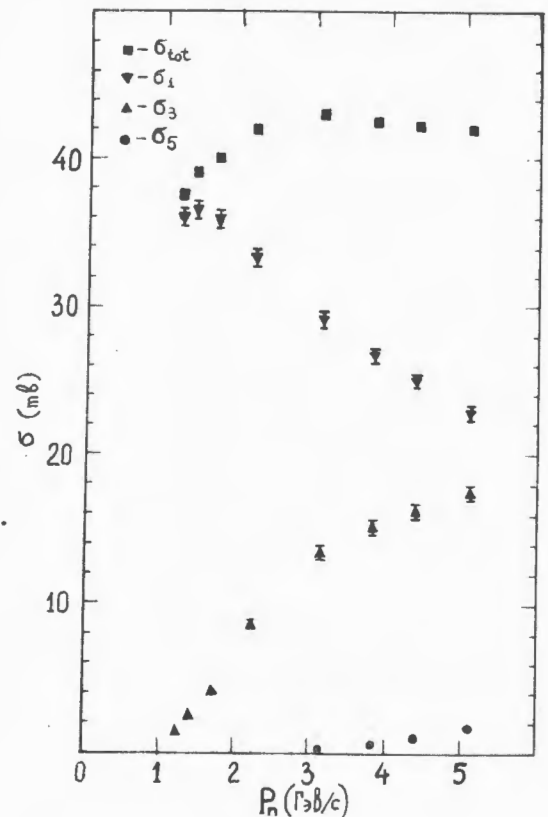
$$n_{+-} = 4,69 \pm 0,05 \text{ и ее дисперсия}$$

$$D = 2,30 \pm 0,06.$$

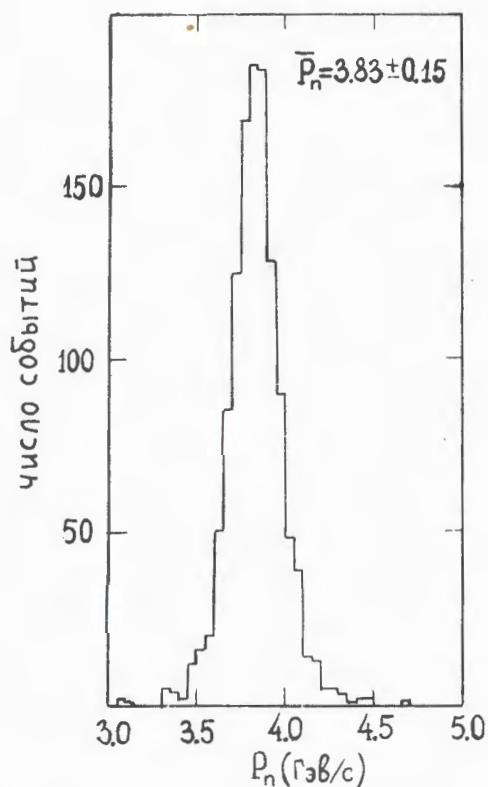
Исследован ранний KNO-скейлинг нормированных топологических сечений. За год получено 81 тыс. кадров в пучке антипротонов с импульсом 22,4 ГэВ/с.

6. Изучение взаимодействий моноэнергетических нейтронов с импульсами от 1 до 5 ГэВ/с с протонами проводится с помощью однометровой жидководородной пузырьковой камеры, облученной в пучке нейтронов на синхрофазотроне ОИЯИ. На статистике ~ 200 тыс. звезд определены топологические сечения p -взаимодействий /рис. 11/. Импульсный спектр нейтронов при импульсе $P = 3,8$ ГэВ/с приведен на рис. 12.

Работа ведется физиками ОИЯИ и ИАФ /Бухарест/.



11. Топологические сечения p -взаимодействия в интервале импульсов от 1 до 5 ГэВ/с.



12. Импульсный спектр нейтронов, падающих на однометровую жидководородную пузырьковую камеру в одном из сеансов облучения.

7. Изучался механизм образования Λp -системы с помощью пропановой пузырьковой камеры, облученной пучком π^- -мезонов с импульсом 4 ГэВ/с пучком нейтронов со средним импульсом 7 ГэВ/с. Для имитации пика в спектре эффективных масс Λp -системы при 2058 МэВ использовалось выражение сечения Λp -рассеяния в приближении эффективного радиуса. Пики при значениях масс 2127 и 2251 МэВ описывались с помощью формул для сечения резонансного Λp -рассеяния в форме Брейта-Вигнера. Полученные результаты свидетельствуют в пользу предложенного механизма образования резонансных пиков Λp -системы

как следствия особенностей в сечении упругого рассеяния Λp при низких энергиях.

8. Проведен анализ распадов K^0 -мезонов, зарегистрированных бесфильмовым искровым спектрометром на ускорителе 70 ГэВ/Серпухов/. Получены следующие результаты:

а/ на статистике 32 000 случаев распада $K_L^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0$ исследован коэффициент наклона квадрата матричного элемента, который оказался равным $a_1 = -0,280 \pm 0,014$.

б/ На статистике 50 000 случаев распада $K_L^0 \rightarrow \pi^\pm e^\mp + \nu$ для линейной параметризации формфактора распада функцией

$$f_+(t) = f_+(0) \cdot (1 + \lambda_+ t / m_\pi^2)$$

получено значение параметра наклона

$$\lambda_+ = 0,047 \pm 0,005,$$

что хорошо согласуется со значением ранее полученной величины $\lambda_+ = 0,046 \pm 0,008$ для распада $K_L^0 \rightarrow \pi^\pm \mu^\pm \nu$.

Работа ведется совместно ОИЯИ, ЦИФИ /Будапешт/, ФИ ЧСАН /Прага/, ИФВЭ /Берлин/.

9. Для изучения распада $K_s^0 \rightarrow 2\mu$ в ИФВЭ /Серпухов/ создан новый канал нейтральных частиц, на котором восстановлена экспериментальная установка - бесфильмовый искровой спектрометр. После запуска спектрометра на магнитные ленты записано 430 тыс. запусков установки, из них 300 тыс. по поиску $K_s^0 \rightarrow 2\mu$.

В работе участвуют сотрудники ОИЯИ, ЦИФИ /Будапешт/, ФИ ЧСАН /Прага/, ИФВЭ /Берлин/.

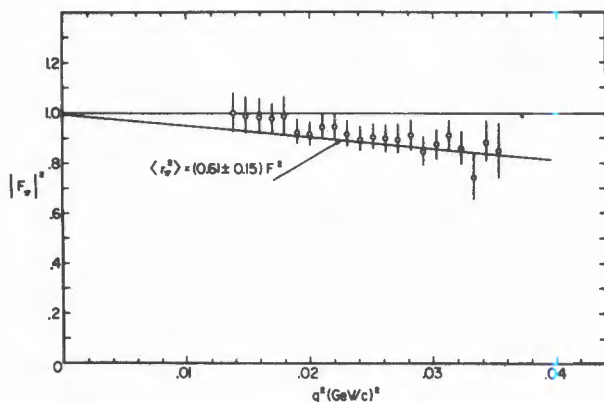
10. При изучении взаимодействия протона с энергией 70 ГэВ и пионов с энергией 50 ГэВ с ядрами фотозмульсии проведено сравнение совокупности экспериментальных данных с теоретическими моделями. Особенно близкое совпадение имеется с моделью Б.Н.Калинкина и В.Л.Шмониана. Сделан вывод о двух-

тактном механизме взаимодействия адрон-нуклон, связанном с образованием кластера с последующим его распадом. Оценено, что сечение взаимодействия адронного кластера в ядре сравнительно мало. Лаборатории Алма-Аты, Дубны, Душанбе, Еревана, Москвы, Ташкента начали исследовать взаимодействие пионов с энергией 50 ГэВ с ядрами фотоэмульсии, облученных в импульсном магнитном поле 200 кГс.

Электромагнитная структура элементарных частиц

1. Завершен анализ данных по определению электромагнитного радиуса пиона путем прямого рассеяния пионов с импульсом 50 ГэВ на электронах в водородной мишени с помощью магнитного искрового спектрометра на линии с ЭВМ на ускорителе 70 ГэВ /Серпухов/.

В результате обработки было выделено около 40 000 случаев упругого πe -рассеяния. Формфакторы были вычислены в интервале переданных импульсов $/t/ = 0,014 \div 0,035$ ГэВ /рис. 13/. При малых



13. Зависимость $|F_\pi|^2$ от переданного импульса. Приведенные ошибки являются полными. Горизонтальная линия характеризует поведение формфактора точечного пиона, нуклонная - результат фитирования экспериментальных точек.

значениях переданных импульсов $/t/$ получено, что среднеквадратичный радиус пиона равен

$$\langle r_\pi^2 \rangle^{1/2} = 0,78 \pm 0,10 \text{ Фм.}$$

Величина радиуса не противоречит ожидаемому результату из модели векторной доминантности и согласуется с данными других экспериментов.

Работа была проведена физиками ОИЯИ и Калифорнийского университета.

2. Проведен поиск распада $\eta^0 \rightarrow \pi^0 e^+ e^-$ и $X^0 \rightarrow \pi^0 e^+ e^-$ на пленках, полученных при облучении 30-литровой ксеноновой пузырьковой камеры ОИЯИ в пучке π^+ -мезонов с импульсом 2,34 ГэВ/с. Поиск проводился с целью обнаружения эффекта нарушения С-инвариантности в электромагнитном или в сильном взаимодействии адронов. На статистике 1,3 млн. случаев $\pi^+ X^0$ -взаимодействий не найдено ни одного события, совместимого с распадом $\eta^0 (X^0) \rightarrow \pi^0 e^+ e^-$. В предположении распределения Пуассона на 90%-ном доверительном уровне получены оценки пределов для относительной вероятности распада

$$R = \frac{\Gamma(\eta^0 \rightarrow \pi^0 e^+ e^-)}{\Gamma(\eta^0 \rightarrow \dots)} < 1,6 \cdot 10^{-4} \text{ для } \eta^0\text{-мезона,}$$

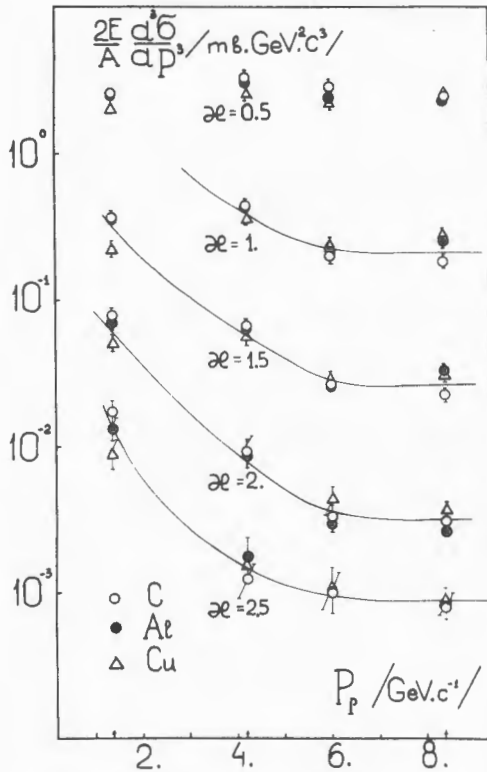
$$R = \frac{\Gamma(X^0 \rightarrow \pi^0 e^+ e^-)}{\Gamma(X^0 \rightarrow \dots)} < 0,8 \cdot 10^{-3} \text{ для } X^0\text{-мезона.}$$

Релятивистская ядерная физика

1. На синхрофазотроне ОИЯИ проведено исследование свойств кумулятивного мезонообразования. С помощью электронной аппаратуры в антилабораторной системе координат медленно выведенным пучком протонов и дейтронов с импульсами 4,2,6 и 8,4 ГэВ/с на нуклон облучены ядра D, Li⁶, Li⁷, C, Al, Cu, Sm¹⁴⁴,

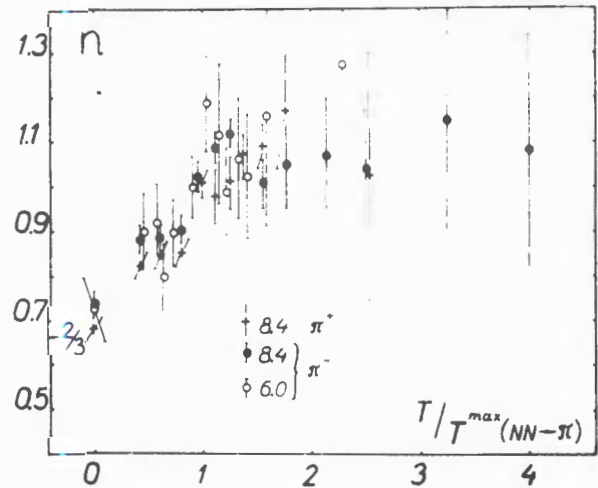
Sm^{154} , W^{182} , W^{186} и Pb . Получены следующие экспериментальные результаты:

а/ Показано, что в адрон-адронных ядерных взаимодействиях, начиная с импульса на один нуклон ядра 4 ГэВ/с , имеется не исчезающая с ростом импульса часть, соответствующая многонуклонным взаимодействиям /до пяти/, т.е. кумулятивному рождению вторичных частиц /рис. 14/.



14. Зависимость инвариантного сечения, нормированного на атомный вес фрагментирующего ядра от импульса, приходящегося на один нуклон ядра, для разных значений отношения α . α - отношение энергии рожденного пиона к максимально возможной по кинематике нуклон-нуклонного взаимодействия.

б/ Выход пионов в зависимости от атомного веса фрагментирующего ядра пропорционален объему ядра /рис. 15/, т.е. $\sigma_{\text{КУМ}} \sim A^n$, где $n \approx 1$.



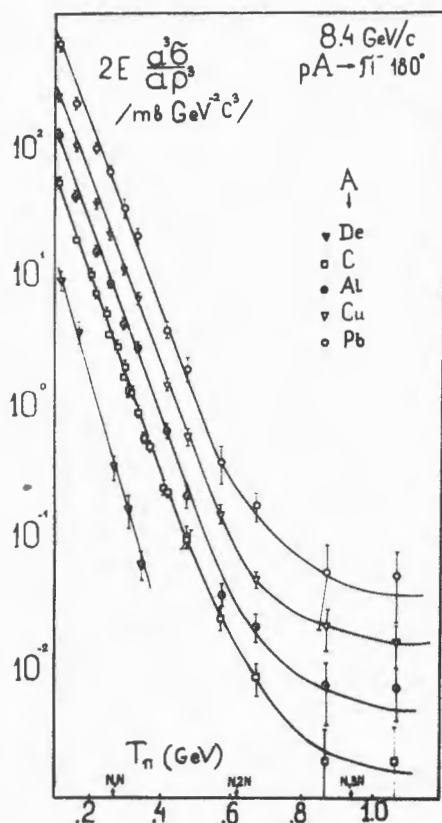
15. Зависимость показателя степени n для зависимости $\sigma_{\text{КУМ}} \approx A^n$ от отношения энергии рожденного пиона к максимально возможной по кинематике NN -взаимодействия.

в/ Энергетические спектры кумулятивных мезонов имеют экспоненциальный характер, причем параметры описания спектров практически не зависят от энергии /рис. 16/.

2. Исследование "взаимодействий дейтронов с импульсом $9,4 \text{ ГэВ/с}$ с ядрами фотозмульсии проводилось с помощью совместного применения фотозмульсий с обычным ядерным составом и с обогащением легкими ядрами. Это дает возможность разделять характеристики взаимодействий на ядрах группы $(\text{C}, \text{N}, \text{O})$ и группы ядер (Ag, Br) .

Определен энергетический спектр медленных частиц /рис. 17/ и обнаружено, что критерий минимального пробега, основанный на величине кулоновского барьера ядра, который широко использо-

вался в международной практике, не может служить средством для разделения взаимодействий на группах ядер. Экспе-

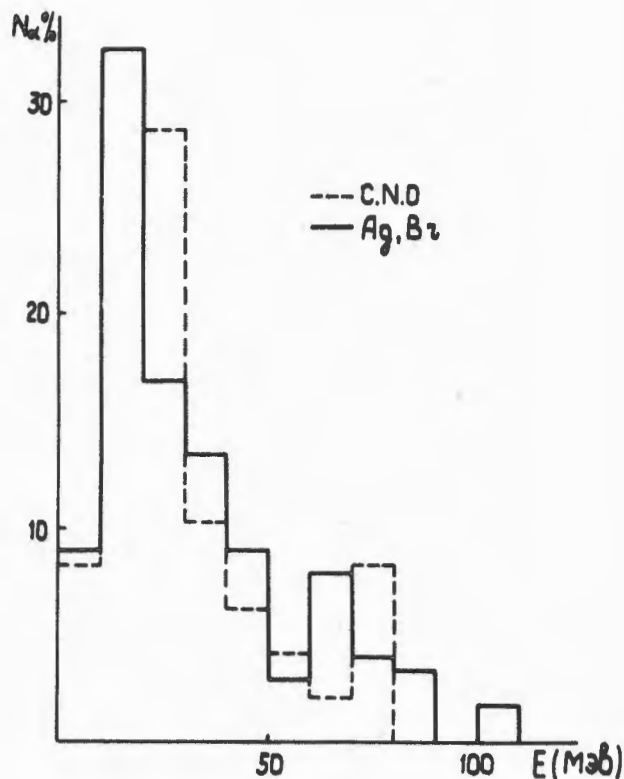


16. Экспоненциальная зависимость сечений от кинетической энергии рождения пионов.

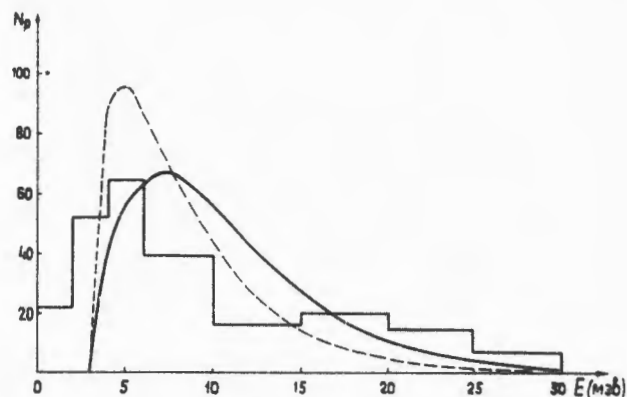
риментальные данные также не согласуются с моделью испарения возбужденных ядер /рис. 18/.

Уточнены сечения взаимодействия α -частиц с импульсом 17 ГэВ/с с ядрами:

$$\begin{aligned} \sigma(\alpha C) &= 380 \pm 38 \text{ мбн,} \\ \sigma(\alpha O) &= 460 \pm 27 \text{ мбн,} \\ \sigma(\alpha Ag) &= 1850 \pm 80 \text{ мбн,} \\ \sigma(\alpha Br) &= 1520 \pm 65 \text{ мбн.} \end{aligned}$$



17. Энергетический спектр медленных частиц для групп ядер /C, N, O / и /Ag, Br /.



18. Сравнение энергетического спектра /гистограмма/ с моделью испарения возбужденного ядра /кривая линия/.

Получены предварительные данные о фрагментации α -частиц с вылетом p , d , T и He^3 .

Работа проводится группами физиков Дубны, Варшавы, Кошице, Ленинграда, Гатчины, Москвы и Ташкента.

3. На стримерной камере СКМ-200 начался набор физической информации. В пучке α -частиц с импульсом 17 ГэВ/с при неоновом наполнении камеры сделано свыше 80 тыс. снимков, при гелиевом - около 10 тыс. снимков.

4. Сделана оценка перспектив гиперонной физики и исследований многобарионных резонансов в столкновениях релятивистских ядер. В предположении справедливости импульсного приближения, с использованием известных из опыта сечений рождения Λ -гиперонов в NN-взаимодействиях, вычислены сечения рождения Λ -гиперонов в столкновениях релятивистских ядер H^1 , H^2 , He^4 , C^{12} , с ядрами H^2 , He^4 , B^{10} , C^{12} , Xe^{131} , Pt^{192} и U^{238} . Оценены сечения образования гиперядер и сверхстранных ядер, содержащих от одного до пяти Λ -гиперонов, а также сечения испускания 1-5 Λ -гиперонов в этих реакциях. Рассмотрены перспективы исследований многобарионных, в том числе многогиперонных резонансов, сверхстранных ядер и сверхплотных состояний ядерного вещества. Оценки сечений получены для импульсов ядер 5,5 и 25 ГэВ/с на нуклон.

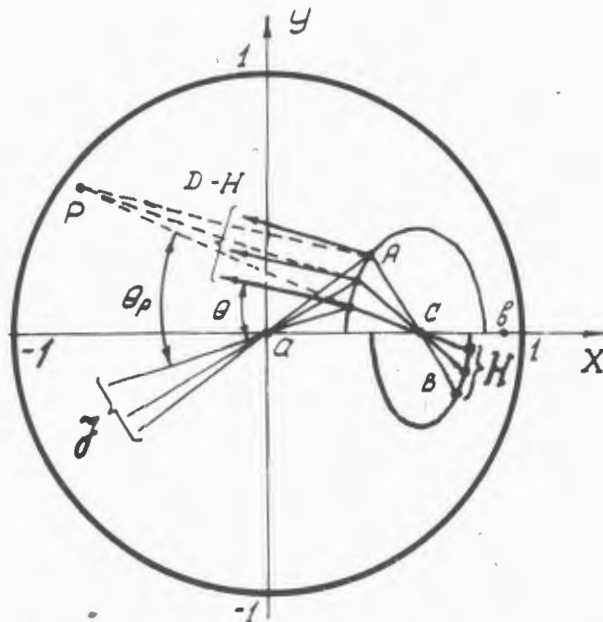
Теоретические исследования

1. Проведено рассмотрение фрагментации релятивистских ядер. Получена формула, дающая простое описание энергетических и угловых зависимостей выходов продуктов фрагментации и объясняющая факторизацию сечений. Введен реля-

тивистский инвариантный параметр, позволяющий классифицировать реакции с релятивистскими ядрами, в частности, выделять кумулятивный эффект и "осколочные" процессы. Показана неправильность интерпретации данных по фрагментации ядер, предложенная физиками из Беркли, и предсказаны некоторые закономерности.

2. При рассмотрении вопросов корреляции тождественных частиц в инклюзивных реакциях было показано, что между спектрами пар $\pi^+\pi^+$, $\pi^0\pi^0$ и $\pi^+\pi^-$ имеется однозначная связь, обусловленная изотопической инвариантностью; угловое распределение относительного импульса пары пионов определяется размерами области, в которой происходит образование частиц; было введено понятие функции взаимной когерентности пар пионов и разработан аппарат расчета интерференционных корреляций.

3. Проведен лоренц-инвариантный анализ лучших из мировых данных о t -зависимости элементов матрицы плотности для ρ , K^* и Δ_{33} -резонансов при начальных импульсах $P = 2,8 \div 17$ ГэВ/с. В области изменения переданных импульсов $|t| = 0 \div 1$ ГэВ² обнаружено свойство сохранения в пространстве скоростей Лобачевского направлений "собственной оси" квантования спина этих резонансов при разных t на "собственный полюс квантования" P . Определенный фитированием полюс P резко отличается от задаваемых заранее /до опыта/ полюсов a и c для общепринятых в спиновом анализе направлений Джексона и направлений "спиральности" /рис. 19/. Это групповое свойство вращений вокруг полюса означает строгое отделение кинематики квантования спина от динамики /собственных значений матрицы плотности/ и указывает на неевклидову природу спина резонансов. Оно важно для четкой постановки проблемы распознавания в про-



19. Схема квантования спина резонанса А для бинарной реакции $a + b \rightarrow A + B$ в модели Бельтрами неевклидовой плоскости рождения резонанса. На схеме показаны: эмпирические направления квантования Донахью-Хегассена / стрелки ДН/, параметризующий их пучок прямых Лобачевского с полюсом Р, фиксированные пучки прямых j - для направлений Джексона и Н - для направлений на точку С /ц.м. реакции/.

странстве скоростей Лобачевского статистических образов возбужденных адронов и поиска оптимальных путей решения ее.

Совершенствование действующих и разработка новых физических приборов и установок

1. На пучке отрицательных пионов с импульсом $P = 3,65 \pm 0,04$ ГэВ/с смон-

тирована большая многоцелевая установка - черенковский масс-спектрометр "Фотон" на 90 каналов. Установка состоит из: а/ шести пропорциональных камер, работающих на линии с ЭВМ HP2116В ; б/ 32 проволочных искровых камер размером 1×1 м² с магнитострикционным съемом информации;

в/ сцинтилляционных счетчиков /длинной до 100 см/; г/ 90 черенковских спектрометров; д/ жидководородной мишени; е/ системы газораспределения и газоочистки искровых и пропорциональных камер; ж/ ЭВМ HP2116В.

На установке проведено 6 методических запусков и осуществлен комплексный запуск установки "Фотон" в полном объеме.

2. На стримерной камере СКМ-200 отлажена система выделения α -частиц и включена в триггер, смонтирована мишень с изотопом Li^8 , сокращено время памяти камеры до 5-6 мс. и проведены другие мероприятия по улучшению характеристик камеры.

3. На двухметровой жидководородной пузырьковой камере "Людмила" проведены работы по усовершенствованию холодной части механизма расширения, подключения системы пневмоавтоматики для строгого поддержания режима в камере, по изготовлению и испытанию опытных образцов лентопротяжных механизмов на 2 срабатывания за 1 цикл работы ускорителя, по созданию системы прецизионных измерений магнитного поля камеры в рабочих условиях. Эффективность работы камеры поднялась до 75% на пучке частиц.

4. Двухметровая пропановая пузырьковая камера полностью смонтирована, сдана в эксплуатацию и получены фотографии со следами частиц космического излучения.

5. Создание искровых и пропорциональных камер:

а/ разработаны, испытаны на стенде и переданы в эксплуатацию 3 пропорциональные камеры размером $900 \times 300 \text{ мм}^2$,

б/ подготовлены и испытываются на стенде 8 проволочных искровых камер размером $2 \times 1 \text{ м}^2$,

в/ изготовлено 20 пропорциональных камер размером $200 \times 200 \text{ мм}^2$ для диагностики пучков,

г/ изготовлены и испытаны на стенде дрейфовые камеры размером $200 \times 200 \text{ мм}^2$ с различной длиной дрейфа,

д/ вводится в эксплуатацию стенд для испытания бесфильмовых детекторов размером до 4 м,

е/ установлена и введена в эксплуатацию ЭВМ ЕС-1010 для испытания детекторов на стенде.

6. Разработки вычислительной техники и автоматизации измерений:

а/ для установки "Фотон" отлажено 96 каналов наносекундной спектрометрической электроники, сопряжение ЭВМ с установкой,

б/ изготовлены и отлажены блоки для регистрации событий с 400 каналов пропорциональных камер для установки "Альфа",

в/ созданы и сданы в эксплуатацию многоходовые мажоритарные схемы совпадений с цифровым отбором событий для установки БИС, начата работа по созданию системы управления считыванием данных с установки,

г/ осуществлено управление медленным выводом частиц из синхрофазотрона на основе ЭВМ ТРА.

7. Разработка и внедрение электроники детекторов:

а/ завершена разработка системы программно-управляемых блоков наносекундной электроники,

б/ развита многоканальная аппаратура для измерения зарядов, амплитуд и

временных интервалов на интегральных схемах со средней степенью интеграции,

в/ совместно с ИЯФ СОАН СССР завершена разработка и изготавливается в промышленности гибридная интегральная схема "усилитель-формирователь", разработан канал регистрации сигналов с этим усилителем, имеющий высокую плотность упаковки - 730 каналов в крейте КАМАК.

За год построено и передано в эксплуатацию 120 блоков быстрой электроники в стандарте КАМАК и 70 блоков регистрирующей электроники на интегральных схемах.

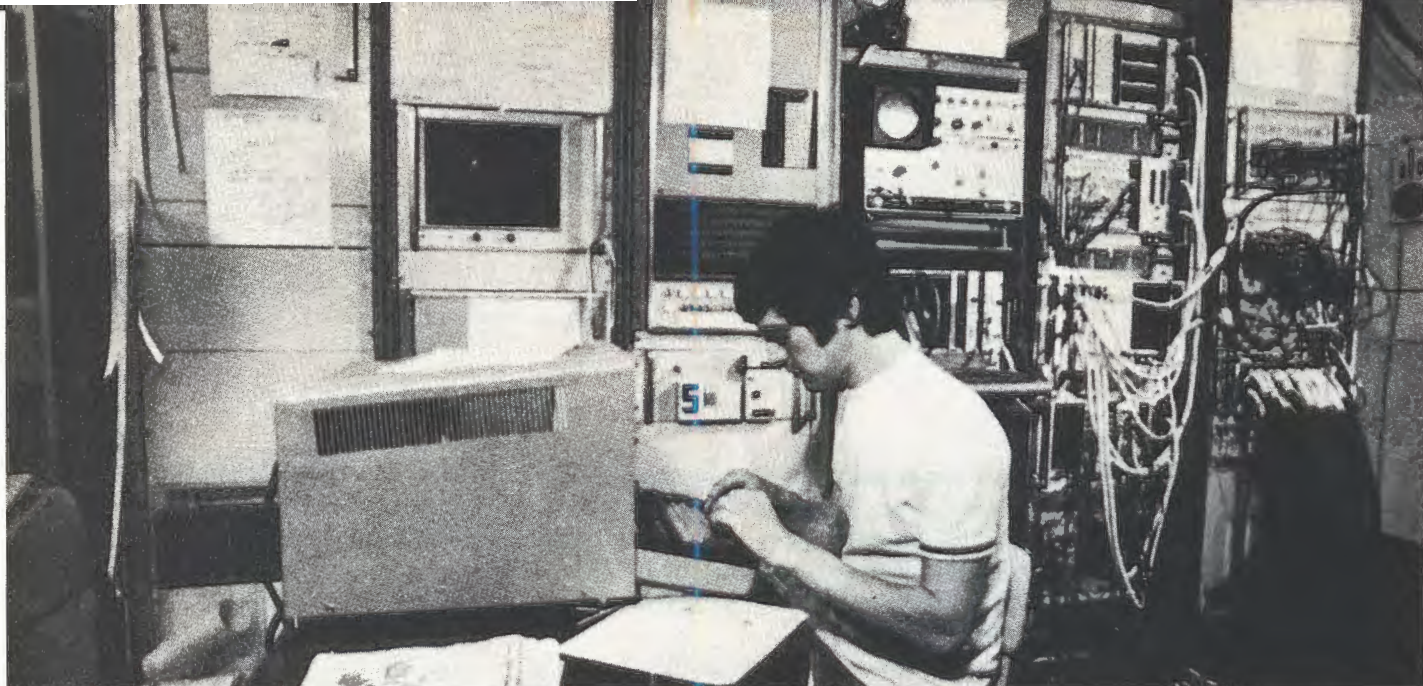
8. Опубликованы физическое обоснование и технические предложения по сооружению жесткофокусирующего криогенного усилителя релятивистских ядер "Нуклотрон". Проведены расчеты магнитного поля, системы ввода и вывода, допусков на магнитные поля, на точность установок элементов "Нуклотрона".

9. В области разработок криогенной техники создан стенд со струйной мишенью, вакуумной системой и имитатором кольца ускорителя для изучения вопросов, связанных с созданием газовой струйной гелиевой мишени. Мишень будет использована в эксперименте на ускорителе в Батавии, готовящемся в рамках советско-американского соглашения с участием ученых ОИЯИ.

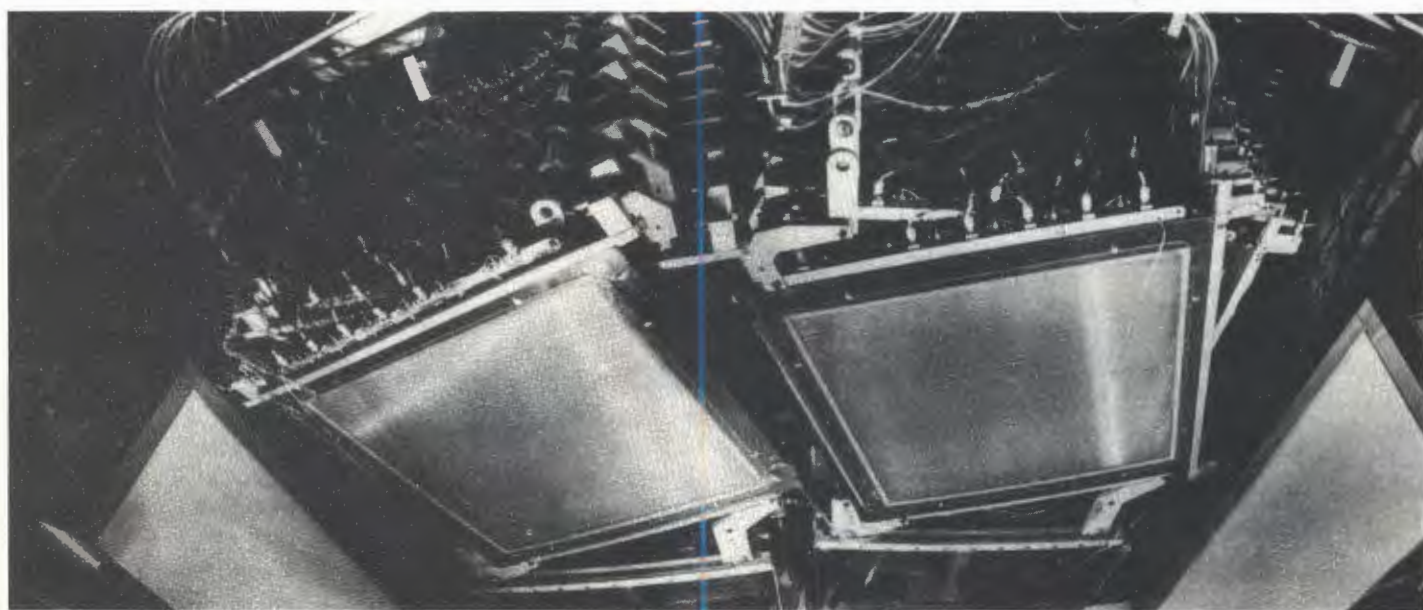
Разработана и изготовлена модель сверхпроводящего выключателя на критический ток 0,92 кА, сопротивление 2,5 мА, минимальное время 0,35 мс.

Разработаны, изготовлены и испытаны в различных криогенных средах электронизоляционные конструкции вводов в жидкий гелий. С помощью установки ИСКРИЗ изучены характеристики поведения около 30 моделей проходных изоляторов.

Закончена работа по исследованию сопротивления вязкому течению вихрей

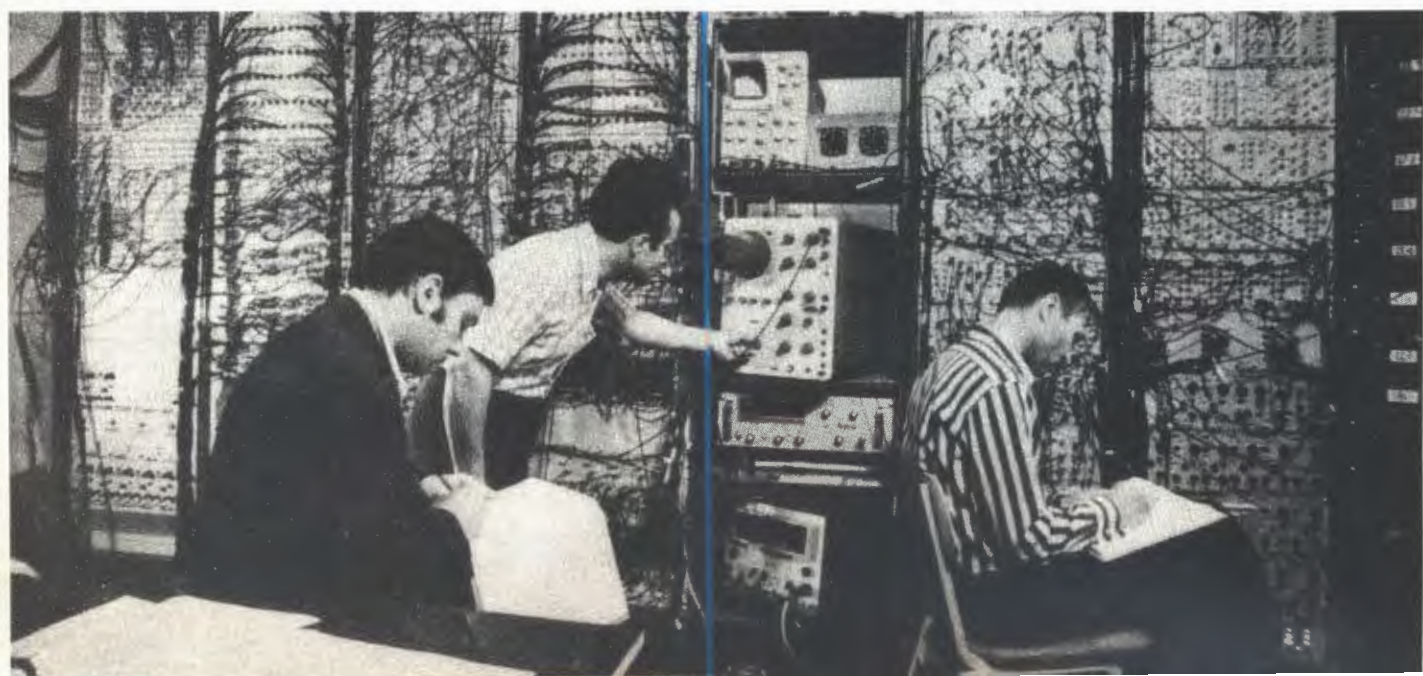


В установке используется современная мини-ЭВМ.



Набор из 32 искровых камер.

Быстродействующая электроника установки.





Головная часть установки - детекторы частиц пучка пионов.

На пучке отрицательных пионов синхрофазотрона смонтирована многоцелевая установка "Фотон" - черенковский масс-спектрометр для изучения процессов с участием гамма-квантов, электронов и позитронов.



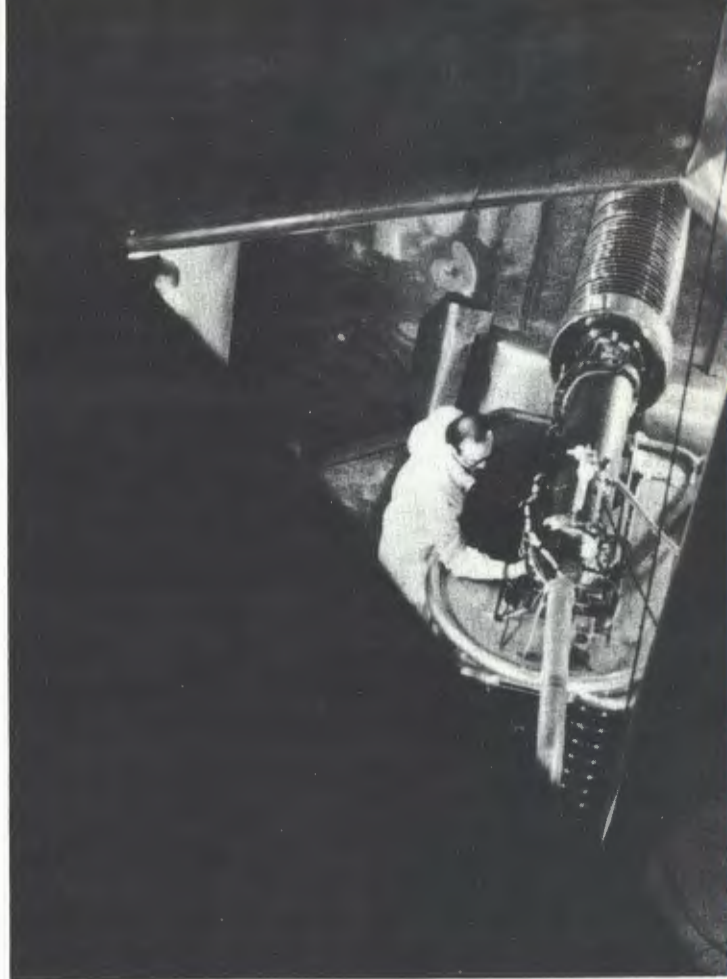
Монтаж установки на пучке синхрофазотрона.

Создан спектрометр частиц отдачи для изучения упругого рассеяния легких ядер на протонах и на ядрах.

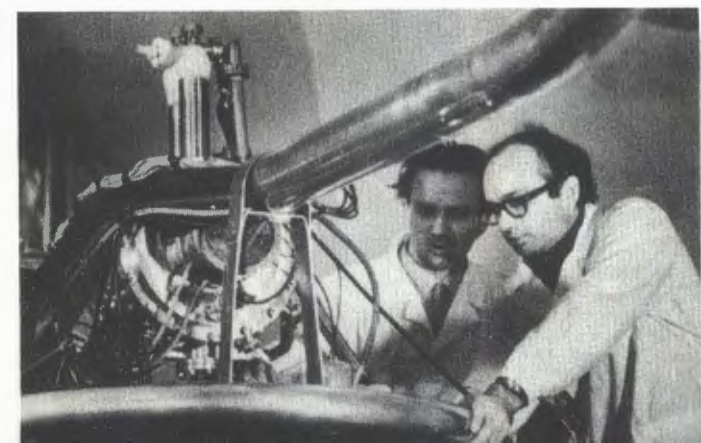
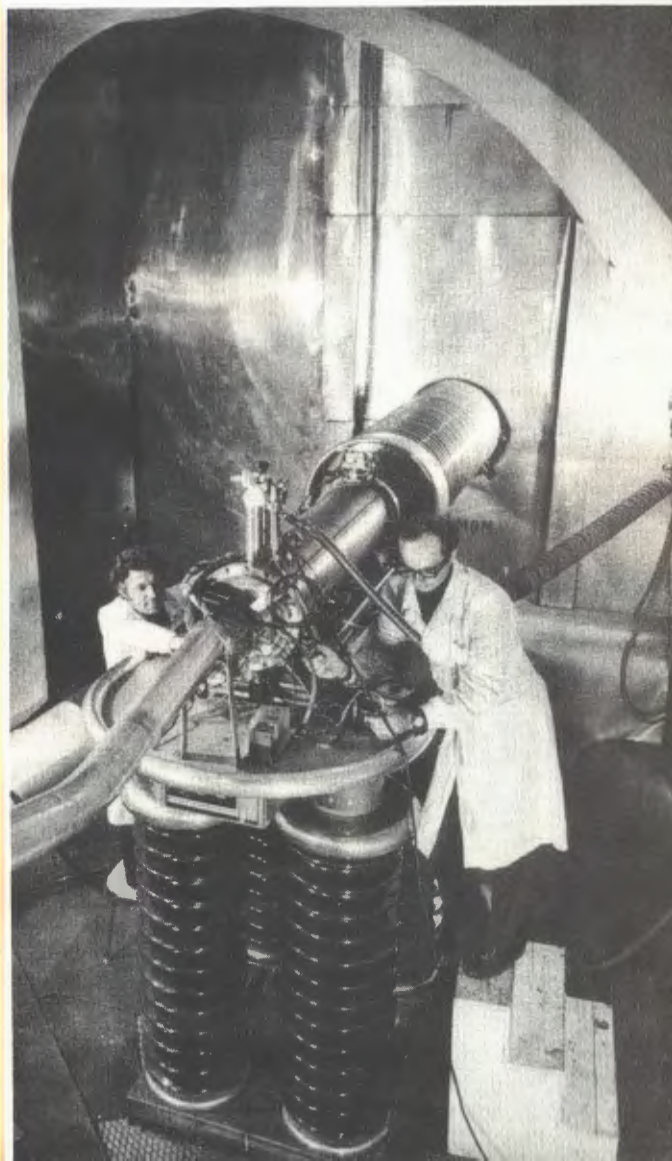
◀ *Подготовка каретки с полупроводниковыми детекторами частиц отдачи.*

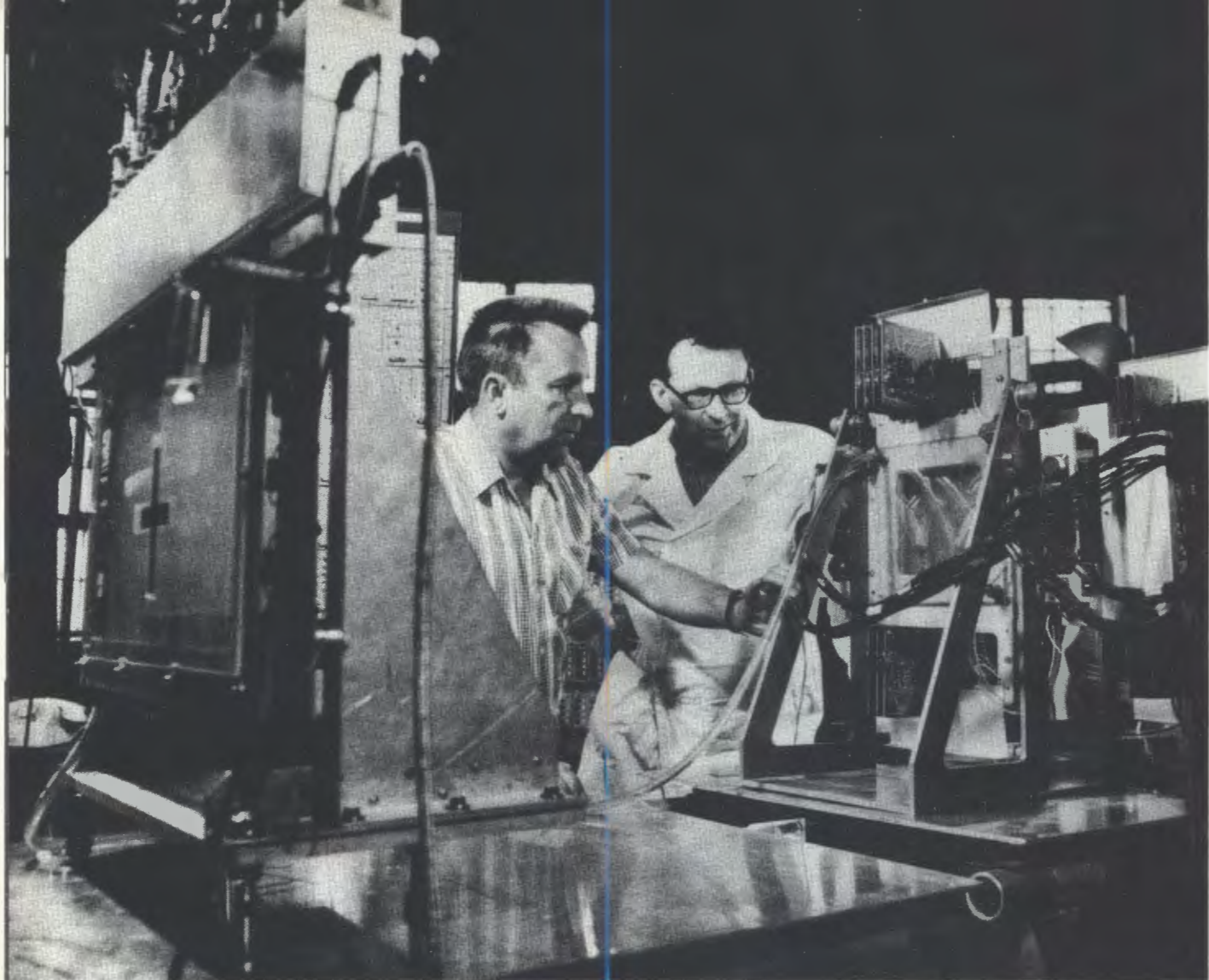
Детекторы частиц отдачи.





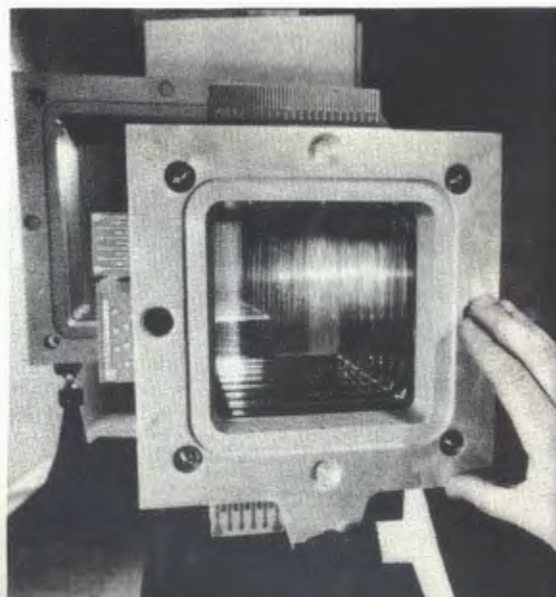
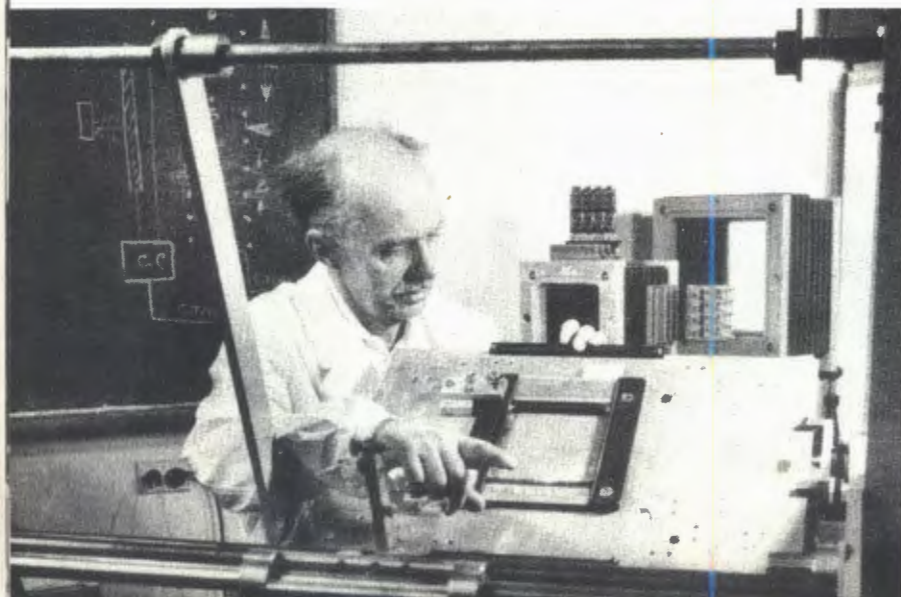
Для ускорения легких ядер на синхрофазотроне создан электронно-лучевой ионный источник - установка КРИОН /криогенный ионизатор/. Источник смонтирован на инжекторе синхрофазотрона ЛУ-9М. С помощью КРИОНа и инжектора ускорены ядра гелия и азота.

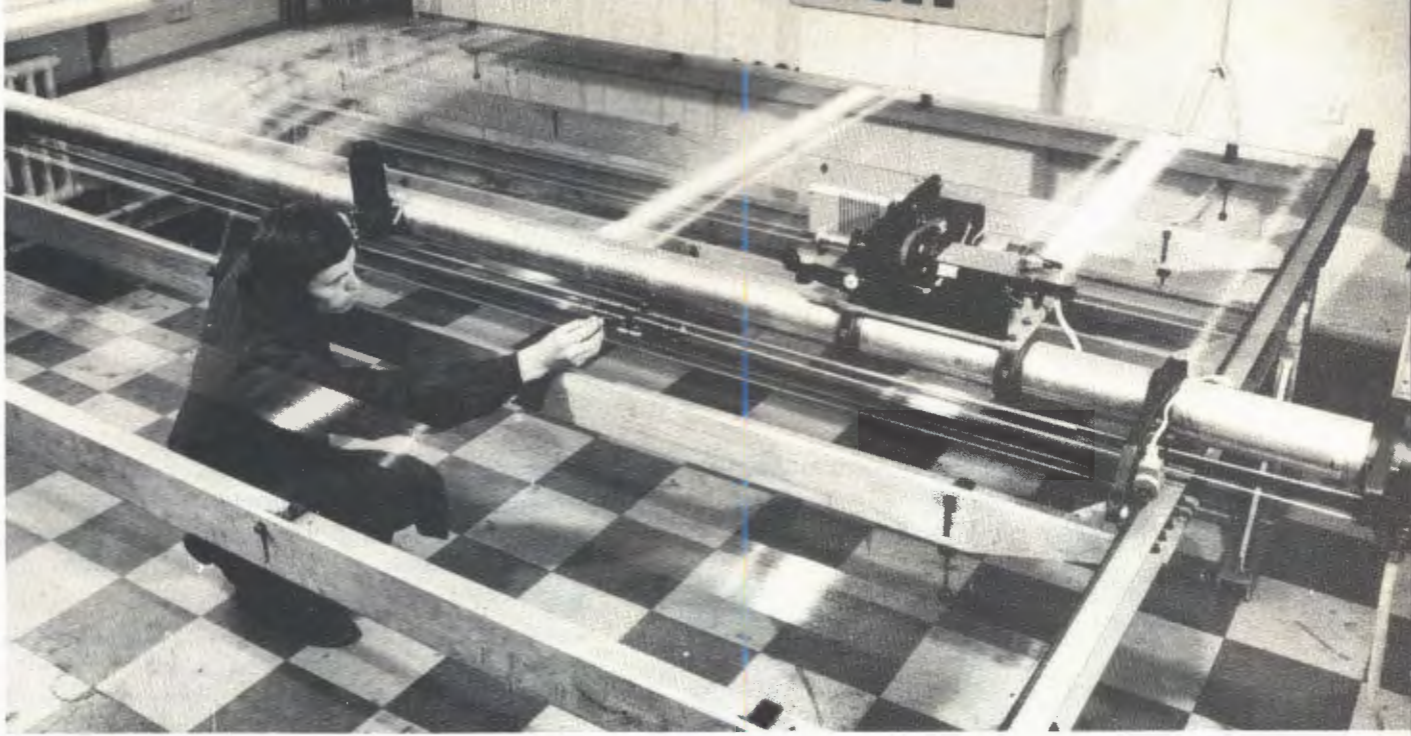




Для исследования упругого рассеяния адронов на синхрофазотроне создана аппаратура, включающая пропорциональные и дрейфовые камеры /установка "Альфа"/.

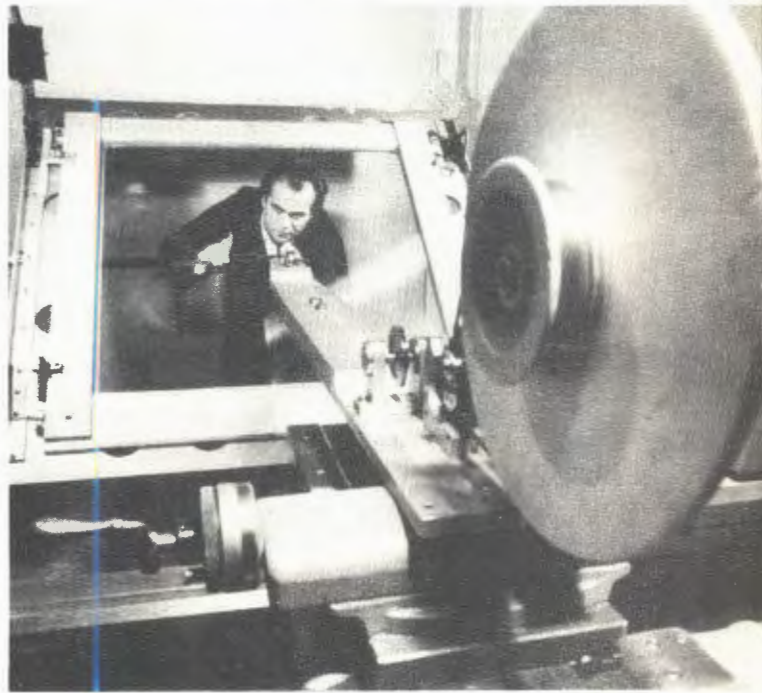
Изготовление каркасов дрейфовых камер и образец готовой камеры. Эти камеры создаются специалистами ОИЯИ для экспериментов по определению радиуса пиона на ускорителе в Батавии.





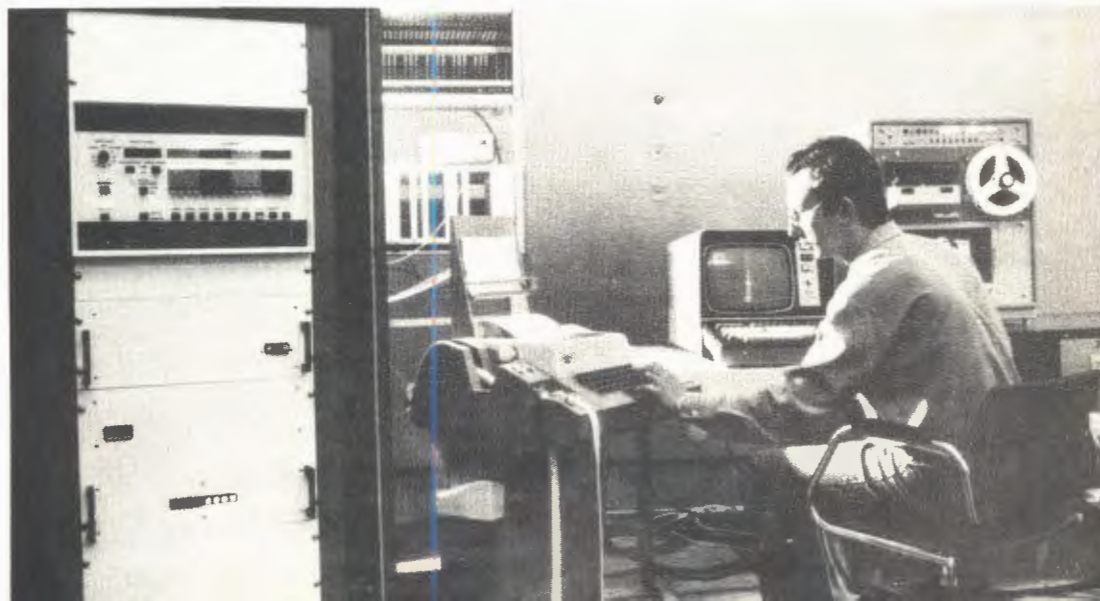
Намоточный станок для изготовления искровых камер больших размеров /до 3м/.

В ОИЯИ изготавливают большие проволочные искровые камеры, предназначенные для различных экспериментов.



Идет процесс намотки камеры размером 1 м x 1 м.

Для испытания камер на стенде используется современная мини-ЭВМ.



в сверхпроводящих сплавах с невысокими критическими токами во всей области существования сверхпроводимости.

Усовершенствование синхрофазотрона

Сдан в эксплуатацию и работает как инжектор синхрофазотрона новый линейный ускоритель ЛУ-20 на энергию 20 МэВ.

Введена в опытную эксплуатацию система активной коррекции показателя спада магнитного поля синхрофазотрона с программным управлением.

В настоящее время осуществлена стабилизация размера и положения пучка на входе во второй выводной магнит путем управления токами отклоняющего магнита в начале и в конце вывода и током линзы. Согласование датчиков с ЭВМ осуществляется системой КАМАК на линии с ТРА 1001. Проведенная работа обеспечивает сокращение времени настройки системы вывода и стабильности пространственных характеристик выведенного пучка.

Установка "КРИОН" изготовлена, прошла всесторонние испытания и смонтирована на линейном ускорителе ЛУ-9М. С помощью "КРИОНа" на ЛУ-9М ускорены ядра гелия и азота, интенсивности пучков составляют до 10^9 He/имп. и 10^7 N/имп.

С помощью установки измерены сечения последовательной ионизации электронным ударом ядер углерода от C^{2+} до C^{6+} и ядер азота от N^{3+} до N^{7+} /табл. 1,2, рис. 20/.

Таблица 1
Экспериментальные и теоретические сечения последовательной ионизации атомов и ионов углерода при $E_e = 2500$ эВ

Сечения ($\times 10^{-20}$ см ²)	Эксперимент	Расчёт по формуле Лотца /41/	Квантово-механический расчёт
$\sigma_0 \rightarrow 1$	-	2500	2200[16-]
$\sigma_1 \rightarrow 2$	800* /7/	810	700/55/
$\sigma_2 \rightarrow 3$	200 [±]	300	400 /57/
$\sigma_3 \rightarrow 4$	57 \pm 12	120	140 /57/
$\sigma_4 \rightarrow 5$	30 \pm 7	20	28/57/
$\sigma_5 \rightarrow 6$	14 \pm 2	6	9/57/

20. Зависимость вида спектров зарядностей ионов ксенона от времени ионизации.

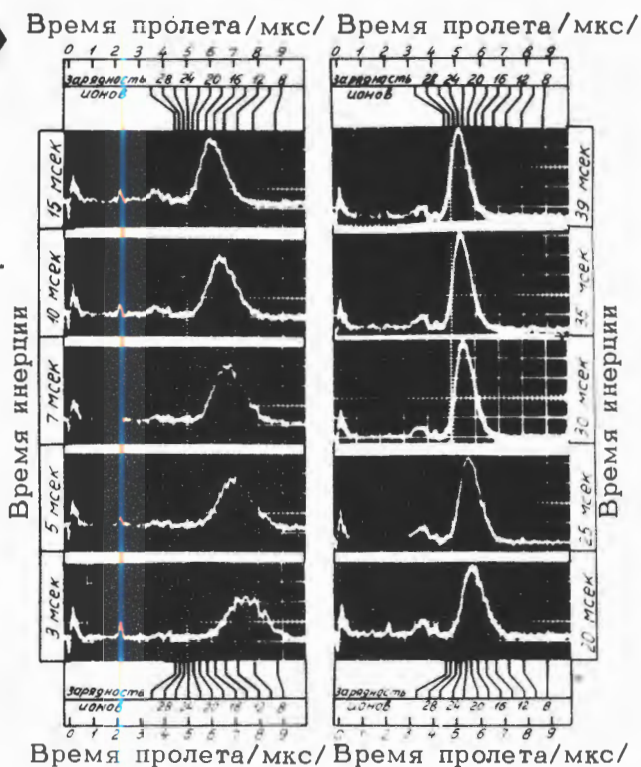
Таблица 2

Экспериментальные и теоретические сечения последовательной ионизации атомов и ионов азота при $E_e = 2100$ эВ

Сечения ($\times 10^{-20}$ см ²)	Эксперимент	Расчёт по формуле Лотца/41/	Квантово-механический расчёт
$\sigma_0 \rightarrow 1$	4000*/56/	2800	4400*/16/
$\sigma_1 \rightarrow 2$	700*/17/	960	1100/55/
$\sigma_2 \rightarrow 3$	400*/7/	410	440/55/
$\sigma_3 \rightarrow 4$	125±22	180	250/57/
$\sigma_4 \rightarrow 5$	39±7	74	100/57/
$\sigma_5 \rightarrow 6$	9±2	11	21/57/
$\sigma_6 \rightarrow 7$	4±	4	7/57/

Эксплуатация
синхрофазотрона

Запланированное время работы ускорителя - 4734 часа.



время пролета/мкс/ время пролета/мкс/

Ускоритель работал:

а/ на экспериментальные исследования по физике элементарных частиц и ядра - 2616 час со средней интенсивностью $1,7 \cdot 10^{11}$ ускоренных протонов, $2,5 \cdot 10^{10}$ ускоренных дейтронов и $2 \cdot 10^8$ ускоренных альфа-частиц за цикл ускорения;

б/ на совершенствование систем ускорителя - 1601 час.

Лаборатория ядерных проблем

Научно-исследовательская деятельность лаборатории осуществлялась по следующим главным направлениям: экспериментальные исследования актуальных проблем физики элементарных частиц и атомного ядра на синхроциклотроне ОИЯИ, протонном синхротроне 70 ГэВ в Серпухове и синхрофазотроне ОИЯИ; разработки, связанные с реконструкцией синхроциклотрона в сильноточный фазотрон / установка "Ф"/; развитие новых методов исследований, включая разработку и создание крупных установок для экспериментов в Серпухове и на сильноточном фазотроне ОИЯИ.

Научно-исследовательские работы

Изучение симметрий взаимодействия элементарных частиц и законов сохранения.

Структура частиц

Осуществлено прецизионное измерение времени жизни положительно заряженного мюона - величины, имеющей фундаментальное значение для физики слабых взаимодействий. Высокая точность результата достигнута благодаря оригинальной постановке эксперимента: мишенью для остановки мюонов служил радиатор черенковского детектора, который регистрировал позитроны мю-распада. Использование 4π -геометрии для регистрации позитронов позволило более чем на порядок увеличить число зарегистрированных событий распада по сравнению с предшествующими измерениями. Одновременно было подавлено влияние эффектов, снижавших точность измерений в ранее проведенных опытах. Специаль-

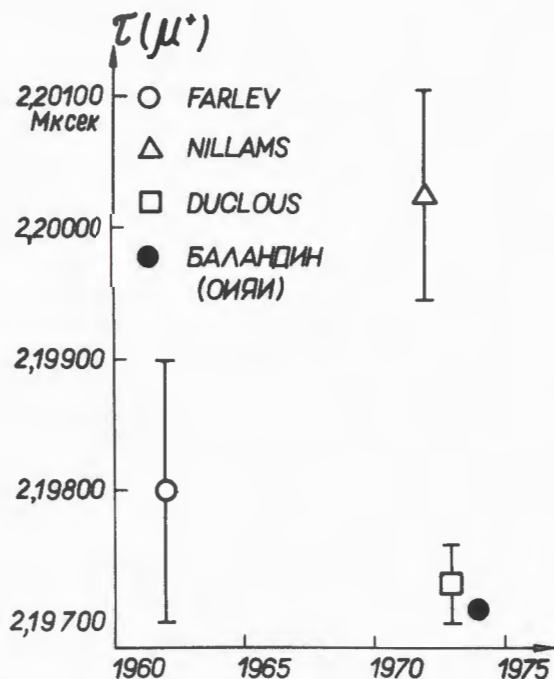
но разработанные блоки электроники на интегральных схемах и преобразователь "время-код" нестандартного типа, аналитический выбор оптимальных условий эксперимента и проведение эксперимента на линии с ЭВМ позволили свести аппаратные и физические помехи до уровня 10^{-5} . Измеренное время жизни μ^+ -мезона равно $\tau_{\mu^+} = 2,19711 \pm 0,00008$ мкс. Точность измерения увеличена в 4 раза по сравнению с новейшими данными французских физиков и в 8 раз по сравнению с точностью, достигнутой в мире к 1973 году. Полученный результат ставит перед теорией задачу вычисления радиационных поправок к процессам слабого взаимодействия. С по-

мощью нового экспериментального значения τ_{μ^+} определено наиболее точное значение константы слабого взаимодействия:

$$g_{\mu}^2 = 1,43544 \pm 0,00004 \cdot 10^{-49} \text{ эрг. см}^3.$$

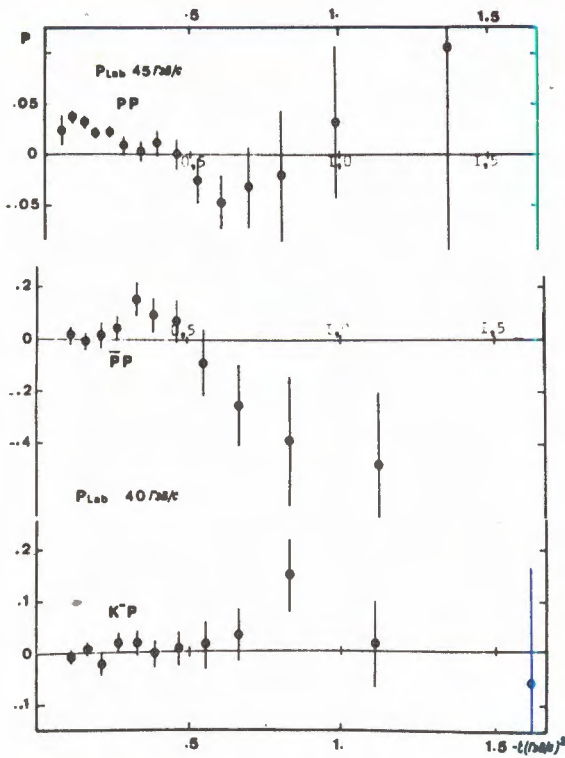
Завершен первый этап эксперимента по поиску новых метастабильных частиц с временем жизни больше 0,1 с. Показано, что сечение образования таких частиц при взаимодействии протонов с энергией 45 и 70 ГэВ с ядрами свинца не превышает 10^{-33} см^2 .

Взаимодействие пионов,
каонов и нуклонов
с нуклонами и ядрами



21. Результаты экспериментов по измерению времени жизни μ^+ -мезона.

Завершена обработка данных, полученных сотрудничеством ИФВЭ-Сакле-ОИЯИ-ИТЭФ в эксперименте по исследованию поляризационных эффектов на пучке отрицательных частиц при импульсе 40 ГэВ/с. С целью изучения спиновой структуры амплитуд рассеяния впервые при столь высокой энергии измерены параметры поляризации и поворота спина в π^-p - и K^-p -столкновениях и поляризация в антипротон-протонном рассеянии. Одновременно получены данные о дифференциальных сечениях упругого π^-p -, K^-p - и $\bar{p}p$ -рассеяния в интервале переданных импульсов, заметно превышающем исследованный ранее. Сравнение результатов с данными при меньших энергиях показывает, что поляризация в π^-p -рассеянии убывает с энергией не медленнее, чем S^{-1} . Результаты измерения поляризации находятся в согласии с предсказаниями теории полюсов Редже и в квази-потенциальном подходе. Поляризация в K^-p -рассеянии при $t = -0,6 \text{ ГэВ}^2/\text{с}^2$ уменьшается с энергией как $S^{-(1,5 \pm 0,5)}$. Поворот спина R в π^-p -рассеянии в пределах ошибок равен величине, полученной



22. Поляризация в протон-протонном, антинейтрон-протонном и K⁻-мезон-протонном рассеянии.

ранее при 6 и 16 ГэВ/с. Среднее значение параметра R в K⁻p-рассеянии в интервале $t = -0,2 \div -0,5 / \text{ГэВ}/\text{с}^2$ совпадает с величиной, полученной в π p-рассеянии, что указывает на преобладающие рассеяния с обменом изоспином $T = 0$. В 1974 году начаты измерения на пучке положительно заряженных частиц и получены первые сведения о поляризации в pp-рассеянии при 45 ГэВ/с. В целом полученные результаты свидетельствуют о существенной роли спиновой зависимости в адронных взаимодействиях при высоких энергиях.

Упругое рассеяние пионов ядрами гелия-3 и гелия-4 в области $3/2, 3/2$ -резонанса детально исследовано в экспериментах, проведенных ОИЯИ совместно с ИАФ /Бухарест/, университетом Турина, ФИ БАН, ИЯИ /Ржеж/, Пловдивским университетом и НИИЯФ МГУ. Анализ дифференциальных сечений упругого рассеяния, измеренных на магнитном спектрометре с гелиевой стримерной камерой, дал следующие основные результаты:

а/ Впервые найдена энергетическая зависимость фаз пион-ядерного рассеяния. Обнаружено, что положение резонанса заметно смещается /от 180 к 150 МэВ/ по сравнению с пион-нуклонным рассеянием даже для столь легких ядер. Определенная из анализа длина $\pi^4\text{He}$ -рассеяния

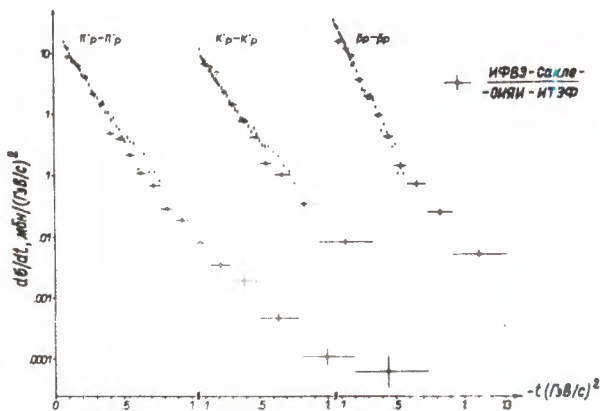
$$\text{Re } a_0 = -0,160 \pm 0,010,$$

$$\text{Im } a_0 = 0,055 \pm 0,007$$

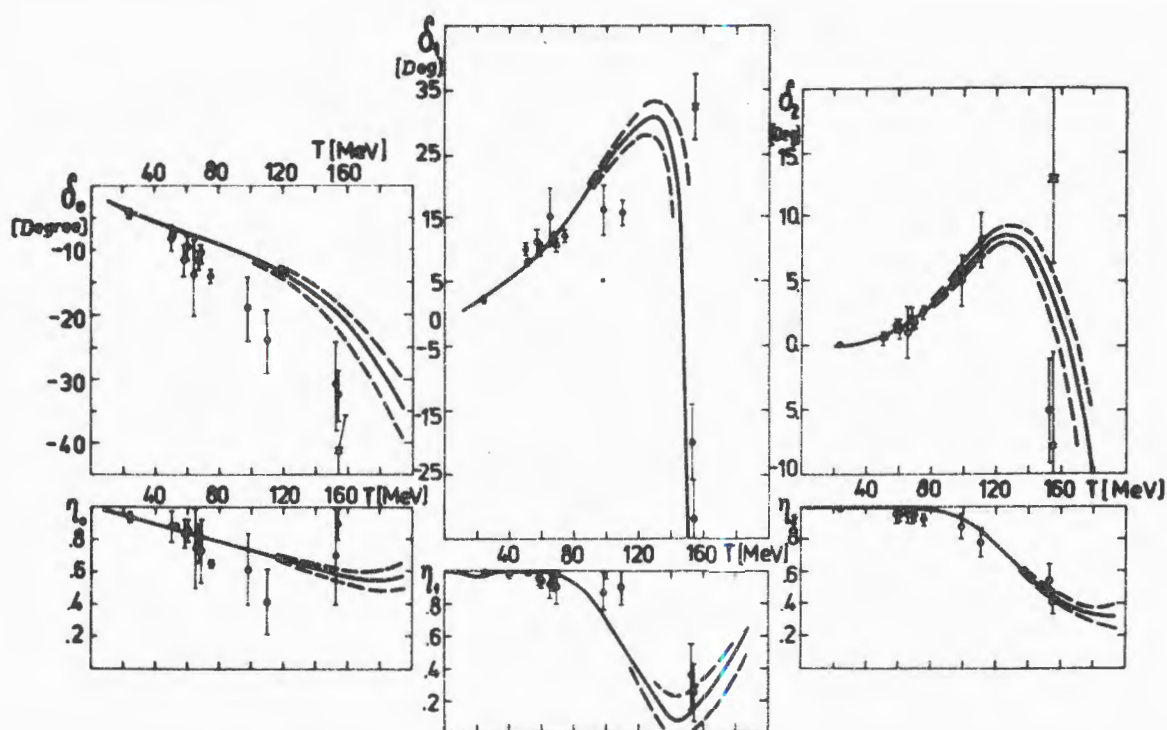
находится в хорошем согласии с данными, полученными из исследования мезоатомов

$$\text{Re } a_0 = -0,143 \pm 0,004 \text{ и}$$

$$\text{Im } a_0 = 0,042 \pm 0,003.$$



23. Дифференциальные сечения упругого π^+ p, K⁺p и антинейтрон-протонного рассеяния при импульсе 40 ГэВ/с.



24. Энергетическая зависимость фаз упругого рассеяния пионов ядрами гелия-4.

б/ Найдено значение электромагнитного радиуса пиона, равное $\langle r_{\pi}^2 \rangle^{1/2} = /0,83 \pm 0,17/ \text{ Фм}$. Определение радиуса пиона из анализа πHe -рассеяния является новым способом нахождения этой фундаментальной величины, не зависящим от использованных ранее. Новое значение хорошо согласуется с результатами, полученными из других опытов $/0,7 \pm 0,2/ \text{ Фм}$ - из электророждения пионов, $/0,78 \pm 0,10/ \text{ Фм}$ - из πe -рассеяния, $/0,75 \pm 0,14/ \text{ Фм}$ - из обратного электророждения пионов/.

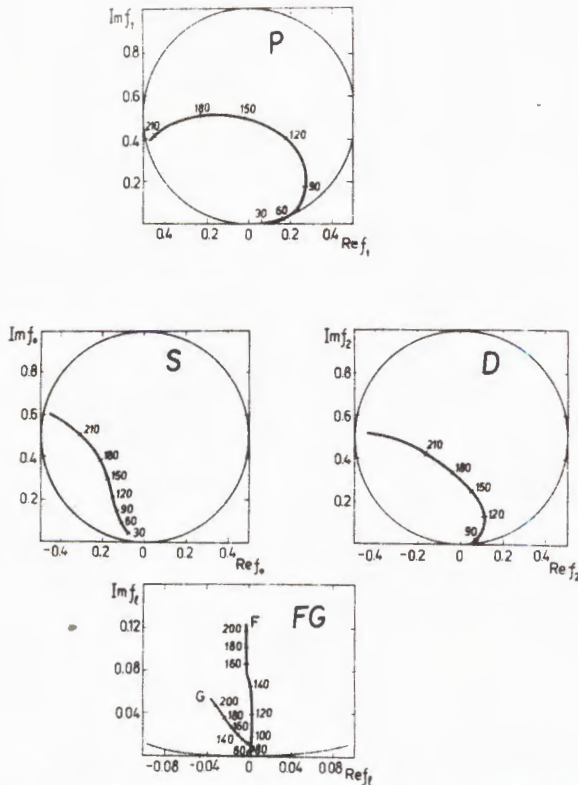
в/ Упругое $\pi^{\pm}\text{-}^3\text{He}$ -рассеяние проанализировано с помощью оптической модели рассеяния.

г/ Изучена применимость импульсного приближения для описания рассеяния

пионов ядрами ^3He и ^4He в исследованной области энергий. Показано, что экспериментальные данные могут быть описаны путем перенормировки фаз Р-волны и введением мнимой добавки в фазе S-волны. Величина радиуса ядра ^4He , входящая в расчет в качестве параметра, не зависит от энергии при $T_{\pi} > 70 \text{ МэВ}$ и близка к электромагнитному радиусу альфа-частицы.

Получение экспериментальных данных о рассеянии пионов ядрами ^3He и ^4He на синхротроне ЛЯП и их физическая интерпретация являются важным шагом в исследовании механизма рассеяния пионов малонуклонными системами.

С целью получения данных о пион-пионном взаимодействии исследована реакция $\pi^+ p \rightarrow \pi^+ \pi^+ n$ вблизи ее энергетического порога. Измерены сечения реакций $\pi^+ p \rightarrow \pi^+ \pi^0 p$ и $\pi^+ p \rightarrow \pi^+ \pi^+ n$ при энергиях 230 и 275 МэВ. Определены изото-



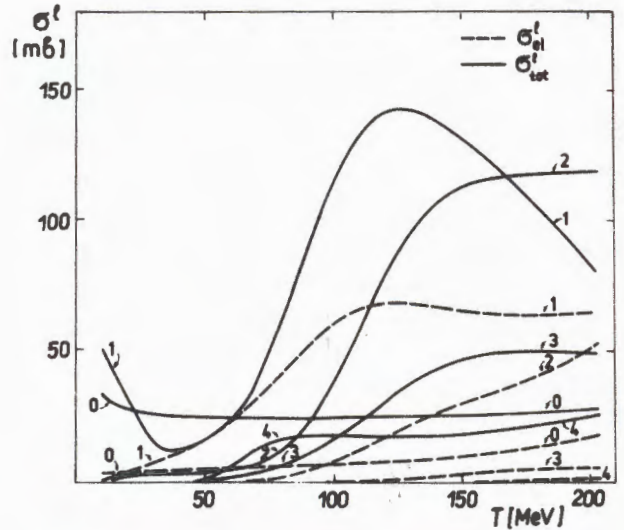
25. Диаграммы Аргана для S, P, D, F и G -волн в упругом рассеянии пионов ядрами гелия-4. Цифры у кривых показывают кинетическую энергию пиона в лабораторной системе координат.

пически инвариантные амплитуды реакций $\pi N \rightarrow \pi \pi N$ на пороге в состояниях P_{11} и P_{31} . В рамках теории "мягких" пионов определены S -волновые длины $\pi\pi$ -рассеяния: $a_0 = /0,18 \pm 0,02/ m_\pi^{-1}$, $a_2 = /-0,07 \pm 0,01/ m_\pi^{-1}$.

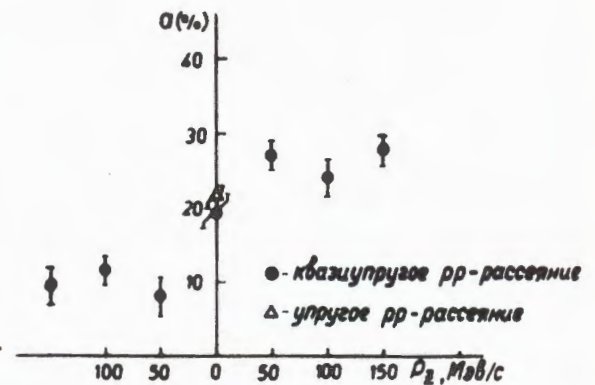
Ядерная структура

и механизм ядерных реакций

Продолжалось исследование поляризационных явлений в ядерных реакциях. Измерялась асимметрия в угловом распределении квазиупругого рассеяния по-



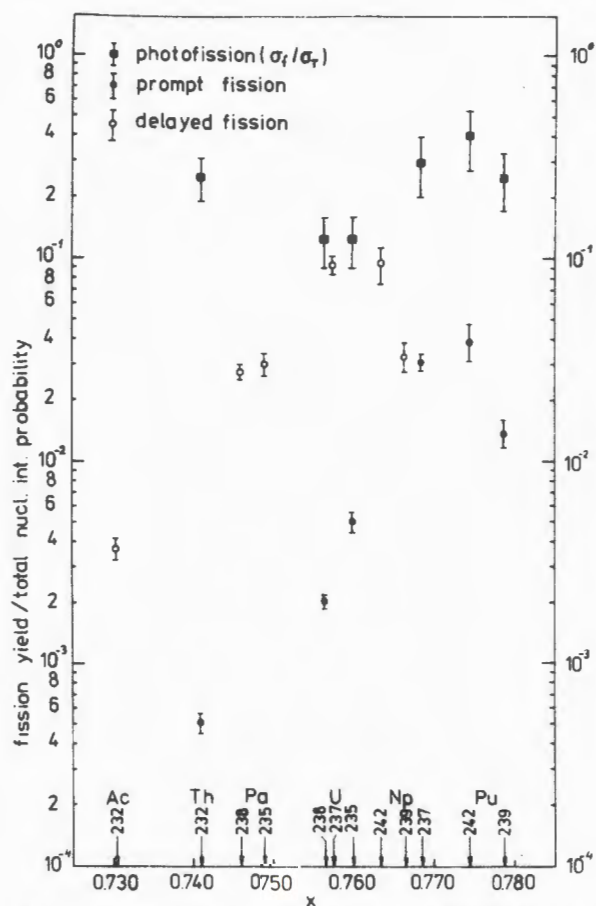
26. Парциальные сечения упругого рассеяния и полные сечения для $l = 0, 1, 2, 3, 4$ в рассеянии пионов ядрами гелия-4.



27. Асимметрия в угловом распределении квазиупругого рассеяния поляризованных протонов с энергией 635 МэВ протонами в ядре лития-6.

ляризованных протонов с энергией 635 МэВ протонами в ядрах ${}^6\text{Li}$ и ${}^{12}\text{C}$. Обнаруженная ранее в экспериментах с литием-6 зависимость асимметрии от величины проекции импульса P_{OZ} остаточного ядра на направление падающего протона проявляется и при рассеянии на 42°

в с.д.м. налетающего протона и протона в ядре ^{12}C . Наблюдаемый эффект не может быть объяснен в рамках импульсного приближения с плоскими волнами и требует учета вторичного взаимодействия протонов в ядре и спин-орбитальной связи нуклонов. Экспериментальные данные находятся в качественном согласии с результатами расчетов Мариса и демонстрируют высокую чувствительность поля-



28. Вероятность деления тяжелых ядер /отнесенная к полной вероятности ядерного взаимодействия/ под действием отрицательно заряженных мюонов /черные точки - мгновенное деление, открытые кружки - запаздывающее деление/. Для сравнения приведены данные о фотоделении /обозначены квадратами/.

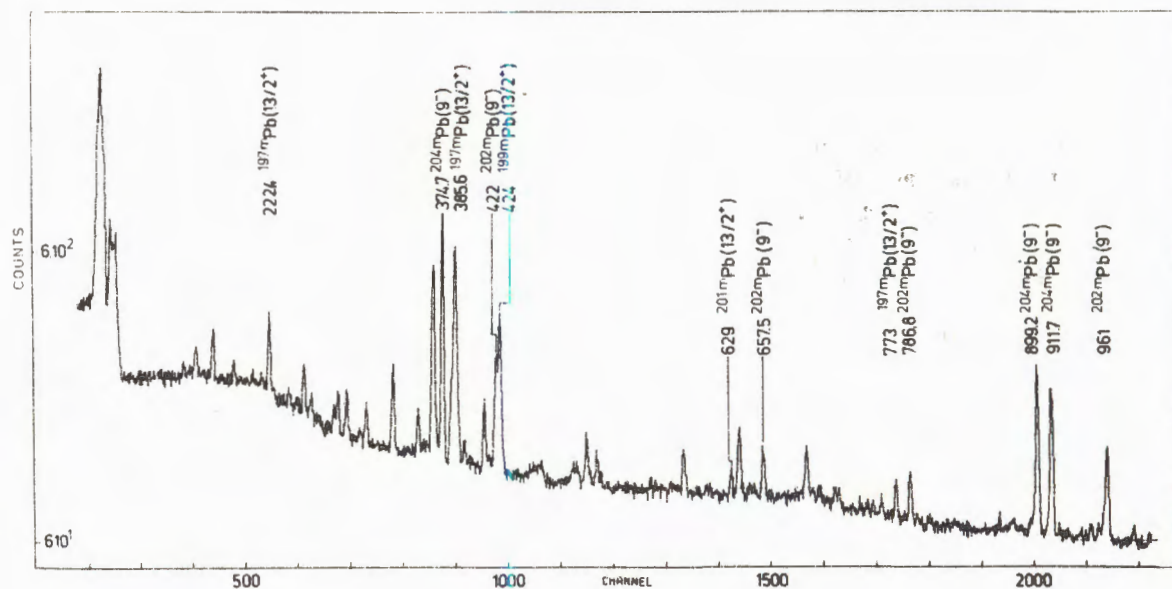
ризационных явлений в ядерных реакциях к механизму реакций.

Исследовано деление ядер тяжелых элементов при взаимодействии с μ^- -мезонами. Полученные результаты измерений вероятности деления изотопов тория, урана, нептуния и плутония позволяют систематизировать абсолютные вероятности деления ядер тяжелых элементов под действием отрицательных мюонов. Анализ данных о вероятности деления при безрадиационных переходах в мезоатомах тяжелых элементов показывает, что присутствие мюона на $1s$ -орбите мезоатома значительно снижает вероятность фотоделения ядра. Сопоставление вероятностей деления под действием мюонов и фотоделения дает новую информацию о структуре барьера деления.

Обнаружено интенсивное образование нейтрондефицитных изотопов, значительно удаленных от полосы бета-стабильности /вплоть до 12-13 массовых единиц/ в реакциях захвата π^- -мезонов ядрами тяжелых элементов. Показано, что в этих реакциях эффективно возбуждаются высокоспиновые ядерные состояния. В отдельных случаях реакция захвата пионов приводит к необычно высоким изомерным отношениям: в реакции $\text{Pb} + \pi^- \rightarrow \text{X} + \text{p} + {}^{198}\text{Tl}$ изомерное отношение: $\sigma_m/\sigma_g = 5,0$. Проведенные эксперименты показывают, что ядерный захват π^- -мезонов может служить новым эффективным методом при исследовании структуры высокоспиновых ядерных состояний.

Исследована реакция

${}^4\text{He} + {}^3\text{H} + \text{n} + \nu$. Показано, что с вероятностью $1,1 \pm 0,1 \cdot 10^{-2}$ на акт захвата реакция осуществляется путем возбуждения промежуточного ядра ${}^{12}\text{B}$ на уровне в интервале 20-35 МэВ. Экспериментальное значение вероятности такого резонансного механизма, исследованного в работах теоретиков ОИЯИ, подтверждает теоретические оценки.



29. Спектр гамма-излучения ядер свинца, полученного при облучении висмута π^- -мезонами.

Спектроскопия

нейтрондефицитных ядер.

Короткоживущие изотопы. Радиохимия

Продолжались эксперименты по программе ЯСНАПП /ядерная спектроскопия на пучке протонов с энергией 670 МэВ/:

1. Завершены детальные исследования сложных схем распада изотопов ^{77}Rb , ^{85}Y , $^{88,89}\text{Nb}$, $^{148,150,152,153,155,157}\text{Dy}$, $^{156,158,160}\text{Ho}$, $^{156,158,160}\text{Er}$, $^{159-162,166}\text{Tm}$, ^{162}Yb и других ядер. Открыты новые изотопы $^{158,159,160}\text{Yb}$, ^{157}Tm , ^{148}Sm , ^{132}Rh . Открыто изомерное состояние ^{156}Ho с $T_{1/2} \approx 1$ мин. Уточнена идентификация ^{156}Er / $T_{1/2} = 19,5$ мин. / Для ядер ^{166}Er , $^{158,160}\text{Dy}$ проведен статистический анализ свойств ядерных уровней с энергией выше 2 МэВ. В этой области энергий возбуждения наблюдается фрагментация двух- и четырехквази-

частичных состояний. Полученная информация существенно пополняет систематику свойств коллективных и квазичастичных состояний. Получено указание на существование anomalно ускоренного бета-перехода первого запрещения при распаде $^{156,160}\text{Er}$.

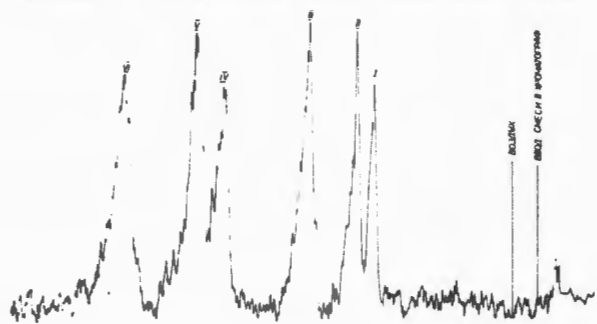
2. Совместно с физиками университета в Сассексе /Англия/ продолжены исследования угловых распределений гамма-излучения от ориентированных ядер. Этим методом изучен распад $^{155,156}\text{Tb}$. Измерены времена жизни и угловые $\gamma\gamma$ -корреляции при распаде возбужденных состояний ядер $^{147,149}\text{Gd}$.

3. Разработан ряд новых быстрых радиохимических методов выделения продуктов ядерных реакций из облученных быстрыми протонами мишеней. Для исследования астата, самого тяжелого галогена, не имеющего стабильных изотопов, разработана оригинальная методика экспрессного выделения астата из горящего урана и новый высокочувствитель-

ный хроматографический метод анализа смесей радиоактивных благородных газов. Этим методом предпринят поиск нейтроноизбыточных ядер $^{222,223,224}\text{At}$ в продуктах глубокого расщепления урана.

Радиохимическая группа обеспечивала широкий круг исследований радиоактивными препаратами 25 химических элементов.

№ на хроматограмме	1	11	111	1У	У	У1
Соединение	F	F	F	Cl	Cl	Cl
Температура кипения	214,4	214,9	221,5	258,6	263,3	264,8



30. Радиохроматограмма шести соединений дигликобензола, содержащих атомы астама.

Мезомолекулярные процессы, электронная структура вещества

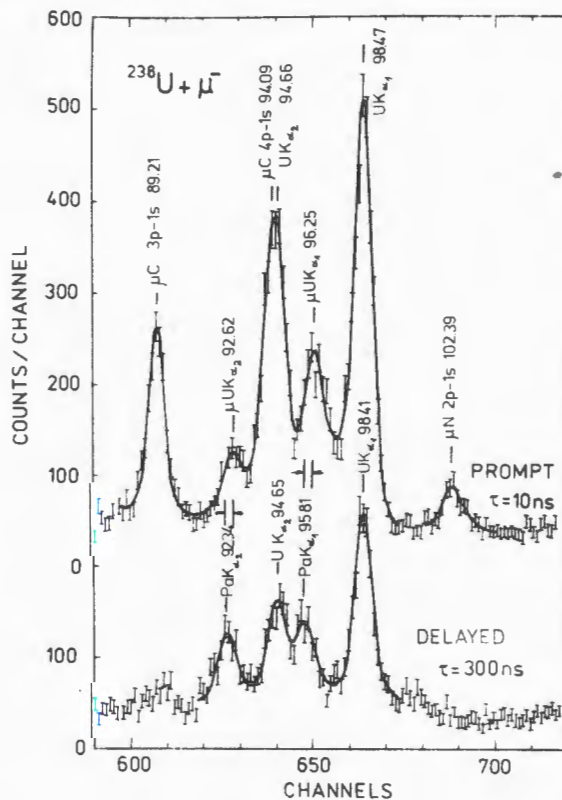
Исследования по мезохимии проводились с целью:

- а/ выяснения механизма образования мезомолекул и их поведения в веществе;
- б/ поиска и исследования физических эффектов, позволяющих с помощью мезонов определять химическую структуру вещества.

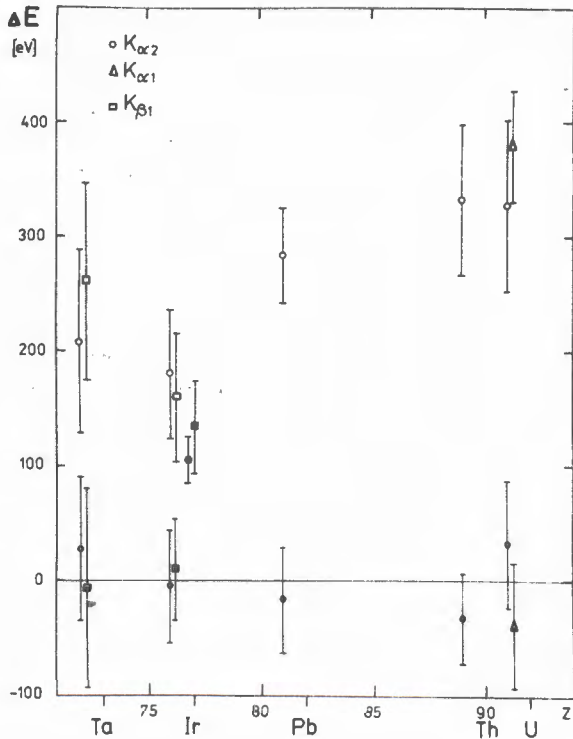
Обнаружено новое явление - эмиссия смещенного электронного рентгеновского излучения при образовании мюонных атомов тяжелых элементов - урана, тория,

иридия, тантала. Эксперименты проводились совместно с физиками ЦЕРНа на мюонном пучке синхроциклотрона ОИЯИ.

В спектре рентгеновского излучения, возникающего одновременно с остановкой мюона, например, в уране / $Z = 92$ /, наблюдаются линии, близкие по энергии к линиям К-серии рентгеновского излучения электронной оболочки протактиния / $Z = 91$ /, но смещенные в сторону больших энергий на несколько сотен электрон-вольт. Эффект может быть объяснен в предположении о том, что наблюдаемое излучение возникает при заполнении вакансий в электронной оболочке мюонного



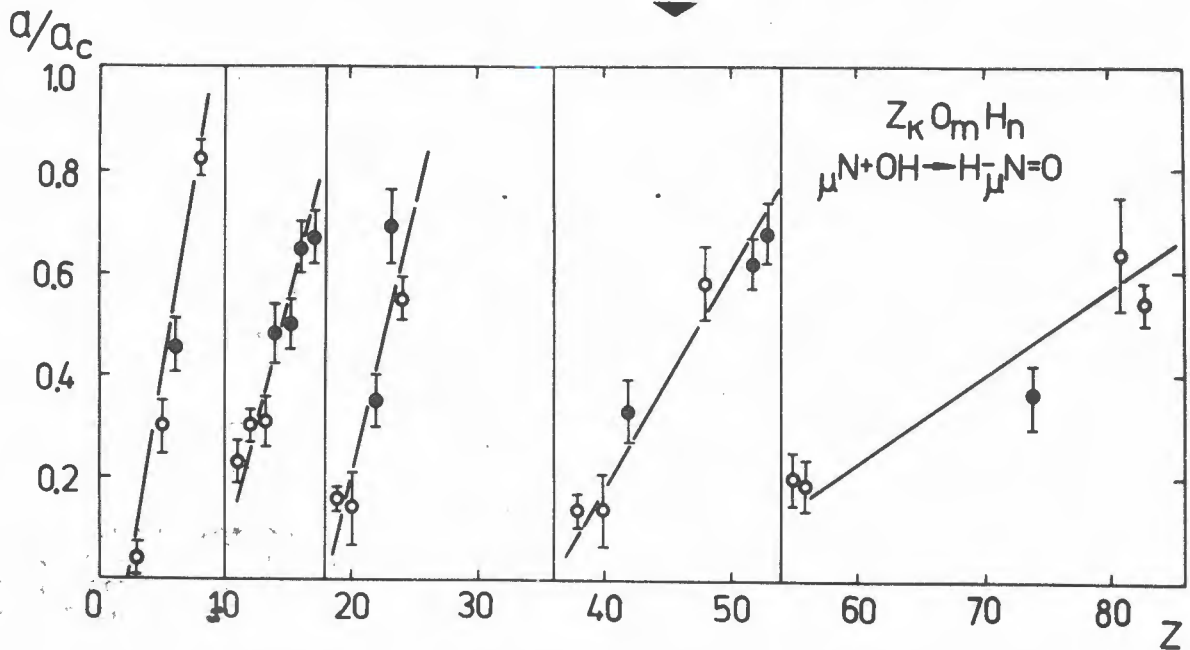
31. Рентгеновские спектры мюонных атомов урана. Верхняя кривая - излучение, испускаемое одновременно с остановкой мюона, нижняя кривая - запаздывающее излучение.



32. Энергетический сдвиг линий K-серии рентгеновского излучения мюонных атомов тяжелых элементов.

атома урана, вызванных мюонными оже-переходами. Так как мюон при этом находится на достаточно высокой орбите / $n_{\mu} = 6-8$ /, вызываемое им экранирование ядерного заряда снижает эффективный заряд ядра меньше, чем на единицу. Это приводит к сдвигу энергии излучения по сравнению с K-серией протактиния. Обнаруженное явление дает новый подход к изучению динамики образования мезоатомов.

33. Зависимость остаточной поляризации μ^{-} -мезонов /по отношению к поляризации в графите/ в кислотах /1/ и гидроксидах / с общей структурной формулой $H_n(OH)_m Z$ от атомного номера элемента Z , измеренная при посадке мюона на атомы кислорода.



Изучены мезорентгеновские спектры мюонных атомов лития. Показано, что интенсивности мезорентгеновских линий зависят от химического состояния лития - металлический литий или гидрид лития. Сравнение с теорией обнаруживает чувствительность метода к начальному распределению мезонов по состояниям с различными орбитальными моментами. Такая информация необходима для понимания начальной стадии захвата мюонов в мезомолекуле.

Измерена остаточная поляризация μ^- -мезонов в кислотах и гидроокисях с общей структурной формулой $Z_k O_m H_n$. Обнаружен периодический характер остаточной поляризации от величины Z , обусловленный измерением характера связи гидроксильной группы OH при прохождении Z по периоду таблицы Менделеева. Этот результат демонстрирует возможность использования деполяризации мю-мезонов в качестве метода для исследования степени ионности химической связи.

Проведены эксперименты по изучению химического состава живых организмов путем регистрации мезорентгеновского излучения. Эксперименты представляют интерес для исследования биохимических процессов в живых организмах и развития методов ранней диагностики /"мюонная" диагностика/.

Теоретические исследования

Рассмотрены электромагнитные эффекты в дифракционном рассеянии адронов при высоких энергиях. Вычислена величина сдвига в положении вакуумного полюса и поправка к значению трехпомеронной константы связи, вызванные вкладом электромагнитных взаимодействий. Показано, что вклады интерференции электромагнитных и сильных взаимодей-

ствий в собственно-энергетическую часть померона могут взаимно сократиться. В то же время двухфотонная собственно-энергетическая часть не может быть скомпенсирована и не экранируется сильными взаимодействиями в известных вариантах теории померона.

Проанализированы известные экспериментальные данные об инклюзивных спектрах реакции $pp \rightarrow pX$. Получены наборы значений трехреджонных констант связи, необходимые для расчета диаграмм, описывающих широкий круг процессов при высоких энергиях. В частности, появляется возможность корректного вычисления энергетического роста полного сечения pp -рассеяния. В отличие от существующих обработок, в анализе учтена интерференция померона со вторичными траекториями и найдено несколько решений. На этой основе сделаны предсказания для экспериментов, проводимых в NAL совместно с ОИЯИ.

Продолжены исследования по теории взаимодействия частиц высокой энергии с ядрами. В рамках теории многократного рассеяния установлена связь между инклюзивными спектрами частиц, рожденных на протонах и сложных ядрах. Разработана методика учета принципа Паули в процессах перезарядки частиц на атомных ядрах с учетом эффектов взаимодействия в начальном и конечном состояниях. Проанализирована роль эффектов нестабильности в процессах некогерентного рождения резонансов на ядрах. Изучено пороговое по переданному импульсу поведение сечений некогерентного рождения частиц на ядрах в недифракционных процессах. Разработана схема анализа поляризационных эффектов в процессах дифракционной диссоциации пионов на ядрах, исследование которых позволит получить дополнительную информацию о взаимодействии нестабильных систем с нуклонами.

Крупные экспериментальные установки.

Новые методы исследования. Электроника

Получено 70 тысяч фотографий на пьезоэлектрическом магнитном искровом спектрометре при осуществлении программы исследования дифракционной диссоциации пионов с импульсом 40 ГэВ/с на ядрах. Для обеспечения необходимой точности измерения импульса вторичных частиц и высокой эффективности отбора и регистрации многочастичных событий проведен ряд методических работ: а/ измерена топография магнитного поля в 8 м^3 рабочего объема спектрометра. Напряженность поля измерена в 20000 точек с точностью лучше 0,1%; б/ введена в эксплуатацию оригинальная система высоковольтного питания искровых камер, обеспечивающая высокое перенапряжение на камерах и укорочение импульса с помощью шунтирующих разрядников; в/ смонтировано оборудование, прибывшее из ЦЕРНа для совместного проведения эксперимента /охранные сцинтилляционные счетчики, быстрая электроника, ЭВМ HP2100A/.

Получены треки электронов в водородной стримерной камере. Необходимая для фотографирования яркость треков достигается при давлении водорода от 0,25 до 1 атм при относительно низкой напряженности импульсного поля - 27 кВ/см. Этот результат получен за счет использования "длинного" высоковольтного импульса /режим самошунтирования/ и введения малых добавок /~ 0,5%/ метана. Разработанная методика представляет собой важный шаг в создании стримерных камер с водородным наполнением.



34. Фотография следа электрона в стримерной камере, наполненной водородом при атмосферном давлении с 0,5%-ной примесью метана.

Создан высокоинтенсивный пионный пучок для медико-биологических и физических исследований. Пионы, генерируемые протонным пучком в мишени, фокусируются с помощью широкоугольной магнитной линзы с аксиально-симметричной конфигурацией поля. Эта оригинальная фокусирующая система имеет исключительно высокий аксептанс: телесный угол захвата пионов составляет около 0,44 ср. В фокусе линзы создается "пионное изображение" мишени с плотностью потока и плотностью остановок пионов на один-два порядка выше, чем в других пионных пучках, созданных на ускорителях. Это открывает новые возможности для проведения медико-биологических и физических исследований: мощность дозы в пучке ~400 бэр/час достаточна для проведения целого ряда радиобиологических и некоторых клинических исследований по лучевой терапии онкологических больных; пучок представляет несомненный интерес и для проведения физических экспериментов, в которых нуж-

ны высокие интенсивности и плотности остановок пионов. Обнаружение эффективного возбуждения высокоспиновых состояний нейтродефицитных изотопов в реакциях π -захвата - результат одного из экспериментов, проведенных на новом пучке в 1974 году.

Основные параметры пионного пучка
для медико-биологических
и физических исследований

Мишень		Cu	
Поток протонов (р/сек)		$(1,1 \pm 0,1) \cdot 10^{12}$	
Дисперсия пробега пионов в H_2O (см)		$0,8 \pm 0,1$	
Эффективная площадь пучка пионов (cm^2)		82 ± 20	
		π^-	π^+
Поток (π /сек)		$(0,9 \pm 0,3) \cdot 10^7$	$(3,6 \pm 0,9) \cdot 10^7$
Максимальная плотность потока ($\pi/cm^2 \cdot сек$)		$(1,05 \pm 0,15) \cdot 10^5$	$(4,2 \pm 0,6) \cdot 10^5$
Максимальная плотность остановок в H_2O ($\pi/cm^2 \cdot сек$)		$(0,54 \pm 0,08) \cdot 10^5$	$(2,3 \pm 0,4) \cdot 10^5$
Доза на входе кривой Брегга (рад/мин)		$1,4 \pm 0,1$	$2,8 \pm 0,2$
Доза в пике (рад/мин)		$3,0 \pm 0,2$	$4,9 \pm 0,4$
Примесь μ^- -мезонов по отношению к π^- -мезонам		1%	
Примесь π^+ -мезонов в пучке π^- -мезонов		2%	
Поток электронов в пучке π^- -мезонов ($e^-/cm^2 \cdot сек$)		$(3 \pm 10) \cdot 10^4$	

Завершена разработка протонной поляризованной мишени нового типа - "замороженной" поляризованной мишени. Возможность создания таких мишеней была открыта в процессе по получению сверхнизких температур методом растворения гелия-3 в гелии-4. В настоящее время этот метод, впервые разработанный в ОИЯИ, широко используется в мире. Большая холодопроизводительность

установок, основанных на растворении 3He в 4He , позволяет охлаждать мишени до температуры в несколько сотых долей градуса Кельвина. Поляризованная мишень, введенная в действие, имеет большие преимущества перед мишенями обычного типа: высокая степень поляризации /~80%/ , удобное время релаксации /порядка сотен часов/, возможность работы в магнитах с большим зазором и малой напряженностью /~0,5 Т/. Эти качества мишени открывают широкие возможности для исследования поляризационных эффектов во взаимодействиях адронов высоких энергий.

Введена в действие модель ионного источника поляризованных протонов для синхроциклотрона. Основными узлами модели являются: диссоциатор, шестиполусной магнит, высокочастотный поляризатор, ионизатор и поляриметр. Атомный пучок в ионизаторе имеет интенсивность $5 \cdot 10^{14}$ ат/с, ток поляризованных протонов на выходе ионизатора составляет 0,1 мкА. Степень поляризации /~75%/ определяется новым эффективным методом измерения поляризации ионов с энергией от 1 до 4 кэВ, что позволяет определять поляризацию протонов до их ускорения в синхроциклотроне.

Введен в действие прибор для автоматического измерения средней энергии протонов в пучке синхроциклотрона. Прибор основан на предложенном в ОИЯИ методе измерения средней энергии протонов с использованием двойного отражения излучения Вавилова-Черенкова.

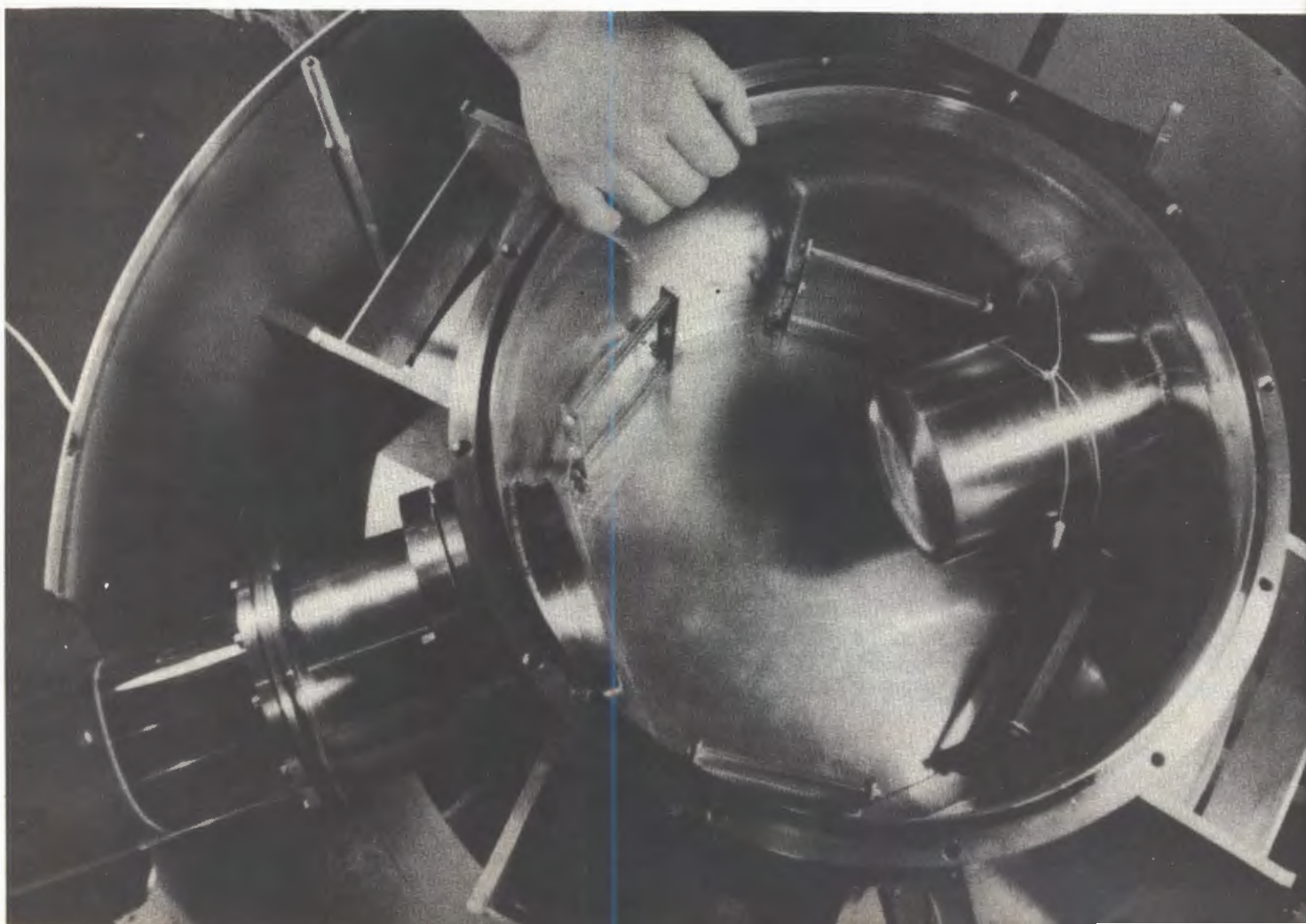
Развивался лабораторный центр накопления и обработки информации. Значительно расширены возможности вычислительных машин центра: на ЭВМ HP-2116C расширена оперативная память, внедена в действие дисковая операционная система и операционная сис-



Монтаж и настройка установки.

На мюонном пучке синхроциклотрона смонтирована установка для измерения асимметрии углового распределения заряженных частиц, испускаемых при ядерном мю-захвате.

Блок пропорциональных счетчиков для выделения остановок мюонов и измерения ионизационных потерь испускаемых заряженных частиц.



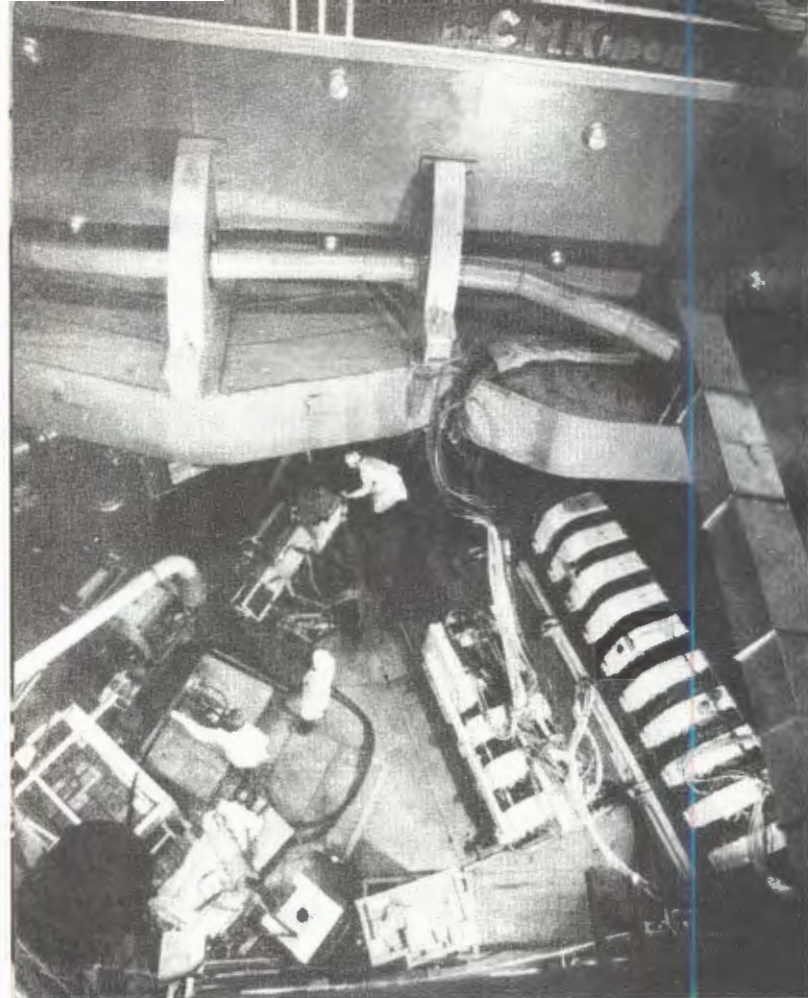


Криогенная система со сверхпроводящим магнитом /на снимке справа/ и система измерения степени поляризации водорода.

Разработана протонная поляризованная мишень "замороженного" типа.

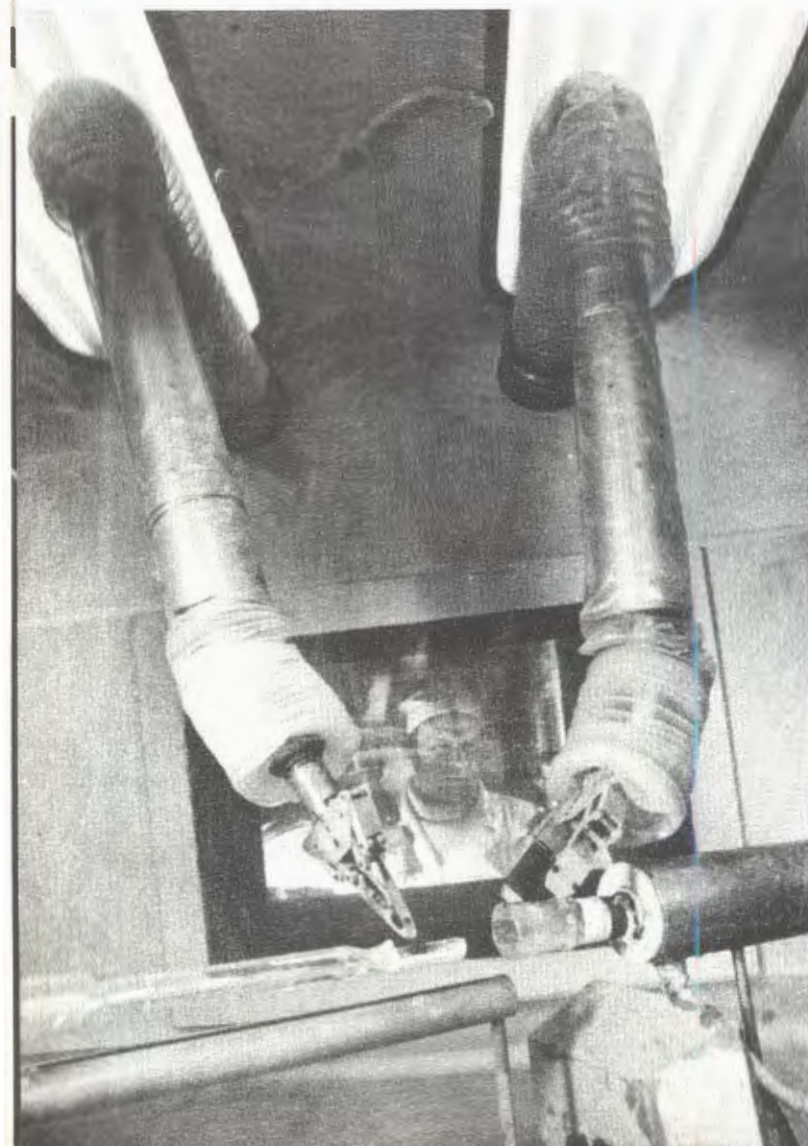
Низкотемпературная ступень охлаждения, работающая в режиме 0,02К. Справа - внутренняя часть ступени - резонатор, заполняемый водородсодержащим веществом /пропандиол/, и волноводный тракт.





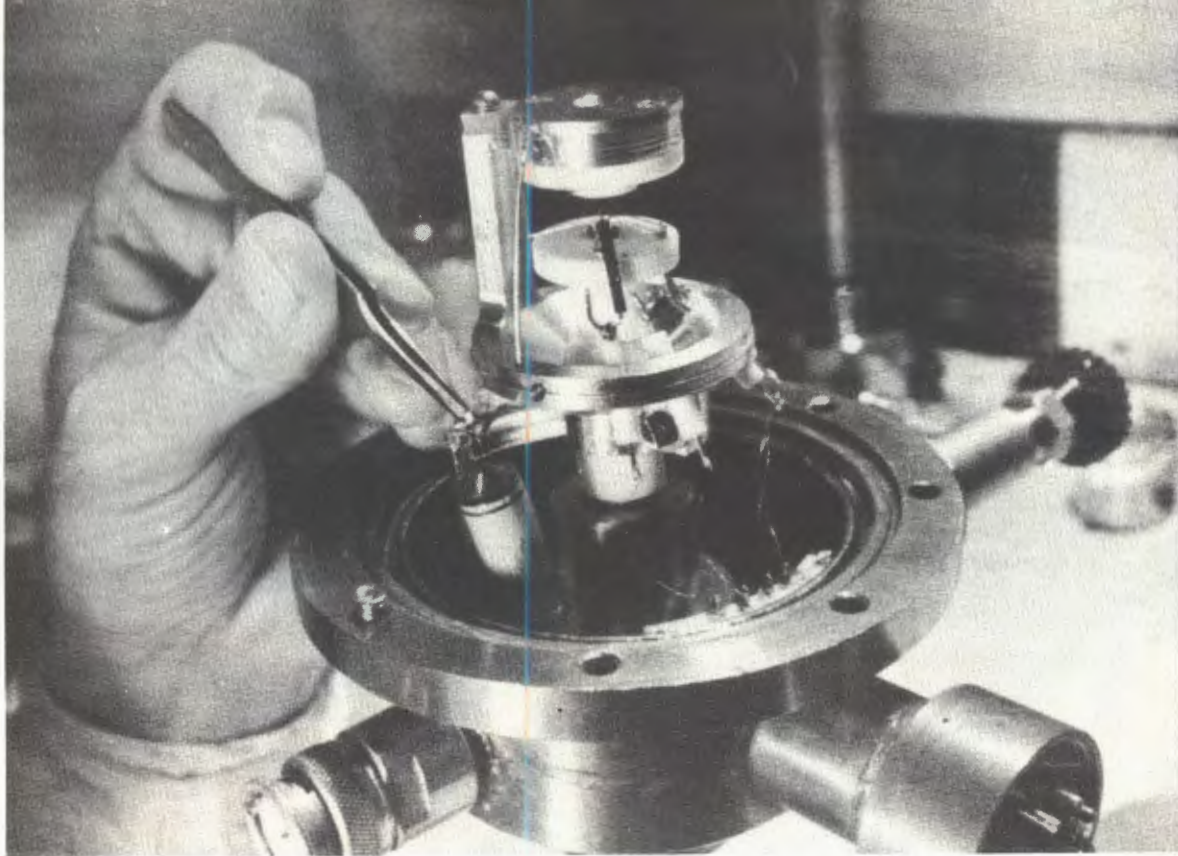
Экспресс-обработка гамма-спектров короткоживущих изотопов, исследуемых по программе ЯСНАПП, в измерительном центре Лаборатории ядерных проблем

Установка пневмопочты на выведенном пучке протонов синхроциклотрона для доставки облученных мишеней к масс-спектрометру.



Быстрое газотермохроматографическое выделение изотопов аста из урана, облученного протонным пучком синхроциклотрона. Время выделения около 5 минут.



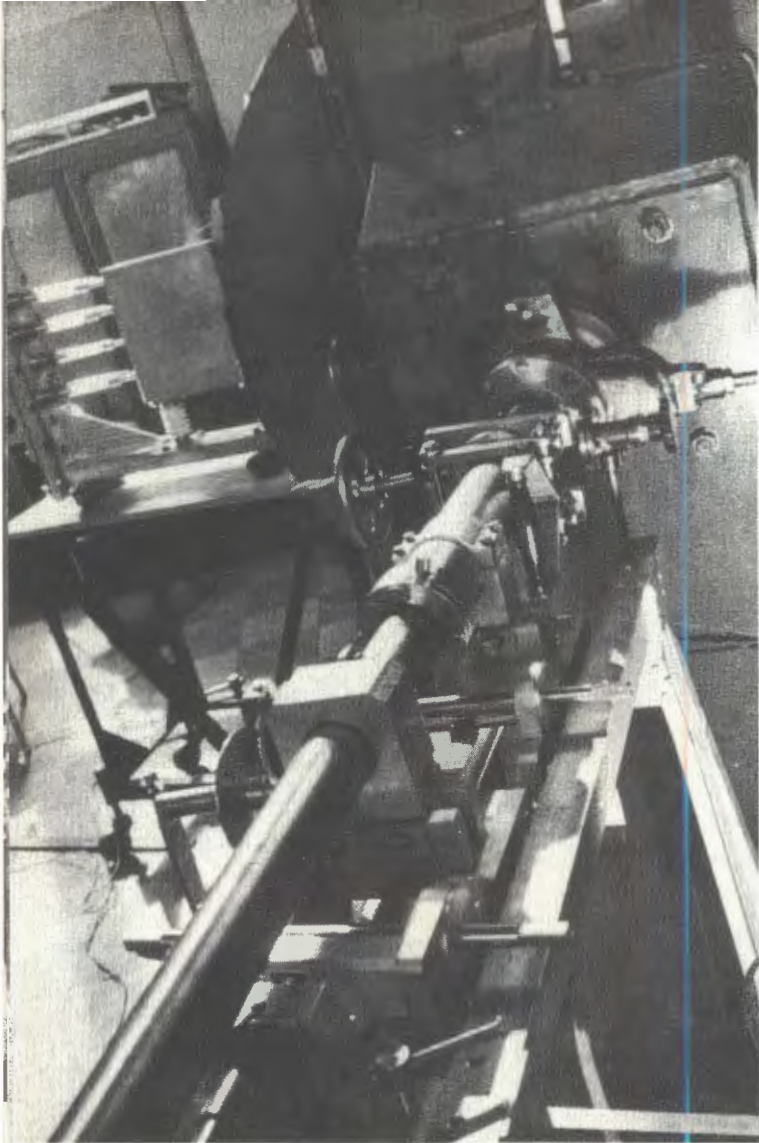


Si(Li) - детектор с охлаждаемым каскадом предусилителя для спектрометрии рентгеновского излучения и электронов конверсии. Разрешающая способность для гамма-квантов с энергией 6,4 кэВ составляет 280 эВ.

Установка Si(Li) - детектора в головку с охлаждаемым каскадом предусилителя. ▶

Газотермохроматографический анализ органических производных аста. Метод позволяет анализировать химическое состояние аста в количестве 10^{-14} - 10^{-16} г.





Стенд для исследования ионных источников, разрабатываемых в лаборатории.



Источник поляризованных ионов для установки "Ф". На снимке: настройка поляриметра для измерения поляризации частиц на выходе источника.

Продолжается разработка прототипа изохронного циклотрона У-120М.

Ферромагнитные шиммы и полюсной диск в ускорительной камере.

Рабочее совещание по вопросам изготовления узлов циклотрона в Центральных экспериментальных мастерских Института.



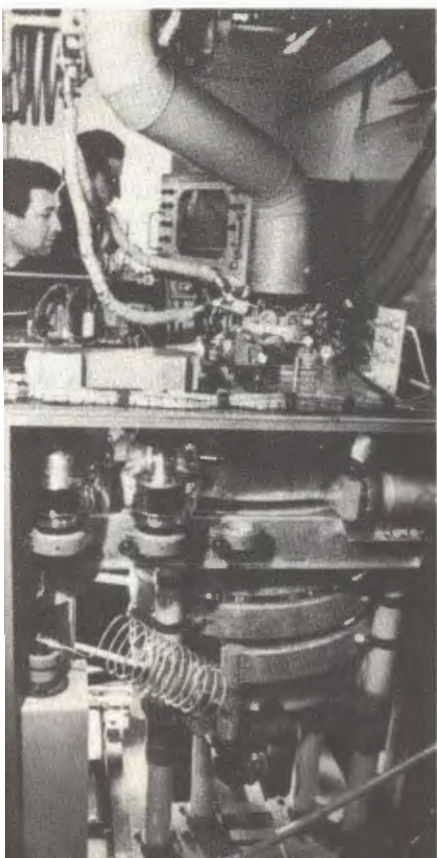


Измерения в магнитной системе циклотрона.

Регулировка натяжения струн на основе дуанта.



*Наладка оконечного каскада
высокочастотного генератора.*



тема реального времени и ряд служебных программ; введена в действие новая цифровая печать ЭВМ М-6000 и создана эффективная модификация транслятора с ассемблера; введен осциллограф со световым карандашом на ЭВМ Минск-22, испытывается система двухсторонней связи с БЭСМ-6, введен в строй комплекс программ ЭПОС, позволяющий автоматически обрабатывать спектры в процессе эксперимента.

Продолжалась разработка системы цифровых электронных блоков в стандарте КАМАК: разработано 10 новых типов блоков, изготовлено и налажено более 70 блоков. 4 системы блоков используются в экспериментах по исследованию процессов дифракционной диссоциации пионов на ядрах /МИС ОИЯИ/, по поиску радиоактивности нового типа при взаимодействии протонов 70 ГэВ с ядрами, по изучению рассеяния пионов на гелии, измерению коэффициента корреляции поляризации в нуклон-нуклонном рассеянии и др.

Разработаны новые логические электронные блоки наносекундного диапазона на интегральных схемах. Продолжена разработка прецизионных спектрометрических устройств для временного и амплитудного анализа импульсов от полупроводниковых детекторов. На базе этих устройств создан рентгеновский спектрометр с разрешением 290 эВ на линии 6,4 кэВ, который используется в экспериментах по программе ЯСНАШ в Лаборатории ядерных реакций. Разработан предусилитель для работы с нагрузками до 10^7 имп/с при энергетическом разрешении 60 - 100 кэВ и емкости детектора до 500 пФ. Аппаратура такого типа используется в совместных экспериментах ОИЯИ с NAL /Батавия/.

Разработана технология изготовления кремниевых и германиевых детекто-

ров методом ионного легирования. На кремниевых имплантированных детекторах площадью до $1,5 \text{ см}^2$ получено разрешение 20 кэВ при энергии альфа-частиц 5,5 МэВ и на германий-литиевых имплантированных детекторах объемом до 1 см^3 - 570 эВ для энергии гамма-лучей 60 кэВ. Разработаны методы получения качественных р-п-переходов на сверхчистом германии.

Разработки
в области ускорителей

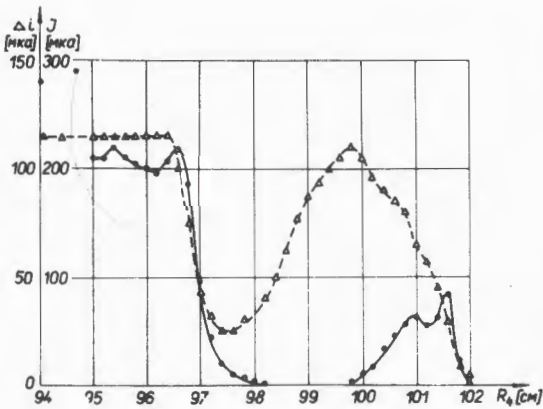
Проведен большой объем работ, связанных с реконструкцией синхроциклотрона ОИЯИ в сильноточный фазотрон:
а/ выполнен технический проект системы вывода протонного пучка, основанный на использовании ферромагнитных элементов и проект головной части железотокового канала. Железотоковый канал испытан в макетном исполнении;

б/ разработан и введен в опытную эксплуатацию макет системы стабилизации частоты модуляции ускоряющего напряжения, изготовлены, смонтированы и испытаны на стенде основные узлы модели аксиального инжектора ионов;

в/ успешно проведена опытная эксплуатация на действующем синхроциклотроне вариатора частоты с профилем лопаток установки "Ф" и системы высокочастотной растяжки во времени выведенного протонного пучка.

Продолжена разработка прототипа изохронного циклотрона У-120М. Смонтирован и налаживается высокочастотный генератор мощностью 150 кВ; закончено моделирование структуры магнитного поля; введена в действие система управления ускорителем на основе ЭВМ, изготовлена система автонастрой-

ки высокочастотного резонатора ускорителя, изготовлена часть узлов циклотрона.



35. Эффект расширения замкнутых орбит. Радиальное распределение тока ускоренных электронов в электронной модели циклотрона с жесткой фокусировкой. Δi - ток на дифференциальную мишень / $\Delta R = 2$ мм/, I - ток на интегральную мишень / $\Delta R = 26$ мм/.

Экспериментально доказано существование эффекта расширения замкнутых орбит в секционированных структурах магнитных полей циклических ускорителей. Ранее в ОИЯИ было показано теоретически, что понижение глубины вариации поля в районе предельных орбит в таких ускорителях может вызывать значительное расширение орбит на протяжении одного оборота. В экспериментах на электронной модели сильноточного протонного циклического ускорителя получено полное разделение эмиттансов пучка на предельной орбите. Величина разделения по радиусу составляет 2,5-3 см при незначительном искажении поперечных эмиттансов и без потери интенсивности пучка.

Использование эффекта решает кардинальную проблему, возникающую при разработке сверхсильноточных ускорителей

со стационарным магнитным полем - обеспечение 100%-ного вывода пучка. Это создает хорошие перспективы для дальнейшего развития мезонных фабрик на основе сверхмощных циклических ускорителей, способных дать средние токи, в 20 - 100 раз большие, чем подобные установки, создаваемые на базе линейных ускорителей.

Работа синхроциклотрона

№№ пп	Вид работы	Время /в часах/	%
1.	Экспериментальные работы по физике	5.820	89
2.	Исследования отдела синхроциклотрона	160	2,4
3.	Подготовка к работе физической аппаратуры и технологическая подготовка ускорителя	490	7,5
4.	Эксплуатационные простои	90	1,4
5.	Ремонтные и монтажно-наладочные работы	1830	
6.	Работа мезонного тракта	2070	
7.	Работа системы "магнитной растяжки"	1940	
8.	Работа протонного тракта	1135	
9.	Работа системы "ВЧ-растяжки"	985	

Лаборатория ядерных реакций

Основные усилия коллектива лаборатории в течение истекшего года были направлены на синтез 106 элемента, на работы по совершенствованию ускорителей У-300 и У-200 и создание нового ускорителя У-400, на расширение ассортимента ускоряемых ионов, повышение интенсивности и энергии пучков ионов хрома, железа на циклотроне У-300 и ионов ксенона на системе тандем-циклотронов лаборатории. Успешно завершился совместный эксперимент с группой физиков Орсеэ /Франция/ по изучению механизма взаимодействия ядер. Широкое развитие получили работы по использованию пучков тяжелых ионов для решения научно-технических задач и совершенствованию методов активационного анализа.

Научно-исследовательские работы

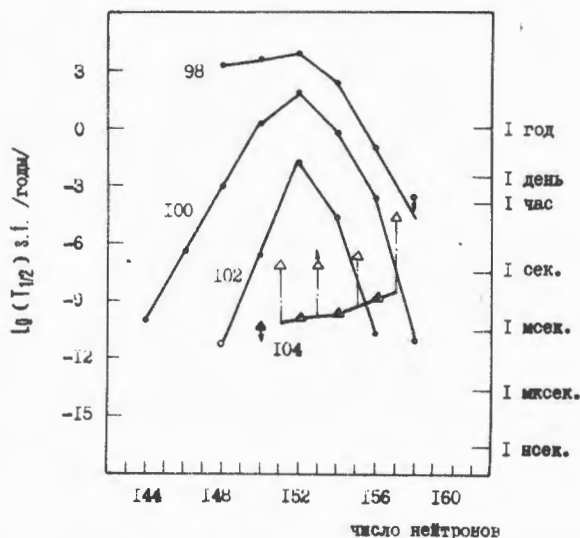
Синтез и исследование свойств трансфермиевых элементов

1. Предложен новый метод синтеза тяжелых элементов, использующий мишени из стабильных элементов и ускоренные на циклотроне У-300 ионы с массой ≥ 40 а.е. Показано, что если в качестве мишени используются "магические" ядра ^{208}Pb или его соседей, которые бомбардируются ионами аргона, титана, хрома и т.д., то образующиеся составные ядра оказываются слабо возбужденными и переходят в основное состояние путем испускания 2 или 3 нейтронов. В специальных экспериментах было показано, что при облучении ^{208}Pb ионами от ^{40}Ar до ^{54}Cr не происходит увеличения барьера взаимодействия. Были измерены сечения образования легких изотопов ^{244}Fm и ^{246}Fm в реакциях $^{206,207,208}\text{Pb} + ^{40}\text{Ar}$.

Полученные экспериментальные значения сечений реакции ($^{40}\text{Ar}, xn$) при $x = 1, 2, 3, 4$ свидетельствуют, что с наибольшей вероятностью из составного ядра испускаются 2 или 3 нейтрона, в отличие от того, что имеет место при образовании ядер с $Z \geq 100$ в реакциях с ядрами меньшей массы, где наиболее вероятными являются реакции с испарением 4 или 5 нейтронов.

Если при синтезе трансфермиевых элементов в качестве мишени использовать свинец, вместо редких и сильно активных изотопов Pu, Cm, Cf, то полностью исключается фон спонтанного деления как от соседних ядер, так и от спонтанно делящихся изомеров, что позволяет применять высокочувствительную и экспрессную методику для обнаружения ядер по спонтанному делению. Это обстоятельство было использовано при синтезе нейтронодефицитных изотопов курчатовия в реакции $\text{Pb} + \text{Ti}$. В реакции $^{207}\text{Pb}(^{50}\text{Ti}, 2n)^{255}\text{Ku}$ был синтезирован изотоп ^{255}Ku с периодом полураспада по спонтанному делению ~ 4 с, а в реакции $^{208}\text{Pb}(^{50}\text{Ti}, 2n)^{256}\text{Ku}$ синтезирован изотоп ^{256}Ku с периодом полураспада по спонтанному делению 5 мкс.

Полученные результаты существенным образом меняют представления о стабильности тяжелых ядер относительно спонтанного деления. Если для четных изотопов Cf, Fm и 102 элемента имеет место значительное повышение стабильности /в $10^6 - 10^{12}$ раз/ вблизи $N = 152$, то для четных изотопов Ku такой эффект отсутствует и периоды спонтанного деления плавно возрастают /не более чем в 100 раз/ при переходе от $N=152$ к $N=156$. Величины сечений образования изотопов Fm и Ku показали, что новый метод должен быть еще более эффективным при синтезе 106 элемента в реакции $\text{Pb} + ^{54}\text{Cr}$. Действительно, в результате многочисленных экспериментов было по-

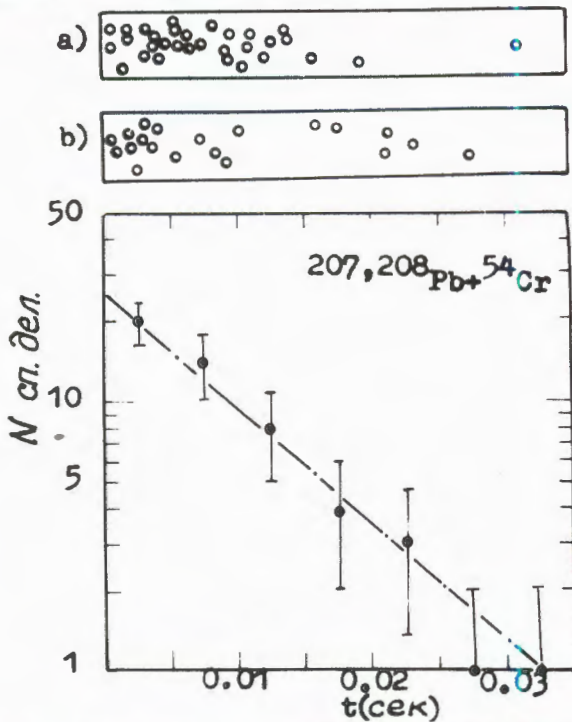


36. Систематика периодов спонтанного деления для различных изотопов элементов с атомными номерами 98, 100, 102, 104. В систематику включены новые данные по периодам спонтанного деления изотопов $^{250}\text{102}$, $^{254}\text{104}$, $^{255}\text{104}$, $^{256}\text{104}$. Черные треугольники соответствуют четно-четным изотопам Ku, открытые — нечетным.

казано, что при облучении изотопов ^{207}Pb и ^{208}Pb яонами ^{54}Cr в реакциях с испусканием из составного ядра 2 и 3 нейтронов образуется изотоп $^{259}\text{106}$, который испытывает спонтанное деление с периодом полураспада $\sim 0,01$ с. Столь значительное время жизни 106 элемента свидетельствует о существенном повышении стабильности тяжелых ядер и является непосредственным указанием на возможность существования сверхтяжелых элементов в области $Z \geq 110$. С другой стороны, разработанный в ОИЯИ метод синтеза трансфермиевых элементов открывает широкие перспективы для продвижения в область еще более тяжелых элементов.

2. На анализаторе нейтронов деления, работающем на линии с малой ЭВМ ТРА-1001 и имеющем эффективность ре-

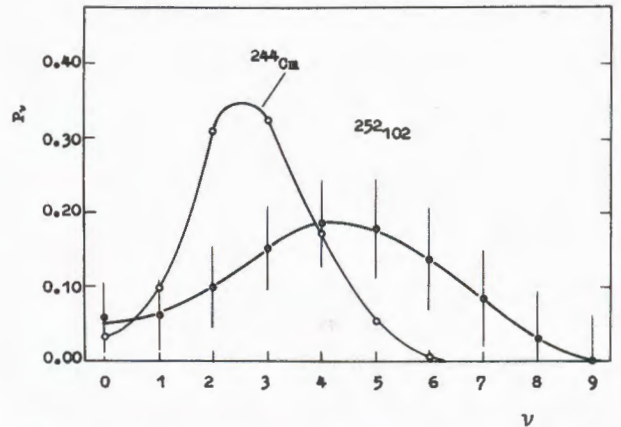
гистрации нейтронов 45%, проводилось измерение средних характеристик мгновенных нейтронов, возникающих при спонтанном делении тяжелых короткоживущих ядер, получаемых в ядерных реакциях



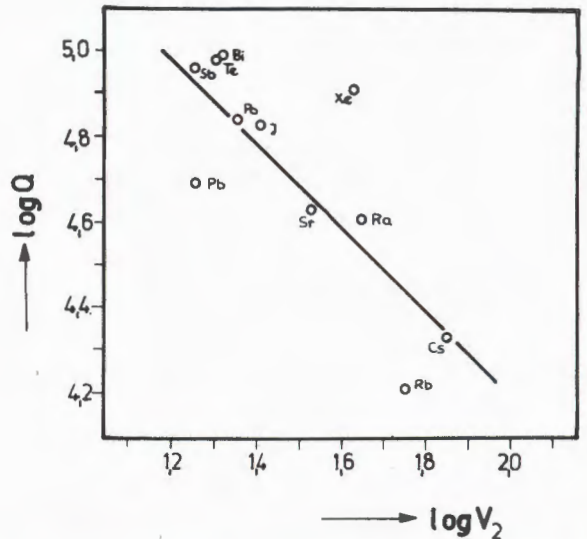
37. Временное распределение треков осколков спонтанного деления изомера ${}^{259}\text{Iob}$, образующегося в реакциях: а/ $207\text{Pb} + {}^{54}\text{Cr}$ и в/ $208\text{Pb} + {}^{54}\text{Cr}$.

на пучке тяжелых ионов ускорителя У-300. Для изотопа 102 элемента с массовым числом 252 и периодом полураспада 2,4 с, получаемого в реакции ${}^{235}\text{U}({}^{22}\text{Ne}, 5n)$ ${}^{252}\text{102}$, определено среднее число мгновенных нейтронов на акт спонтанного деления: $\bar{\nu} = 4,15 \pm 0,3$ относительно $\bar{\nu} = 2,69 \pm 0,01$ для спонтанного деления ${}^{244}\text{Cm}$. Измерено также распределение по числу испускаемых нейтронов P_ν .

3. Осуществлено разделение трудно анализируемой смеси иода, астата и ртутки на термохроматографической колонке,



38. Распределения числа нейтронов $\{P_\nu\}$, испускаемых при спонтанном делении ${}^{252}\text{102}$ и ${}^{244}\text{Cm}$.



39. Зависимость энергии активации от атомного объема диффундирующих атомов $/\phi$ в кал., V_2 в см^3 / для металлического α -тория.

наполненной кварцевым порошком с нанесенным на его поверхность серебром. В качестве газа-носителя использовался воздух. Методика может быть использована для разделения названных элементов и их сверхтяжелых гомологов при

работе непосредственно на пучке ускорителя.

4. Исследовалась кинетика улетучивания продуктов ядерных реакций из окиси тория в интервале температур $1350 \pm 1800^\circ\text{C}$. Показано, что скорость улетучивания зависит от радиуса диффундирующего иона и свободной энтальпии образования его окиси. Определены эффективные коэффициенты диффузии в окиси тория для целого ряда элементов. Аналогичные эксперименты проводились с металлическим α -торием в интервале температур $960-1330^\circ\text{C}$. Эмпирически найдены корреляции между атомными объемами диффундирующих атомов главных подгрупп, коэффициентами диффузии и энергией активации. Эти данные необходимы для проектирования различных методов разделения продуктов ядерных реакций, основанных на летучести окислов. Полученные корреляции позволяют по диффузионному поведению новых элементов делать заключения об их основных физико-химических свойствах.

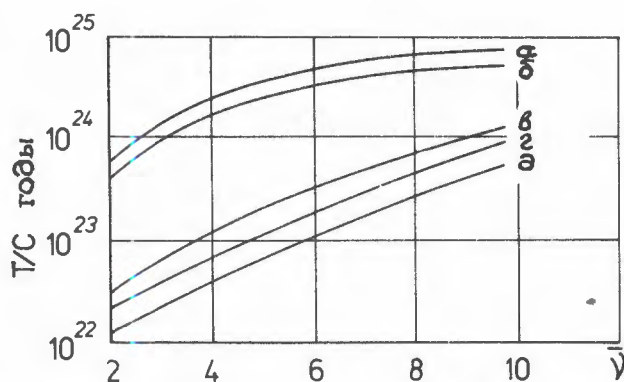
Поиск изотопов

сверхтяжелых элементов

в природных материалах

1. Продолжались эксперименты по поиску сверхтяжелых элементов в природе. На установке для регистрации множественного испускания нейтронов, помещенной в соляную шахту, определен предел содержания сверхтяжелых элементов в метеоритах типа углистых хондритов. Эти метеориты представляют особый интерес в связи с гипотезой, связывающей существование аномального избыточного содержания тяжелых изотопов ксенона в углистых и неравновесных хондри-

тах со спонтанным делением сверхтяжелых элементов. Измерения проводились с метеоритами Ефремовка, Алленде и Саратов с избыточным содержанием изотопа ^{136}Xe и указали на возможное присутствие в них примеси сверхтяжелых элементов с концентрацией $\approx 10^{-15}\text{г/г}$. Предел чувствительности методики обусловлен спонтанным делением примеси урана и взаимодействием космического



40. Зависимость величины T/C от среднего числа нейтронов $\bar{\nu}$, сопровождающих деление гипотетического сверхтяжелого элемента / T - период полураспада гипотетического излучателя, C - его концентрация в весовых долях/. a - уран, b - свинец, v - Саратов, g - Алленде, d - Ефремовка.

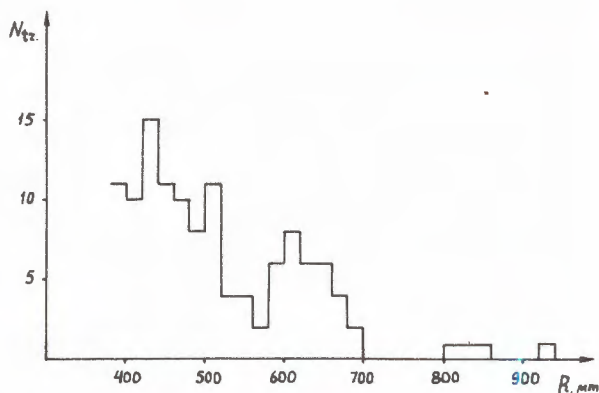
излучения с веществом метеорита. Наблюдаемый эффект спонтанного деления превышает возможные источники фона, но абсолютная величина активности чрезвычайно мала, и трудно провести надежную идентификацию возможного излучателя.

2. С помощью нейтронного детектора и больших пропорциональных счетчиков были проведены поиски спонтанного деления сверхтяжелых элементов в железомарганцевых конкрециях, извлеченных с глубины 5000 м в Тихом океане. Проводилось химическое обогащение отдельных

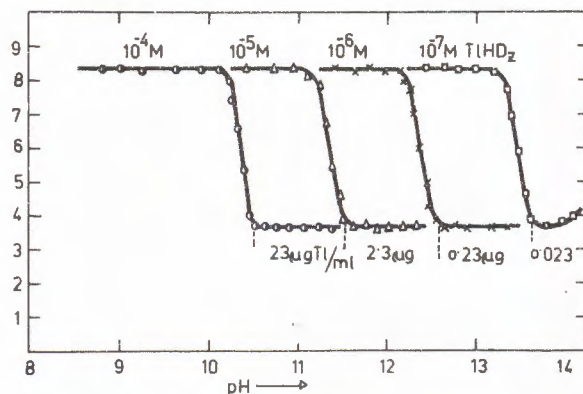
элементов и анализировались переработанные и обогащенные образцы. Результаты, полученные без химической переработки с помощью нейтронного детектора, дают верхний предел содержания сверхтяжелых элементов в конкрециях, соответствующий $T/C \geq 1/3 \div 6 \cdot 10^{23}$ лет при $\bar{\nu} \geq 5$ / T - период полураспада искомого элемента, C - его концентрация/.

Более высокие пределы T/C получаются для элементов с $Z = 112-115$, если предполагать, что эффективность их химического обогащения была такой же, как у легких аналогов. Нижние пределы T/C для экартути и экаталлия - $5 \cdot 10^{23}$ лет, для экасвинца - $2 \cdot 10^{24}$ лет, для экависмута - $4 \cdot 10^{24}$ лет. Указанные пределы близки по чувствительности к той, что требуется для поисков в конкрециях сверхтяжелых ядер космического происхождения.

3. Проведено систематическое исследование 100 мм^3 оливинов из различных локализаций в метеорите Марьялахти, расположенных на глубине от $4 \div 6$ до $10 \div 12$ см от его доатмосферной поверхности /глубина 5 см от первоначальной доатмосферной поверхности соответству-



41. Распределение длин следов космических ядер в области $Z \geq 70$ /длины следов $\geq 360 \text{ мкм}/$, полученных при просмотре 40 мм^3 оливинов из поверхностных участков метеорита Марьялахти.



42. Влияние pH на область субстехиометрического вытеснения Tl из $TlHD_z$ в зависимости от абсолютной концентрации $TlHD_z$ в органической фазе. По оси ординат отложена активность раствора в произвольных единицах, по оси абсцисс - отрицательный логарифм концентрации водородных ионов.

ет области энергий тяжелых космических ядер $\geq 2 \text{ ГэВ/нуклон}/$. Получен спектр длин следов космических ядер в области $Z \geq 70$ /длины следов $\geq 360 \text{ мкм}/$. Если предполагать, что группа следов длиной свыше 580 мкм обусловлена космическими ядрами $Th - U$, то их распространенность по отношению к ядрам группы железа составляет $\leq 6 \cdot 10^{-7}$, что согласуется с данными, полученными с помощью ядерной эмульсии и пластиков. Однако, ввиду отсутствия калибровочных данных по длинам треков в оливинах для ядер с $Z > 36$, нельзя исключить предположения, что группе ядер с $Z \geq 90$ соответствуют треки длиной $> 800 \text{ мкм}$, что уменьшит их относительную распространенность примерно в $10-20$ раз.

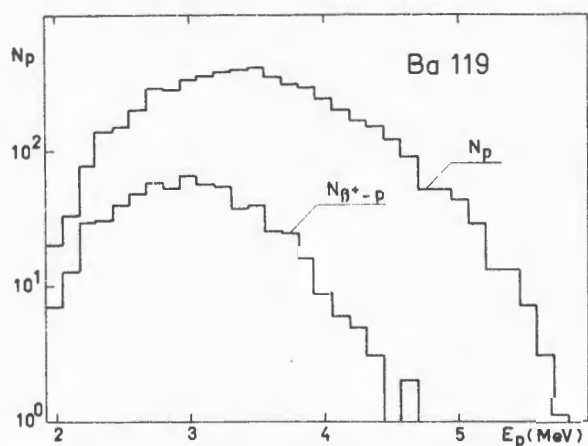
4. В процессе поисков сверхтяжелых элементов в природных средах был разработан новый метод определения содержания таллия в широком диапазоне концентраций. Применялось изотопное разбавление с использованием ^{202}Tl / $T_{1/2} = 12 \text{ дней}/$ в качестве метчика

в разработанном методе субстехиометрического вытеснения. Метод был использован для определения содержания Tl в различных образцах: минералы, осадки, ионные обменники и т.д. в диапазоне концентраций от нескольких процентов до 10^{-4} %.

Изучение

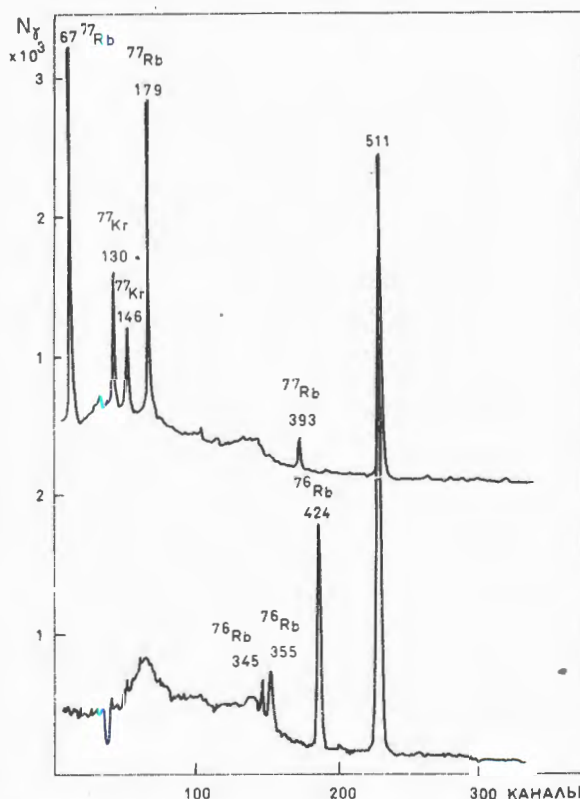
протонного распада ядер

Эксперименты проводились с помощью БЭМС-2 - масс-сепаратора на пучке тяжелых ионов. Проведено усовершенствование отдельных узлов прибора /разработан новый вариант ионного источника, введена механическая модуляция пучка



43. Спектры запаздывающих протонов для ^{119}Ba в совпадении с позитронами и без совпадений. Из соотношения интенсивностей находится разность масс исходного и конечного ядер.

циклотрона, введена тепловая защита мишени, в детектирующую систему включен Ge (Li) -детектор/. Продолжались исследования ранее открытых излучателей запаздывающих протонов ^{119}Ba , ^{121}Ba и ^{116}Cs . Были измерены протонные спектры в совпадении с позитронами и без



44. Спектры γ -лучей ^{77}Rb и ^{76}Rb , измеренные после разделения изотопов на БЭМС-2.

совпадений. Сравнение спектров позволяет определить разность масс исходного и конечного ядер в β^+ -распаде. Эта величина важна для проверки теорий атомных масс в наиболее интересной области - при значительном удалении от долины бета-стабильности.

Анализ gross-структуры протонных спектров ^{119}Ba и ^{121}Ba , проведенный с помощью статистической модели, указывает на существование резонансов в силовой функции бета-распада, связанных с повышенной вероятностью заселения определенных трехквартичных состояний.

Исследовался распад легчайших изотопов рубидия. Для ^{76}Rb установлена

верхняя граница вероятности испускания запаздывающих протонов, равная 10^{-6} . В этих экспериментах также впервые получены спектры γ -лучей, сопровождающих β -распад ^{76}Rb / ~ 39 с/ и ^{75}Rb / $\sim 17,6$ с/ и уточнены периоды полураспада, относительно которых в литературе приводились противоречивые данные.

Проведены первые измерения с редкоземельными элементами. Найдено, что полная эффективность установки для разделения диспрозия не менее 20%. Получены предварительные данные об излучателе запаздывающих протонов ^{133}Sm .

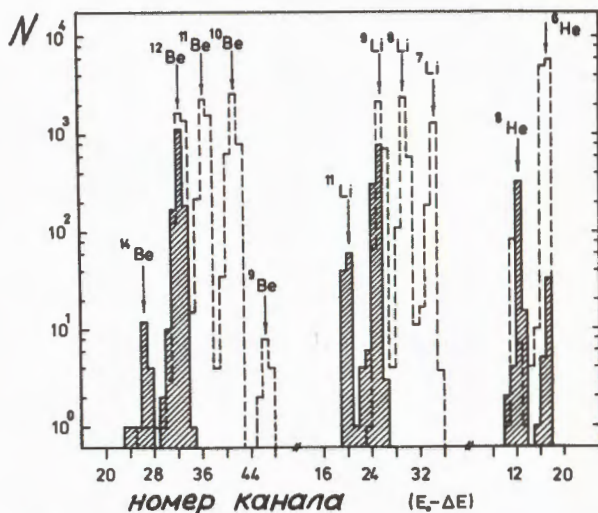
Спонтанно делящиеся изомеры

1. На микротроне проведены опыты по поискам γ -излучения при распаде спонтанно делящегося изомера ^{239}Pu / $T_{1/2} = 8,5$ мкс/. Изотоп получался в реакции $^{239}\text{Pu}(\gamma, \gamma')^{239m}\text{Pu}$ при энергии γ -квантов 10 МэВ. Измерялся спектр электронов конверсии между импульсами микрофона. Показано, что выход электронов конверсии с периодом полураспада 8,5 мкс составляет менее 10^{-4} от числа актов деления ^{239}Pu .

2. В сотрудничестве с ЦИФИ /Будапешт/ закончена обработка спектров γ -излучения, связанного с заселением спонтанно делящегося изомера ^{236m}U , образующегося в реакции $^{235}\text{U}(n, \gamma)$.

Получение нейтроноизбыточных изотопов легких ядер

1. Завершены эксперименты по получению ^{19}C и ^{20}C /новый изотоп/ в реакциях срыва четырех протонов и подхвата, соответственно, одного и двух нейтронов



45. Выходы изотопов Be, Li и He при взаимодействии ионов ^{15}N с энергией 145 МэВ с ^{232}Th . Штрихованные линии соответствуют модельным измерениям без использования метода времени-пролета.

при облучении ^{232}Th нонами ^{22}Ne с энергией 174 МэВ. Для идентификации изотопов использовалась усовершенствованная методика - комбинация магнитного анализа, метода $\Delta E, E$ и время-пролетной техники. Получение ^{19}C представляет особый интерес, так как это ядро по теоретическим оценкам обладает энергией связи нейтрона всего 20 кэВ. Сечения образования ^{19}C и ^{20}C удовлетворяют Q_{gg} -систематике.

2. Проведены эксперименты по проверке нуклонной устойчивости ядра ^{14}Be . Для его получения использовалась реакция $^{232}\text{Th}(^{15}\text{N}, ^{14}\text{Be})$. За 40 часов облучения было зарегистрировано 16 ядер ^{14}Be и 100000 ядер ^{12}Be . Сечение образования ^{14}Be оказалось на порядок ниже величины, предсказанной из Q_{gg} -систематики. Это отклонение не может быть объяснено малой энергией связи нейтронов в ^{14}Be , так как другие ядра с еще меньшей энергией связи удовлетворяют Q_{gg} -систематике. Высказыва-

ется предположение, что это отклонение связано с ядерной нестабильностью ядра ^{13}Be , предшествующего ^{14}Be . ^{14}Be может образоваться лишь при подхвате сразу пары нейтронов.

Аналогичные отклонения от Q_{gg} -систематики наблюдались для сечения образования ^{11}Li в реакции $^{232}\text{Th}(^{11}\text{B}, ^{11}\text{Li})$. Ядро ^{10}Li нуклино неустойчиво и образование ^{11}Li в этой реакции требует подхвата опять-таки пары нейтронов. В реакции срыва $^{232}\text{Th}(^{15}\text{N}, ^{11}\text{Li})$ сечение образования ^{11}Li удовлетворяет Q_{gg} -систематике.

3. С помощью электромагнитного масс-сепаратора ЭМСНАПТИ проводились эксперименты по синтезу и изучению свойств нейтронизбыточных изотопов ^{24}F , ^{26}Ne , ^{30}Mg в реакциях $^9\text{Be}(^{18}\text{O}, 3p)$, ^{24}F , $^{11}\text{B}(^{18}\text{O}, 3p)$, ^{26}Ne , ^{26}Ne и $^{11}\text{B}(^{22}\text{Ne}, 3p)$, ^{30}Mg . Показано, что в доступном интервале энергий ионов ≈ 8 МэВ/нуклон сечение образования изотопов в этих реакциях не превышает 10^{-30} см², что является недостаточным для их надежной идентификации.

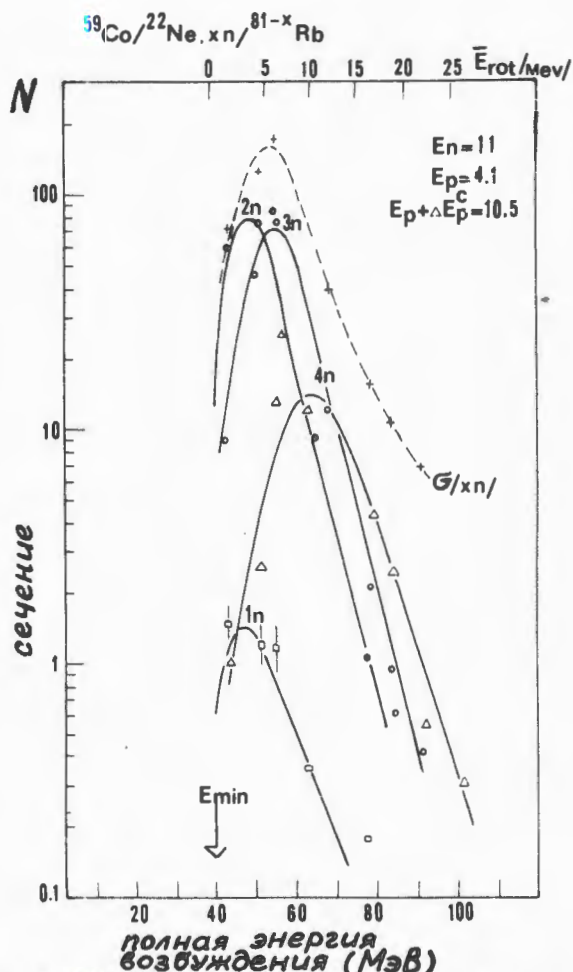
Механизм

взаимодействия тяжелых ионов

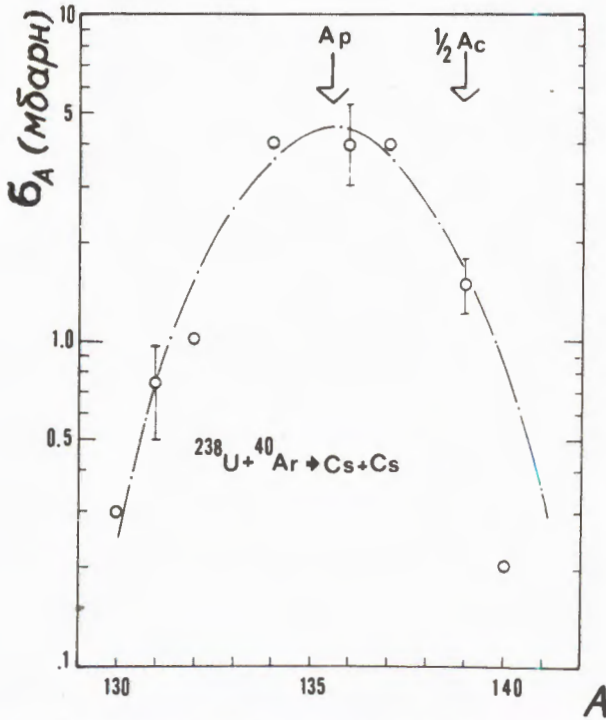
с ядрами

1. В течение трех месяцев в ОИЯИ проводились совместные исследования с лабораторией масс-сепараторов им. Р.Бернаса /Франция/. Эксперименты проводились с помощью французского масс-сепаратора, который был доставлен в Дубну и смонтирован на пучке тяжелых ионов циклотрона У-300. Впервые чисто масс-спектрокопическая методика была использована для изучения сложного механизма взаимодействия ядер с тяжелыми ионами от ^{10}B до ^{40}Ag включи-

тельно. Измерены функции возбуждения для реакций, протекающих с образованием составного ядра: $^{107}\text{Ag}(^{18}\text{O}, xn)^{125-x}\text{Cs}$, $^{63}\text{Cu}(^{18}\text{O}, xn)^{81-x}\text{Rb}$, $^{59}\text{Co}(^{22}\text{Ne}, xn)^{81-x}\text{Rb}$, $^{103}\text{Rh}(^{22}\text{Ne}, xn)^{125-x}\text{Cs}$, $^{50}\text{Ti}(^{31}\text{P}, xn)^{81-x}\text{Rb}$, где $X = 2-10$. В широком интервале энергий измерены изотопные распределения осколков деления в реакциях:



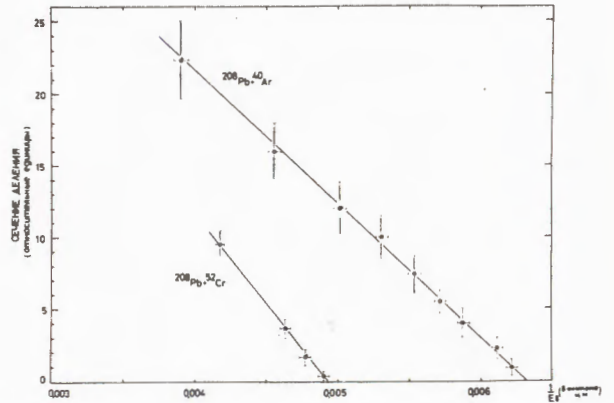
46. Функции возбуждения для реакции $^{59}\text{Co}(^{22}\text{Ne}, xn)^{81-x}\text{Rb}$ с испарением от 1 до 4 нейтронов, измеренные с использованием французского масс-сепаратора на пучке тяжелых ионов У-300.



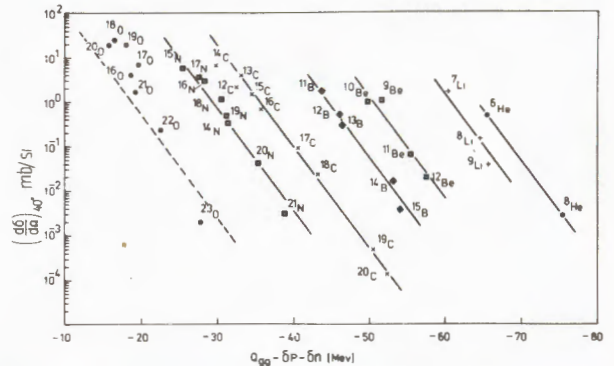
47. Изотопное распределение Cs, полученное при делении ^{238}U ионами ^{40}Ar , измеренное с помощью французского масс-сепаратора на пучке тяжелых ионов У-300 ОИЯИ.

- $^{158}\text{Cd} (^{22}\text{Ne}, f) \text{Rb}; ^{238}\text{U} (^{22}\text{Ne}, f) \text{Rb};$
- $^{238}\text{U} (^{22}\text{Ne}, f) \text{Cs}; ^{182}\text{W} (^{40}\text{Ar}, f) \text{Rb};$
- $^{182}\text{W} (^{40}\text{Ar}, f) \text{Cs}; ^{238}\text{U} (^{40}\text{Ar}, f) \text{Rb};$
- $^{238}\text{U} (^{40}\text{Ar}, f) \text{Cs}.$

2. Изучались сечения образования осколков деления на тонких мишенях ^{208}Pb и ^{238}U в зависимости от энергии бомбардирующих ионов ^{40}Ar и ^{52}Cr . С помощью полученных зависимостей был определен кулоновский барьер взаимодействия ядер и соответствующий ему эффективный радиус взаимодействия, который оказался постоянным для всех



48. Зависимость сечения деления от величины $1/v^2$ иона $^{208}\text{Pb} (^{40}\text{Ar}, f)$ и $^{208}\text{Pb} (^{52}\text{Cr}, f)$.



49. Систематика сечений образования изотопов в реакции $^{232}\text{Th} + ^{22}\text{Ne}$ при энергии ионов Ne 174 МэВ и угле регистрации продуктов 40° в ЛСК. $Q_{99} = (M_1 + M_2) - (M_3 + M_4)$, $\delta(n)$ и $\delta(p)$ - поправки, учитывающие парные эффекты при передаче нуклонов.

исследуемых реакций и составлял $1,44 \pm 0,02$ Фм.

3. Были изучены закономерности для сечений многонуклонных передач в системах $^{232}\text{Th} + ^{22}\text{Ne}$ и $^{94}\text{Zr} + ^{22}\text{Ne}$. Были введены парные поправки для переданных нейтронов и протонов $\delta(n)$, $\delta(p)$, учитывающие тот факт, что передача нуклонов тяжелому ядру мишени идет глав-

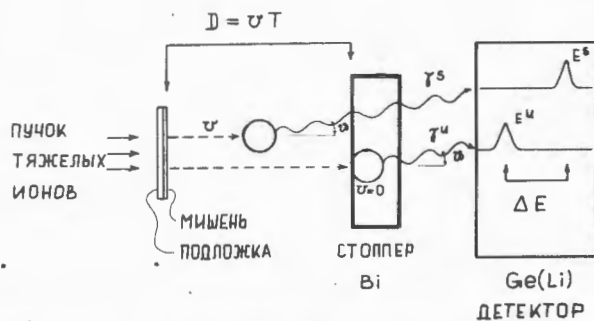
ным образом на возбужденные уровни.

Наблюдающиеся отклонения сечений образования изотопов кислорода ^{16}O , ^{17}O , ^{18}O , ^{19}O от Q_{gg} -зависимости обусловлены вкладом процессов испарения α -частицы и нуклонов из неупругорассеянного, возбужденного ядра ^{22}Ne .

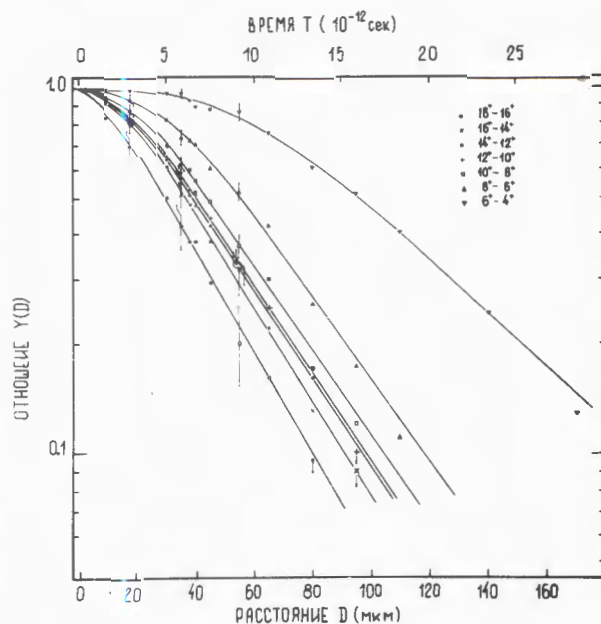
В системе $^{232}\text{Th} + ^{16}\text{O}$ при энергии ионов 137 МэВ были измерены сечения образования, энергетические спектры и угловые распределения элементов с $3 \leq Z \leq 12$. Показано, что в сечение малонуклонных передач основной вклад дает квазиупругий процесс, тогда как в сечение многонуклонных передач - глубокоупругий.

Для интерпретации глубокоупругих передач предложена модель двойной ядерной системы, в которой поверхности ядер сильно перекрываются, а их относительная скорость мала. Обладая большим угловым моментом, двойная ядерная система может поворачиваться как единое целое, при этом время жизни двойной ядерной системы до распада оказывается на порядок больше характерного ядерного времени $\sim 10^{-22}\text{ с}$. В результате этого в системе может установиться частичное статистическое равновесие в отношении обмена энергией и нуклонами между ядрами. Предполагается, что образование двойной ядерной системы является следствием большой вязкости ядерной материи и слабой сжимаемости ее в насыщенном состоянии.

4. Выполнен ряд расчетов по фоторасщеплению ядер в широкой области масс. Результаты расчетов хорошо согласуются с экспериментальными данными.



50. Схема эксперимента по измерению времени жизни уровней методом доплеровского сдвига γ -излучения ядерной отдачи в реакциях с тяжелыми ионами. Индексы S и U относятся к излучению, испускаемому ядром отдачи на левую и правую стороны соответственно.



51. Экспериментальные кривые распада ротационных уровней изотопа ^{164}Yb . Линии - результат математического моделирования кривых распада при оптимизированном наборе параметров времени жизни уровней. $Y(D)$ - отношение интенсивности несмещенного γ -пика к полной интенсивности перехода.

Изучение
структуры ядра
спектрометрическими методами

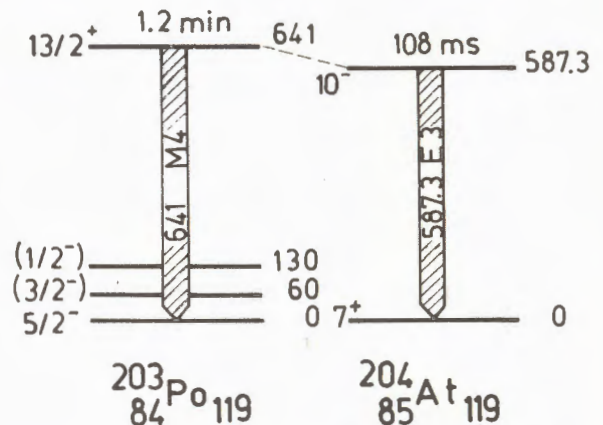
1. Измерены времена жизни высоко-спиновых вращательных состояний изотопов ^{164}Yb и ^{166}Yb , образуемых в реакциях $^{128,130}\text{Te}(^{40}\text{Ar}, \text{xn})$, с помощью метода доплеровского смещения γ -излучения ядер отдачи. Целью опытов было получение данных о зависимости приведенной вероятности перехода $B(E2, 1 \rightarrow 1-2)$ и квадрупольного момента от спина вращательного состояния для ядер ^{164}Yb и ^{166}Yb . Получено, что времена жизни уровней вплоть до значений $I_{\pi} = 10+$ изменяются с ростом спина в согласии с моделью жесткого ротатора, т.е. с моделью, предполагающей постоянство квадрупольного момента. Для более высоких спинов обнаружено небольшое торможение переходов. В области спинов, где имеет место резкое увеличение момента инерции/эффект бэкбендинга/, фак-

торы торможения $\frac{\tau_{\text{эксп}}}{\tau_{\text{рот}}}$ составляют

$1,25 \pm 0,35$ и $1,45 \pm 0,25$ для переходов $14 \rightarrow 2$ и $16 \rightarrow 14$ в изотопе ^{164}Yb .

Подобные результаты получены и для ^{166}Yb . Эти данные находятся в согласии с теоретическими моделями, рассматривающими разрушение спаривания под действием сил Корнолиса как причину увеличения момента инерции редкоземельных ядер в области спинов $12-16\hbar$.

Для изотопа ^{160}Yb измерены времена жизни вращательных состояний вплоть до значений $I_{\pi} = 10+$. Найдено заметное увеличение значений $B(E2, 1 \rightarrow 1-2)$ с ростом спина по отношению к предсказаниям модели жесткого ротатора. Этому увеличению в модели центробежного растягивания ядра соответствует значение параметра неадиабатичности $\alpha = 2 \pm 1 \cdot 10^{-3}$.

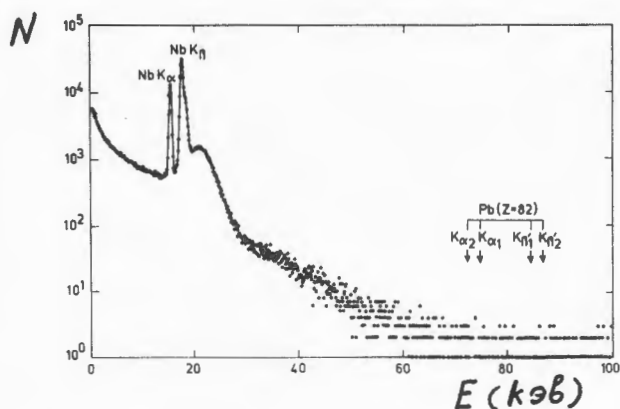


52. Схема распада изомеров в ядрах ^{204}At и ^{203}Po .

2. Предложена математическая модель перераспределения ядер отдачи по возбужденным состояниям в методе доплеровского смещения. Рассмотрен общий случай присутствия независимого заселения на все уровни полосы. Программы, составленные на основе выведенных моделей, позволили решить обратную задачу нахождения времен жизни и времен заселения уровней полосы основного состояния из экспериментальных данных для изотопов ^{160}Yb , ^{164}Yb , ^{166}Yb .

3. Закончена обработка экспериментальных результатов по исследованию изомерных состояний в нечетных и нечетно-нечетных ядрах Bi и At. Найдены новые изомерные состояния в $^{202,204,206}\text{At}$. Разработана программа для обработки экспериментальных спектров на ЭВМ БЭСМ-6 и Минск-32.

4. Измерены с помощью Si(Li)-детектора выходы K α -излучения при взаимодействии ионов ^{136}Xe с мишенями ^{41}Nb , ^{42}Mo , ^{54}Rh , ^{46}Pd , ^{48}Cd , ^{49}In , ^{50}Sn , ^{64}Gd , ^{65}Tb , ^{70}Yb , ^{73}Ta , ^{77}Tg , ^{78}Pt . В предположении, что K α -излучение испускается только из поверхностного слоя мишеней толщи-



53. Спектр X-лучей, полученный при столкновении ионов Nb с энергией 65 МэВ с атомами Nb. Стрелками обозначены положения $K_{\alpha 1}$, $K_{\alpha 2}$, $K_{\beta 1}$, $K_{\beta 2}$ линий, соответствующих излучению квазимолекулы Pb.

ной 1 мг/см^2 , определены абсолютные значения сечений $\sigma_{K\alpha}$ и $\sigma_{K\beta}$. Зависимость сечения от атомного номера вещества мишени обсуждается на основе модели квазимолекулы.

При бомбардировке мишеней As, Zr, Nb, Mo и Rh ионами Nb с энергиями 65 и 40 МэВ наблюдались сплошные спектры X-лучей, имеющих максимальные энергии в области энергий характеристических KX-лучей квазиатомов с ядерным зарядом $Z = Z_1 + Z_2$. Высокоэнергетическая часть этих сплошных спектров интерпретируется как Kx-излучение квазимолекул, которые образуются одновременно в адиабатических столкновениях тяжелых ионов.

Обнаружено квазимолекулярное Kx-излучение для очень тяжелых систем с суммарным зарядом $Z = Z_1 + Z_2 = 111$ и 114 в столкновениях Xe + La и La + La при энергиях 100 и 150 МэВ.

Проведен анализ эффектов тормозного излучения и возбуждения вторичных электронов в столкновениях тяжелых ионов с атомами, также приводящих к высокоэнергетическим сплошным спектрам

X-лучей. Эксперименты и соответствующие расчеты для систем $41\text{Nb} + Z_2$, $54\text{Xe} + Z_2$ и $57\text{La} + Z_2$ показывают, что наблюдаемые спектры квазимолекулярного излучения не вызываются другими процессами.

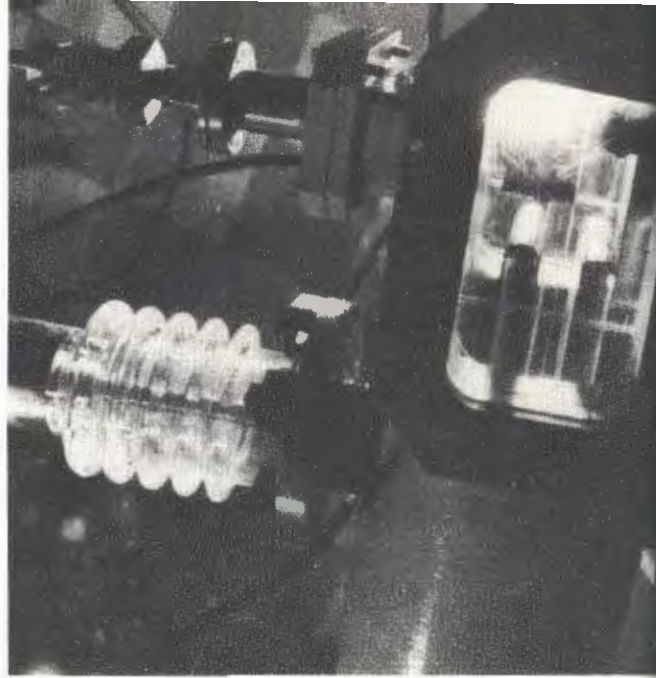
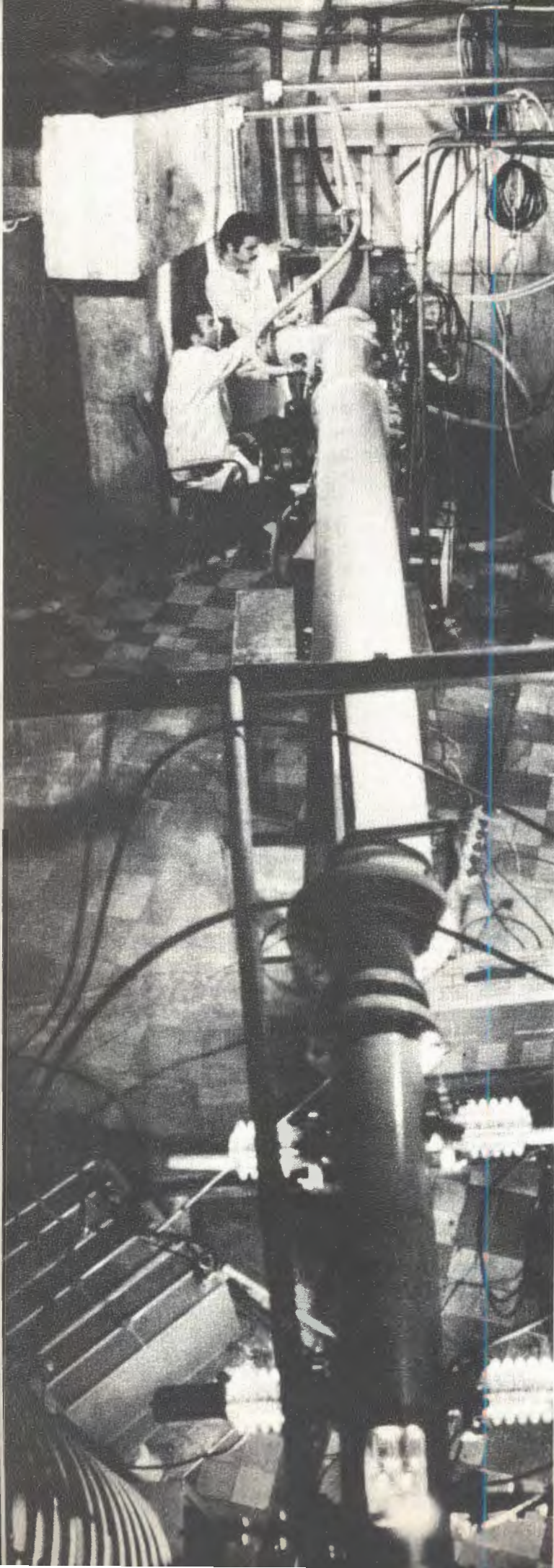
5. Исследовалась структура возбужденных состояний изотопов $^{104-107}\text{In}$ при распаде изотопов $^{104-107}\text{Cd}$, полученных в реакциях $^{89}\text{Y} + ^{22}\text{Ne}$, $^{93}\text{Nb} + ^{22}\text{Ne}$ и $^{93}\text{Nb} + ^{18}\text{O}$.

Экспериментальная аппаратура

и научно-технические работы

1. На ЭВМ "Минск-32" разработан и установлен графический дисплей со световым карандашом для проведения экспериментов на линии с ускорителем и ЭВМ, установлена ЭВМ ТРА-1 в качестве дисплейной станции для отработки программ экспериментов на ФОРТРАНе и создано соответствующее математическое обеспечение. Разработан комплекс электронных блоков для ускорителей, предназначенных для автоматизации их управления, введен в действие 100-канальный аналоговый сканер с ЭВМ РДР-8/1.

2. Создан рентгеновский Si(Li) - спектрометр с разрешением 330 эВ на линии 6,4 кэВ. Указанное разрешение позволяет эффективно использовать спектрометр для решения вопросов, связанных с анализом воды, воздуха, почвы, анализом руд и в других прикладных задачах народно-хозяйственного значения. Спектрометрия рентгеновского излучения в ряде случаев очень удачно дополняет нейтронно-активационный метод и позволяет повысить качество и точность анализа. Была разработана программа обработки рентгеновских спект-



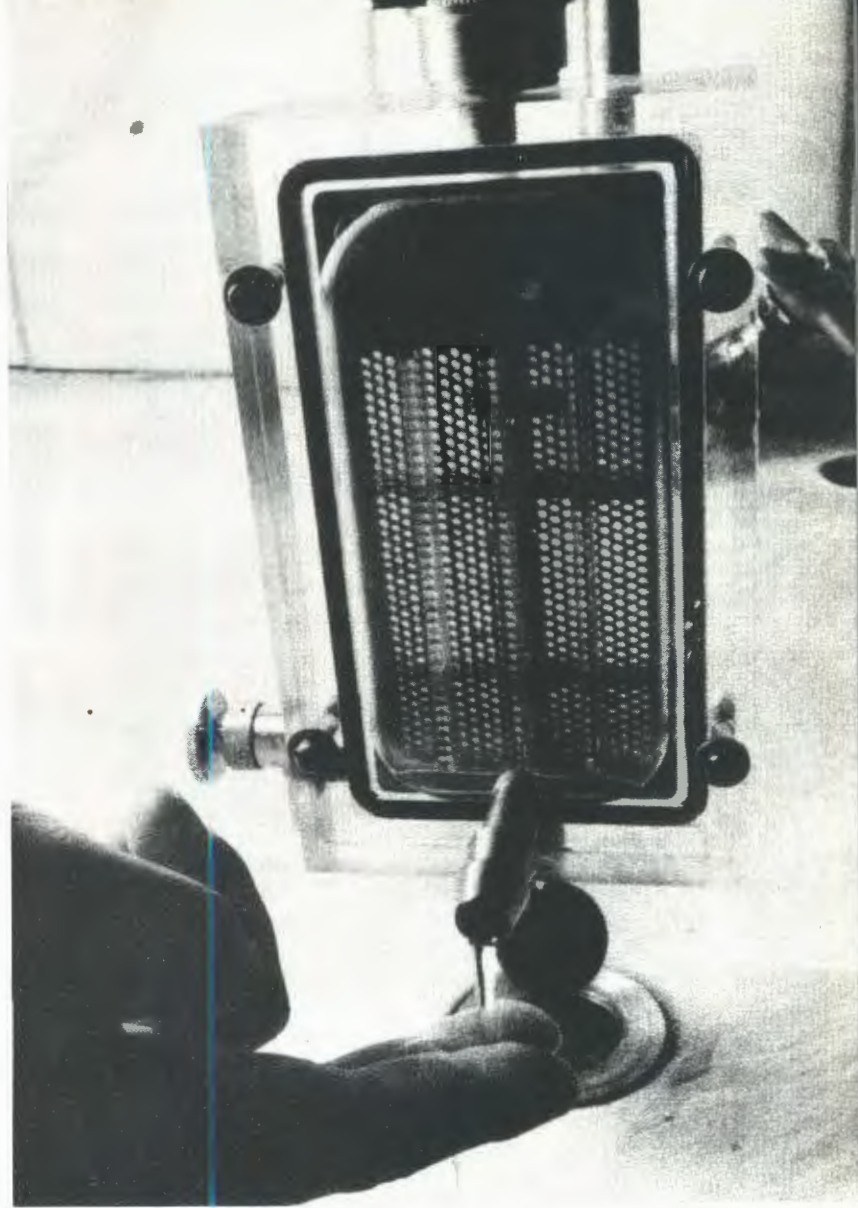
Отклоняющие пластины системы сканирования пучка тяжелых ионов.

В Институте разработан метод изготовления высококачественных ядерных фильтров из полимерных пленок.

Общий вид установки для облучения полимерных пленок в вакууме на пучке тяжелых ионов от циклотрона У-300.

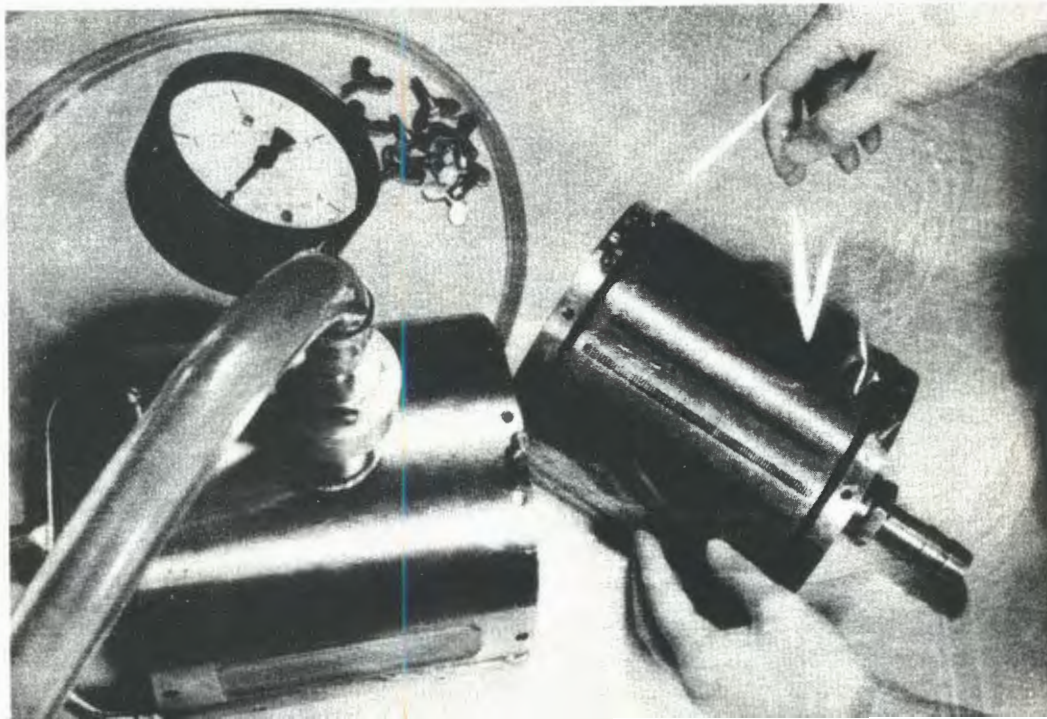
Лентопропаяный механизм.





Устройство для фильтрации жидкостей с механической очисткой поверхности фильтра.

Устройство для фильтрации жидкости: установка фильтра. В процессе фильтрации происходит удаление частиц с поверхности фильтра самой фильтрующейся жидкостью.



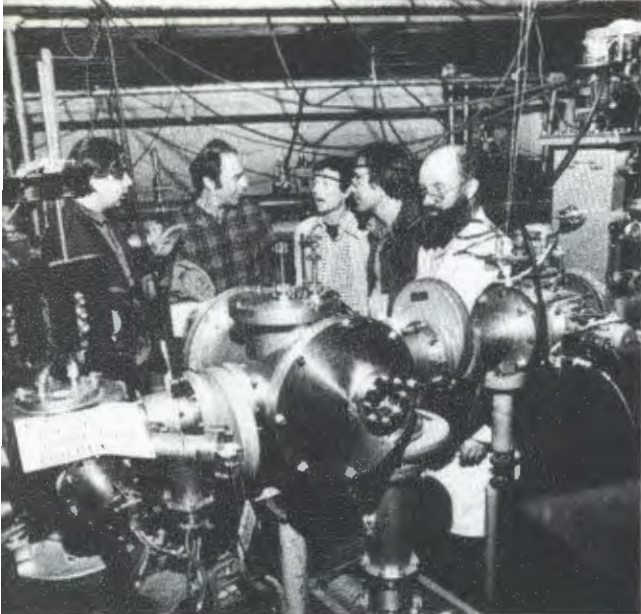


Установка для измерения угловой асимметрии сплошных спектров рентгеновских лучей, возникающих в ядерных столкновениях с образованием тяжелых квазиатомов. На снимке: монтаж кварца в системе наблюдения пучка тяжелых ионов.

Продолжаются исследования нового механизма реакций глубоконеупругих передач, вызываемых тяжелыми ионами. Эксперименты ведутся на магнитном спектрометре, в фокальную плоскость которого установлен телескоп ΔE , E -детекторов.

Установка мишеней в камере рассеяния.

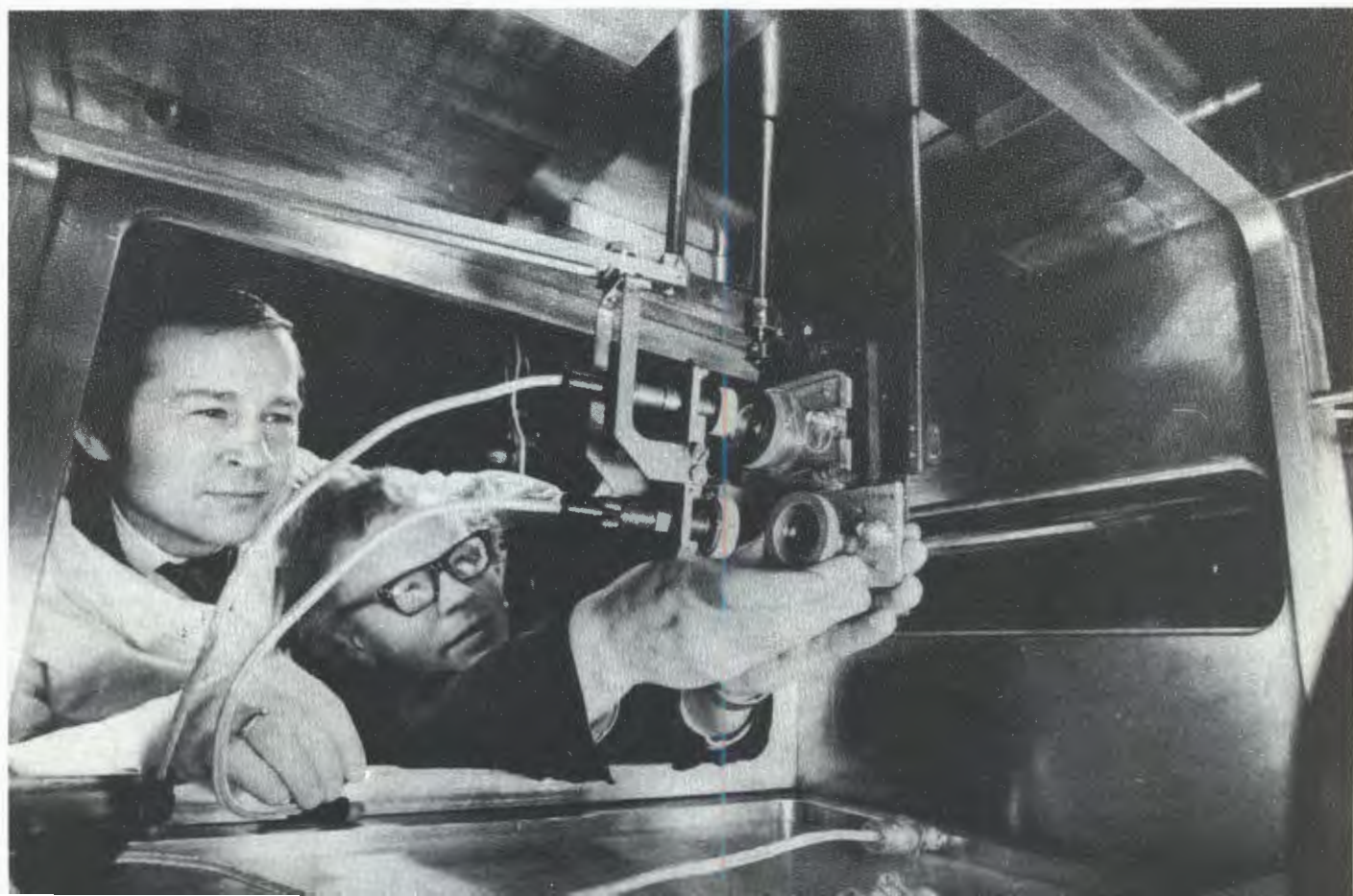


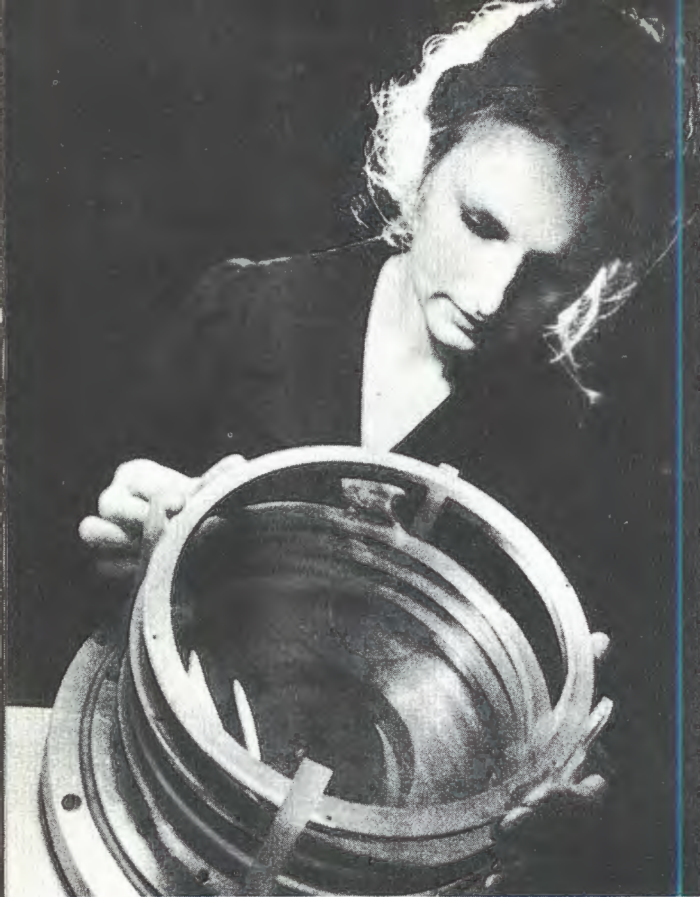


В Дубне успешно прошел эксперимент по изучению механизмов ядерных реакций с тяжелыми ионами, который выполнен объединенной группой ученых ОИЯИ и Лаборатории им. Бернаса /Орсэ, Франция/. Работа велась на пучке тяжелых ионов циклотрона У-300 с помощью французского масс-сепаратора.



Установка телескопов из $\Delta E, E$ - детекторов.

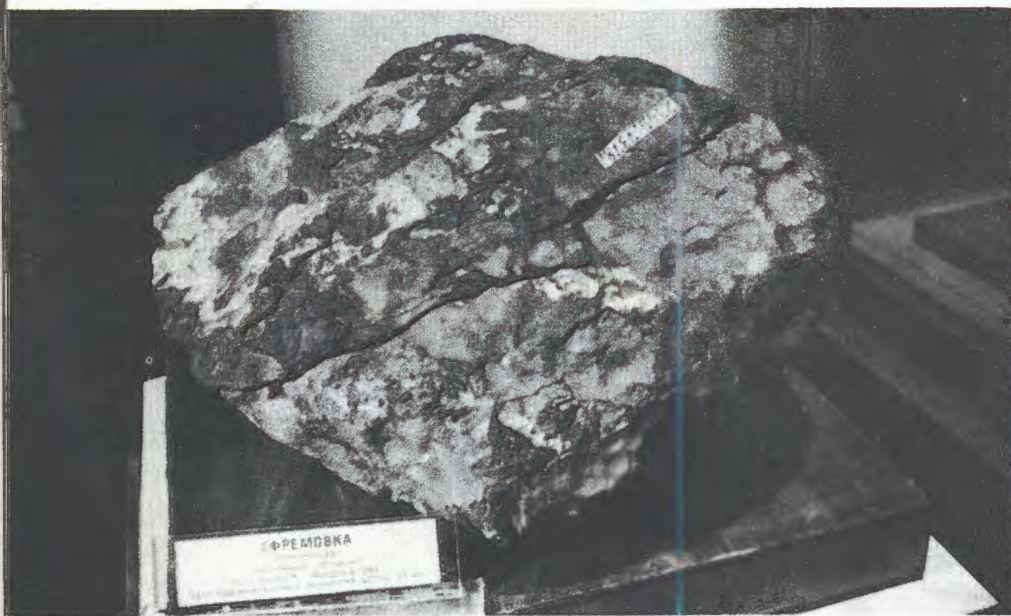




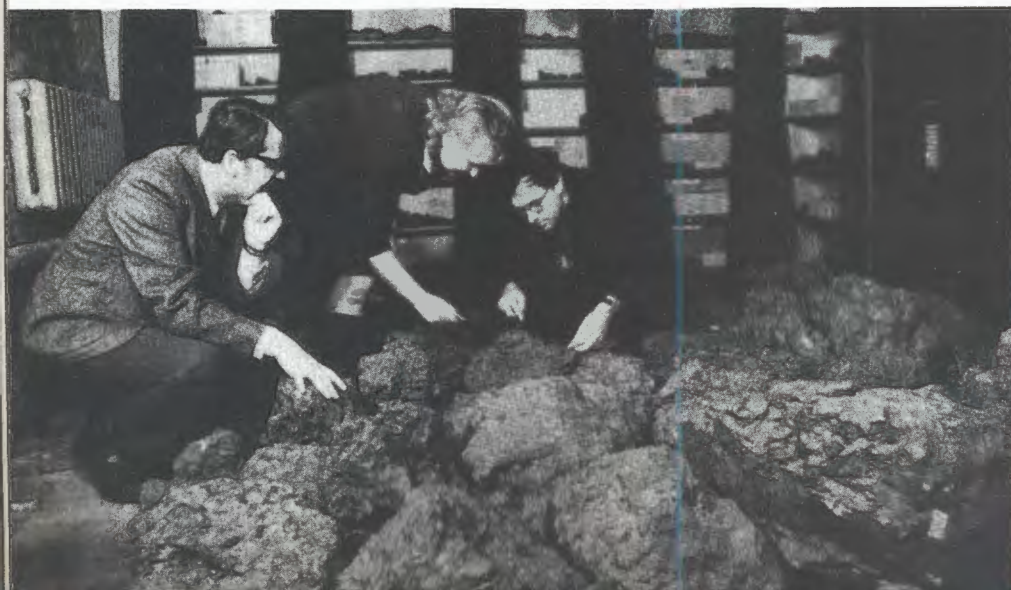
Продолжаются поиски сверхтяжелых элементов в природе, исследованию подверглись метеориты различных типов.

◀ Подготовка к эксперименту по изучению распада короткоживущих изотопов 106-го элемента.

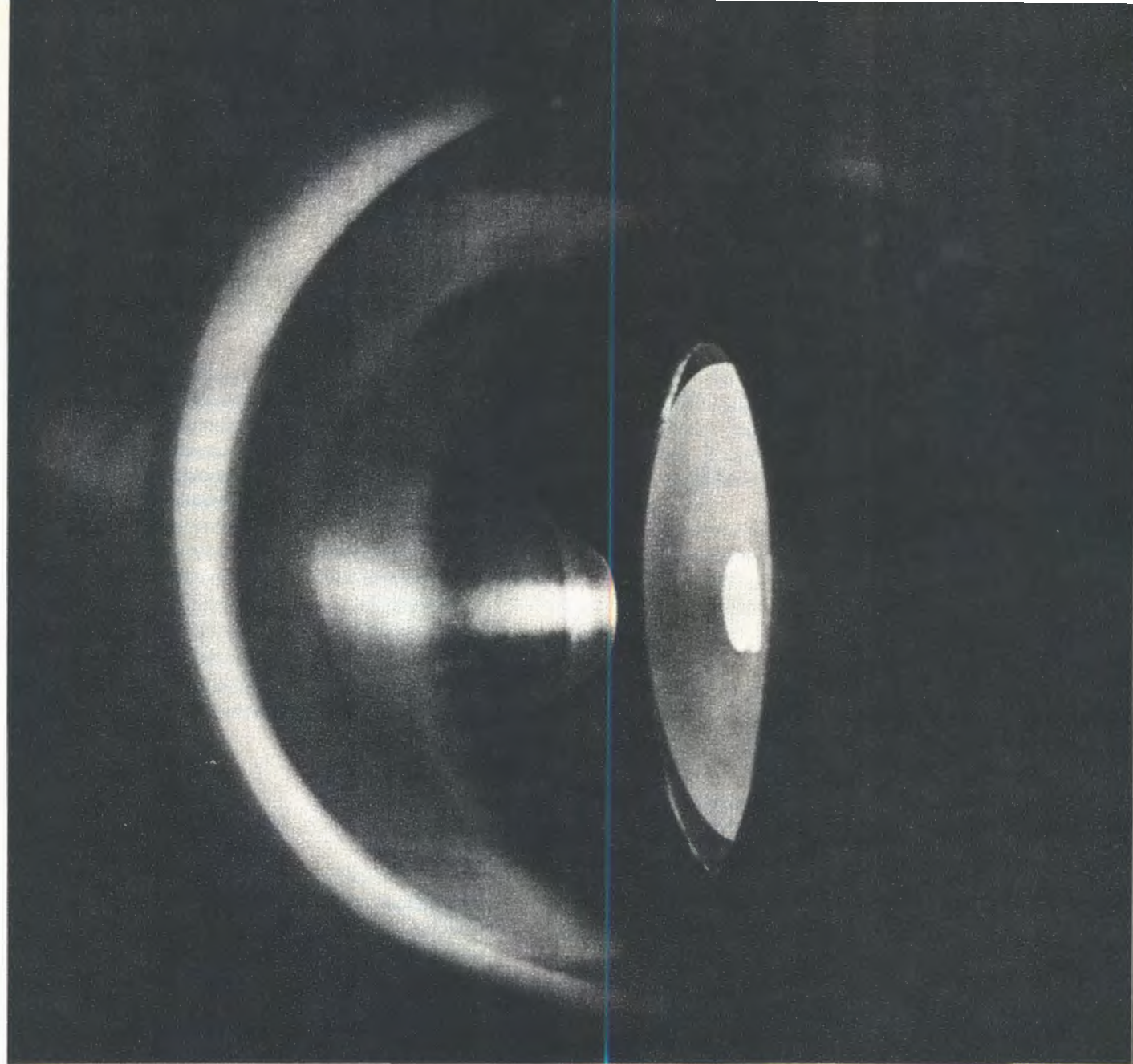
На масс-сепараторе БЭМС-2 получены и исследованы новые протонные излучатели - изотопы цезий-116, барий-119, 121. ▶
На снимке: высокотемпературный ионный источник сепаратора, заключенный в тепловой экран, и вытягивающий электрод.



Метеорит "Ефремовка" - один из метеоритов, которые изучались учеными Института.

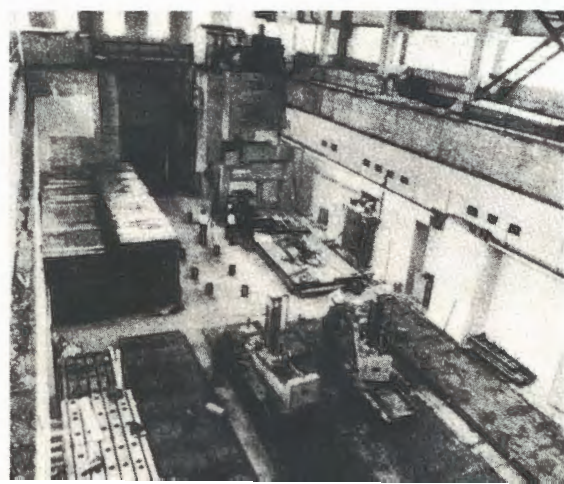


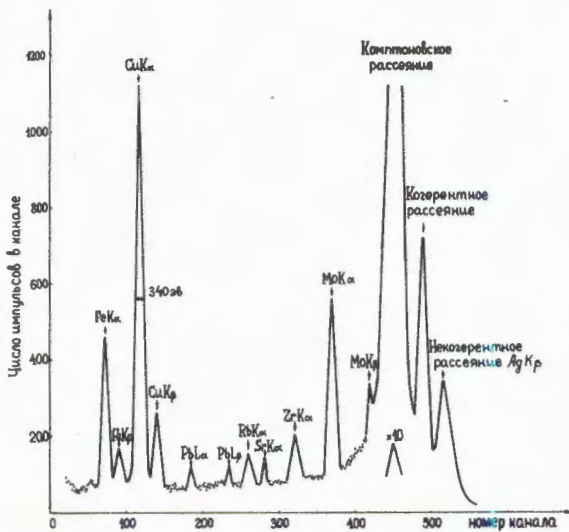
Ученые ОИЯИ вместе с научным сотрудником Комитета по метеоритам АН СССР отбирают образцы метеорита "Сихотэ-Алинь" для исследования.



Работы по поиску сверхтяжелых элементов в природе ведутся на основе широкого международного сотрудничества. На снимке: ученые ОИЯИ вместе с французскими коллегами анализируют трекки тяжелых космических ядер в минералах из метеорита "Игл Стейши".

В ОИЯИ создается четырехметровый изохронный циклотрон У-400. На снимке: сборка опытной балки остова магнита циклотрона в здании будущего ускорителя.





54. Спектр медно-молибденовой руды в насыщенном слое, полученный на $Si(Li)$ - спектрометре при возбуждении X-лучей изотопным источником ^{109}Cd .

ров на ЭВМ Минск-32. Особенно эффективно применение ЭВМ при многоэлементном анализе, когда спектры имеют сложный характер. При малоэлементном анализе могут быть использованы достаточно простые устройства, позволяющие получать оперативную информацию в полевых условиях. В проведенной экспедиции было выполнено ≈ 2000 элементоопределений в полевых условиях. В сотрудничестве с учеными МНР разработана методика рентгенофлуоресцентного анализа молибдено-медных руд.

3. Проведен нейтронно-активационный анализ на содержание микроэлементов в здоровых и пораженных вилтом /грибковое заболевание, которое приводит к гибели хлопчатника/ растениях хлопчатника. Выполнен анализ 300 биологических образцов. Определено содержание 25 элементов с чувствительностью

до 10^{-7} - 10^{-8} г/г и для 17 из них отмечены некоторые аномалии в концентрации. Высказано предположение, что наблюдаемые отклонения концентраций микроэлементов могут являться причиной или результатом заболевания хлопчатника вилтом.

4. Продолжались работы по совершенствованию технологии производства ядерных фильтров и внедрению их в различные области науки и техники. Разработана методика моделирования в пучках тяжелых ионов радиационных повреждений материалов, создаваемых нейтронными полями.

Разработки

в области ускорителей

1. В лаборатории создается четырехметровый изохронный циклотрон тяжелых ионов /У-400/, который позволит получать интенсивные пучки ионов от Ne до Xe включительно с максимальной энергией

$$E = 625 \frac{t^2}{A^2} \text{ МэВ/нуклон/}. \text{Интенсивность ускоряемых ионов составит от } \sim 10^{14} \text{ част/с для ионов неона, до } 10^{11} \text{ част/с для ионов ксенона. Циклотрон У-400 позволит получать ускоренные ионы титана, хрома, железа, наиболее важных для работ по синтезу трансураниевых элементов с интенсивностями в } \sim 100 \text{ раз более высокими, чем на циклотроне У-300.}$$

2. В связи с разработкой плана развития ОИЯИ на 1976-1980 гг. проведены работы по проектированию семиметрового изохронного циклотрона. Предполагается, что основные конструктивные решения, заложенные в элементы ускорителей

У-200 и У-400, будут полностью перенесены в конструкцию У-700.

3. Ведутся работы по созданию изохронного циклотрона У-200 для ПНР. Смонтирован магнит ускорителя и производится подготовка к магнитным измерениям, создается стенд испытания источников.

4. Основные физические эксперименты в истекшем году проводились на ускорителе У-300, время работы которого на физические и химические исследования составило 5600 часов. Интенсивность пучков ионов Ti, G, Fe, используемых в работах по синтезу элементов с $Z \geq 104$, составила $5-8 \cdot 10^{11}$ частиц/с.

Лаборатория нейтронной физики

Деятельность Лаборатории нейтронной физики в 1974 году была направлена на выполнение трех основных задач: проведение программы научных исследований на импульсном реакторе ИБР-30 с инжектором ЛУЭ-30, создание мощного реактора ИБР-2 с ускорителем-инжектором ЛИУ-30 и на подготовку к физическим экспериментам на ИБР-2.

Новые результаты получены в исследовании альфа- и гамма-распада нейтронных резонансов, в измерениях их магнитных моментов и спинов, в экспериментах с заряженными частицами, в опытах с ультрахолодными нейтронами и в исследовании конденсированных сред с помощью нейтронов.

Проектировались и изготовлялись новые экспериментальные установки для реактора ИБР-2, велись работы по созданию нового измерительно-вычислительного комплекса лаборатории.

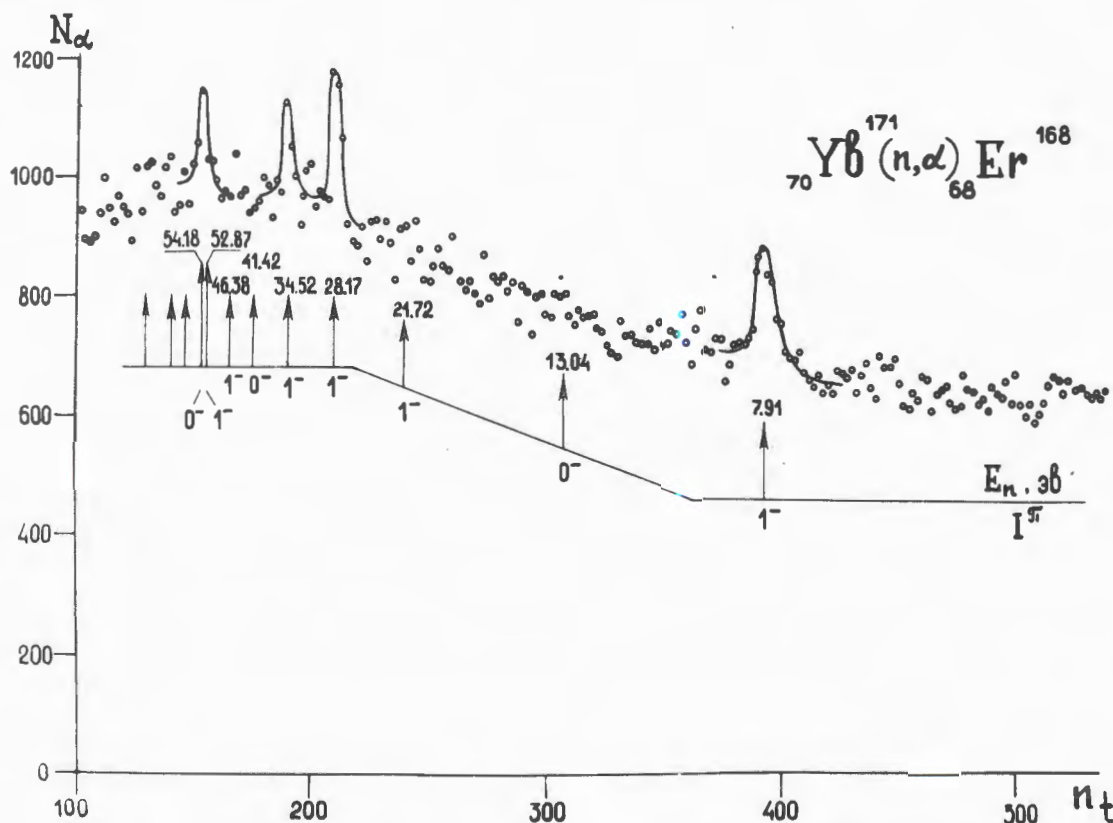
На строящемся реакторе ИБР-2 начат монтаж технологического оборудования.

Научно-исследовательские работы

Альфа-распад

резонансных состояний ядер

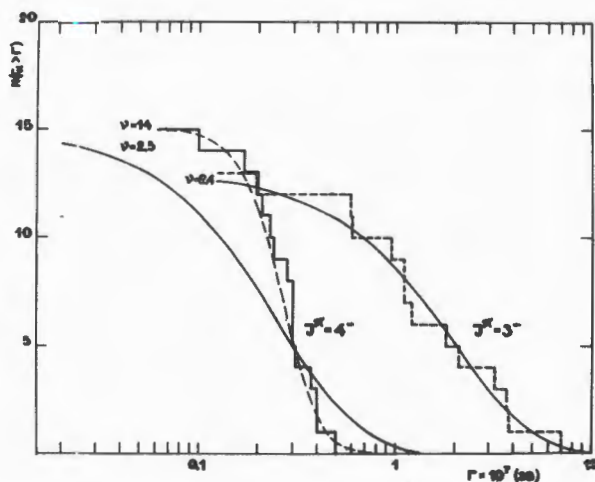
Развивались работы по поиску новых случаев $p\alpha$ -реакции на резонансных нейтронах. Впервые обнаружен альфа-распад нейтронных резонансов изотопов гадолиния-157 и иттербия-171 /рис. 55/. Измеренные значения полных альфа-ширин этих ядер оказались близкими к предсказанным по варианту оптической модели, разработанному в ОИЯИ.



55. Резонансы $n\alpha$ -реакции на ${}^{171}\text{Yb}$, измеренные методом времени пролета / n_t - номер канала анализатора/. Под резонансами указаны значения спинов и энергий нейтронов в электронвольтах.

Новые, с лучшим разрешением, измерения выхода альфа-частиц проведены для самария-149. Обнаружено, что резонанс 8,9 эВ является дублетом. Распределение альфа-ширин резонансов со спином 4, в отличие от резонансов со спином 3, оказалось /рис. 56/ значительно уже теоретически ожидаемого /число степеней свободы χ^2 -распределения $\nu = 14$ вместо ожидаемого значения $\nu \sim 2,5$ /.

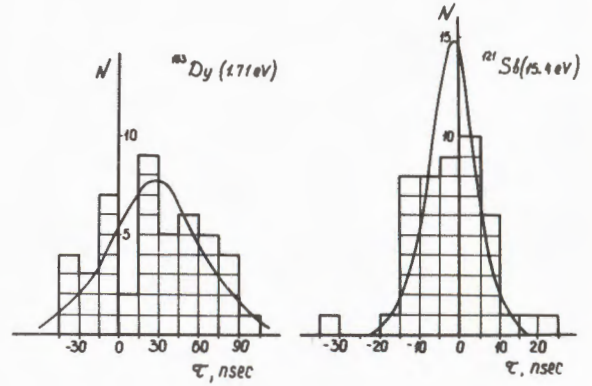
56. Распределения полных альфа-ширин нейтронных резонансов самария-149 /гистограмма/. Гладкими кривыми показаны теоретические распределения с различным числом степеней свободы ν .



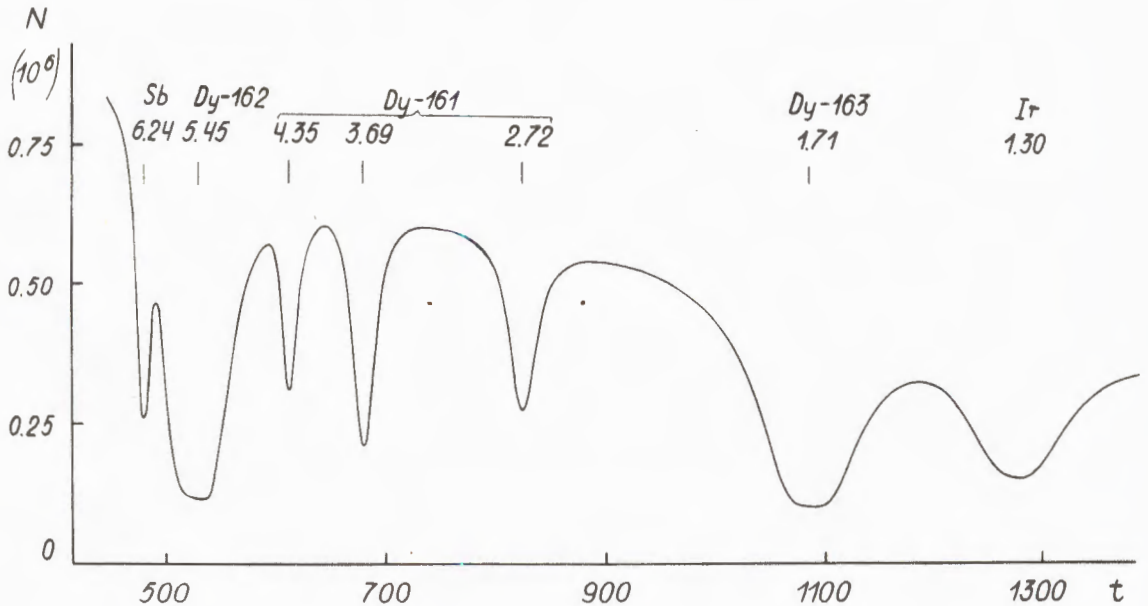
Магнитные моменты
компаунд-состояний ядер

Завершена обработка измерений магнитных моментов компаунд-состояний диспрозия, возбуждаемых при захвате резонансных нейтронов. Энергия нейтронов измерялась по времени пролета /рис. 57/. Использован метод сдвига нейтронных резонансов за счет сверхтонкого магнитного взаимодействия в ядерной мишени, ориентированной при сверхнизких температурах.

На рис. 58 показаны экспериментальные значения временных сдвигов для исследуемого резонанса $^{163}\text{Dy}/1,71$ эВ/ и контрольного резонанса $^{121}\text{Sb}/15,4$ эВ/.



58. Экспериментальные значения временных сдвигов для исследуемого резонанса $^{163}\text{Dy}/1,71$ эВ/ и контрольного резонанса $^{121}\text{Sb}/15,4$ эВ/. Сплошные кривые - нормальные распределения с дисперсиями, обусловленными статистическими ошибками.



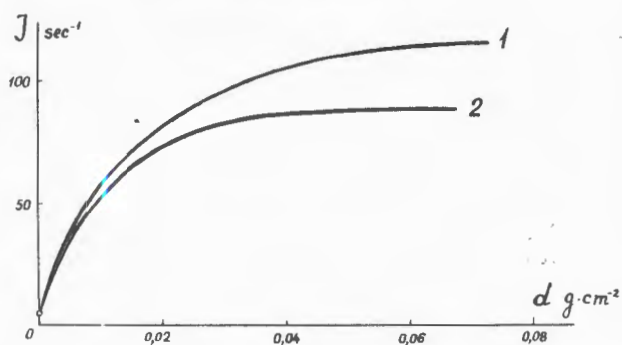
57. Нейтронные резонансы диспрозия в зависимости от времени пролета /t - номер канала анализатора шириной 2,5 мкс/, для которых измерялись магнитные моменты. Цифры над резонансами - значения энергии нейтронов в электронвольтах.

Впервые определены магнитные моменты четырех резонансов диспрозия, которые составляют $2,8 \pm 0,5$; $-0,4 \pm 0,7$; $-1,8 \pm 0,9$ и $0,5 \pm 1,2$ ядерных магнетонов для резонансов с энергиями 1,71; 2,72; 3,69; и 4,35 эВ, соответственно. Экспериментальные результаты согласуются с теоретическими оценками. Получены предварительные данные для резонансов гольмия и тербия.

Ультрахолодные нейтроны

1. Поиск наиболее эффективных конверторов - источников УХН, способных работать в условиях мощных радиационных нагрузок, проводился в совместной работе с Институтом ядерной физики /Алма-Ата/. В результате проведенных измерений выхода УХН из ряда газообразных /рис. 59/ и замороженных /вода, спирты/ конверторов установлено, что

замороженная вода при температуре жидкого азота обладает максимальным выходом УХН, в 25 раз превышающие выход УХН из алюминия /рис. 60/.

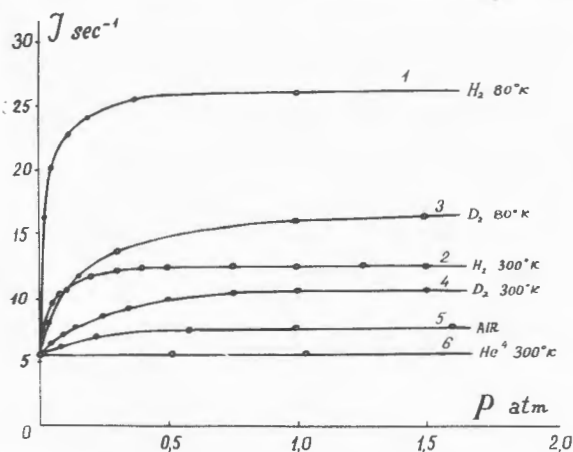


60. Зависимость интенсивности регистрации УХН J /сек⁻¹/ от толщины $d/2 \cdot \text{см}^{-2}$, замороженных на алюминиевую подложку жидкостей: 1 - вода при 80°K, 2 - этиловый и бутиловый спирты при 80°K.

2. Каналы УХН из нержавеющей стали изготовлены и установлены в Институте атомной энергии /Москва/ и в Институте атомных реакторов /Дмитровград/. Новый канал УХН на реакторе СМ-2 /Дмитровград/ обладает скоростью счета $2 \cdot 10^3$ УХН/с/. Реактор СМ-2 с каналом УХН является самым перспективным реактором советского производства для проведения экспериментов с ультрахолодными нейтронами.

3. Выполнен цикл теоретических работ, посвященных деполаризации УХН в неоднородном магнитном поле, удержанию УХН в магнитных ловушках, транспортировке УХН по нейтроноводам со сложной геометрией.

4. Продолжались работы по сооружению установки "Тристом" для измерения электрического дипольного момента нейтрона с помощью УХН. Закончено рабочее проектирование основных узлов установки. Изготовлены магнитный экран /объемом $\sim 3 \text{ м}^3$ /, система размагничивания, роторный электростатический ге-

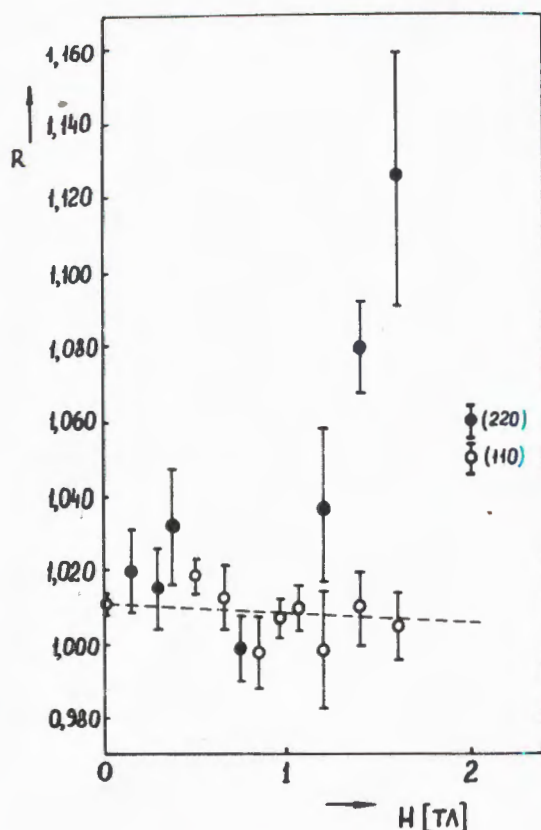


59. Зависимость интенсивности регистрации УХН j /сек⁻¹/ от давления P /атм/ и температуры наполняющих конвертор газов: 1 - водород при 80°K, 2 - водород при 300°K, 3 - дейтерий при 80°K, 4 - дейтерий при 300°K, 5 - воздух при 300°K, 6 - гелий при 300°K.

нератор на 300 кВ и квантовый оптический магнитометр /чувствительность $\sim 10^{-8}$ Э/ системы стабилизации магнитного поля. Геомагнитное поле в центре магнитного экрана ослаблено до значения $5 \cdot 10^{-5}$ Э.

Взаимодействие нейтрон-электрон

1. Завершена обработка измерений дифракции нейтронов на монокристаллах W-186, используемых для исследования



61. Поляризационное отношение R в зависимости от магнитного поля /мл-тесла/ для двух брэгговских отражений нейтронов от монокристалла вольфрама-186.

не-взаимодействия. С введением гипотезы о дополнительном рассеянии неизвестной природы для амплитуды рассеяния нейтрон-электрон получено значение $a_{ne} = -1,55 \pm 0,02 \cdot 10^{-16}$ см.

2. Продолжались работы по выяснению природы дополнительного рассеяния, дающего вклад в брэгговские пики, при дифракции нейтронов на монокристалле вольфрама-186. С этой целью в совместной работе с Институтом ядерной физики /Ржеж, ЧССР/ выполнены измерения дифракции поляризованных нейтронов на монокристалле вольфрама-186, помещенном в магнитном поле. Для отражения /220/ обнаружен аномальный рост поляризационного отношения с увеличением магнитного поля /рис. 61/. Для однозначной интерпретации результата необходимы дополнительные исследования.

Нейтронная спектроскопия ядер

1. Измерены спины 60 резонансов эрбия-167 и 56 резонансов иттербия-173 методом множественности гамма-лучей радиационного захвата нейтронов с помощью кристаллов NaI. Получены средние расстояния D (эВ) и силовые функции $S^\circ (10^{-4})$ для эрбия-167:

$$D_{y=4} = 7,5 \pm 0,6, \quad D_{y=3} = 9,3 \pm 1,0,$$

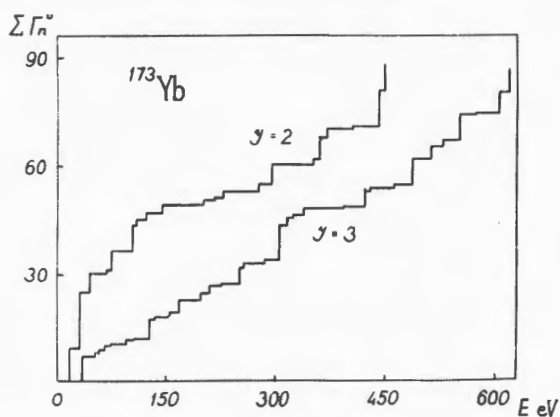
$$S^\circ_{y=4} = 2,0 \pm 0,5, \quad S^\circ_{y=3} = 2,5 \pm 0,8$$

и иттербия-173:

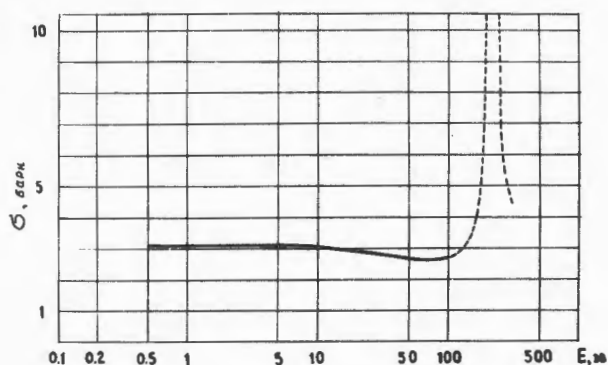
$$D_{y=3} = 14,0 \pm 1,3, \quad D_{y=2} = 20 \pm 2,$$

$$S^\circ_{y=3} = 1,2 \pm 0,3, \quad S^\circ_{y=2} = 1,5 \pm 0,5.$$

На рис. 62 для примера показана зависимость суммы приведенных нейтронных ширин от энергии нейтронов для резонансов ^{173}Yb с разным спином, демонстрирующая отсутствие заметной спиновой зависимости силовой функции.



62. Зависимость суммы приведенных нейтронных ширин от энергии нейтронов для резонансов ^{173}Yb с разным спином.



63. Эффективное сечение рассеяния нейтронов празеодимом, измеренной до резонансной /пунктир/ области энергий.

2. Полное сечение рассеяния нейтронов в интервале энергий $0,5 \div 10$ эВ / $\sigma_s = 3,1 \pm 0,2$ бн, рис. 63/ и когерентное сечение рассеяния тепловых нейтронов / $\sigma_{coh} = 3,0 \pm 0,2$ бн/ измерены для празеодима.

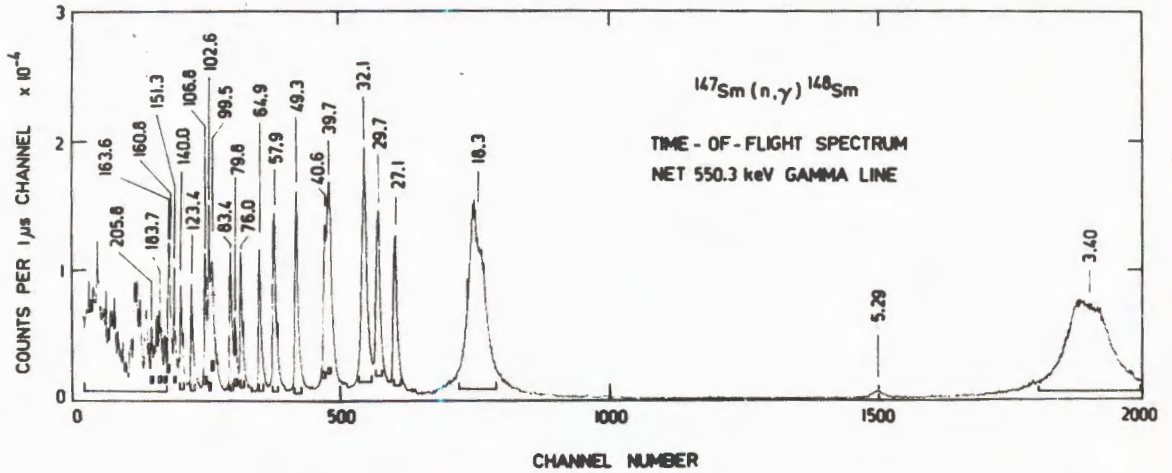
Получена верхняя оценка спин-некогерентного сечения / $\sigma_{inc} \leq 0,4$ бн/, знание которого необходимо для дифракционных исследований ядерного магнетизма в интерметалле PrCu_2 .

Гамма-распад нейтронных резонансов

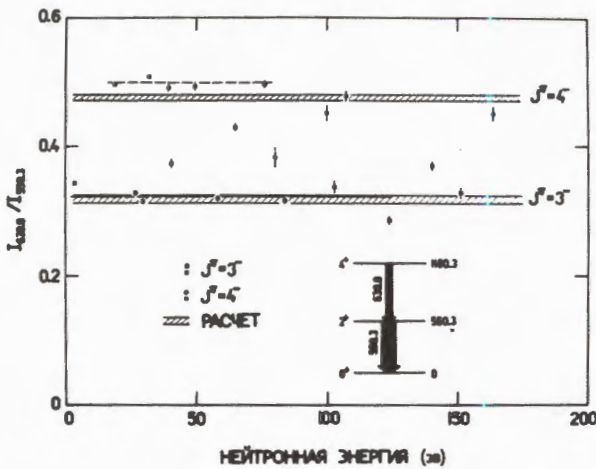
Мягкие гамма-лучи из реакции $^{147}\text{Sm}(n, \gamma)^{148}\text{Sm}$ исследованы на ИБР-30 методом времени пролета /рис. 64/. Измерены относительные интенсивности трех мягких гамма-переходов: 550,3; 611,4; 630,0 кэВ, соответствующих распаду уровней 550,3, 1161,7 и 1180,3 кэВ с различным спином. Отношение интенсивностей таких переходов зависит от спина резонанса. Определены спины 20 резонансов. Для количественного описания эффекта в рамках статистической модели выполнен расчет заселенностей низколежащих уровней и отношения соответствующих интенсивностей переходов. Наблюдаемое отклонение экспериментальных значений от расчетных /рис. 65/ указывает на возможность существования неизвестного пока механизма резонансного захвата, ведущего также к корреляции между приведенной нейтронной шириной резонанса и парциальными гамма-ширинами.

Теория малонуклонных систем и альфа-распада

1. Разработан новый метод учета короткодействующих сингулярных сил в задаче двух и трех частиц. Построена серия нуклон-нуклонных потенциалов с различными радиусами сингулярного взаимодействия, хорошо описывающая также



64. Временной спектр "чистой" /после вычета фона/ гамма-линии 550 кэВ в реакции $^{147}\text{Sm}(n,\gamma)^{148}\text{Sm}$. По оси абсцисс - номер канала анализатора, по оси ординат - число отсчетов на канал / $\times 10^{-4}$ /. Цифры над резонансами - значения энергии нейтронов в электрон-вольтах.



65. Отношение интенсивностей линий 630 и 550 кэВ для разных резонансов самария-147. Заштрихован коридор расчетных значений.

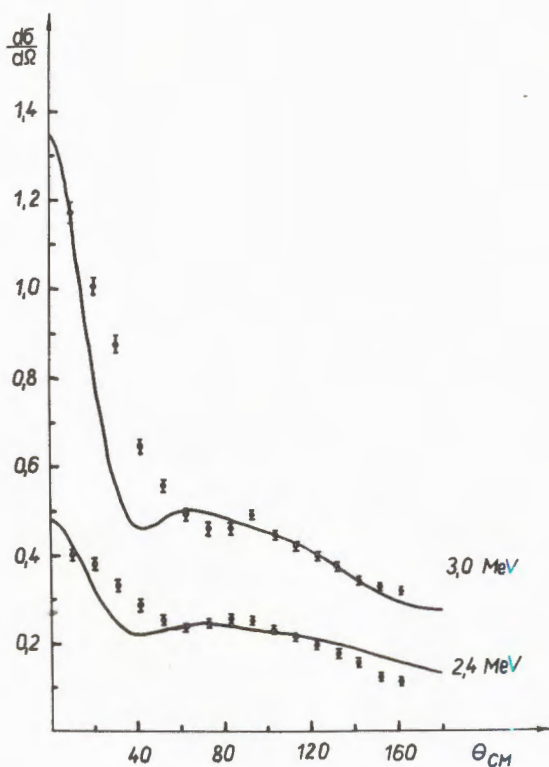
нуклон-нуклонные фазы до 400 МэВ.

2. Развита асимптотическая кластерная модель α -распада, позволившая рассчитать вероятности существования α -частиц в поверхностных областях α -

радиоактивных ядер /получены величины $\sim 10^{-3} \div 10^{-6}$ /. Разработан метод выделения движения центра тяжести кластеров в ядрах и рассчитаны абсолютные вероятности α -распада сферических ядер с использованием оболочечного базиса Вудса-Саксона и с учетом парных корреляций. Получено соотношение для расчета усредненных альфа-ширин нейтронных резонансов.

Ядерные реакции с заряженными частицами

1. Выполнено исследование гамма-распада изобар-аналоговых резонансов меди-63. Измерена функция возбуждения реакции $^{62}\text{Ni}(p,\gamma)^{63}\text{Cu}$, наблюдались резонансы при энергии протонов 2455, 2468, 2475, 2492, 2509, 2516 кэВ. Измерены гамма-спектры, соответствующие прямым переходам с резонансов на низколежащие состояния ^{63}Cu . Получены значения приведенных вероятностей перехо-



67. Подгонка угловых распределений протонов из реакции $^{11}\text{B}({}^3\text{He}, \text{p})^{13}\text{C}$ по резонансной теории и теории двойного срыва. Ход угловых распределений под малыми углами определяется прямыми процессами, для больших углов - механизмом образования составного ядра.

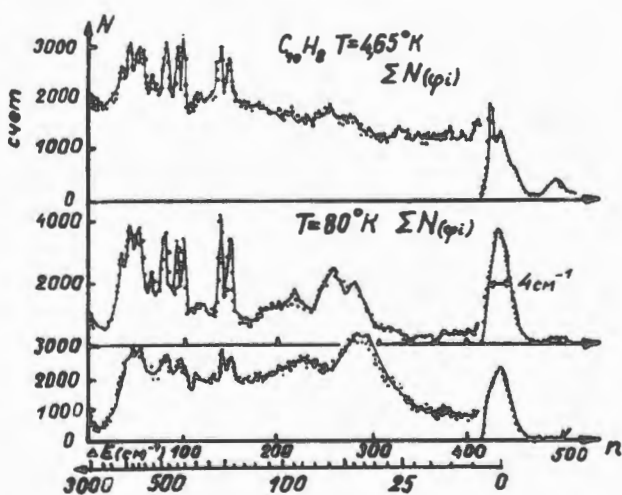
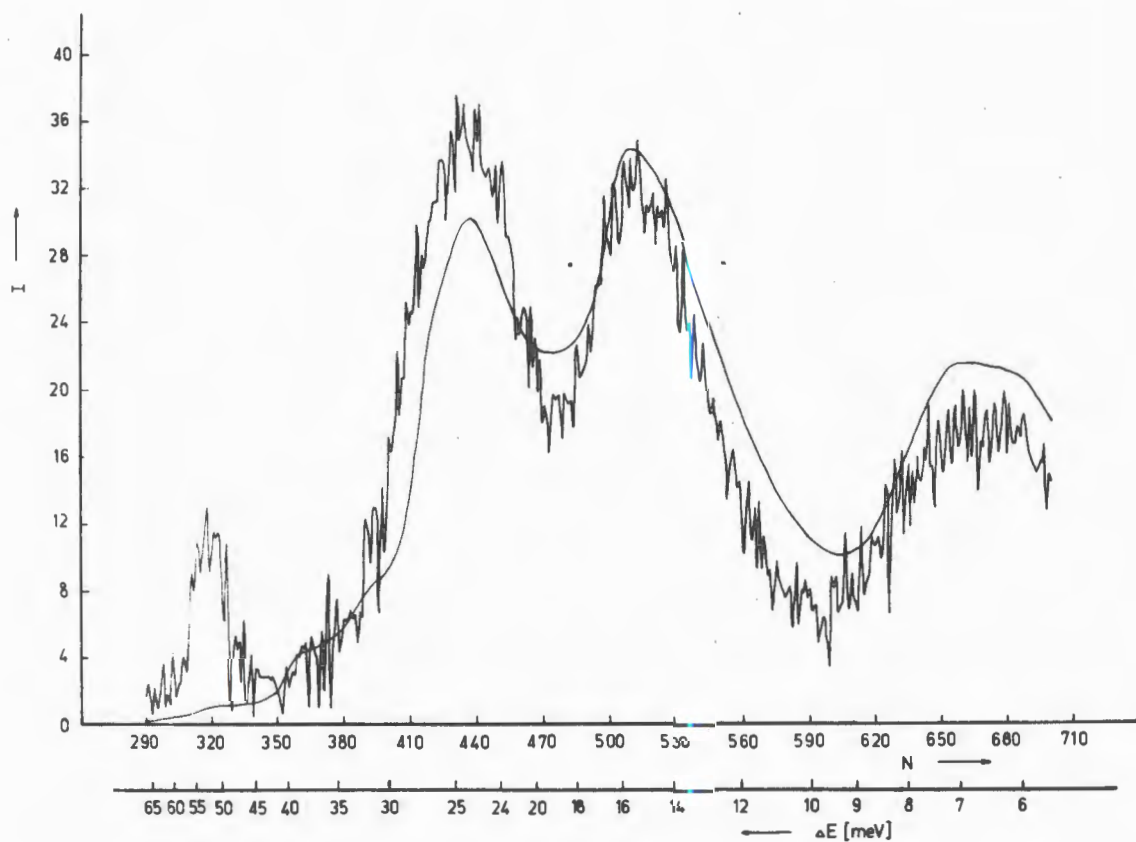
вых шариках ϕ 154 А и на гемоглобине. Радиус инерции гемоглобина найден равным $24,5 \pm 0,6$ А. Согласно этой величины с другими данными демонстрирует возможность определения размеров биологических макромолекул и полимеров. Согласно теоретическому анализу, спектрометр должен обладать рядом преимуществ по сравнению с установками на

стационарных реакторах, в том числе лучшей светосилой при больших передачах импульса, меньшим уровнем некогерентного фона.

Динамика конденсированных сред

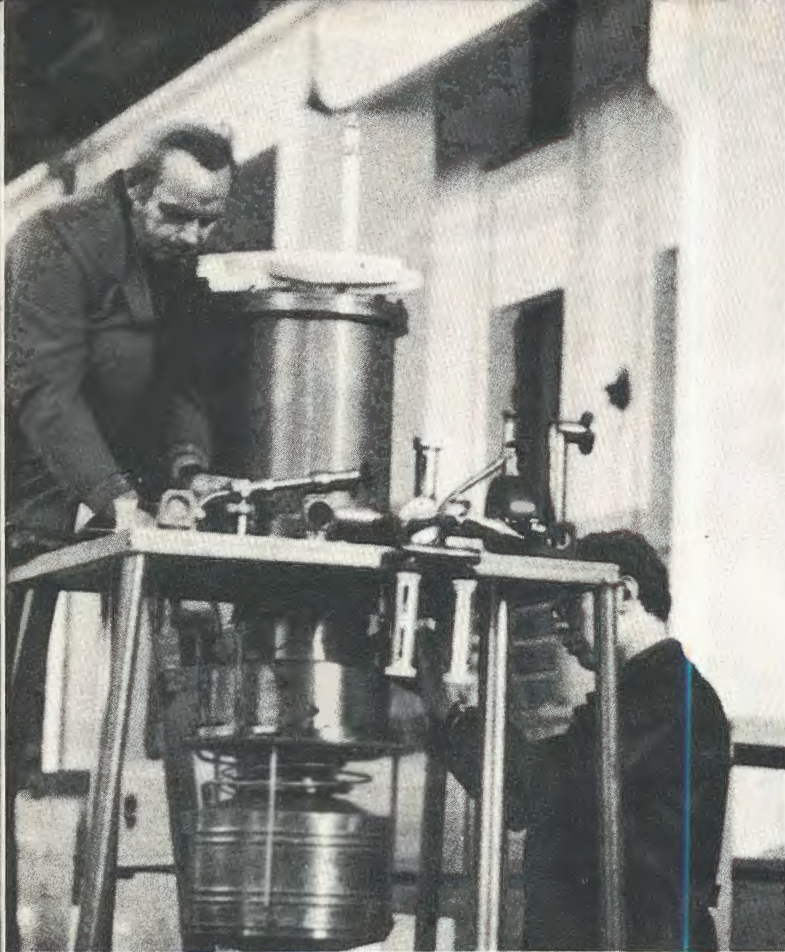
1. Закончены измерения неупругого рассеяния нейтронов на образце PrF_3 при различных температурах, включая 77 и 4,2 К, проводившиеся по методу обратной геометрии с бериллиевым фильтром /рис. 68/. Получена схема расщепления основного мультиплета трехвалентного иона празеодима под действием низкосимметричного кристаллического поля. Значения энергии в миллиэлектронвольтах и тип представления /в скобках/ для девяти низколежащих уровней равны: 0,0(Γ_1), 7,4(Γ_2), 8,6(Γ_1), 16,7(Γ_2), 25,1(Γ_2), 27,6(Γ_1), 36,0(Γ_1), 41,0(Γ_2), 62,0(Γ_1).

2. Неупругое рассеяние нейтронов полукристаллическим нафталином измерено на реакторе ИБР-30 в совместной работе Объединенного института ядерных исследований, Института физики твердого тела АН СССР и Института Лауэ-Ланжевена /Гренобль/. Измерения при температурах 296, 77 и 4°К выполнены методом обратной геометрии с бериллиевым фильтром и монокристаллом перед детектором. Экспериментальные результаты /рис.69/ сопоставлены с расчетом в приближении жесткой решетки и жесткой молекулы для внутримолекулярных и межмолекулярных колебаний. Получены плотности состояний фононных спектров и данные о степени участия водородных атомов в колебательных движениях.



68. Экспериментальный и теоретический /гладкая кривая/ спектры неупруго рассеянных нейтронов при 77°K для P_1F_3 . I - интенсивность в относительных единицах, N - номер канала анализатора; пик при $N \approx 320$ обусловлен бериллиевым фильтром.

69. Экспериментальные спектры неупругого рассеяния нейтронов на нафталине при различных температурах.



Поляризованная протонная мишень создана для получения пучка поляризованных нейтронов на реакторах ИБР-30 и ИБР-2 /степень поляризации пучка 70%/.

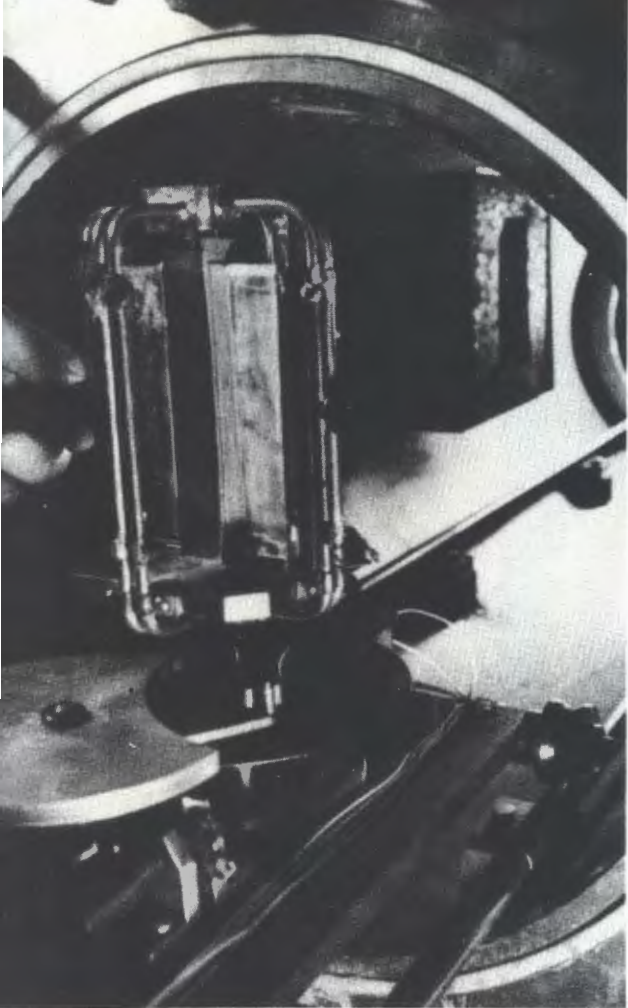
Криостат установки.

СВЧ-резонатор.



Спектрометр малоуглового рассеяния тепловых нейтронов для исследования структуры биологических объектов на ИБР-30 методом времени пролета.

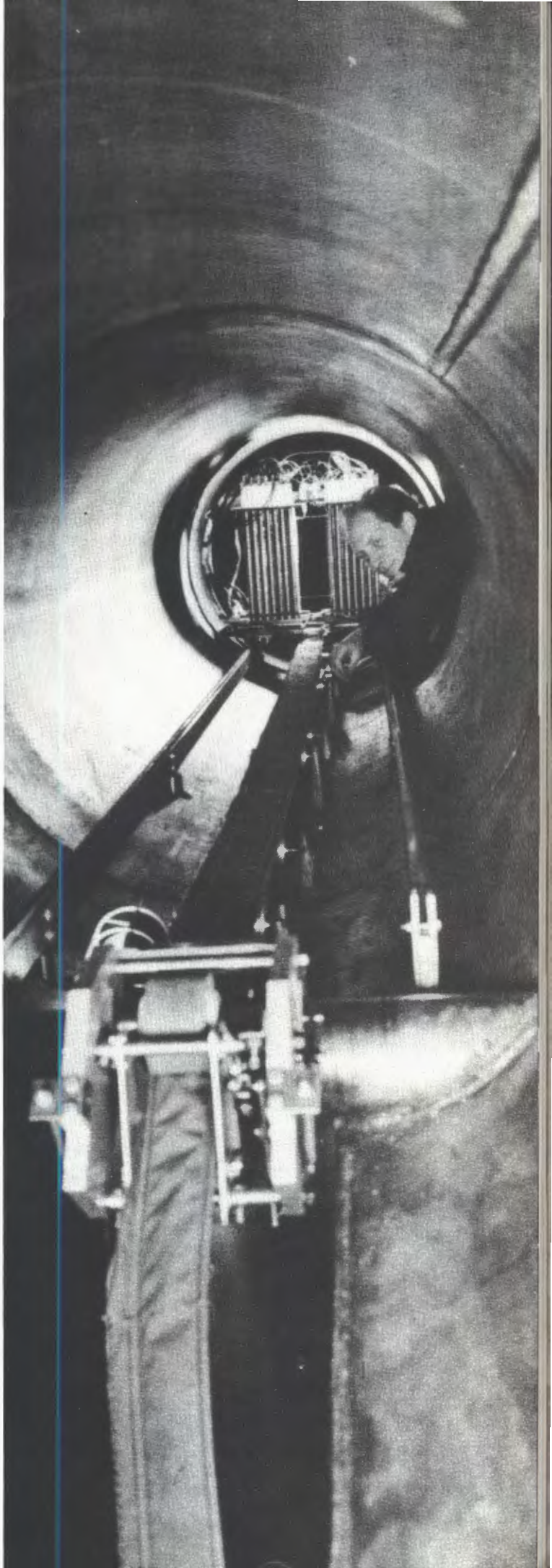
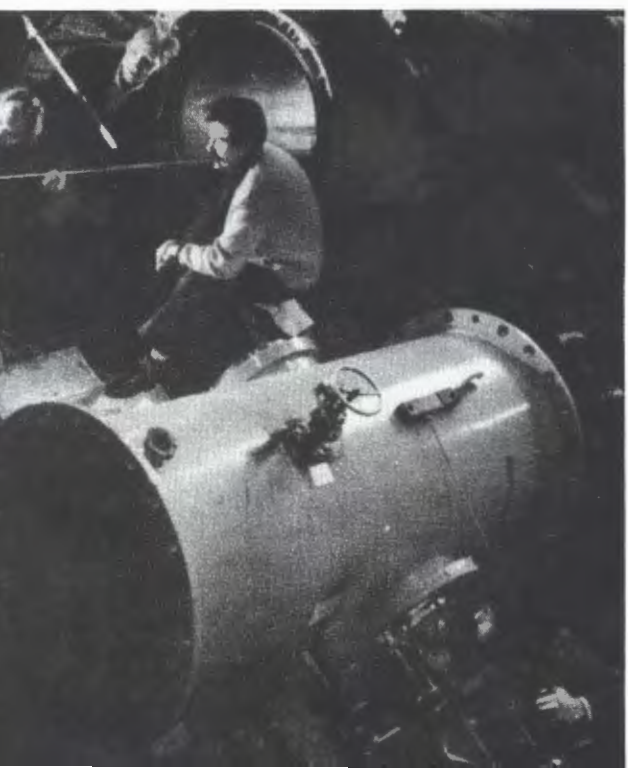


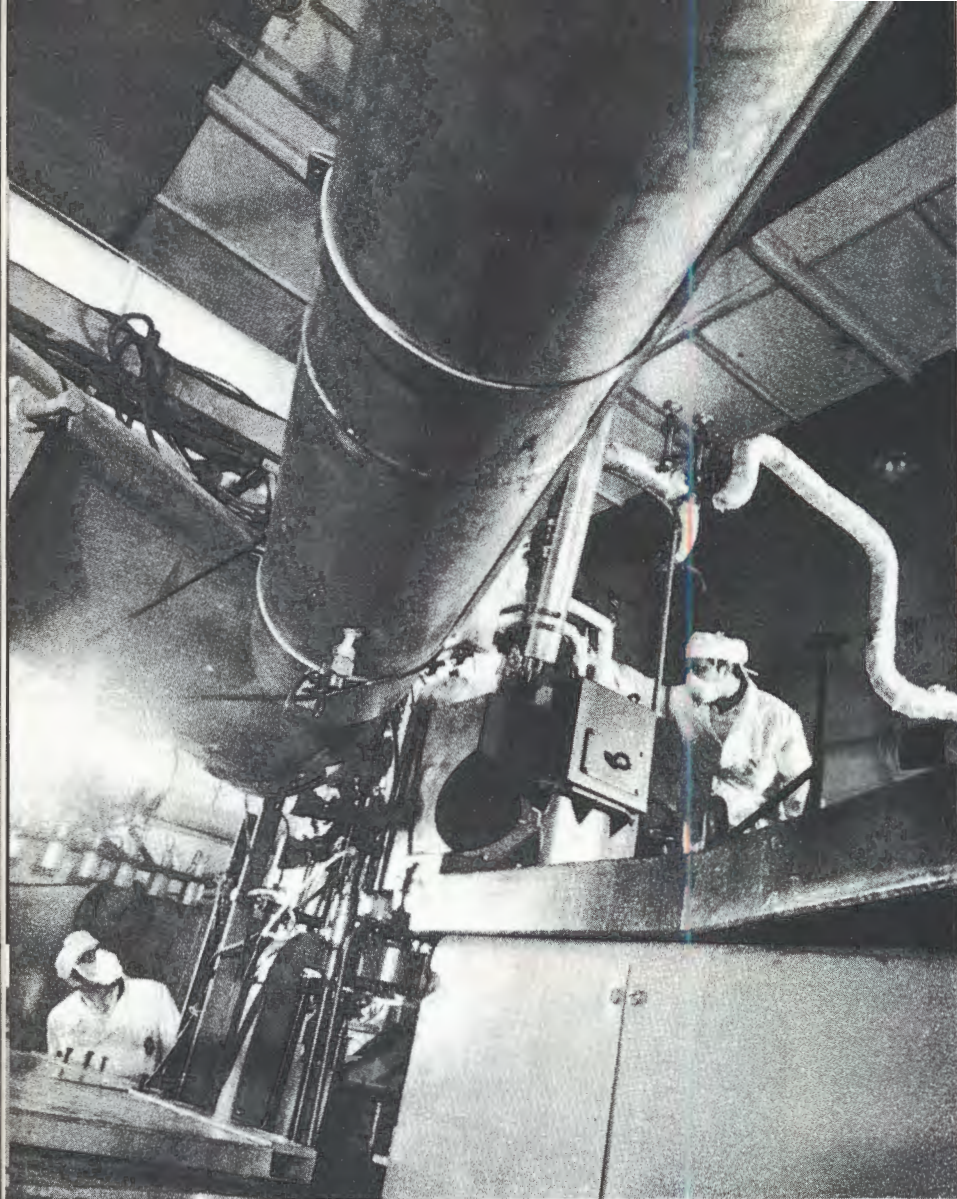


▲ Система для автоматической смены образцов.

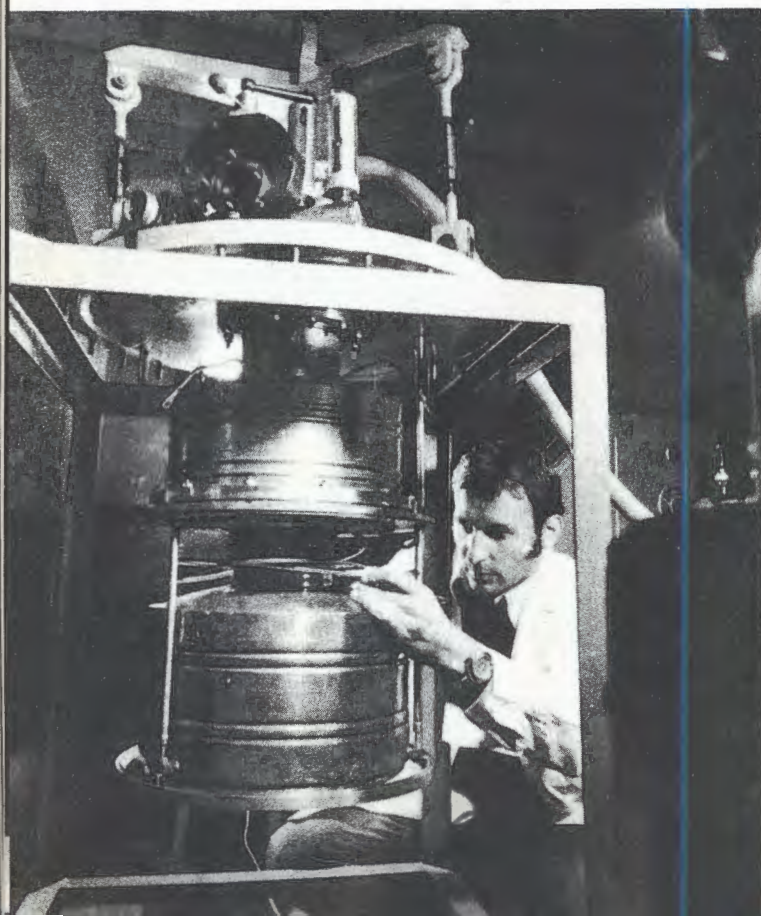
Дефекторная система спектрометра в вакуумном нейтроноводе. ▶

Сборка спектрометра. ▼





▲
Импульсный реактор на быстрых нейтронах ИБР-30 во время очередной профилактики.

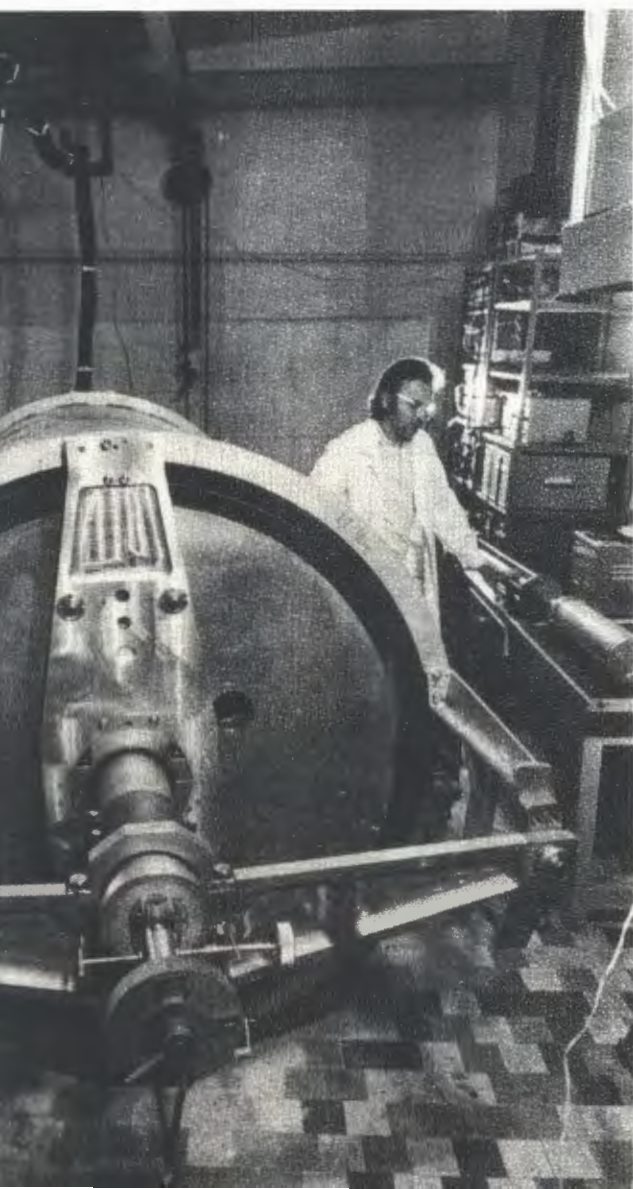


Гелиевый криостат для охлаждения крупногабаритных образцов до температуры 4,2°К в экспериментах по неупругому рассеянию тепловых нейтронов на реакторе ИБР-30.



На строительстве нового реактора ИБР-2.

Магнитный экран установки для измерения электрического дипольного момента нейтрона в готовящемся эксперименте с ультрахолодными нейтронами на реакторе ИБР-2.



Механический прерыватель пучка нейтронов /рабочая модель/ для корреляционного спектрометра, создаваемого для работы на реакторе ИБР-2.



Эксплуатация, совершенствование и развитие основных установок и аппаратуры

Измерительно-вычислительный центр

1. Совместно с ЛВТА начаты разработки аппаратуры измерительного модуля, положенного в основу проекта ИВК ИБР-2. Разработаны и опробованы контроллер каркаса для связи с ЭВМ М-400, вариант измерительной системы, устройство визуальной связи с ЭВМ.

2. Продолжались работы по развитию систем аналого-цифровых и цифровых блоков в стандарте КАМАК: разработан ряд блоков с программным управлением параметрами, подготовлена документация на эти блоки для ЦЭМ ОИЯИ, создано входное устройство для анализаторов типа АИ-4096, улучшающее его характеристики, в том числе быстродействие.

3. В плане работ по автоматизации физического эксперимента и управления реактором разработаны, подготовлены и опробованы: вариант программной организации измерений с периодической сменой образцов и регистрацией трек спектров, макет пусковой аппаратуры реактора ИБР, устройство для измерения уровня мощности и временного положения импульса мощности. Прорабатывались вопросы контроля параметров реактора с помощью ЭВМ нового измерительного центра.

4. Развивалась измерительная система для проведения нескольких физических экспериментов на базе малой ЭВМ ТРА-1, магнитных дисков ИР и индикатора "ТЕКТРОНИКС": изготовлены радиоэлектронные блоки и разработано со-

ответствующее программное обеспечение для трех экспериментов: по делению ядер, угловым распределениям рассеяния нейтронов и по неупругому рассеянию с применением корреляционного метода.

5. Выполнен основной объем работ по созданию на базе машины БЭСМ-4 и ТРА фортранной станции для передачи в ЛВТА спектрометрической информации и обратного приема результатов обработки.

На БЭСМ-4 развивалась и совершенствовалась система машинного проектирования электронных блоков.

Реактор и ускорители

За год работы /июнь 1973 г. - июль 1974 г. - цикл между регулярными профилактическими ремонтами/ реактор проработал на эксперимент рекордное количество часов - 6300, из них 3020 часов в режиме совместной работы с инжектором-ускорителем ЛУЭ-40. В результате проведенной модернизации систем СВЧ-питания и контроля за вакуумом существенно повышена стабильность работы ускорителя. Введена в эксплуатацию новая вольфрамовая мишень с улучшенным охлаждением. Мощностью ИБР-30 с инжектором увеличена в два раза и доведена до 7 кВт/при использовании вольфрамовой мишени/.

Электростатический генератор ЭГ-2 эксплуатировался в соответствии с потребностями эксперимента. Ускоритель ЭГ-5 с октября 1973 г. по октябрь 1974 г. проработал на эксперимент 3700 часов.

Подготовка
новой физической аппаратуры
для ИБР-2

Установка "Поляризованная протон-

ная мишень" смонтирована на нейтронном пучке реактора ИБР-30. Проведена наладка основных узлов установки. Начат комплексный запуск установки в целом. Велись работы по подготовке физических экспериментов с пучком поляризованных нейтронов, получаемых с помощью этой установки.

Проведены систематические испытания на пучке ИБР-30 модельного варианта корреляционного спектрометра, давшие положительные результаты. Начата работа по созданию корреляционного спектрометра для ИБР-2.

На пучке нейтронов реактора ИБР-30 проведены испытания систем управления и синхронизации вращающегося коллиматора и его физических характеристик в режиме дифракционного и неупругого рассеяния нейтронов.

Закончена разработка конструкции нейтронных волноводов полного внутреннего отражения и испытание стекол для них. Изготавливалась 20-метровая секция нейтронного волновода.

Выполнены работы по оптимизации замедлителей, предназначенных для получения тепловых и холодных нейтронов

и по радиационной защите. Новая конструкция замедлителя, испытанная на ИБР-30, позволила увеличить в несколько раз интенсивность пучка тепловых нейтронов.

Сооружение ИБР-2

с инжектором

В 1974 году выполнен значительный объем работ по комплексу ИБР-2. Наряду с продолжением строительных работ начат монтаж технологического оборудования. Изготовление основного оборудования реактора на предприятиях СССР и аппаратуры СУЗ в Польше велось в соответствии с задачей пуска реактора в 1975 году.

В ходе работ по инжектору к ИБР-2 - индукционному ускорителю ЛИУ-30 - завершены испытания головного образца. Получен номинальный режим / энергия 700 кэВ, ток 250 А, частота 50 Гц/ и осуществлена длительная работа. Результаты испытаний позволили НИИЭФА начать изготовление ускорителя.

Лаборатория вычислительной техники и автоматизации

Эксплуатация
электронных вычислительных машин

ЭВМ	Полезное время /в часах/	Среднесу- точное время /в часах/
БЭСМ-6	7368	21,0
CDC - 6200	7398	21,1
CDC - 1604A	7855	22,3
БЭСМ-4-I	7453	21,3
БЭСМ-4-II	7431	21,2

Измерительно-вычислительный комплекс ОИЯИ

В Институте велись работы по повышению эффективности и надежности использования средств вычислительной техники.

1. Введены в эксплуатацию на БЭСМ-6 четыре стандартных 9-дорожечных накопителя на магнитной ленте типа ЕС-5012, что обеспечило возможность обмена информацией в международном формате записи-воспроизведения с машинами вычислительных центров стран-участниц ОИЯИ /включая ЭВМ серии "Ряд"/ и другими зарубежными центрами, а также повысило надежность работы памяти на магнитной ленте.

2. Установлены на БЭСМ-6 восемь накопителей на магнитных дисках ЕС-5052, полученных из НРБ, и смонтирован коммутатор магнитных дисков. Ввод в эксплуатацию памяти на магнитных дисках со сменным пакетом существенно улучшит технические параметры ЭВМ БЭСМ-6.

3. На CDC - 6200, вместо ненадежно

работающих магнитных дисков 6603, установлена память на магнитных дисках типа CDC-841. Кроме того, здесь установлено второе широкоформатное печатающее устройство CDC-512.

Математическое обеспечение ЭВМ

В связи с оснащением ЭВМ Института накопителями типа ЕС-5012 разработан и введен в эксплуатацию новый вариант математического обеспечения БЭСМ-6 /ее программ диспетчера и монитора/. Это сделало возможным использование более надежных накопителей ЕС-5012 и, кроме того, появилась возможность обработки информации с машин HP-2116B, "Электроника-100" и других.

Проводилась также работа по сопровождению транслятора с ФОРТРАНа для ЕС-ЭВМ.

Для обеспечения совместимости программ пользователей БЭСМ-6 и CDC-6200 завершен перевод на CDC-6200 основной части библиотеки программ общего назначения БЭСМ-6 /аналог библиотеки ЦЕРН/. В нее входит 276 подпрограмм.

Для машин класса БЭСМ-4 написан и сдан в опытную эксплуатацию новый вариант транслятора с языка типа ФОРТРАН-4. Это в значительной степени обеспечит совместимость по входному языку между машинами БЭСМ-4, БЭСМ-6 и CDC-6200.

Методы

визуальной связи с ЭВМ

Разработан и изготовлен графический дисплей на запоминающей электронно-лучевой трубке с сеточным потенциалонесителем.

В Центральном экспериментальном

мастерских начато изготовление дисплеев ОСК-2 для малых ЭВМ по документации, разработанной в ОИЯИ. В течение года было изготовлено более 30 дисплеев ОСК-1 и ОСК-2 для лабораторий ОИЯИ и научных учреждений стран - участниц Института.

Значительно расширены библиотеки дисплейных программ для графического и точечного дисплеев на ЭВМ М-6000. Завершено создание эмулятора М-6000 на больших ЭВМ /БЭСМ-6, CDC-1604A/ и подготовлена документация по его использованию. Эти разработки использованы в ряде научно-исследовательских институтов СССР.

Продолжались работы по созданию системного математического обеспечения дисплейной станции на основе ЭВМ М-6000 для обработки графической информации на БЭСМ-6.

Выполнен ряд работ по применению дисплейных систем для решения физических задач. Разработаны программы расчета равновесных состояний ядер.

Специалистами ЛВТА из ВНР закончена отладка основных программ дисплейной станции на ЭВМ Минск-32 и ТРА-1.

Автоматические и полуавтоматические системы обработки камерных снимков

1. После завершения методического эксперимента по оценке точностных характеристик созданной в ОИЯИ сканирующей системы "Спиральный измеритель" и отладки всего комплекса аппаратуры и программ с июля 1974 года на установке началась массовая обработка снимков с метровой водородной камеры ОИЯИ.

Анализ полученных результатов по сканированию снимков дейтрон-протонных взаимодействий и сравнение их с результатами измерений этих же событий на ПУОСах показывает, что характеристики системы соответствуют расчетным

и удовлетворяют требованиям, предъявляемым к устройствам подобного типа /точность измерений ~ 9 мкм/.

Подключение накопителей на магнитной ленте ЕС-5012 к управляющей ЭВМ спирального измерителя, а также работы по доводке и калибровке как самой сканирующей системы, так и программ обработки /прежде всего программ фильтрации/ позволили достичь средней производительности 24 события/час /30 тыс. событий в год при односменной работе/, что соответствует расчетной производительности /в режиме ручного измерения реперных крестов/.

Завершены строительно-монтажные работы по подготовке помещения для второго спирального измерителя, закончен монтаж электронной части "СИ-2", проводится автономная настройка электронных блоков.

2. Расширена электронная система связи ПУОСов с БЭСМ-4, что дало возможность подключить к ней просмотрово-измерительные столы САМЕТ. На этих столах проводилось массовое измерение снимков с двухметровой пропановой камеры ОИЯИ. Использование столов САМЕТ также и для просмотра снимков с этой камеры дало возможность снять просмотр со столов БПС-2 и использовать их для подготовки масок событий на снимках с камеры "Людмила".

Проведены успешные испытания изготовленного в Физическом институте ЧСАН макета электронной схемы для обеспечения работы столов САМЕТ в режиме псевдоавтосопровождения, макета программы управления и системы связи столов САМЕТ с ЭВМ БЭСМ-4.

Подготовлен проект специализированного просмотрового стола для двухметровой пропановой камеры. Ведется изготовление этого стола.

С целью повышения эффективности работы системы ПУОСы - БЭСМ-4 к ЭВМ

подключены и введены в эксплуатацию 2 стандартных 9-дорожечных магнитофона ЕС-5012, что более чем в три раза увеличило скорость записи-воспроизведения информации. Практически исчезли потери информации, записанной на МЛ.

На приборах ПУОС и столах САМЕТ проведена отладка нового математического обеспечения системы БЭСМ-4-ПУОС-САМЕТ, значительно повышающего производительность указанной системы.

Проведено исследование возможности использования микропроцессоров для управления полуавтоматическими измерительными устройствами. Выявлена большая эффективность микропроцессоров в устройствах указанного типа.

Разработан комплект документации на опытный образец просмотрово-измерительного проектора БПС-ЗУ-М2 для промышленного изготовления. Опытный образец будет изготовлен на Экспериментальном заводе научного приборостроения АН СССР. В основном завершены работы по настройке и исследованию макетного образца БПС-ЗУ-М2.

3. С целью повышения производительности и надежности находящейся в эксплуатации сканирующей системы НРД в нее включен второй процессор CDC-1604 и блок коммутации магнитофонов. Опробован на реальных задачах режим независимой одновременной работы двух процессоров CDC-1604, причем один процессор работал на линии с НРД. Введение такого режима обеспечивает производительность НРД на уровне измерения 90 тысяч событий в год. Выполнены работы по резкому снижению гидравлических ударов в системе.

Подготовлены математические программы /включая программы фильтрации/ для измерений на НРД снимков с камеры "Людмила", программы опробованы на реальных снимках.

С целью подготовки к обработке на НРД 35 мм снимков с МИС-5 ОИЯИ разработана методика автоматической обработки снимков, созданы алгоритмы и написаны программы /система КОМПРО-МИС/, составлен общий проект системы измерения снимков с МИС.

4. Разработана и введена в опытную эксплуатацию сканирующая установка автомата АЭЛТ-2, включающая в себя:

- схему управления автоматом, выполненную на базе ЭВМ БЭСМ-4;
- прецизионные электронные схемы управления ЭЛТ;
- видеоусилитель, выделяющий слабые сигналы при обработке снимков с низкой контрастностью;
- оптический канал;
- комплекс опытных программ управления сканированием с выдачей результатов на дисплей.

Проведено опытное сканирование снимков с МИС ОИЯИ, показавшее возможность одновременной обработки на АЭЛТ-2 сразу двух проекций события. Это позволяет осуществить пространственную реконструкцию событий в режиме на линии с ЭВМ и автоматическое опознавание событий.

Использование ЭВМ на линии

с экспериментальными установками

1. Создана базовая управляющая программа для установки "Фотон". Программа является центральной частью системы программ управления, сбора, накопления и обработки данных на ЭВМ НР-2116В. На базе управляющей программы создано математическое обеспечение комплексной наладки установки, которое подраз-

деляется на программы наладки системы запуска аппаратуры регистрации частиц пучка, искровых камер, спектрометрической аппаратуры и логических устройств. Результаты контроля аппаратуры выводятся в удобной форме на АЦПУ и дисплей. Общая длина созданных программ - свыше 25 тысяч ячеек. Язык управления включает в себя около 30 директив, общее количество выводимых гистограмм и сводных статистических таблиц - более 300. Все программы написаны на автокоде с целью обеспечения максимальной эффективности управляющих программ.

Отработан перенос экспериментальных данных на магнитных лентах с ЭВМ НР-2116В через БЭСМ-6 на СДС-6200. Отлажены подпрограммы декодировки информации на СДС-6200 с целью представления исходных данных в виде, удобном для их последующей обработки с использованием ФОРТРАНа, а также подпрограммы опознавания и определения параметров траекторий частиц пучка. Были обработаны данные с искровых камер установки "Фотон" и восстановлены траектории заряженных частиц.

2. Для экспериментов ОИЯИ на ускорителе ИФВЭ по поиску новых частиц и ядер создана новая версия программы с учетом повышения фона. Осуществлен переход от 8-мерного амплитудно-временного анализа к 16-мерному. В связи с переходом к изучению области времен жизни частиц около 10^{-2} с изменен алгоритм диспетчеризации процессов обработки и приема данных.

3. С целью обеспечения установки "Альфа" созданы программы для обработки на БЭСМ-4 данных, накопленных при работе пропорциональных камер и трекового аппаратного процессора на линии с ЭВМ НР-2116В. Программы включают опознавание траекторий, геометрическую реконструкцию событий и их статисти-

ческую обработку. Разработано и эксплуатируется программное обеспечение стендовых испытаний пропорциональных камер на линии с БЭСМ-4.

4. На установке БИС-2 успешно эксплуатировались созданные программы для измерения магнитных полей в магнитах СП-40 и СП-94. Измерения проводились в ИФВЭ /Серпухов/ в режиме непосредственной связи с БЭСМ-3М. Написаны программы, предназначенные для наладки пропорциональной камеры, снятия кривых задержанных совпадений и наладки кодировщиков. Отлажена и эксплуатируется общая программа контроля оборудования и накопления данных с установки БИС-2. Произведена настройка установки и записана экспериментальная информация /свыше 400 тыс. стереомагнитографий/ на магнитных лентах для последующей обработки в ОИЯИ и институтах стран-участниц.

5. Началась реализация проекта математического обеспечения единой системы обработки спектрометрической информации в ОИЯИ. По этому проекту система будет состоять из трех уровней: 1 - измерительные модули, включающие в себя малые ЭВМ и физическое оборудование, 2 - вычислительные машины типа ЕС-1040 и ЕС-1050 /в измерительно-вычислительных центрах ЛНФ, ЛЯР и ЛЯП/, 3 - система на основе ИВК ЛВТА. Эта система будет создаваться поэтапно до конца следующей пятилетки.

В настоящее время на первом уровне используются малые ЭВМ типа М-400, М-6000, ТРА-1001 и ТРА-1. На втором уровне - в ИВК ЛНФ машина БЭСМ-4, в ИВК ЛЯР - Минск-32 и в ИВК ЛЯП - машины Минск-2 и Минск-32. На БЭСМ-4 ЛНФ успешно эксплуатируется система ПОФИ-72 и на Минск-32 - система СПОРС. На третьем уровне - БЭСМ-6.

Соответственно создаются проблемно-ориентированные спектрометрические

системы на всех трех уровнях. Создан набор программ для использования дисплеев. Написан комплекс программ для работы с файлами на БЭСМ-6, разработаны алгоритмы транслятора языка общения. В библиотеку программ обработки экспериментальных данных включены программы активационного анализа, программы исследования сложных гамма-спектров, спектров осколков деления и другие программы.

6. Велись работы по созданию программ для ЭВМ М-6000, участвующей в магнитных измерениях и в измерениях пучка на модели коллективного ускорителя тяжелых ионов. С помощью указанных программ было проведено несколько сеансов этих измерений. На М-6000 отлажен вариант дисковой операционной системы.

Для синхрофазотрона созданы математические программы управления, осуществляемого ЭВМ ТРА. Отлажены варианты программ учета потерь интенсивности пучка, выдачи данных /графиков и т.п./ на телетайп. Введен в эксплуатацию вариант программы управления медленным выводом пучка.

7. В разработках бесфильмовых систем регистрации создана математическая модель телевизионной системы съема данных с установки РИСК и соответствующие программы для СДС-6200.

В основном завершены работы по созданию телевизионной установки на линии с малой ЭВМ "Параметр", предназначенной для исследования характеристик передающих трубок и их безвакуумных аналогов с целью определения их пригодности для бесфильмового съема данных со стримерных камер.

Проведены работы по подготовке аванпроекта бесфильмового съема информации со стримерной камеры СКМ-200.

Программы обработки экспериментальных данных

1. Основные усилия математиков были направлены на повышение эффективности системы программ обработки камерных снимков на БЭСМ-6. В ходе этих работ система была дополнена несколькими программами:

а/ программой ИНДЕКС, предназначенной для учета результатов обработки, записываемых на магнитные ленты. Внедрение этой программы позволило значительно сократить число выдаваемых на печать данных и почти вдвое сократить затраты времени ЭВМ.

б/ Программой АЗА, являющейся быстрой версией программы ГРАЙНД и предназначенной для идентификации V^0 -частиц, регистрируемых в пропановых и водородных камерах.

в/ Программой ГИНРУТ, предназначенной для преобразования результатов геометрической реконструкции по программе 1-6 во входной формат программы ГРАЙНД. Создание программы позволяет проводить кинематический и статистический анализ событий, регистрируемых в пропановых пузырьковых камерах, на БЭСМ-6, а не на БЭСМ-4.

Кроме того, на основе алгоритмов обобщенной модели треков получен непригодный вид информационных матриц, используемых в программах геометрической реконструкции, и разработаны эффективные алгоритмы их обращения. Отлажена программа поиска изломов на треках тяжелых заряженных частиц. Совместно с НИИЯФ МГУ решена задача моделирования многократного кулоновского рассеяния при прохождении заряженных частиц через систему рассеивающих сред с учетом энергетических потерь.

2. Подготовлена и проверена на со-

бытиях с камеры "Людмила" геометрическая программа модульной структуры для водородных камер и камеры СКМ-200.

Участие

в экспериментальных исследованиях

1. Для исследования протон-ядерных взаимодействий при энергиях 4-10 ГэВ осуществлен физический запуск магнитного спектрометра с проволочными искровыми камерами на выведенном пучке протонов синхрофазотрона, измерены импульсные спектры протонов, рассеянных на мишенях CD_2 , CH_2 , C.

Составлены и отлажены на ЭВМ БЭСМ-4 программы геометрической реконструкции траекторий и вычисления импульсов заряженных частиц в магнитном спектрометре, на ЭВМ "Параметр" программы определения основных характеристик искровых камер и программы восстановления треков частиц в сегментах искровых камер.

2. Совместно с Институтом атомной физики /СРР/ и Бухарестским университетом проводилось исследование взаимодействий отрицательных пионов с протонами при 16 ГэВ/с. Изучались четырехлучевые события с рождением странных частиц /идентифицировались нейтральные странные частицы и каналы реакций/ на основе анализа снимков, полученных при облучении двухметровой водородной камеры ЦЕРНа.

3. Изучение электромагнитных свойств К-мезонов ведется с помощью двухметровой стримерной камеры СКМ-200 в пучках релятивистских ядер. Разработана система сменных металлических мишеней, помещаемых внутри рабочего объема камеры. Система опробована на модели и в настоящее время работает с камерой. Проведено первое рабочее облучение камеры в пучке альфа-частиц с импульсом -17 ГэВ/с.

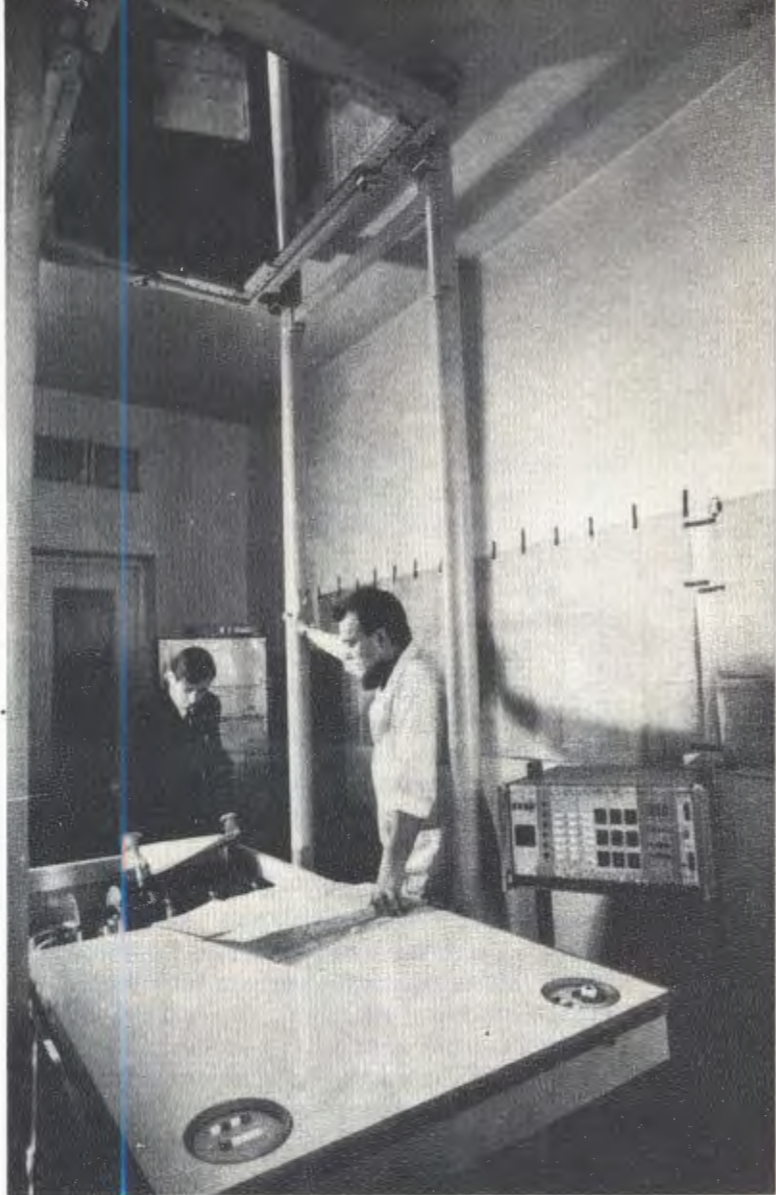


Ввод в эксплуатацию на БЭСМ-6 стандартных накопителей на магнитных дисках типа ЕС-5052 существенно повысил производительность вычислительного комплекса, обеспечил надежный обмен информацией между лабораториями Института, а также между ОИЯИ и другими научными центрами.

Началась массовая обработка камерных снимков на сканирующем автомате "Спиральный измеритель-1". На снимке: регулировка оптико-механического устройства "СИ-1".

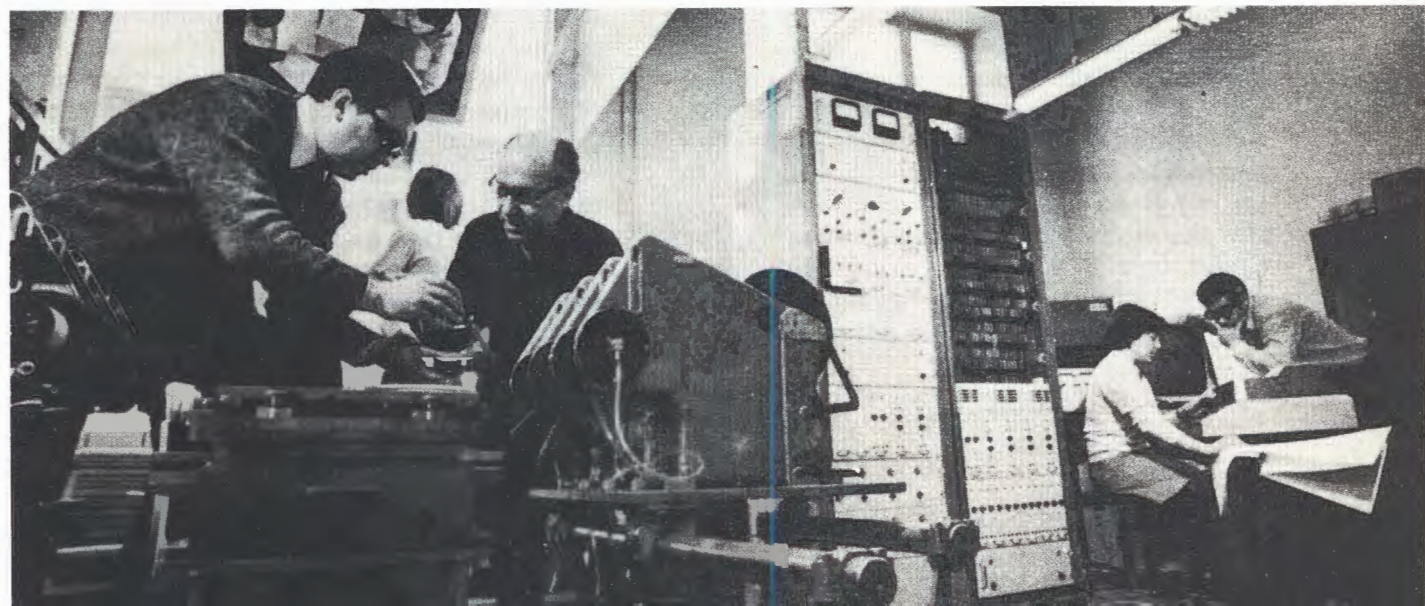
В измерительно-вычислительном комплексе ОИЯИ организован большой "банк" хранения экспериментальной информации.





*Разработана модель универсального просмотрово-измерительного проектора БПС-3У-М2, завершены работы по на-
стройке макета.*

В Институте ведутся работы по запуску автомата "Спиральный измеритель-2".



Разработка методов прикладных вычислений

1. Разработаны некоторые критерии глобальной сходимости непрерывного аналога метода Ньютона. Обосновано применение этого метода к задачам Штурма-Лиувилля. Разработан способ решения таких задач для интегро-дифференциального уравнения.

2. Продолжались исследования устойчивости релятивистских электронных колец. Было изучено влияние нелинейных эффектов на радиационную неустойчивость таких колец. На двух математических моделях было показано, что нелинейность, приводящая к подавлению неустойчивости, имеет место лишь вблизи порога.

3. Выполнены работы, относящиеся к одной из фундаментальных проблем физики, - так называемой проблеме Ферми-Паста-Улама. Эта проблема связана со стохастизацией движения в нелинейных системах. В последние годы были проведены исследования нелинейных уравнений, описывающих широкий класс различных физических процессов. Эти уравнения имеют солитонные /то есть ограниченные в пространстве/ решения, что как будто бы противоречит гипотезе Ферми, так как в соответствии с ранее опубликованными результатами солитоны /сгустки энергии/ не взаимодействуют друг с другом, не обмениваются ни импульсом, ни энергией. В работах ОИЯИ для нелинейного уравнения Шредингера с самосогласованным потенциалом была показана несостоятельность подобных утверждений. При расчетах на ЭВМ было обнаружено, что шредингеровские солитоны взаимодействуют друг с другом и даже могут сливаться, что приводит к перераспределению энергии системы по различным сте-

пеням свободы /одна из упомянутых работ была выполнена совместно с ИАЭ им. И.В.Курчатова/. Обнаружено также решающее влияние на это взаимодействие волн потенциала.

4. Закончено численное моделирование с помощью созданного ранее в ОИЯИ кода макрочастиц так называемой "газовой фокусировки" релятивистского электронного пучка. Полученные результаты также приводят к выводу, что в рассмотренной самосогласованной нелинейной бездиссипативной системе имеет место перераспределение энергии между степенями свободы в соответствии с гипотезой Ферми.

5. Выполнено исследование /совместно с РТИ АН СССР/ адекватности математического моделирования сложных систем упрощенными. Рассмотрены общие подходы к контролю точности такого моделирования.

6. Выполнены расчеты рассеяния нейтронов в адиабатическом приближении по программе СИРИУС. Подготовлена новая версия программы КАСТОР для тяжелых ядер, учитывающая большее число парциальных волн. Отлажена и передана в эксплуатацию программа расчета оболочечных поправок ШЕЛЛ.

7. Продолжались работы по численному исследованию зависимости интенсивности пучка синхрофазотрона от геометрических искажений магнитного поля ускорителя. Разработан алгоритм и составлена программа для отыскания периодических решений в трехмерном случае. С помощью соответствующей программы получена периодическая траектория в искаженном магнитном поле.

Совместно с НИИЭФА проведен расчет нелинейных магнитных полей с помощью непрерывного аналога метода Ньютона.

Обработка снимков
с трековых камер

1. Просмотр снимков со всех трековых камер ОИЯИ проводился на столах УПС-50-80, БПС-1, БПС-2 и САМЕТ. Для полуавтоматических измерений использовалась система ПУОС-САМЕТ-БЭСМ-4; всего было измерено 352 тыс. треков со всех камер ОИЯИ.

2. Подготовлено на просмотрно-измерительных столах БПС-2 около

94,2 тыс. масок событий, на сканирующем автомате НРД измерено 91 тыс. событий, в основном, с метровой водородной камеры ЛВЭ.

3. На автомате АЭЛТ-1 измерено 66 тыс. событий на снимках с искровой камеры.

4. На СИ-1 началась обработка снимков метровой водородной камеры ОИЯИ /события дейтрон-протонного рассеяния/ с июля с.г. Средняя производительность СИ-1 в октябре достигла 500 событий в неделю /в режиме ручного измерения реперных крестов при односменной работе/.

Отдел НОВЫХ МЕТОДОВ ускорения

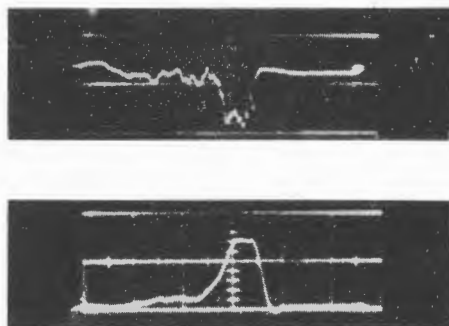
Работы
по созданию ускорителя
тяжелых ионов

1. Проведено экспериментальное и теоретическое изучение поведения пучка в СИЛУНДе и влияния элементов ускорительного тракта на токопрохождение. На основании полученных результатов реконструированы ускорительные трубки, скорректировано фокусирующее магнитное поле СИЛУНДа.

С целью увеличения энергии частиц изготовлена и введена в действие пятая ускоряющая секция.

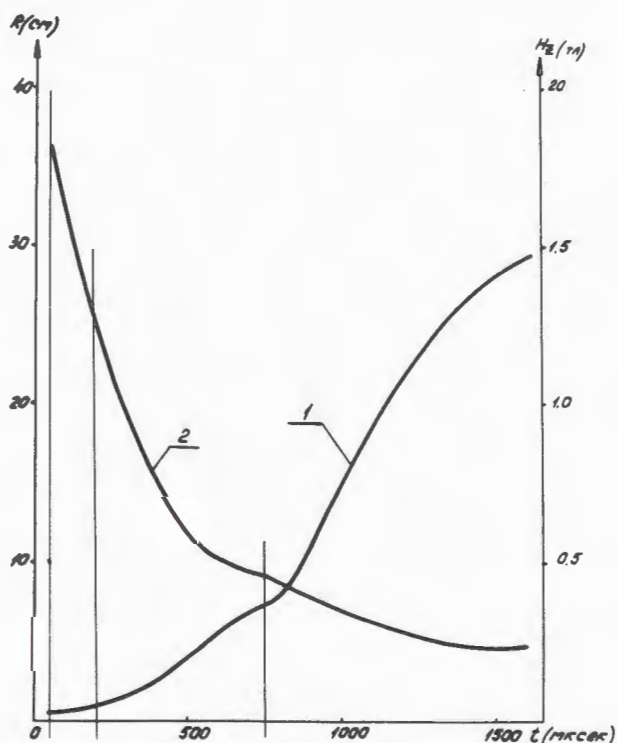
Создана система стабилизации и регулирования токов накала генераторов водорода для тиратронов импульсной системы СИЛУНДа, которая в настоящее время эксплуатируется в режиме ручного управления. Ведутся работы по подключению ее к ЭВМ с целью автоматического управления. Эта система существенно упростила настройку и эксплуатацию ускорителя.

В итоге первого этапа наладки был получен пучок на выходе ускорителя с энергией 2 МэВ, током 600 А при токопрохождении порядка 0,9 и длительностью импульса 15 нс.



70. Осциллограмма тока на выходе СИЛУНДа /а/ и суммарного ускоряющего напряжения /б/.

Разработан и испытан с пучком переходный участок, обеспечивающий фокусировку пучка и экранировку его от полей адгезатора. На его выходе, с использованием прямой системы ламельных датчиков, был оценен эффективный эммитанс пучка по его расходимости. Проведены работы по уменьшению эффективного эммитанса.



71. Зависимость от времени равновесного радиуса /2/ и магнитного поля /1/, полученная при магнитных измерениях для электронного кольца с энергией 2 МэВ и числом электронов 10^{13} . Максимум поля от 1-й ступени соответствует началу координат по времени. Моменты включения: 2-й ступени - 0 мкс, 3-ей ступени - 200 мкс, 4-ой ступени - 750 мкс. Момент инжекции электронного пучка в адгезатор - 50 мкс.

2. Создана система контроля и измерения временного разброса импульсов модуляторов СИЛУНДа, работающая на линии с ЭВМ. Проведено несколько сеансов измерений, составлены программы статистической обработки результатов измерений.

По результатам измерений выработаны исходные алгоритмы управления синхронизацией модуляторов, ведутся работы по созданию автоматического управления задержками в цепи запуска модуляторов.

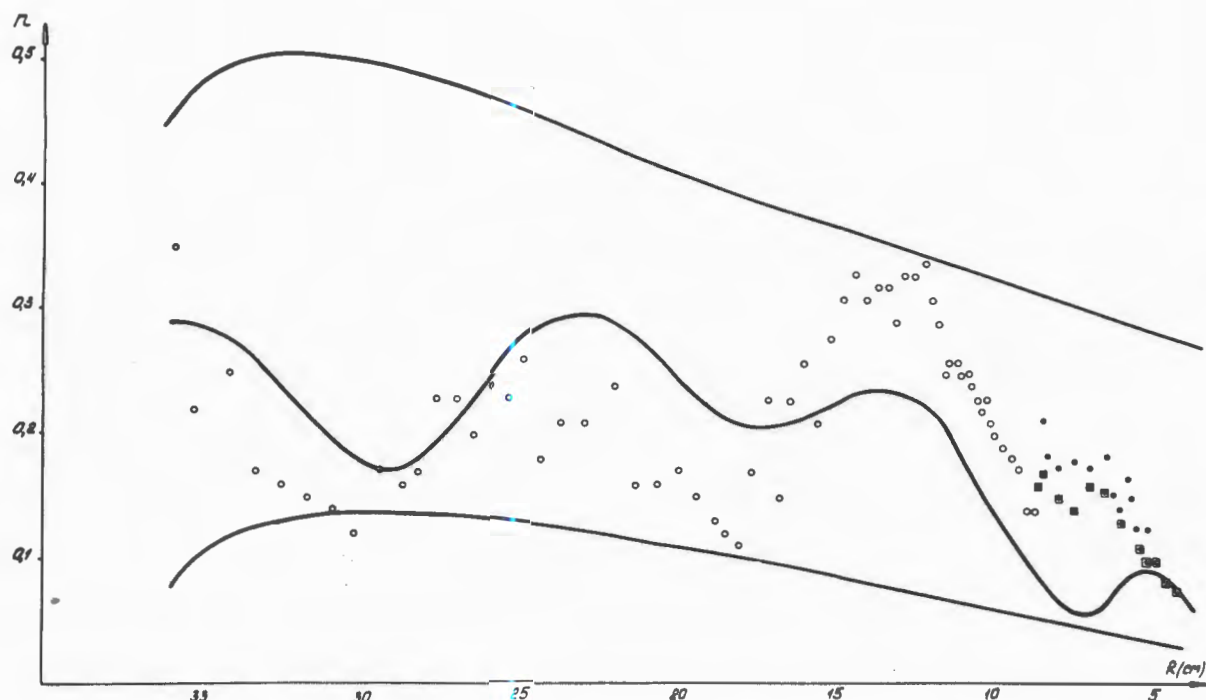
На базе блоков КАМАК создана система, позволяющая измерять 32 электрических параметра СИЛУНДа, проведены стендовые испытания этой системы. Проведено подключение системы к датчикам параметров СИЛУНДа, отрабатываются программы измерения и обработки данных.

3. Создана четырехступенчатая импульсная система, формирующая требуемое магнитное поле в процессе сжатия колец. Результаты магнитных измерений, проведенных на линии с ЭВМ, показывают, что сформированное поле хорошо согласуется с расчетным во всем диапазоне радиусов от 40 до 5 см.

На основании данных теоретических расчетов спроектированы новая четвертая ступень и импульсный выводной соленоид, которые должны обеспечить конфигурацию поля, необходимую для вывода и ускорения электронных колец, нагруженных ионами.

Закончены работы по измерению импеданса и исследованию резонансных свойств камеры адгезатора. Результаты измерения позволяют предполагать, что при числе электронов в кольце до $3 \cdot 10^{13}$ азимутальные неустойчивости развиваться не будут.

4. На макете газодинамической пушки получены импульсные струи азота и ксенона длительностью ~30 мкс и выбрана ее оптимальная конструкция, на основе



72. Пример n -траектории в адгезаторе ускорителя тяжелых ионов, соответствующий параметрам, указанным на рис. 71. Плавными линиями показан коридор, ограничивающий область относительных частот аксиальных колебаний между 0,5 и 0,07. Волнистая линия изображает n -траекторию в расчетном поле. Точками показана n -траектория, рассчитанная по данным магнитных измерений.

чего проектируется газодинамическая пушка для УТИ.

При исследовании работы плазменной пушки в режиме испарения материалов электродов /электрический разряд в вакууме/ получены струи частично ионизованной плазмы свинца и меди с плотностью 10^{12} частиц/см³.

5. Изготовлена оптическая часть установки для измерений синхротронного излучения кольца. Разработана электронная аппаратура к инфракрасным приемникам.

Разработана аппаратура для одновременных измерений быстрых и медленных параметров ускорителя. Разработана и

изготовлена аппаратура для время-пролетных измерений.

Завершены стендовые исследования пропорциональных и ионизационных камер, предназначенных для измерения спектра масс ускоренных ионов. Полученные результаты позволяют перейти к созданию измерительных установок.

Велись работы по совершенствованию магнитометрической аппаратуры. Создан градиентный канал в магнитометре МИХ-2, позволяющий измерять градиенты импульсных магнитных полей.

6. Разработано и изготовлено около 40 наименований различных электронных блоков в стандарте КАМАК. Среди них блоки аналого-цифрового, цифро-анало-

гового и время-цифрового преобразователей, программно-управляемых цифровой и кабельной задержек и др.

На базе этих блоков создаются измерительные системы для ускорителя тяжелых ионов, позволяющие осуществлять оперативный контроль параметров и их измерение на линии с М-6000.

Системы синхронизации ускорителя СИЛУНД и адгезатора модели ускорителя, ламельных и магнитных измерений и система формирования магнитного поля УТИ уже введены в эксплуатацию.

7. Создана установка для определения основных параметров пучка в адгезаторе коллективного ускорителя, работающая на линии с М-6000.

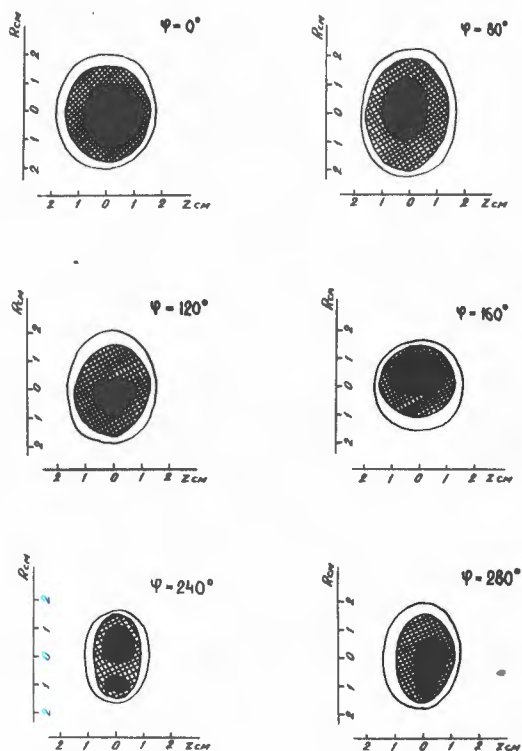
Детектирующая часть установки состоит из двух ламельных систем с общим числом ламелей 65, размещенных в адгезаторе ускорителя и позволяющих измерять профиль пучка как функцию расстояния при работе с прямым пучком и функцию угла при измерениях на первом обороте.

Регистрирующая часть установки изготовлена на базе блоков КАМАК и характеризуется следующими параметрами: время хранения ~ 3 мс, мертвое время одного канала ~ 6 мкс, число каналов - 65. Время обработки всей информации $32 \times 6 = 192$ мкс.

Созданы программы для определения углового и энергетического разбросов, интенсивности, размеров и других характеристик пучка.

8. Закончен монтаж оборудования измерительного центра на основе ЭВМ М-6000 с оперативной памятью 32 К. В комплект входят: накопитель на магнитном диске, два накопителя на магнитной ленте, широкая печать АЦПУ-128, алфавитно-цифровой дисплей СИД-1000 и графический дисплей СИГДА.

Введено в эксплуатацию матобеспече-



73. Конфигурация пучка на первом обороте на различных азимутах при токе 250 А. Густой штриховкой отмечены области пучка с относительной плотностью больше 0,9. Редкой штриховкой отмечены области пучка с относительной плотностью больше 0,5. Границы пучка соответствуют относительной плотности 0,1.

ние дисковой операционной системы в реальном масштабе времени, магнитно-ленточной системы, установки СИГДА с библиотекой программ.

Для связи электронной измерительной аппаратуры с ЭВМ М-6000 разработан и изготовлен многокрейтовый интерфейс, обеспечивающий работу с машиной до 7 крейтов аппаратуры, а для однокрейтовых конфигураций аппаратуры разработаны и изготовлены три спецконтроллера.

9. *Завершение работ по созданию и наладке отдельных элементов ускорителя* позволило в октябре произвести комплексную сборку и начать наладку с пучком ускорителя тяжелых ионов в целом.

Налажена с пучком система инжекции, которая позволяет инжектировать в камеру адгезатора токи до 400 А.

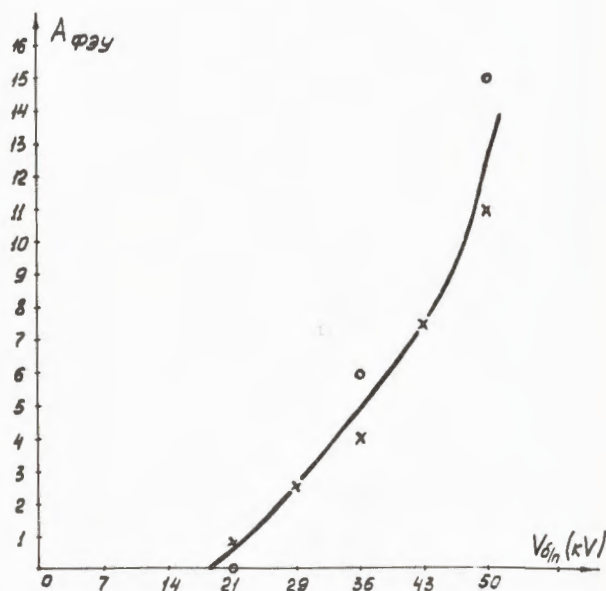
С помощью ламельной системы изучено поведение пучка на первом обороте; измерены основные параметры пучка. В исследованных режимах работы ускорителя СИЛУНД и плазменного источника электронов параметры пучка лежат в пределах: энергия - $1,8 \div 2,4$ МэВ, относительный энергетический разброс - $1 \div 3\%$, эммитанс - $/30 \div 70/$ мрад·см.

Работы на модели коллективного ускорителя

1. *Завершен первый этап реконструкции ЛИУ-300.* На ускорителе создана система вырезания короткого импульса тока с длительностью 20-50 нс, что улучшило условия инжекции в адгезатор и ее исследование.

2. *Проведены исследования взаимодействия двух разночастотных магнитных систем:* среднечастотной системы адгезатора /1 кГц/ и низкочастотной системы соленоида ускоряющей секции /17 Гц/. Выявлена необходимость экранирования области компрессии кольца от низкочастотного поля.

На основании расчетов и последующих измерений выбрана принципиальная конструкция камеры адгезатора, обеспечивающая хорошую экранировку области



74. *Зависимость величины захвата электронов пучка от напряжения быстрого поля в режиме отсутствия аномального захвата.*

компрессии и возможность вывода кольца из камеры по заданному закону.

Найден путь компенсации быстрой наводки в системе медленного поля.

3. *На основании расчетов найдена конфигурация многоступенчатой системы катушек, позволяющая сформировать требуемую n-траекторию.* Эта система может быть согласована с новой системой инжекции.

4. *Проведено измерение магнитного поля в области инжекции с учетом и подавлением высокочастотных колебаний, возникающих в камере адгезатора при включении быстрого поля.*

Проведен теоретический анализ систем инжекции с использованием изменения равновесного радиуса и найдены способы повышения коэффициента захвата при

однооборотной инжекции и возможность накопления электронов на предельной орбите.

Сконструированы и изготовлены две системы инжекции: однооборотная типа "бифиляр" и многооборотная. Эксперименты, проведенные с системой инжекции типа "бифиляр", подтвердили ее работоспособность.

5. При экспериментальном изучении инжекции короткого пучка в нарастающее магнитное поле удалось четко разделить условия существования аномального /происходящего в постоянном поле/ и нормального /пропорционального скорости нарастания поля/ захвата кольца в режим сжатия, что позволило найти методу исследования систем инжекции в отсутствие аномального захвата.

6. Предложена система, синхронизирующая одиночные /произвольные/ заряженные сгустки относительно фазы в/ч ускоряющего поля, основанная на их движении в поле бегущей замедленной волны. Согласно расчетам, она должна обеспечить вероятность захвата ~90%.

Работы, связанные
с подготовкой проекта ускорителя
протонов высоких энергий

Велись работы по исследованию отдельных систем коллективного ускорителя протонов на высокие энергии с целью подготовки эскизного технического проекта такого ускорителя.

В текущем году проведены три пуска кольцетрона /модели основной системы ускорителя/ с постепенным наращиванием от пуска к пуску числа элементов, вхо-

дящих в установку. Работы проводились совместно с криогенным отделом ЛВЭ.

1. Были исследованы теплопритоки в гелиевую систему кольцетрона. Выявлены слабые места и выданы рекомендации по существенному уменьшению теплопритоков. Часть рекомендаций осуществлена при последнем пучке; на основании других рекомендаций были созданы и испытаны модели новых гелиевых магистралей.

2. Продолжались исследования инжекционной установки кольцетрона, предназначенной для получения в резонаторах температуры 2°К. К настоящему времени получена температура 2,5°К при необходимой холодопроизводительности 30 Вт.

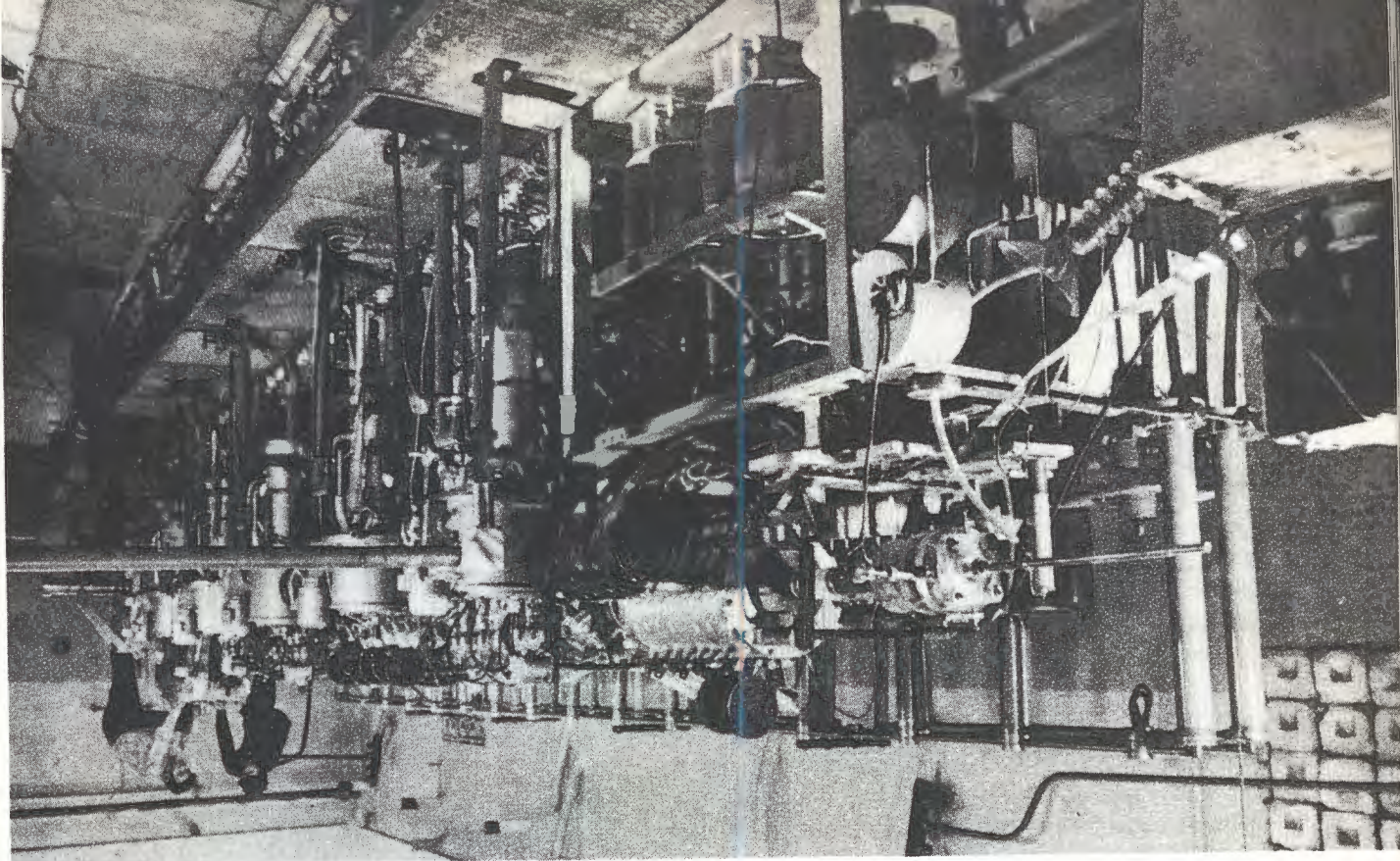
3. Был испытан в рабочих условиях /ток 2,5 кА/ основной соленоид кольцетрона СПС-600. Получена подробная топография поля, согласующаяся с расчетной. Проведенные измерения свидетельствуют о хорошей стабильности тока от источника питания СИТ-3000. Результаты магнитных измерений поля основного соленоида и градиентных катушек подтверждают возможность формирования магнитного поля с заданной точностью.

4. Продолжались работы по созданию высокодобротных ниобий-титановых сверхпроводящих резонаторов.

Для исследования свойств сверхпроводящих покрытий резонаторов создан сверхпроводящий соленоид с апертурой диаметром 38 мм и с магнитным полем до 10 Т.

5. Совместно с НПО "Гелиевая техника" произведен пробный пуск ожижителя-рефрижератора ХГУ-250. Получено 100 л жидкого гелия при холодопроизводительности 60 л/час, что составляет 70% от номинальной.

6. Исследование переходного участка между адгезатором и сверхпроводящими



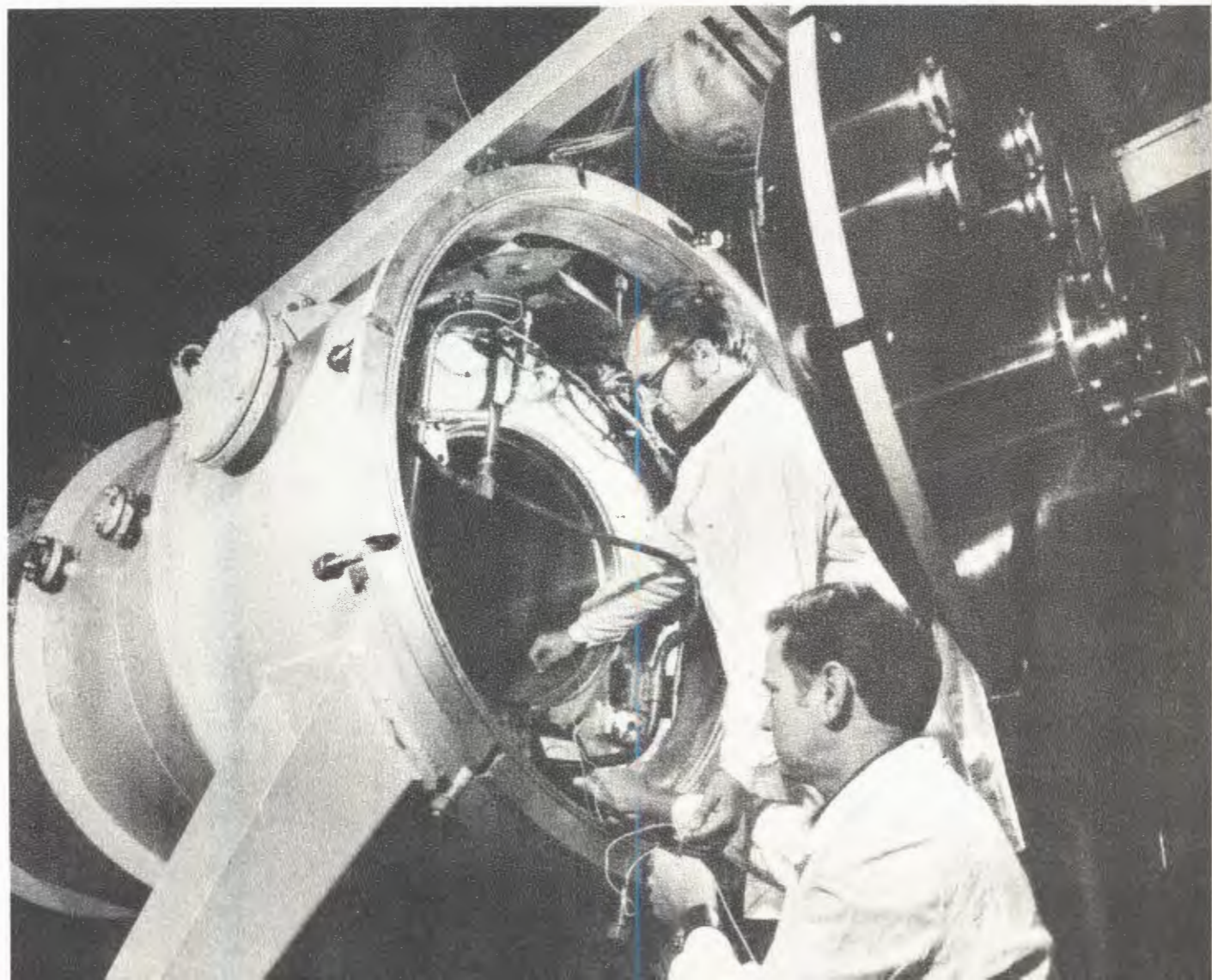
*Модель коллективного ускорителя **ражельных** понов.*

*Комплекс зданий **Ордела** новых методов ускорения.*





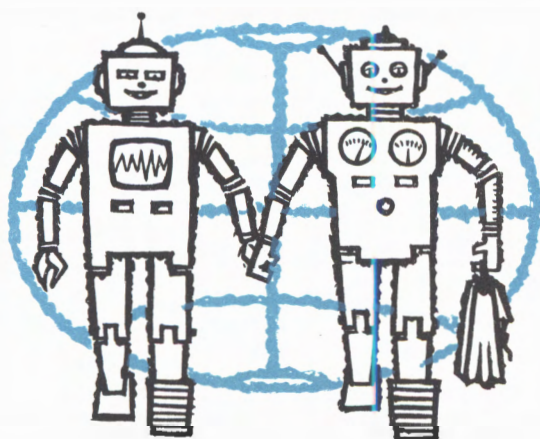
Подготовка к экспериментам на сверхпроводящей ускоряющей секции коллективного ускорителя "Кольцетрон".



ускоряющими секциями типа кольцетрона предполагается провести на УТИ. С этой целью создается последняя сверхпроводящая ступень ускорителя со спадающим полем и переходный участок к ней. Проведенные расчеты и эксперименты позволили начать изготовление сверхпроводящей секции спадающего поля длиной 60 см и источника питания к ней, которая обеспечит требуемое поле с заданными градиентами.

7. Проведены экспериментальные исследования и расчеты по выбору формы и подбору подходящих переходных характеристик радиальных линий - основы импульсного варианта ускоряющего элемента коллективного ускорителя, а также по изучению управляемых электронным пучком искровых разрядников. На основе этих исследований спроектирован импульсный ускорительный элемент и начато его изготовление.

Руководящие
и консультативные
органы
Международные
СВЯЗИ



Деятельность руководящих и консультативных органов

15-18 января 1974 года состоялась XXXV сессия Ученого совета Объединенного института ядерных исследований. Члены Ученого совета заслушали доклад о выполнении решений XXXIII и XXXIV сессий Ученого совета, отчеты о научно-исследовательской деятельности лабораторий в 1973 году, информацию о решениях секций Ученого совета по теоретической физике, физике высоких и низких энергий, о кадрах специалистов из стран-участниц, о международном сотрудничестве и связях ОИЯИ в 1973 году и планах на 1974 год.

Сессия утвердила планы научно-исследовательской деятельности лабораторий и международного сотрудничества на 1974 год.

Дирекция института представила на рассмотрение членов Ученого совета уточненные предложения в пятилетний план развития ОИЯИ /1976-1980 гг./.

В связи с 25-летием Лаборатории ядерных проблем участники сессии отметили многолетнюю плодотворную научную деятельность и значительный вклад коллектива лаборатории в развитие ядерной физики и физики элементарных частиц, в подготовку высококвалифицированных научных кадров и осуществление научного сотрудничества стран - участниц ОИЯИ.

Сессия утвердила новый состав советов по присуждению ученых степеней и званий.

Состоялись выборы на должности заместителей директоров лабораторий Института.

Комитет Полномочных Представителей /19-20 февраля 1974 года/ одобрил работу Института по выполнению научно-исследовательской программы 1973 года и по международному сотрудничеству

Объединенного института ядерных исследований. Одобрен план сотрудничества лабораторий Института с научно-исследовательскими центрами стран-участниц и других стран на 1974 год, а также план проведения научных совещаний, организуемых ОИЯИ в 1974 году. Утвержден проблемно-тематический план научно-исследовательских работ лабораторий на 1974 год и определены главные задачи на этот год.

В связи с 25-летием Лаборатории ядерных проблем Комитет Полномочных Представителей отметил многолетнюю плодотворную научную деятельность лаборатории и выразил ее коллективу благодарность.

Комитет Полномочных Представителей утвердил отчет об исполнении бюджета за 1972 год, принял к сведению отчет об исполнении бюджета Института за 1973 год и утвердил бюджет, штатную численность и план капитального строительства на 1974 год.

Заслушав и обсудив "Предложения в пятилетний план развития ОИЯИ на период 1976-1980 гг.", Комитет Полномочных Представителей в основном согласился с перечнем главных направлений развития ОИЯИ в новом пятилетии.

Директором Объединенного института ядерных исследований вновь избран академик Н.Н.Боголюбов.

XXXVI сессия Ученого совета проходила 29-30 мая 1974 года. Сессия была открыта докладами дирекции ОИЯИ и представителей стран-участниц, посвященными 250-летию Академии наук СССР.

Участники сессии ознакомились с проектом проблемно-тематического плана научно-исследовательских работ и международного сотрудничества лабораторий

на 1975 год, с решениями секций Ученого совета по физике высоких и низких энергий и утвердили решение жюри о присуждении премий ОИЯИ за лучшие работы 1973 года.

Были сделаны следующие доклады:

- "О подготовке кадров физиков для стран - участниц ОИЯИ".

- "Исследования в ИТЭФ по фундаментальным проблемам ядерной физики и физики элементарных частиц".

- "О программе исследований на ускорителе ИФВЭ".

- "О работе ФТИ АН МНР".

- "О работе лаборатории ядерных исследований Монгольского государственного университета".

- "О работе Института атомной физики СРР в Бухаресте".

- "Сотрудничество ОИЯИ и ЛИЯФ АН СССР".

Состоялись выборы на должности директоров и заместителей директоров лабораторий Института.

VIII сессия Ученого совета по теоретической физике проходила 10-12 декабря. На сессии были рассмотрены следующие вопросы:

- Отчеты о работе и выполнении планов международного сотрудничества отделов ядра, элементарных частиц и твердого тела Лаборатории теоретической физики ОИЯИ.

- О выполнении решений VII сессии Совета.

- Обсуждение и принятие научных планов и плана международного сотрудничества теоретиков ОИЯИ на 1975 год.

На сессии подробно обсуждались современные научные тенденции в физике высоких энергий, были намечены направления дальнейших исследований в этой области. Рассмотрен также круг вопросов, связанных с результатами исследований и перспективами развития теории конденсированных сред в ОИЯИ. Была отмечена плодотворность совместных теоретических и экспериментальных работ в этом направлении.

Ученый совет по физике высоких энергий в 1974 году заседал дважды. На XVIII сессии /26-28 ноября/ члены Ученого совета заслушали доклады о выполнении в 1974 году планов научно-исследовательских работ в области физики высоких энергий, вычислительной техники и автоматизации и новых методов ускорения.

Заслушаны доклады о ходе работ по реконструкции синхрофазотрона, проектированию ускорителя "Нуклотрон", по созданию установки "Ф", моделированию сильноточных ускорителей. На совете был сделан доклад о результатах XVII Международной конференции по физике высоких энергий и о перспективности основных направлений ОИЯИ, а также ряд научных сообщений: об исследовании кумулятивного эффекта на синхрофазотроне, исследованиях на внутренних мишенях ускорителей /на синхрофазотроне ОИЯИ, ускорителе ИФВЭ и на ускорителе ФНАЛ /США/, точном измерении времени жизни положительного мюона и других работах.

Комитеты, заседания которых проходили 16-18 апреля и 29-31 октября, рассматривали вопросы, связанные с ор-

ганизацией сотрудничества ОИЯИ и стран-участниц в области камерной, электронной и фотоэмульсионной методик, а также предложения о постановке новых экспериментов.

Камерный комитет. На заседаниях рассматривались вопросы, связанные с планами использования просмотрового и измерительного оборудования, была выяснена заинтересованность стран-участниц и некоторых лабораторий в исследованиях по отдельным научным направлениям. Комитет отметил ряд основных достижений в области камерной методики: получение 80 тыс. фотографий на установке "Людмила", 60 тыс. снимков на установке СКМ-200, облученной в пучке α -частиц с энергией 17 ГэВ и др. Комитет определил задачи на 1975 год.

Комитет по электронным экспериментам одобрил ход подготовки экспериментальных установок "Фотон", СКМ-200, БИС, "Альфа" для проведения опытов на ускорителях У-10 и У-70, отметил, что на МИС ОИЯИ получены первые фотографии в пучке пионов с импульсом 40 ГэВ/с Серпуховского ускорителя. Комитет признал целесообразность финансирования ряда новых проектов экспериментов, одобрил программу исследований глубоководных процессов мюонов с водородом, дейтерием и углеродом, предложенную совместно учеными ОИЯИ-ЦЕРНа-Мюнхена-ИНФН -Рима, разработку струйной гелиевой мишени для экспериментов по протон-гелиевому рассеянию при энергиях 8-500 ГэВ на ускорителе ФНАЛ /США/.

На заседаниях Фотоэмульсионного комитета рассматривались вопросы, связанные с обработкой фотоэмульсионного материала, облученного на синхрофазо-

троне ОИЯИ и на Серпуховском ускорителе, обсуждались перспективы метода.

Ученый совет по физике низких энергий. На XVIII сессии /28 мая/ члены Совета заслушали отчет о выполнении решений XVII сессии и отчет о работе комитетов. Поддержаны рекомендации дирекции ОИЯИ о кандидатурах на замещение вакантных должностей заместителей директора Лаборатории ядерных реакций.

На XIX сессии /19-21 ноября/, кроме традиционных отчетов комитетов, были заслушаны отчеты о ходе выполнения проблемно-тематических планов лабораторий в области физики низких энергий и структуры ядра и одобрены замечания и уточнения по проблемно-тематическим планам на 1975 год. Наиболее подробно был рассмотрен отчет о выполнении научной программы ЛЯП /8 научных докладов/.

Члены Совета заслушали доклады о синтезе 106 элемента, программе научных исследований на ускорителе У-400, результатах совместных экспериментов ОИЯИ-Орсэ на пучке тяжелых ионов У-300, состоянии и перспективах исследований с релятивистскими ядрами на синхрофазотроне ОИЯИ.

Совет внес замечания в планы международного сотрудничества и связей ОИЯИ на 1975 год, утвердил изменения в составах рабочих органов комитетов по нейтронной физике и физике тяжелых ионов.

Комитеты по нейтронной физике, структуре ядра и физике тяжелых ионов собирались на свои заседания в Дубне дважды /23-25 апреля и 22-24 октября/.

Комитет по нейтронной физике заслушал информацию дирекции ЛНФ о деятельности лаборатории, обсудил состояние работ по созданию ИБР-2 и ЛИУ-30 и подготовке физических экспериментов на ИБР-2. На заседаниях комитета были рассмотрены предложения по новым экспериментам и внесены изменения и уточнения в проблемно-тематический план ЛНФ на 1975 год.

Члены комитета обменялись научной информацией о работе институтов стран-участниц в области нейтронной физики.

Комитет по структуре ядра заслушал информацию об итогах научной деятельности ОЯС и РХ ЛЯП. Комитет рассмотрел предложение по плану сотрудничества ОЯС и РХ ЛЯП с Ленинградским институтом ядерной физики по изучению нейтрондефицитных изотопов, заслушал информацию о ходе подготовки программы ЯСНАПП-2. Комитет ознакомился с состоянием исследований по изучению структуры ядра с помощью частиц высоких энергий, тематикой физических исследований на тандем-генераторе в Бухаресте, физическими исследованиями на ускорителе У-120 и подготовкой к экспериментам на У-120М в Праге.

Комитет рассмотрел замечания ОЯС и РХ к проекту проблемно-тематического плана ЛЯП на 1975 год, одобрил обоснования проекта ряда физических установок, которые предполагается соорудить в следующей пятилетке.

Комитет по физике тяжелых ионов заслушал доклады об основных научных направлениях ЛЯР, одобрил научную программу ЛЯР на 1975 год. Комитет поддержал предложение дирекции лаборато-

рии о создании изохронного циклотрона У-400 и оснащении его физической аппаратурой и вычислительной техникой. Была заслушана информация дирекции ОНМУ о состоянии работ по сооружению коллективного ускорителя тяжелых ионов и дирекции ЛВЭ о создании источника многозарядных ионов для синхротрона.

Комитет поддержал предложение дирекции ЛЯР о совместных экспериментах Орсэ-ОИЯИ на пучке ускорителя У-300 с использованием французского масс-сепаратора и обсудил результаты этого эксперимента. Комитет одобрил деятельность ЛЯР по решению научно-технических и прикладных задач, рассмотрел перспективы развития исследований с тяжелыми ионами в предстоящей пятилетке. Комитет поддержал предложения участниц о совместных экспериментах.

Премии ОИЯИ за 1973 год

На соискание премий Объединенного института ядерных исследований за 1973 год были выдвинуты лучшие научно-исследовательские и научно-методические работы, выполненные сотрудниками Института.

Решением Ученого совета ОИЯИ от 30 мая 1974 года присуждены следующие премии:

По научно-исследовательским
работам

Первая премия:

“Многоступенчатые ядерные реакции“.

Авторы: Х.Вибики, Ф.А.Гареев,
И.Н.Кухтина, В.К.Лукьянов, Г.Шульц.

Две вторые премии:

1/ “Наблюдение ядер антитрития“.

Авторы: Б.Ю.Балдин, З.В.Крумштейн,
Р.Ляйсте, Ю.П.Мереков, В.И.Петрухин,
А.И.Ронжин, Г.Хемниц, Н.Н.Хованский,
Г.А.Шелков, Й.Шюлер.

2/ “Исследование ионизации внутренних атомных оболочек и образования квазимолекул в столкновениях тяжелых ионов с атомами“.

Авторы: П.Гиппнер, К.-Г.Каун,
Х.Зодан, Ф.Стари, В.Шульце, Ю.П.Третьяков.

По научно-методическим
работам

Первая премия:

“Получение и исследование ультрахолодных нейтронов“.

Авторы: В.В.Голиков, В.К.Игнатович,
В.И.Лущиков, Ю.Н.Покотилловский,
А.В.Стрелков, Ф.Л.Шапиро.

Две вторые премии:

1/ “Бесфильмовый искровой спектрометр БИС“.

Авторы: Д.Вестергомби, И.А.Голутвин, Б.Н.Гуськов, М.Ф.Лихачев, Ю.В.Заневский, И.М.Иванченко, И.Ф.Колшаков, В.Г.Кривохижин, И.А.Савин, Д.А.Смолин.

2/ "БЭМС-2 - масс-сепаратор на пучке тяжелых ионов".

Авторы: В.А.Карнаухов, А.В.Демьянов, Д.Д.Богданов, Г.И.Коваль, Л.А.Петров.

Международные связи и научное сотрудничество

В 1974 году в Объединенном институте ядерных исследований была проделана значительная работа по развитию научного сотрудничества и связей с исследовательскими организациями стран-участниц ОИЯИ и других стран. В своей работе дирекция ОИЯИ руководствовалась Уставом Института, решениями Комитета Полномочных Представителей и Ученого совета ОИЯИ.

Основные итоги международного научного сотрудничества за 1974 год характеризуются следующими данными:

- лаборатории ОИЯИ выполняли совместно с научно-исследовательскими организациями стран-участниц работы по 160 темам;

- в связи с выполнением совместных работ и для решения других задач в Институте было принято 896 специалистов из стран-участниц;

- ОИЯИ направил в страны-участницы в связи с сотрудничеством, а также для участия в научных совещаниях 426 сотрудников Института;

- Институт организовал 17 научных и научно-методических совещаний и 21 научно-организационное совещание;

- на международные и национальные конференции и в научные центры стран-участниц было командировано 112 сотрудников ОИЯИ;

- в течение года лаборатории Института приняли для обсуждения научных проблем и для участия в совещаниях 164 специалиста из научных центров стран-участниц ОИЯИ;

- в лабораториях Института работали 8 стипендиатов из 4 стран.

Сотрудничество с научными центрами
стран-участниц

Сотрудничество с научно-исследовательскими организациями стран-

участниц осуществлялось в следующих формах:

- совместные теоретические и экспериментальные исследования в области физики высоких энергий, ядерной физики и физики конденсированных сред;

- кооперация при обработке и интерпретации большого экспериментального материала, получаемого на физических установках ОИЯИ и ИФВЭ в Серпухове;

- разработка и изготовление в странах-участницах новых экспериментальных установок и аппаратуры для научных исследований в ОИЯИ;

- разработка и совместное использование новых вычислительных программ, обмен программами;

- обмен опытом, оказание помощи в наладке аппаратуры;

- чтение циклов лекций в институтах стран-участниц.

Особое место в сотрудничестве занимает совместная обработка экспериментальной информации, полученной в виде записи на магнитных лентах, фотографий и фотозмульсий.

Наиболее широкое сотрудничество осуществлялось с научно-исследовательскими организациями Советского Союза, особенно с Институтом физики высоких энергий ГКАЭ СССР, где международные группы физиков провели ряд важных экспериментов. На основе экспериментальных материалов, полученных в ИФВЭ, ОИЯИ выполнял совместные научные исследования со многими научными центрами стран-участниц.

Институт активно сотрудничал также со многими другими научными организациями СССР, в том числе с Ленинградским институтом ядерной физики, Институтом теоретической и экспериментальной физики в Москве, Научно-исследовательским институтом ядерной физики МГУ, Физическим институтом АН СССР, Математическим институтом имени Стеклова в Москве, с рядом институтов союзных республик.

В 1974 году продолжались исследования по регенерации нейтральных каонов на установке "БИС" совместно с научными организациями Болгарии, Венгрии, ГДР, Чехословакии. 16 лабораторий 8 стран-участниц приняли активное участие в исследованиях процессов множественного рождения частиц в пион-нуклонных и пион-ядерных взаимодействиях на двухметровой пропановой камере ОИЯИ, 10 лабораторий - в исследованиях взаимодействий адронов с нуклонами и ядрами при высоких энергиях на основе ядерных фотозмульсий. Совместно с научными организациями СССР и Чехословакии исследовались взаимодействия антипротонов с протонами с помощью двухметровой водородной камеры "Людмила".

Были завершены совместно с физиками СССР и Румынии эксперименты на ускорителе электронов в Ереване по исследованию рассеяния электронов на дейтонах, продолжались исследования по программе ЯСНАПП в сотрудничестве с физиками Болгарии, ГДР, Монголии, Чехословакии. Успешно проводились исследования взаимодействия пионов с ядрами гелия-4 и гелия-3 совместно с болгарскими, румынскими и советскими физиками, исследования двойной перезарядки пионов - с научными центрами НРБ, МНР, СРР. Продолжалось традиционное сотрудничество с институтами НРБ, ВНР, ГДР, МНР, ПНР, СРР, СССР, ЧССР и др. в работах с помощью радиоактивных изотопов.

Осуществлялись совместные исследования спонтанно делящихся изомеров на циклотроне Института атомной физики в Бухаресте, исследования альфа-излучателей трансурановых элементов методом ориентированных ядер совместно с Институтом ядерной физики ЧСАН.

В области теории элементарных частиц, атомного ядра и физики твердого

тела активно поддерживались связи с центрами теоретической физики в Софии, Берлине, Москве, Будапеште, Варшаве, Праге, Россендорфе и т.д.

Лаборатории Института сотрудничали с научными центрами стран-участниц в создании новых уникальных установок: магнитного искрового спектрометра релятивистской искровой стримерной камеры, а также в разработке новых методик, электронной аппаратуры. Продолжались совместные работы, связанные с сооружением ИБР-2 и подготовкой экспериментов на нем, созданием нового изохронного циклотрона тяжелых ионов У-200 для Института ядерных исследований в Варшаве и т.д. В этих работах участвовали многие институты стран-участниц, например, ИЯИ в Варшаве изготовил основные электронные каналы системы управления защитой реактора ИБР-2, ЦИФИ в Будапеште участвовал в разработке системы автоматизации измерений на реакторе, совместно с этим институтом разработан проект автоматизации и создана первая очередь системы управления коллективным ускорителем, успешно проведены совместные работы по формированию магнитного поля адгезатора с Электротехническим институтом в Братиславе и т.д.

В области развития центрального вычислительного комплекса ОИЯИ и его математического обеспечения продолжалось укрепление сотрудничества с научными организациями стран-участниц: Центром вычислительной техники в Берлине, Институтом ядерных исследований в Варшаве, Университетом в Кошице, с рядом советских институтов и др.

Сотрудничество Института с научными организациями стран-участниц имеет большое значение для обеих сторон. Для ОИЯИ оно способствует успешному выполнению программы научных исследований, привлекает научные и технические

кадры, дает возможность использовать научно-технические достижения наших стран.

С другой стороны, участие специалистов стран-участниц в работах Института, подготовка научно-технических кадров в лабораториях, выполнение совместных научных и методических работ, обмен опытом оказывают большое влияние на развитие ядерной физики, физики элементарных частиц и ядерной техники в странах-участницах. ОИЯИ выполняет роль ведущего центра содружества социалистических стран в этой области науки, содействует социалистической интеграции, тем самым выполняя задачи, поставленные перед Институтом правительствами стран-участниц и Уставом ОИЯИ.

Научные командировки

В связи с сотрудничеством, обменом опытом, получением консультаций в 1974 году в ОИЯИ побывало 896 специалистов стран-участниц. Это максимальное число специалистов, принятое Институтом по сравнению с другими годами. Кроме того, ОИЯИ принял из стран-участниц 206 специалистов, не считая советских, для участия в научных и научно-организационных совещаниях. Таким образом, в течение года в ОИЯИ приезжали 1102 специалиста стран-участниц.

За год ОИЯИ направил в страны-участницы 426 своих сотрудников с целью участия в совместных работах, обмена опытом, чтения лекций, для участия в научных конференциях, совещаниях, школах и решения других задач.

С целью укрепления и расширения сотрудничества дирекция ОИЯИ придает большое значение направлению в страны-участницы ведущих ученых Института: директоров лабораторий, их заместителей, начальников отделов. В 1974 году

в страны-участницы выезжали академик Н.Н.Боголюбов - в Монголию, профессор Ч.Шимане - в Румынию, академик К.Ланиус - в Польшу, профессор Д.И.Блохинцев - в Румынию и Болгарию, академик Г.Н.Флеров - в ГДР, профессор Л.И.Лалидус - в Чехословакию, профессор А.А.Тяпкин - в Венгрию, профессор И.Звара - в ГДР, доктор И.Н.Семенюшкин - в ДРВ, доктор З.Новак - в Польшу и Венгрию.

Научные совещания ОИЯИ

Институт проводит значительное число научных и научно-организационных совещаний, которые являются эффективной формой международного сотрудничества. Они дают возможность ученым обмениваться самой последней научной информацией, намечать наиболее перспективные направления исследований.

В 1974 году ОИЯИ провел 4 симпозиума и семинара по актуальным научным проблемам, 2 школы, 11 рабочих и 21 научно-организационное совещание. Наиболее крупные мероприятия 1974 года:

II Международная школа по нейтронной физике в Алуште в апреле;

III Международная школа по использованию ЭВМ в ядерных исследованиях в Ташкенте в сентябре;

IV Международный симпозиум по физике высоких энергий и элементарных частиц в Варне в сентябре;

Международное совещание по методам исследования коллективных возбужденных ядер в Дубне в октябре.

Рабочие совещания проведены по отдельным, наиболее актуальным проблемам сотрудничества, большинство из них состоялось в Дубне.

Участие ОИЯИ в научных совещаниях других физических центров

В 1974 году ОИЯИ принял участие в 60 международных и национальных конференциях, симпозиумах, семинарах, школах, проведенных в странах-участницах: СССР, Болгарии, ГДР, Венгрии, Польше, Румынии, Чехословакии. В их числе:

Всесоюзное совещание по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра в Харькове, СССР;

Зимняя школа по теоретической физике в Карпаче, Польша;

Национальная конференция молодых физиков в Софии, Болгария;

Международный симпозиум по динамике множественного рождения частиц в Лейпциге, ГДР;

Международный симпозиум по новейшим достижениям в физике элементарных частиц в Балатонфюреде, Венгрия;

Международная школа по ядерной физике в Предеале/Румыния/, и другие.

Кроме того, ОИЯИ направил 67 сотрудников для участия в 24 конференциях в странах-участницах Института, в том числе на Международную конференцию по реакциям между сложными ядрами в Нашвилле /США/, Международную конференцию по физике высоких энергий в Лондоне /Англия/, Международный симпозиум по спектроскопии гамма-лучей при захвате нейтронов в Петтене /Нидерланды/ и другие.

Дирекция ОИЯИ стремится к тому, чтобы участие ученых Института в конференциях и совещаниях было полезно для дальнейшего развития научных и методических работ в ОИЯИ.

Сотрудничество и связи с научными центрами стран-участниц

ОИЯИ продолжал совместные научные исследования с некоторыми научными

центрами стран, не являющихся участниками ОИЯИ.

В течение нескольких лет на синхротронном ОИЯИ совместно с итальянскими физиками из Физического института Туринского университета ведутся исследования упругого рассеяния пионов на гелии-4 и гелии-3 с помощью стримерной камеры высокого давления. Около 30% всего экспериментального материала обрабатывается в Италии, имеется ряд совместных публикаций.

С помощью магнитного искрового спектрометра ОИЯИ начаты в ИФВЭ исследования дифракционной диссоциации мезонов на ядрах в сотрудничестве с Институтом физики Миланского университета и ЦЕРНОм. В этих работах участвуют также физики из университета в Хельсинки /Финляндия/ и ученые из Института физики в Болонье /Италия/.

Совместные исследования с Пенджабским университетом /Индия/ проводились на основе снимков с двухметровой пропановой камеры, с Хельсинкским университетом - на основе снимков с водородной камеры "Людмила". С помощью фотозумельсионной методики выполнялись совместные исследования с Каирским университетом /АРЕ/ и Институтом физики в Генуе /Италия/. Исследования угловых зависимостей излучений от ориентированных ядер осуществлялись совместно с Сассекским университетом /Англия/.

На ускорителе Национальной ускорительной лаборатории в Батавии продолжались совместные исследования упругого протон-дейтронного рассеяния на малые углы в интервале энергий от 10 до

400 ГэВ с помощью струйной дейтериевой мишени. Эксперименты по исследованиям механизма взаимодействий тяжелых ионов с ядрами были проведены на ускорителе тяжелых ионов ОИЯИ совместно с группой ученых из Института ядерной физики в Орсе с помощью французского масс-сепаратора.

Совместные теоретические исследования выполнялись с Институтом Нильса Бора /Дания/, Институтом ядерных исследований в Сакле /Франция/, Институтом ядерной физики в Загребе /Югославия/ и др.

В 1974 году ОИЯИ направил в связи с сотрудничеством и по программе обмена 47 сотрудников в научные центры Австрии, Дании, Индии, Италии, США, Финляндии, Франции, ФРГ, Швейцарии, Югославии. В Дубну приезжали 164 специалиста из Дании, Италии, США, Финляндии, Франции, ФРГ, ЦЕРНа, Югославии и других стран. В лабораториях Института работали 8 стипендиатов из Арабской Республики Египет, Индии, Австрии, Бельгии.

Экскурсии в ОИЯИ

Для ознакомления с историей Объединенного института, деятельностью его лабораторий и экспериментальными установками в течение года принято 46 групп экскурсантов /935 человек/, из них 35 групп /786 человек/ - из стран-участниц, 11 групп /149 человек/ - из других стран.

№№

1. Колич...
2. Колич...
тов и...
совещ...
3. Колич...
тов ОИ...
4. Колич...
и науч...
5. Колич...
народн...
центр...
6. Колич...
стран...
7. Колич...

№№

1

1. Межд...
взаим...
ях
2. IV Ме...
зике...
частн...

СПРАВКА

о развитии международного сотрудничества и связей
Объединенного института ядерных исследований
за период 1969-1974 гг.

№№	Вид сотрудничества	1969	1970	1971	1972	1973	1974
1.	Количество совместных работ	235	250	270	285	290	290
2.	Количество командировок специалистов из стран-участниц в Дубну /без совещаний/	352	446	543	503	682	896
3.	Количество командировок специалистов ОИЯИ в страны-участницы	350	287	397	431	417	426
4.	Количество научных, методических и научно-организационных совещаний	29	28	27	29	39	38
5.	Количество командировок на международные конференции и в научные центры стран-неучастниц	147	166	139	132	140	112
6.	Количество приездов специалистов из стран-неучастниц	87	176	225	226	157	206
7.	Количество стипендиатов ОИЯИ	6	8	19	15	17	8

ПЕРЕЧЕНЬ

научных совещаний, проведенных Объединенным институтом
ядерных исследований в 1974 году

№/№	Тематика совещаний	Время проведения	Место проведения	Количество участников
1	2	3	4	5

I. Симпозиумы и семинары

1.	Международный семинар по сильным взаимодействиям при низких энергиях	22-26 июля	Иркутск, СССР	54
2.	IV Международный симпозиум по физике высоких энергий и элементарных частиц	21-28 сентября	Варна, НРБ	123

1	2	3	4	5
3.	Международное совещание по методам исследования коллективных возбуждений ядер	8-11 октября	Дубна	75
4.	Международная школа-семинар молодых ученых по актуальным вопросам физики элементарных частиц	10-20 октября	Сочи, СССР,	102
<i>II. Рабочие совещания</i>				
5.	Совещание по работам, связанным с исследованиями взаимодействий α -частиц и π^- -мезонов с ядрами	12-15 марта	Дубна	15
6.	Совещание по экспериментам с нейтральными каонами на установке БИС	21-23 мая	Дубна	25
7.	Совещание по исследованию неупругих взаимодействий с импульсом 40 ГэВ/с на 2 м пропановой камере	28-30 мая	Дубна	38
8.	Совещание по установке РИСК	18-21 июня	Дубна	43
9.	Совещание по полупроводниковым детекторам	25-27 июня	Дубна	65
10.	Совещание по обработке снимков с камеры "Людмила"	1-10 сентября	Прага, ЧССР	19
11.	Совещание по исследованию неупругих взаимодействий с импульсом 40 ГэВ/с на двухметровой пропановой камере	15-19 сентября	Варна, НРБ	41
12.	Совещание по модульной системе программ обработки экспериментальных данных	15-18 октября	Дубна	78
13.	Совещание по фотозмульсионной методике	22-25 октября	Дубна	30
14.	Совещание по исследованию процессов дифракционной диссоциации на МИС	23-25 октября	Дубна	41
15.	Совещание по установке РИСК	12-15 ноября	Дубна	38

1	2	3	4	5
<i>III. Школы</i>				
16. II Школа по нейтронной физике ОИЯИ	2-19 апреля	Алушта, СССР	174	
17. III Школа по вопросам использования ЭВМ в ядерных исследованиях	18-30 сентября	Ташкент, СССР	262	
<i>IV. Научно-организационные совещания</i>				
18. Сессии Ученого совета ОИЯИ	15-18 января 29-31 мая	Дубна Дубна	59 60	
19. Сессии Ученого совета по физике высоких энергий ОИЯИ	28 мая 26-28 ноября	Дубна Дубна	30 30	
20. Сессии Ученого совета по физике низких энергий ОИЯИ	28 мая 19-21 ноября	Дубна Дубна	30 30	
21. Сессия Ученого совета по теоретической физике ОИЯИ	10-12 декабря	Дубна	25	
22. Совещание Контрольной комиссии Финансового комитета ОИЯИ	21-23 мая	Дубна	20	
23. Совещание Финансового комитета	12-14 ноября	Дубна	20	
24. Совещания Камерного комитета	16-18 апреля 29-31 октября	Дубна Дубна	30 30	
25. Совещания Фотозмульсионного комитета	16-18 апреля 29-31 октября	Дубна Дубна	25 25	
26. Совещания Комитета по электронным экспериментам	16-18 апреля 29-31 октября	Дубна Дубна	25 25	
27. Совещания Комитета по структуре ядра	23-25 апреля 22-24 октября	Дубна Дубна	25 25	
28. Совещания Комитета по физике тяжелых ионов	23-25 апреля 29-31 октября	Дубна Дубна	25 25	
29. Совещания Комитета по нейтронной физике ОИЯИ	23-25 апреля 22-24 октября	Дубна Дубна	25 25	

ПЕРЕЧЕНЬ
международных и национальных конференций,
симпозиумов, семинаров, совещаний и школ,
в которых принимали участие специалисты Объединенного института
ядерных исследований в 1974 году

№№ пп	Наименование	Место проведения	Время проведения
1	2	3	4

А. В странах-участницах Института

1.	Семинар по неупругим взаимодействиям при высоких энергиях	Бакурнани, СССР	25 января - 5 февраля
2.	Весенняя школа по реакторной физике	Гауссиг, ГДР	25 января - 15 февраля
3.	XXIV Всесоюзное совещание по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра	Харьков, СССР	29 января - 1 февраля
4.	XII Зимняя школа по структуре атомного ядра	Закопане, ПНР	3-17 февраля
5.	Научный Совет по физике высоких энергий ОЯФ АН СССР	Москва, СССР	11-14 февраля
6.	Зимняя школа по теоретической физике	Карпач, ПНР	18 февраля - 4 марта
7.	Лейпцигская ярмарка	Лейпциг, ГДР	9-18 марта
8.	IV Всесоюзное совещание по методам Монте-Карло в вычислительной математике и методической физике	Новосибирск, СССР	12-14 марта
9.	Зимняя школа по ядерной физике и физике твердого тела	Фалкенберг, ГДР	14-24 марта
10.	I Симпозиум Европейского общества математической физики	Варшава, ПНР	24 марта - 1 апреля

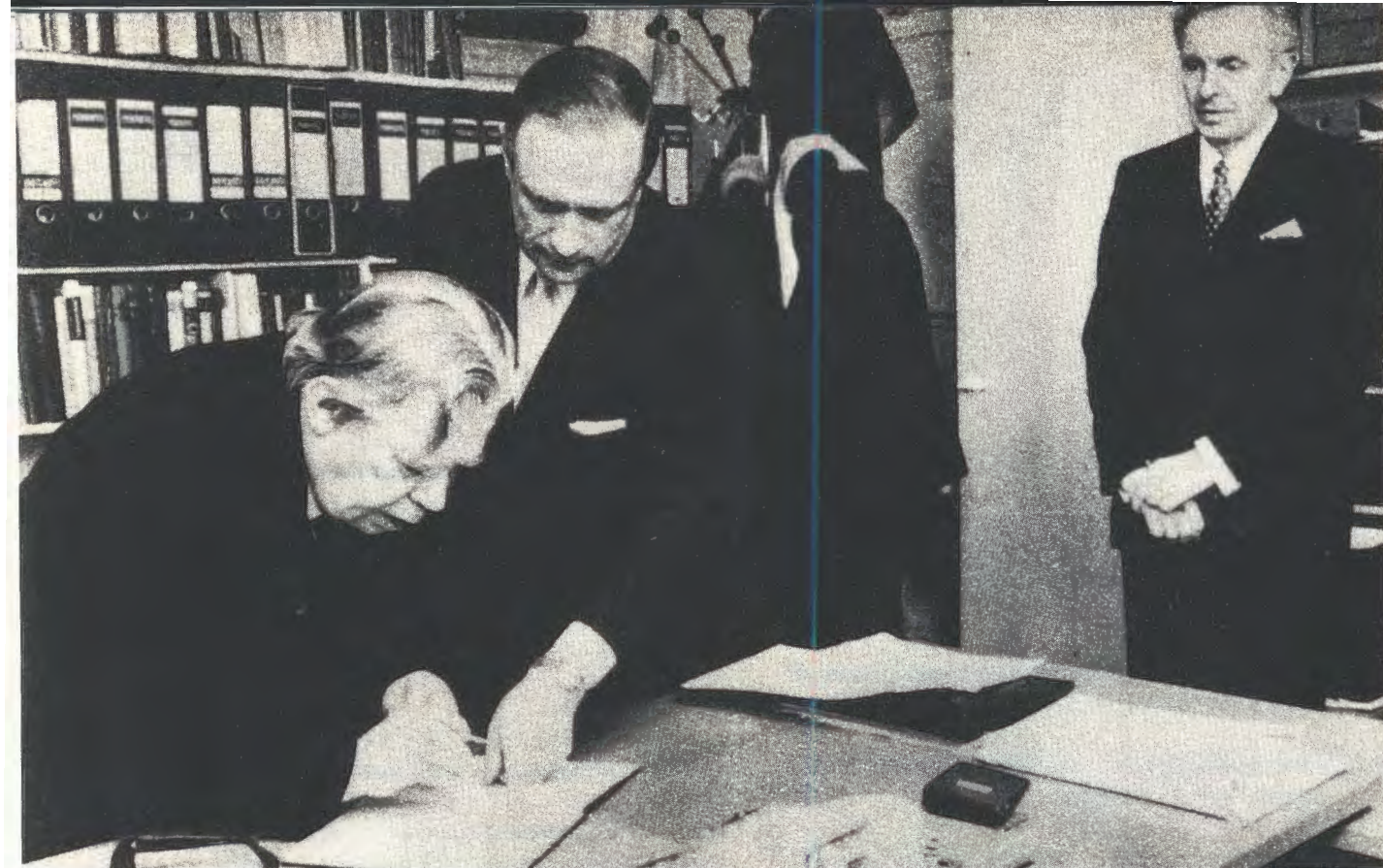
1	2	3	4
11.	Рабочее совещание ИФВЭ АН ГДР	Аренсхоп, ГДР	1-6 апреля
12.	Международный семинар по физике высоких энергий	Модра - Гармония, ЧССР	2-10 апреля
13.	Весенняя школа по радиохимии	Россендорф, ГДР	4-27 апреля
14.	II Национальная конференция молодых физиков	София, НРБ	8-19 апреля
15.	Симпозиум по электронной структуре металлов	Гауссиг, ГДР	22 апреля - 2 мая
16.	IV Конференция молодых ученых	Киев, СССР	23-25 апреля
17.	Семинар по призмным бета-спектрометрам и их применению	Вильнюс, СССР	25-26 апреля
18.	Политико-экономический семинар	Закопане, ПНР	26-30 апреля
19.	Рабочее совещание по теории нерелятивистских систем многих частиц с сильным взаимодействием	Киев, СССР	14-16 мая
20.	Заседание Физического общества ГДР	Берлин, ГДР	15-20 мая
21.	Заседание Химического общества ГДР	Дрезден, ГДР	28 мая - 7 июня
22.	II Всесоюзное совещание по линейным ускорителям	Харьков, СССР	28-31 мая
23.	IV Всесоюзное совещание по физике взаимодействия заряженных частиц с монокристаллами	Москва, СССР	3-5 июня
24.	Международный симпозиум по динамике множественного рождения частиц	Лейпциг, ГДР	4-10 июня
25.	Конференция по автоматизации научных исследований на основе применения ЭВМ	Новосибирск, СССР	10-12 июня

1	2	3	4
26. Рабочее совещание по разработке ионных источников		Россендорф, ГДР	11-15 июня
27. Международный симпозиум по новейшим достижениям в физике элементарных частиц		Балатонфюред, ВНР	11-19 июня
28. XIV Международная летняя школа по теоретической физике		Краков, ПНР	15-28 июня
29. Симпозиум по антинуклон-нуклонным взаимодействиям		Либлице, ЧССР	24-29 июня
30. Семинар по гипотезам кварков и партонов		Москва, СССР	25-27 июня
31. Семинар по изучению структуры поверхности ядер методами физики высоких энергий		Ленинград, СССР	2-5 июля
32. IV Польская конференция по аналитической химии		Варшава, ПНР	25 августа-1 сентября
33. Летняя школа по теоретической физике		Будапешт, ВНР	25 августа-1 сентября
34. Международный семинар по ускорению частиц и ядерным реакциям в космосе		Ленинград, СССР	26-30 августа
35. Семинар по нейтронодефицитным изотопам		Москва, СССР	26-30 августа
36. Международный симпозиум по реакциям, вызванным нейтронами		Смоленицы, ЧССР	1-7 сентября
37. Международный конгресс по фотографическим наукам		Дрезден, ГДР	1-10 сентября
38. Международная летняя школа по ядерной физике		Миколайки, ПНР	1-16 сентября

1	2	3	4
39.	Международная школа по ядерной физике	Предеал, СРР	3-17 сентября
40.	Международный симпозиум по внедрению ионов в полупроводники	Люблин, ПНР	7-16 сентября
41.	Конференция по электронной оптике и ее применению	Харьков, СССР	10-14 сентября
42.	Всесоюзная школа по аксиоматическому подходу в квантовой теории поля и высшим симметриям в теории частиц	Ужгород, СССР	11-17 сентября
43.	Заседание Химического общества ГДР	Грейвсвальд, ГДР	11-21 сентября
44.	IV Конференция по тонким пленкам	Братислава, ЧССР	12-20 сентября
45.	III Всесоюзная школа по физике электронных и атомных столкновений	Рига, СССР	12-23 сентября
46.	XVIII Всесоюзное совещание по физике низких температур	Киев, СССР	16-20 сентября
47.	Заседание Комитета европейских стандартов по ядерной электронике /ЭСОНЕ/	Варшава, ПНР	17-22 сентября
48.	Симпозиум СЭВ по опыту эксплуатации исследовательских реакторов	Предеал, СРР	30 сентября-7 октября
49.	VIII Всесоюзная конференция по проблемам исследования свойств сегнетоэлектриков	Ужгород, СССР	1-4 октября
50.	Международный симпозиум по методам оптимизации	Варна, НРБ	7-12 октября
51.	Симпозиум по теории элементарных частиц	Кюлунгсборн, ГДР	13-26 октября

1	2	3	4
52.	II Европейская конференция по конденсированным средам	Будапешт, ВНР	20-30 октября
53.	II Всесоюзная конференция по масс-спектрометрам	Ленинград, СССР	22-24 октября
54.	Конференция по проблемам физики и техники высокого вакуума	Ленинград, СССР	29-31 октября
55.	V Всесоюзный симпозиум по численным методам решения задач электронной оптики	Москва, СССР	1-5 ноября
56.	Международная конференция по квантовым кристаллам	Тбилиси, СССР	11-15 ноября
57.	IV Всесоюзное совещание по ускорителям заряженных частиц	Москва, СССР	18-20 ноября
58.	Осенняя школа по нейтронной физике	Россендорф, ГДР	18 ноября - 7 декабря
59.	Совещание представителей стран СЭВ по ядерным данным	Обнинск, СССР	19-21 ноября
60.	Заседание Комиссии СЭВа по атомной энергии	Москва, СССР	19-21 ноября
<i>В странах-неучастницах Института</i>			
61.	Конференция по адронным столкновениям	Женева, Швейцария	9-16 февраля
62.	Конференция по сканирующим устройствам с использованием ЭВМ	Оксфорд, Англия	1-11 апреля
63.	Совещание по исследованию конденсированных сред с помощью импульсных нейтронных источников	Чилтон, Англия	20-28 апреля

1	2	3	4
64. Международная конференция по экспериментальной мезонной спектроскопии	Бостон, США	24-29 апреля	
65. Международная конференция по ускорителям высоких энергий	Стэнфорд, США	1-13 мая	
66. XI Европейская конференция по развитию циклотронов	Лувен-ла-Неве, Бельгия	28 мая-4 июня	
67. Международная конференция по сверхтонким взаимодействиям в ядерных реакциях и распаде	Упсала, Швеция	9-15 июня	
68. Международная конференция по реакциям между сложными ядрами	Нашвилл, США	9-20 июня	
69. Международная школа по ядерной физике и физике частиц	Лома-Коли, Финляндия	12-20 июня	
70. Школа ЦЕРН по физике	Лейк-Виндемир, Англия	16-30 июня	
71. IX Летняя школа по физике	Туомиингеми, Финляндия	20-24 июня	
72. Семинар по индексированию	Люксембург	23-29 июня	
73. XVII Международная конференция по физике высоких энергий	Лондон, Англия	30 июня-14 июля	
74. Заседание научной комиссии по сотрудничеству между ОИЯИ и ЦЕРН	Женева, Швейцария	15-28 июля	
75. Международная школа по фундаментальным проблемам статистической механики	Варенинген, Нидерланды	28 июля-15 августа	
76. Международная конференция по физике малонуклонных систем	Квебек, Канада	24 августа-5 сентября	
77. II Международный симпозиум по спектроскопии гамма-лучей при захвате нейтронов	Петтен, Нидерланды	1-9 сентября	



С 23 февраля по 3 марта состоялся визит директора ОИЯИ академика Н.Н.Боголюбова в Финляндию, во время которого был подписан протокол о научном сотрудничестве между ОИЯИ и Институтом ядерной физики Хельсинкского университета. На снимке: академик Н.Н.Боголюбов, профессор К.Лаурикайнен /руководитель отдела ядерной физики/ и профессор Е.Палмен /ректор университета/.

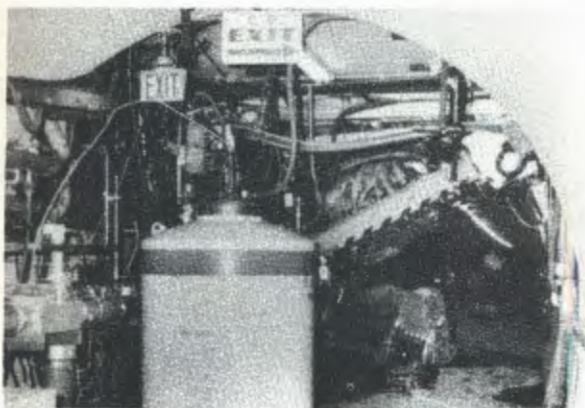
В 1974 году в Лаборатории внутренних мишеней ускорителя 400 ГэВ в Батавии выполнялся второй совместный эксперимент ОИЯИ-ФНАЛ. Его цель - исследование упругого протон-дейтронного рассеяния и дифракционного возбуждения первичного протона до эффективнои массы 10 ГэВ. Основным прибором этого эксперимента является струйная водородная мишень, изготовленная в ОИЯИ.



Объединенный институт ядерных исследований сотрудничает с Европейской организацией ядерных исследований /ЦЕРН, Женева/ путем обмена учеными и постановки совместных экспериментов.

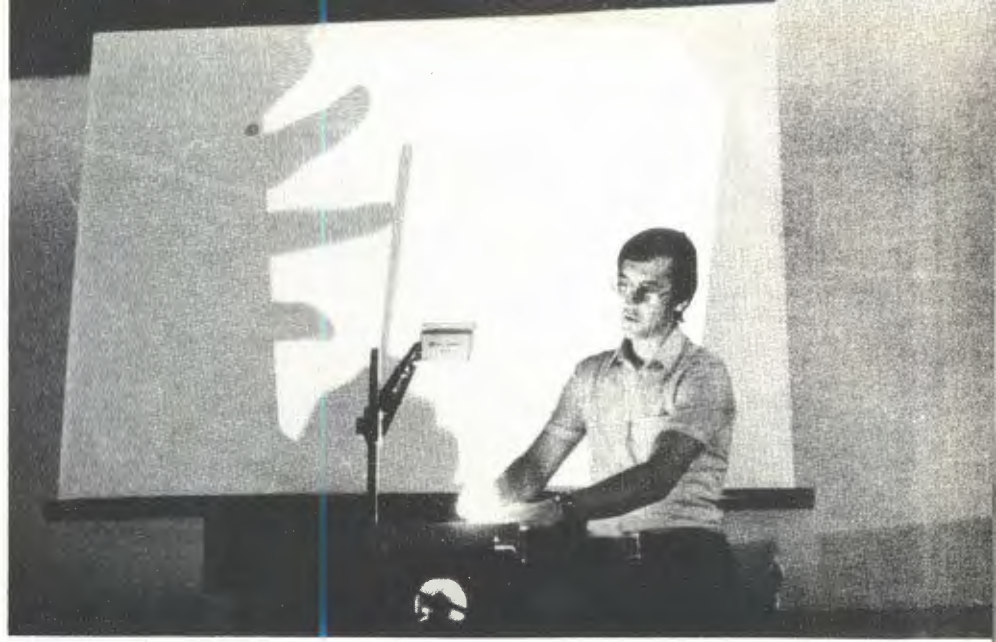


На снимке: сотрудники ОИЯИ Г.Вестергомби и И.Савин во время работы на установке "Split field magnet", являющейся крупнейшей экспериментальной установкой на встречных протон-протонных пучках.





С 10 по 19 октября 1974 года в международном молодежном лагере "Спутник" /г. Сочи/ работала международная школа-семинар молодых ученых, организованная ОИЯИ, НИИЯФ МГУ и ЦК ВЛКСМ. Тематика школы включала рассмотрение важнейших проблем физики элементарных частиц.



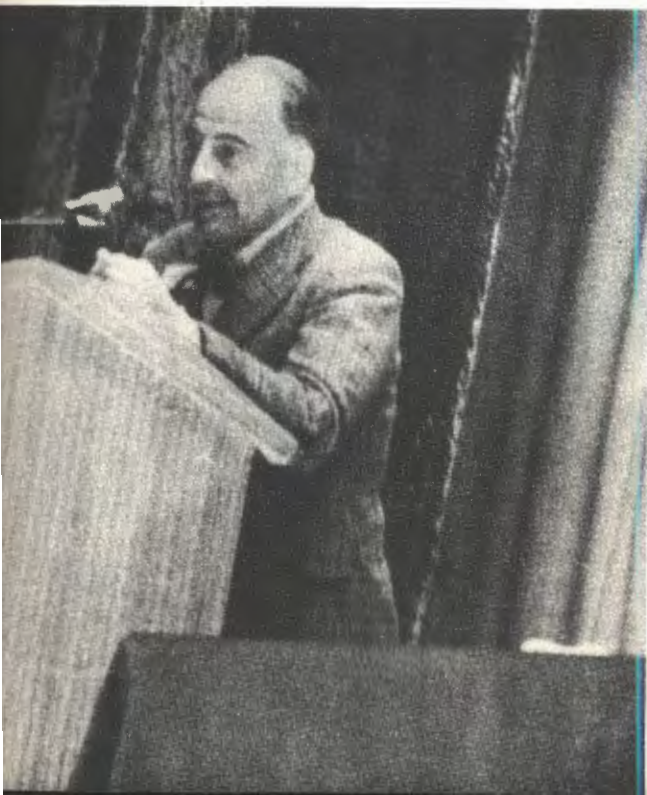


В сентябре III Международная школа по использованию ЭВМ в ядерных исследованиях была организована ОИЯИ в Ташкенте.





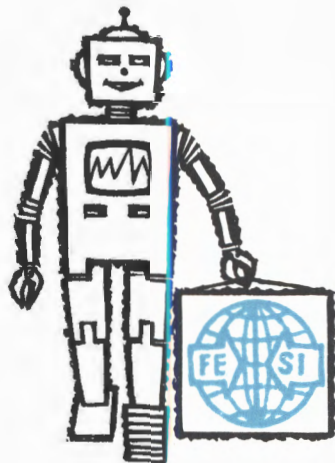
С лекциями на школе выступили специалисты ОИЯИ, ЦЕРНа и фирмы CDC.



В апреле Объединенный институт организовал II Международную школу по нейтронной физике, работа которой проходила в Алуште.

1	2	3	4
78. Конференция по проблемам алгебр неограниченных операторов		Геттинген, ФРГ	3-9 сентября
79. Международная конференция по ядерной структуре и спектроскопии		Амстердам, Нидерланды	8-14 сентября
80. Международная конференция по столкновениям при высоких энергиях		Триест, Италия	8-17 сентября
81. X Международная школа по физике элементарных частиц		Башко-Поле, Югославия	13-29 сентября
82. Совещание по планированию экспериментов на циклотроне тяжелых ионов		Стокгольм, Швеция	15-24 сентября
83. XVIII сессия Генеральной конференции МАГАТЭ		Вена, Австрия	15-25 сентября
84. Симпозиум по применению ЭВМ для автоматизации научных экспериментов		Хельсинки, Финляндия	17-24 ноября

Научная информация



Издательский отдел

Издательский отдел в 1974 году отпечатал 5 млн. 200 тыс. оттисков. Выпущено 717 наименований препринтов и сообщений. Общий объем всех публикаций 1974 года составил 1200 уч.-изд. листов. Среди материалов различных конференций, школ и совещаний 1974 года наибольший интерес у физиков вызвали сборники III Международного симпозиума по физике высоких энергий и элементарных частиц /Синая/, Международного симпозиума по ядерной электронике /Будапешт/, Совещания по программированию и математическим методам решения физических задач /Дубна/. Всего выпущено 9 таких сборников.

Постоянно растет список адресатов, получающих препринты и сообщения Института. По просьбам различных научных учреждений в этот список включены еще 24 библиотеки институтов и университетов. Публикации Института регулярно рассылаются в 56 стран мира по 760 адресам. Помимо этого, в 1974 году отправлено по отдельным запросам 10.900 брошюр, реализовано около 2700 сборников материалов конференций и школ. В обмен на публикации ОИЯИ научно-техническая библиотека получила свыше 6,5 тыс. изданий.

Возросло число статей и докладов научных сотрудников Института, направленных в различные журналы и на конференции. В 1974 году оно достигло 855. В научные журналы СССР было направлено 413 статей, в журналы других стран - 133. На международные конференции оформлено 156 докладов, на всесоюзные - 286.

Для лабораторий, библиотеки, управления Института изготавливались ксероко-

пии, бланки для обработки экспериментальной информации, различные вспомогательные бланки и пр.

В 1974 году издательский отдел награжден дипломом Центрального правления технического общества полиграфии и издательств по итогам смотра-конкурса на лучшее использование полиграфического оборудования.

Научно-техническая библиотека

В 1974 году число читателей научно-технической библиотеки и ее филиалов составило 5300. Количество выданной за год литературы и просмотренных на выставках новых поступлений составляет около 450 тыс. печатных единиц.

По заказам читателей за год получено по межбиблиотечному абонементу 1894 названий книг и журналов. Выполнено 512 читательских заявок, поступивших из советских и зарубежных библиотек.

По всем источникам комплектования получено 20366 печатных единиц, в том числе по обмену получено 406 /в 1973 - 369/ названий научных монографий, 123 названия журналов /в 1971 году - 109/, 6219 препринтов.

Библиотечный фонд на 1974 год составил более 320 тыс. печатных единиц. Картотека публикаций сотрудников ОИЯИ за 1974 год пополнилась 5500 новыми карточками. Подготовлен и издан указатель публикаций сотрудников Института за 1973 год.

В 1974 году библиографический отдел библиотеки подготовил библиографию трудов академика Н.Н. Боголюбова к пятидесятилетию научной деятельности.

Еженедельно выпускались экспресс-информации о новых поступлениях:

“Книги”, “Препринты”, “Статья”, всего за год выпущено 144 номера, включивших 23222 названия. Напечатано 119 списков на новые журналы, поступившие в библиотеку. Еженедельно обновлялись выставки новых поступлений.

В научно-технической библиотеке открыт читальный зал иностранной литературы и препринтов на 25 мест с книжным фондом около 10 тысяч названий и читальный зал технических справочников и каталогов на 6 мест с фондом около 500 названий.

Кроме того, открыт читальный зал в Отделе новых методов ускорения на 40 мест с книжным фондом более 1000 названий научных монографий и 40 названий периодических изданий.

Обмен изданиями

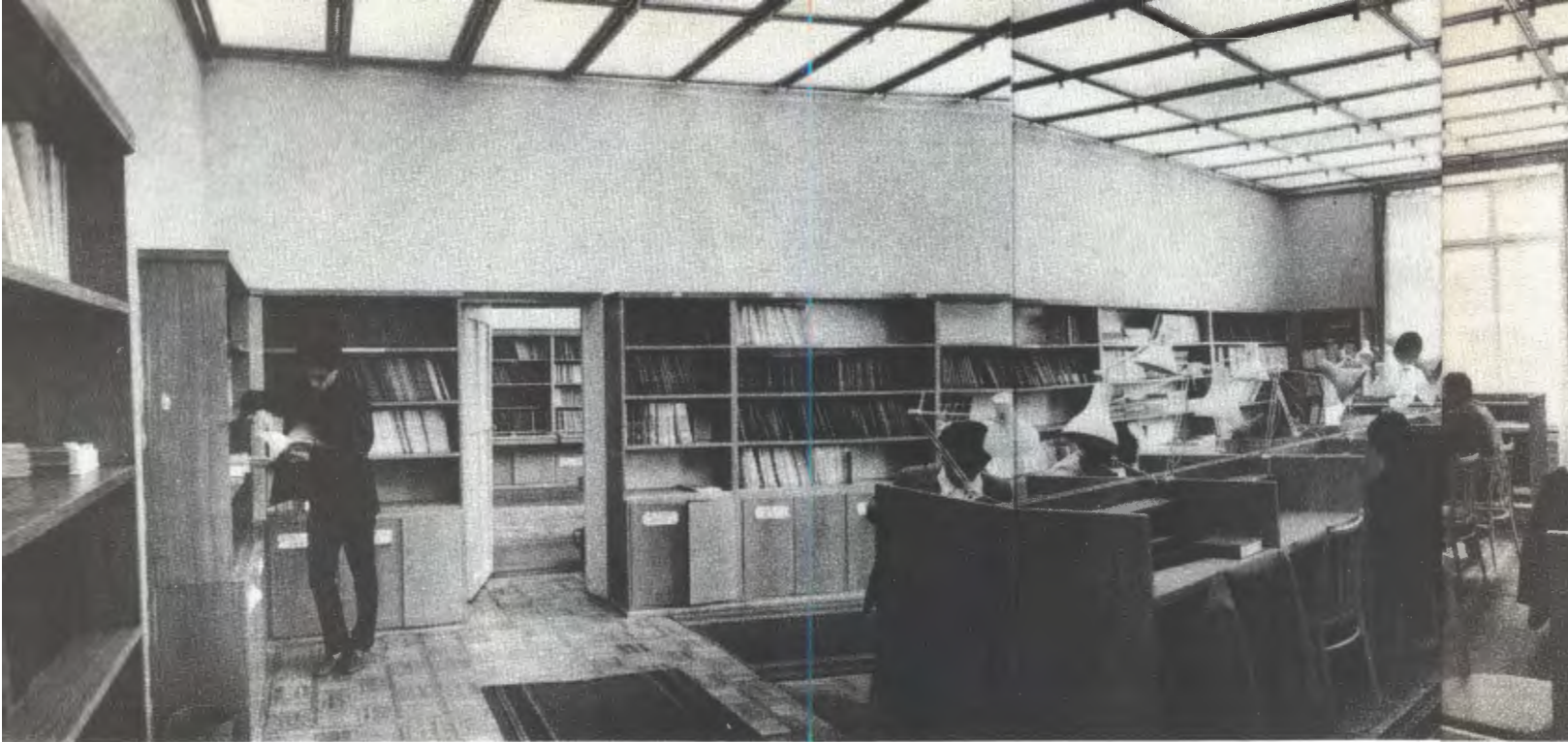
Всего за 1974 год в научно-техническую библиотеку ОИЯИ в порядке обмена на публикации издательского отдела ОИЯИ, поступило 6650 публикаций из 43 стран, в том числе 350 из ЦЕРНа.

Кроме того, в порядке обмена в библиотеку бесплатно поступили журналы из 24 стран /123 названия/. Количество поступлений показывает следующая таблица.

Наименование страны	Препринты	Оттиски	Журналы	Книги
1	2	3	4	5
<i>Страны-участницы ОИЯИ</i>				
Болгария	-	-	7	-
Венгрия	119	3	5	3
ГДР	87	10	4	5
КНДР	-	-	2	-
МНР	-	-	-	13
Польша	146	-	6	4
Румыния	49	-	13	5
СССР	1099	-	32	256
ЧССР	29	-	7	-
Всего:	1529	13	76	286

Другие страны и международные организации

Австралия	29	25	1	
Австрия	20	25	5	43
Аргентина	3			
Бельгия	22		4	
Бразилия	74			
Великобритания	287		5	
Венесуэла	2	2		
Голландия	15	6		
Греция	5			
Дания	56	24	1	
Евратом	73	2	2	4
Западный Берлин	20			
Индия	90	2	4	4
Ирландия	10			
Испания	10			
Италия	425	138	1	5
Канада	72	50		
Ливан	1			
Мексика	36	10		
Новая Зеландия	6			
Норвегия	17			
Пакистан	3			
Португалия	2			
Судан	1			
США	1586	14	5	30
Турция	2		1	
Финляндия	55	50	2	3
Франция	348	50	2	3
ФРГ	650	62	5	5
Швеция	61			
Швейцария	17		1	
ЦЕРН	350		2	22
Югославия	7			
Япония	300		7	2
Всего:	4655	385	47	120
Общее количество	6184	409	123	406



Полиграфическая база издательского отдела оснащена новейшим оборудованием.

Чи





Читальные залы научно-технической библиотеки.

Общее число препринтов и сообщений сотрудников ОИЯИ превысило в 1974 году 700 наименований.



Изобретательство, рационализация, патентная служба

Правовая
охрана открытий

За период	1972-1974 гг.	1958-1974 гг.
Зарегистри- ровано в СССР открытий	6	12

Защита
и использование изобретений

За период	1974 г.	1971- 1974 гг.	1958- 1974 гг.
Получено по- ложительных решений	51	174	385
Использовано изобретений	24	82	210

В соответствии с решением Комитета Полномочных Представителей /от 13 - 14 февраля 1973 г./ Объединенный институт начал в 1974 году выпуск бюллетеня "Заявки и изобретения", который предназначен для информирования стран-участниц ОИЯИ и научных подразделений ОИЯИ о всех заявках на изобретения со-трудников Института и результатах их рассмотрения в патентных ведомствах стран подачи. В 1974 году выпущено 5 номеров этого бюллетеня, в которых помещены аннотации о 66 первичных заявках на изобретения с датой приоритета, начиная с 1 января 1974 года.

Рационализаторские
предложения

Итоги
конкурсов

За период	1974 г.	1971- 1974гг.	1958- 1974 гг.
Использовано рационализаторских предложений	529	1889	5317
Учтенный экономический эффект в тыс.руб.	31,0	177,3	1377,3

Патентная
информация

Выпущено 24 номера экспресс-бюллетеня "Патенты" и 10 выпусков приложений к нему по темам:

- "Приборы и техника физического эксперимента",
- "Ускорители заряженных частиц",
- "Криогенная техника",
- "Сверхпроводимость",
- "Ядерные реакторы",
- "Дозиметрия и физика защиты".

Подготовлен к печати библиографический указатель по регистрации ионизирующего излучения в трековых камерах.

А. Использованные изобретения

1 премия не присуждалась.

- 2 премии: 1/ В.И.Данилов, Е.И.Розанов, В.И.Смирнов, А.В.Шестов - "Генератор пилообразных импульсов тока", авторское свидетельство № 396817;
2/ Л.М.Сороко, В.А.Суетин - "Устройство для преобразования структуры изображения в пространственно-частотный образ", авторское свидетельство № 398910.

Б. Изобретения

- 1 премия: В.С.Надеждин, В.С.Киселев - "Детектор π^+ -мезонов", авторское свидетельство № 370564.

- 2 премии: 1/ Л.С.Бойцова, С.Высочин, В.Н.Глуценко, Э.В.Козубский - "Электромагнитный клапан", авторское свидетельство № 369330;
2/ А.Ф.Писарев - "Жидкостный счетчик заряженных частиц", авторское свидетельство № 375597.

В. Рационализаторские
предложения

1 премия не присуждалась.

2 премия: В.П.Григорьев - за цикл рационализаторских предложений, объединенных под общим названием "Станок для намотки

больших проволочных камер", авторские свидетельства

№№ 1641, 1642, 1643 - ЛВЭ.

Общеинститутские
службы

Административно-
хозяйственная
деятельность



Отдел радиационной безопасности

Дозиметрический контроль радиационно-вредных условий труда проводился посредством измерений уровней ионизирующих излучений в контрольных точках в радиационных зонах и индивидуальных доз персонала, работающего в контролируемых зонах. Групповая доза за год 2120 сотрудников ОИЯИ, стоящих на индивидуальном дозконтроле, составила 705,67 человеко-бэр, причем у 93% из числа контролируемого персонала индивидуальная годовая доза составила величину меньше 1,5 бэр. Значительное внимание было уделено внедрению в практику Института новых правил работы в полях ионизирующих излучений в соответствии с новыми нормами радиационной безопасности, введенными в стране местонахождения Института. Интегральный контроль дозы основных видов излучения, проводимый на границах контролируемых зон синхрофазотрона и синхроциклотрона, позволил обеспечить оптимальное время их работы при одновременном выполнении строительных работ вблизи корпусов этих ускорителей.

Контроль радиоактивности окружающей среды проводился в воздухе рабочих помещений и в районе расположения ядерно-физических установок Института, а также в воде, почве и растительности. Среднегодовые концентрации радиоактивных веществ в воздухе рабочих помещений и сбрасываемых водах не превышают допустимых. Уровень радиоактивности почвы и растительности не изменился по сравнению с 1973 годом и не превышает уровня естественного фона. Гаммафон в районе наблюдаемой зоны ОИЯИ такой же, как и в районах, не имеющих ядерно-физических установок.

Научно-методические работы проводились с целью увеличения степени достоверности результатов дозиметрического контроля. Продолжались исследования энергетического распределения

нуклонов за защитой ускорителей протонов на высокие энергии. Составлен атлас энергетических спектров нейтронов за защитой синхрофазотрона на энергию 10 ГэВ и синхроциклотрона на энергию 660 МэВ. В отделе введены в эксплуатацию полупроводниковые спектрометры гамма-излучения и альфа-частиц. Использование этих спектрометров позволило повысить качество радиометрических измерений для целей дозиметрии. Проведен интернациональный экспери-

мент на пучке ИБР-30 с целью сравнения перспективных методов индивидуальной дозиметрии, используемых в ОИЯИ, ГДР и ПНР. Проведено обобщение и анализ итогов индивидуального дозиметрического контроля в ОИЯИ. Начата работа по использованию трековых твердотельных детекторов для целей дозиметрии. Проведен комплекс мероприятий по метрологии гамма-излучений, обеспечивший уровень поверки дозиметрических приборов, соответствующий Госстандарту СССР.

Совет по радиоэлектронике

Конкурс
на разработку устройств
ядерной электроники

В целях выявления электронных разработок, имеющих общепитутское значение, отбора блоков для серийного производства Центральными экспериментальными мастерскими и внедрения их в физический эксперимент Советом по радиоэлектронике подготовлен и проведен очередной четвертый конкурс на разработку устройств ядерной электроники.

На конкурс было представлено около 40 работ по следующим разделам:

- блоки, соответствующие требованиям стандарта КАМАК,
- блоки быстрой электроники,
- дисплеи,
- технологические способы проектирования и изготовления электронных блоков.

Аппаратура демонстрировалась на выставке конкурсных работ и обсуждалась на семинарах, привлечших внимание широкой научно-технической общественности, в которых приняло участие жюри конкурса. Жюри под председательством доктора физико-математических наук Ю.М.Казаринова отметило значительные успехи, достигнутые лабораториями и подразделениями Института в области создания электронных блоков на основе стандарта КАМАК и реализации на базе этих блоков целых систем с использованием ЭВМ для проведения физических экспериментов. Разработаны блоки с программно-управляемыми параметрами. Созданы эффективные средства связи экспериментатора с ЭВМ на всех этапах проведения эксперимента. Разработаны и внедрены новые технологические процессы, обеспечивающие изготовление блоков

ядерной электроники на элементной базе третьего поколения. Достигнуты практические результаты по созданию и внедрению систем проектирования печатных плат на базе ЭВМ. Лучшие работы отмечены премиями конкурса.

Выставки

При содействии Объединенного института ядерных исследований Объединение заводов ядерного приборостроения ПОЛОН Польской Народной Республики организовало в Дубне выставку и семинар "Приборы системы КАМАК".

На выставке и семинаре польские специалисты познакомили сотрудников ОИЯИ и гостей с достижениями в области разработки и производства блоков ядерной электроники в стандарте КАМАК. Блоки демонстрировались в комплексе с ЭВМ и микрокомпьютером.

Главный инженер Объединения ПОЛОН Мирослав Херман передал группе вьетнамских сотрудников ОИЯИ в дар от Объединения ПОЛОН крейт КАМАК, который будет использоваться в физических исследованиях учеными Демократической Республики Вьетнам. Выставку посетили сотрудники секретариата СЭВ.

На выставке "АСУ - Технология-74", проходившей в Москве на ВДНХ, экспонировалась работа, выполненная в отделе электроники ЛНФ, - "Измерительная система для преобразования, регистрации и предварительной обработки спектрметрической информации на базе ЭВМ М-400".

Стандартизация и текущие дела

В соответствии с протоколом о характере и формах сотрудничества между

Объединенным институтом ядерных исследований и Советом Экономической Взаимопомощи, делегация Объединенного института в составе проф. Ч.Шимане - вице-директора ОИЯИ и Г.П.Жукова - председателя Совета по радиоэлектронике приняла участие в работе очередного заседания Постоянной Комиссии СЭВ по использованию атомной энергии в мирных целях, на котором рассматривался план работы в области стандартизации ядерного приборостроения на 1975 год.

Представитель Объединенного института Б.В.Фефилов принял участие в работе ассамблеи Комитета ESONE, на котором было принято решение о вступлении ОИЯИ в состав этого Комитета.

На заседаниях Совета обсуждались перспективы развития ядерной электроники в ОИЯИ на следующую пятилетку, вопросы подготовки очередного, VIII, Симпозиума по ядерной электронике в Дубне, проект нового положения о Совете по радиоэлектронике, корректировались квартальные планы ЦЭМ по выпуску электронных изделий.

Советом рекомендованы и утверждены дирекцией временные требования к конструкторской документации, представляемой в ЦЭМ для изготовления опытных партий электронных блоков. Организационно-технические мероприятия, связанные с введением этих требований, позволили ЦЭМу осваивать в течение месяца выпуск до десяти образцов новых электронных блоков.

Рабочими комиссиями и группой Совета подготовлена к печати Номенклатура на радиоизделия, принятые к поставке и потреблению в ОИЯИ на 1976-1980 гг.

Выпущена очередная серия информационно-справочных листков ОИЯИ.

Административно- хозяйственная деятельность

Кадры

Численность сотрудников Объединенного института ядерных исследований /исключая производственные подразделения/ на 31 декабря 1974 года составила 4268 человек.

Распределение сотрудников ОИЯИ по категориям показано в таблице:

Категория работников	Численность в лабораториях и Управлении
Научные работники	823
Инженеры	1149
Техники и мастера	329
Рабочие	1493
Служащие	287
Младший обслуживающий персонал	140
Стипендиаты	8
Ученики	39
Итого:	4268

В ОИЯИ работают 4 академика АН СССР /Н.Н.Боголюбов, Б.М.Понтекорво, Г.Н.Флеров, И.М.Франк/, 2 академика АН ГДР /К.Ланнус, А.Ульманн/, 7 членов-корреспондентов АН СССР /Д.И.Блохинцев, В.П.Джелепов, М.Г.Мещеряков, Д.В.Ширков, А.М.Балдин, Н.Н.Говорун, С.М.Поликанов/, 1 член-корреспондент ЧСАН /И.Звара/, 85 докторов наук, 402 кандидата наук.

В 1974 году в ОИЯИ принято 516 человек:

- научных работников	- 129
- инженеров	- 106
- техников и мастеров	- 43
- рабочих	- 149
- служащих	- 28
- младшего обслуживающего персонала	- 18
- учеников	- 43

Уволено из ОИЯИ за этот же период в связи с окончанием срока работы и по другим причинам - 543 человека.

В течение года Учеными советами и научно-техническими советами избраны на должности на новые сроки 48 научных сотрудников. Присвоены ученые звания младшего научного сотрудника 56 и звания старшего научного сотрудника - 6 человекам.

В течение 1974 года защитили кандидатские диссертации 47 человек, докторские - 7.

Финансовая деятельность

Для проведения научно-исследовательских работ и капитального строительства научно-исследовательских и других объектов Комитет Полномочных Представителей Правительств государств - членов Объединенного института ядерных исследований на 1974 год ассигновал 39000 тыс. руб.

Фактические затраты за 1974 год составили 39405 тыс. руб. /или 101,0% по отношению к годовым ассигнованиям/, распределение которых по разделам бюджета приводится в таблице.

Наименование разделов	Годовые ассигнования	Фактическое выполнение	В % к плану
	/в тыс. руб./		
1. Административно-управленческие и хозяйственные расходы	4158	4506	108,4
2. Расходы на научно-исследовательскую деятельность	18626	18261	98,0
3. Капитальные вложения на строительство научно-исследовательских и других объектов	16216	16638	102,6
Итого:	39000	39405	101,0

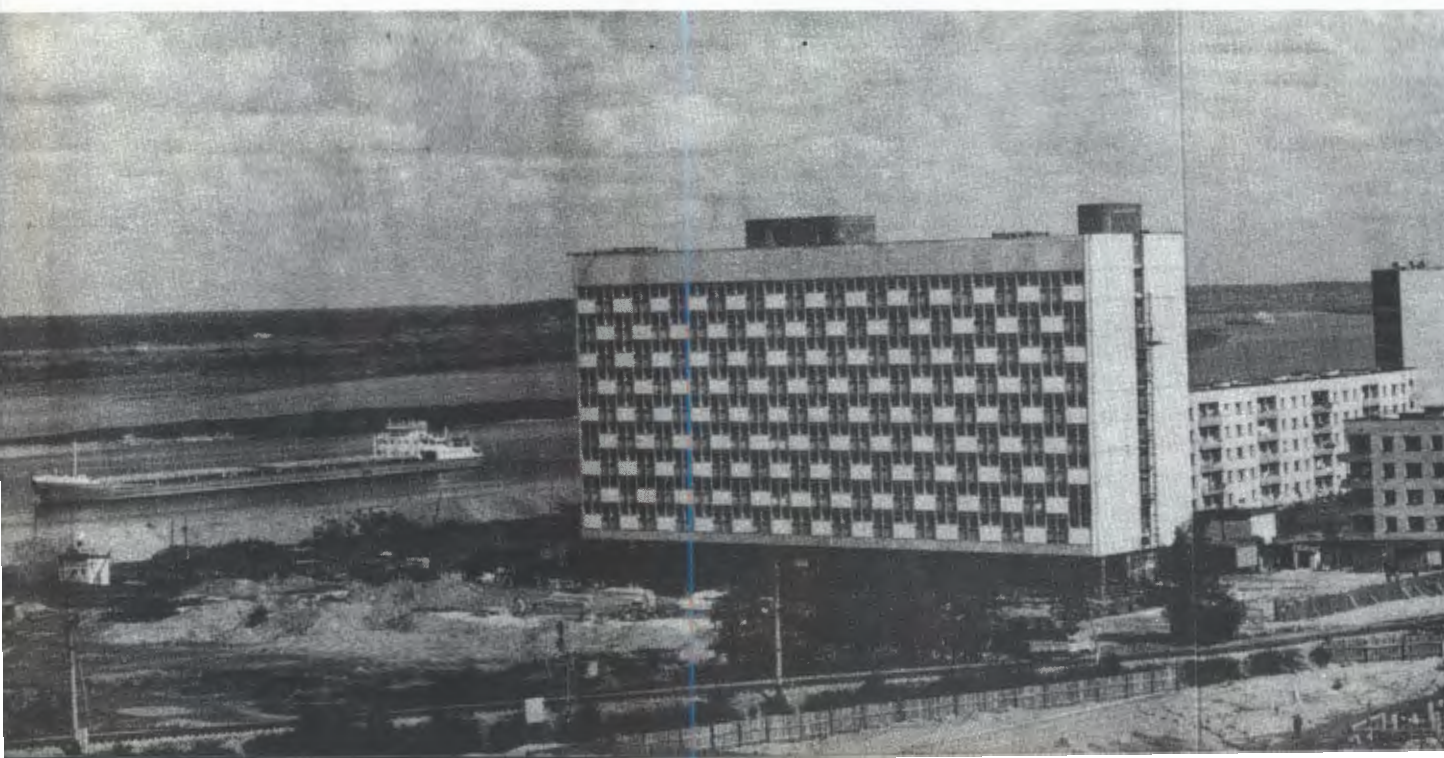
Капитальное строительство

Затраты на капитальное строительство научно-исследовательских и других объектов в 1974 году планировались на год в сумме 16216 тыс. руб. Выполнение годового плана по отдельным статьям капитального строительства отражено в таблице.



*Строительство нового экспериментального зала /площадью 10 тыс. кв. метров/
в Лаборатории высоких энергий.*

Строительство жилых домов в новом квартале Дубны.





Структура капитальных вложений	Годовой план /в тыс. руб./	Фактическое выполнение	% выполнения
Всего капитальных вложений:	16216	16875	104,0
В том числе:			
1. Строительно-монтажные работы	6757	4990	73,8
2. Оборудование и инвентарь	8986	11089	123,4
3. Прочие затраты /в т.ч. проектно-изыскательские работы/	473	796	168,3

Введено в действие основных средств /фондов/ на сумму 5883 тыс. руб.

Показатели	Годовой план	Фактическое выполнение	% выполнения
1. Объем готовой продукции, выполненных работ и оказанных услуг в тыс.руб.	7919	8049	101,6
2. Результаты финансово-хозяйственной деятельности /в тыс. руб./	317	1315	
в % к объему	4,0	16,3	
3. Затраты на один рубль реализованной продукции в копейках	95,9	83,7	
4. Численность работающих	1685	1651	

Охрана труда,
техника безопасности
и производственная санитария

Производственная деятельность

В составе Объединенного института ядерных исследований находятся специализированные подразделения: экспериментальные мастерские /опытный завод/, отдел главного энергетика, транспортный отдел, ремонтно-строительный участок и другие, они обслуживают лаборатории Института. Излишняя продукция и услуги реализуются сторонним организациям.

Деятельность производственных подразделений в 1974 году характеризуется основными показателями, приведенными в таблице.

В 1974 году был проведен ряд организационно-технических мероприятий, направленных на улучшение условий труда и безопасности работ. Между дирекцией и профсоюзным комитетом Института были заключены соглашения о проведении мероприятий по охране труда, технике безопасности и производственной санитарии, которые выполнены в установленные сроки. На выполнение этих мероприятий израсходовано 35360 рублей, в том числе:

- на мероприятия по предупреждению несчастных случаев - 12050 рублей;

- на мероприятия по предупреждению заболеваний на производстве - 9885 рублей;

- на мероприятия по общему улучшению условий труда - 13325 рублей.

В Институте был организован и проведен месячник по охране труда. В период проведения месячника от сотрудников Института поступило 981 предложение, из них 292 были выполнены в ходе смотра.