

ДУБНА · 1977

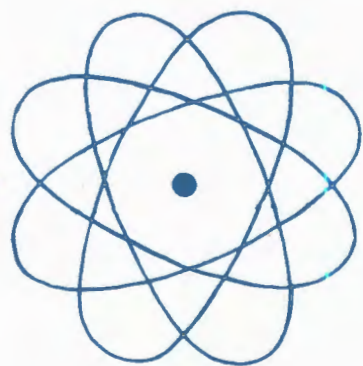
ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ



JOINT INSTITUTE FOR NUCLEAR RESEARCH

1977 · DUBNA

**ОТЧЕТ
О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ**



ЕЖЕГОДНОЕ ИЗДАНИЕ

Оглавление

Цели и задачи Объединенного института ядерных исследований	4
Лаборатории и основные установки ОИЯИ	5
Введение	6
Проблемно-тематический план ОИЯИ на 1977 год	18
Научно-исследовательские работы, выполненные лабораториями ОИЯИ в 1977 году	
Лаборатория теоретической физики	22
Лаборатория высоких энергий	36
Лаборатория ядерных проблем	56
Лаборатория ядерных реакций	74
Лаборатория нейтронной физики	92
Лаборатория вычислительной техники и автоматизации	114
Общеинститутские отделы	
Отдел новых методов ускорения	128
Отдел радиационной безопасности и радиационных исследований	138
Руководящие и консультативные органы	
Международные связи	
Деятельность руководящих и консультативных органов	144
Премии ОИЯИ за 1976 год	148
Международные связи и научное сотрудничество	152
Научная информация	
Издательский отдел	186
Научно-техническая библиотека	188
Патентный отдел	190
Административно-хозяйственная деятельность	194

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 - членом 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 - членом Института.

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

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

Введение

1977 год для сотрудников Объединенного института ядерных исследований, как и для всех трудящихся стран - его участниц, прошел под знаком большого юбилея - 60-летия Великой Октябрьской социалистической революции. Интернациональные коллективы лабораторий и подразделений Института отметили эту знаменательную дату успешным выполнением научных планов года и взятыми на себя в честь юбилея трудовых обязательств.

В Объединенном институте достигнуты новые успехи в фундаментальных исследованиях, создании новой физической аппаратуры, а также применении результатов этих работ в смежных областях науки и техники.*

Теоретики Института получили новые результаты при исследовании степенных автомодельных асимптотик и сравнении их с экспериментальными данными в области высоких энергий. В рамках квантовой теории поля сформулированы интегральные представления для инклюзивных распределений, допускающие кварк-партоновую интерпретацию. Показана возможность определения дробности или целочисленности зарядов кварков в планируемых совместных экспериментах ОИЯИ-ЦЕРН по глубоконеупругому рассеянию мюонов нуклонами. Разработана теоретическая схема слабых взаимодействий со смешиванием тяжелых лептонов, указывающая на возможное существование распадов $\mu \rightarrow e \gamma$ и $\mu \rightarrow 3e$ с вероятностями $10^{-9} \div 10^{-12}$. Построена модель шестикварковой системы - дибариона, указывающая на воз-

* Перечень публикаций с результатами выполненных в Институте научных и научно-методических исследований содержится в библиографическом указателе работ сотрудников ОИЯИ за 1977 год.

возможные проявления кварковых степеней свободы при описании ядерных явлений.

В исследованиях теории атомного ядра достигнут прогресс при полумикроскопическом описании гигантских резонансов. Рассмотрены электрические мультипольные резонансы в деформированных и сферических ядрах. Детально разработана теоретическая модель для описания структуры коллективизированных состояний в быстровращающихся ядрах. В области теории конденсированных сред выполнены работы по изучению стохастических процессов в динамических системах и применению метода функций Грина в статистической механике.

В экспериментах на синхрофазотроне выполняется большая программа исследований в области релятивистской ядерной физики. С помощью спектрометра ядерной отдачи изучена фрагментация ядер мишени углерода в пучках дейтронов с импульсами от 1,1 до 4,6 ГэВ/нуклон и альфа-частиц с импульсом 2,5 ГэВ/нуклон. Измерены дифференциальные сечения образования изотопов H, He, Li и Be. Получен большой экспериментальный материал в опытах по исследованию образования кумулятивных частиц π , K, p и фрагментов d, α и других /с кумулятивным числом более 1,5/ при взаимодействии релятивистских протонов и дейтронов с ядрами. Изучались различные ядра в диапазоне от дейтерия до урана, в экспериментах использовалась установка "Диск-2". Проведены исследования процессов взаимодействия альфа-частиц со сложными ядрами с помощью двухметровой стримерной камеры, а также двухлучевых взаимодействий ядер гелия-4 в метровой жидководородной камере.

С помощью метровой пропановой камеры выполнены исследования инклюзивных характеристик и масштабной инва-

риантных свойств процессов множественного образования заряженных и нейтральных частиц в столкновениях пионов /импульс 5 ГэВ/с/ с протонами и ядрами.

На синхроциклотроне завершено изучение корреляции поляризаций в pp-рассеянии при энергиях 550, 610 и 630 МэВ, позволившее устранить существовавшую неоднозначность фазового анализа. Опыты велись с помощью "замороженной" поляризованной мишени. Проведены исследования инклюзивных спектров и угловых распределений протонов, испускаемых назад во взаимодействии протонов с ядрами при энергии 640 МэВ. Эти исследования позволяют определить точность описания спектров в рамках "ядерного скейлинга".

На мезонных пучках ускорителя выполняется большой цикл исследований мезоатомных и мезомолекулярных процессов. Ученые установили резонансный механизм образования $dd\mu$ -молекулы и определили с высокой точностью энергию связанного уровня в этой системе, подтвердив теоретические предсказания. Это открывает пути изучения таких тонких эффектов, как, например, поляризация вакуума, перехват мюонов от водорода к гелию и др. Показана новая возможность изучения водородных химических связей: экспериментально обнаружена сильная температурная зависимость вероятности захвата пионов протонами воды, которая объясняется разрывом водородных связей, определяющих основные физические свойства воды.

Выполнена большая программа спектроскопических исследований нейтронодефицитных ядер.

Ученые Института продолжали свои исследования на протонном синхротроне

Института физики высоких энергий в Серпухове. С помощью спектрометра БИС-2 на пучке нейтронов с энергией 50 ГэВ ведется поиск "очарованных" частиц. При анализе полученных экспериментальных данных в системе AK^+K^- обнаружена особенность с массой 2790 МэВ, шириной около 15 МэВ и сечением образования $\approx 0,5$ мкб. Физики 16-ти лабораторий стран-участниц ОИЯИ на основе материалов облучения двухметровой пропановой камеры π -мезонами с энергией 40 ГэВ вели детальное изучение корреляционных явлений в системе двух пионов и двух гамма-квантов, интерференции тождественных пионов в π^+C -взаимодействиях. Определены, в частности, размер области образования вторичных пионов и длительность этого процесса. На снимках актов $\bar{p}p$ -взаимодействия при энергии 25 ГэВ, полученных в двухметровой водородной камере "Людмила", исследовано инклюзивное и полуинклюзивное образование ρ^0 -мезонов и Δ^{++} -изобар. Получено указание на совместное образование изобар Δ^{++} и $\bar{\Delta}^{++}$. На пятиметровом спектрометре МИС закончен набор статистического материала для изучения дифракционной диссоциации пионов и каонов, а также других множественных процессов на различных ядрах. Обработка снимков ведется в Дубне и Болонье /Италия/. Для процессов рассеяния пионов с энергией 40 ГэВ найдены средние множественности и распределения по псевдобыстротам.

Завершен набор статистики в экспериментах на ускорителе в Батавии /США/, которые ведут совместно ученые ОИЯИ и НУЛ, по изучению упругих и неупругих pp -, pd - и pHe -взаимодействий при энергии вплоть до 400 ГэВ. Данные об энергетической зависимости параметра наклона упругого рассеяния

указывают на существование различных режимов сужения дифракционного конуса при энергиях выше 70 ГэВ. В области больших недостающих масс прямым сравнением pp - и pd -взаимодействий получена оценка сечения упругого рассеяния возбужденного состояния на нуклоне: 43 ± 10 мб. В фотоэмульсионной камере, облученной пучком протонов с энергией 250 ГэВ, среди 150 тыс. актов взаимодействий идентифицировано событие образования и распада гиперядра ${}^{12}_{\Lambda}C$.

На ускорителях тяжелых ионов проведены опыты по изучению закономерностей распада двойной ядерной системы, формирующейся в глубоконеупругих столкновениях сложных ядер. Установлена значительная динамическая деформация тяжелого фрагмента в процессе глубоконеупругих передач. Экспериментально исследовалось деление слабо возбужденных тяжелых и сверхтяжелых ядер $Z \geq 110$. Полученные данные свидетельствуют о проявлении оболочечных эффектов при делении таких ядер. Синтезированы новые нейтронодефицитные изотопы тяжелых трансурановых элементов, испытывающие запаздывающее деление; изучены характеристики их радиоактивного распада.

Продолжались работы по поиску сверхтяжелых элементов в природе. В экспериментах для регистрации спонтанного деления использовалась методика чувствительностью до 10^{-15} г/г. Исследование геотермальных вод позволило обнаружить в них активность спонтанного деления природного нуклида, которая в 50 раз превышает зарегистрированную ранее в метеоритах.

На импульсном реакторе ИБР-30 продолжались эксперименты по исследованию спиновой зависимости нейтронных

сечений методом пропускания поляризованного нейтронного пучка /энергия нейтронов до 100 кэВ/ через поляризованные ядерные мишени. Получено указание на наличие промежуточной структуры в этой зависимости. Проведен поиск сверхплотных ядер в активной зоне реактора. Как было установлено, вероятность возникновения таких ядер не может быть более 10^{-8} на акт деления.

Получено рекордное время хранения ультрахолодных нейтронов /645±25 секунд/ в опытах с напылением бериллия на стенки сосуда в вакууме. Время хранения УХН измерялось как после напыления, так и непосредственно в процессе напыления различных металлов. Исследовались свойства переходного излучения, а также излучения Вавилова-Черенкова вблизи его порога. С помощью сверхпроводящего квантового магнитометра в макроскопическом опыте определена верхняя граница дипольного электрического момента электрона / 10^{-22} е.см/.

В работах по созданию и совершенствованию базовых установок наиболее крупным достижением был физический пуск в стационарном режиме мощного импульсного реактора ИБР-2. По программе пуска выполнен комплекс исследований параметров реактора. На прототипе коллективного ускорителя завершён важный этап работ по созданию ускорителя тяжелых ионов - осуществлен устойчивый режим ускорения ионов азота до энергии 1,5 МэВ/нукл. при интенсивности до $5 \cdot 10^{11}$ ионов/цикл, что полностью соответствует расчетным параметрам. На строительстве циклотрона для ускорения тяжелых ионов У-400 проведены предварительные магнитные измерения и началась комплексная сборка ускорителя.

На синхрофазотроне с помощью созданного в ОИЯИ криогенного источника ионов "Крион" ускорены ядра углерода до энергии 60 ГэВ, азота - 70 ГэВ, кислорода - 70 ГэВ, неона - 100 ГэВ. Продолжались работы по изготовлению и испытанию узлов создаваемого в ОИЯИ сильноточного фазотрона. В результате усовершенствования циклотрона У-200 расширен диапазон ускоряемых ионов и введена плавная вариация энергии выводимых пучков. Созданный в Дубне изохронный циклотрон У-120М перевезен в Институт ядерной физики ЧСАН/Ржеж/, смонтирован и введен в действие.

Специалисты ОИЯИ принимают участие в разработке ускорительно-накопительного комплекса Института физики высоких энергий /Серпухов/. Совместно с Институтом атомной энергии им. И.В.Курчатова и др. в ОИЯИ ведется проектирование ускорительного комплекса тяжелых ионов.

Создание новой физической аппаратуры занимало большое место в деятельности Института. Одна из крупных установок ОИЯИ, действующих на пучках серпуховского ускорителя, - модернизированный бесфильмовый искровой спектрометр отлажен в комплексе с ЭВМ ЕС-1040 и испытан по программе поиска "очарованных" частиц. Завершаются работы по созданию большого спектрометра РИСК, начался монтаж установки в ИФВЭ.

Разработана система координатных пропорциональных и дрейфовых камер различного назначения. Исследован новый, названный сильноточным, режим работы больших проволочных камер.

Специалисты ОИЯИ участвуют в создании тороидального спектрометра - крупнейшей установки для совместного

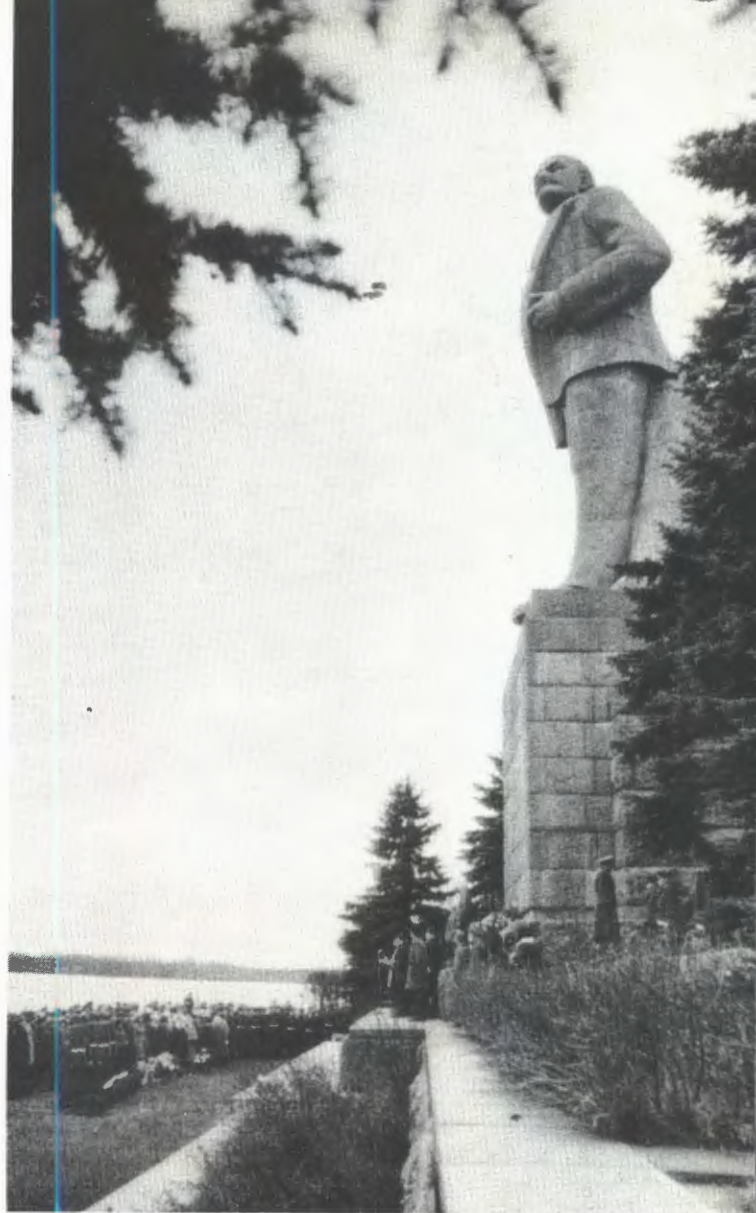


Интернациональный коллектив ученых Объединенного института ядерных исследований встретил 60-ю годовщину Великой Октябрьской социалистической революции значительными достижениями в исследовании фундаментальных свойств микромира. На снимке: первый секретарь Дубненского ГК КПСС Ю.С.Кузнецов вручает дирекции ОИЯИ Почетную грамоту за достижение высоких показателей в социалистическом соревновании.



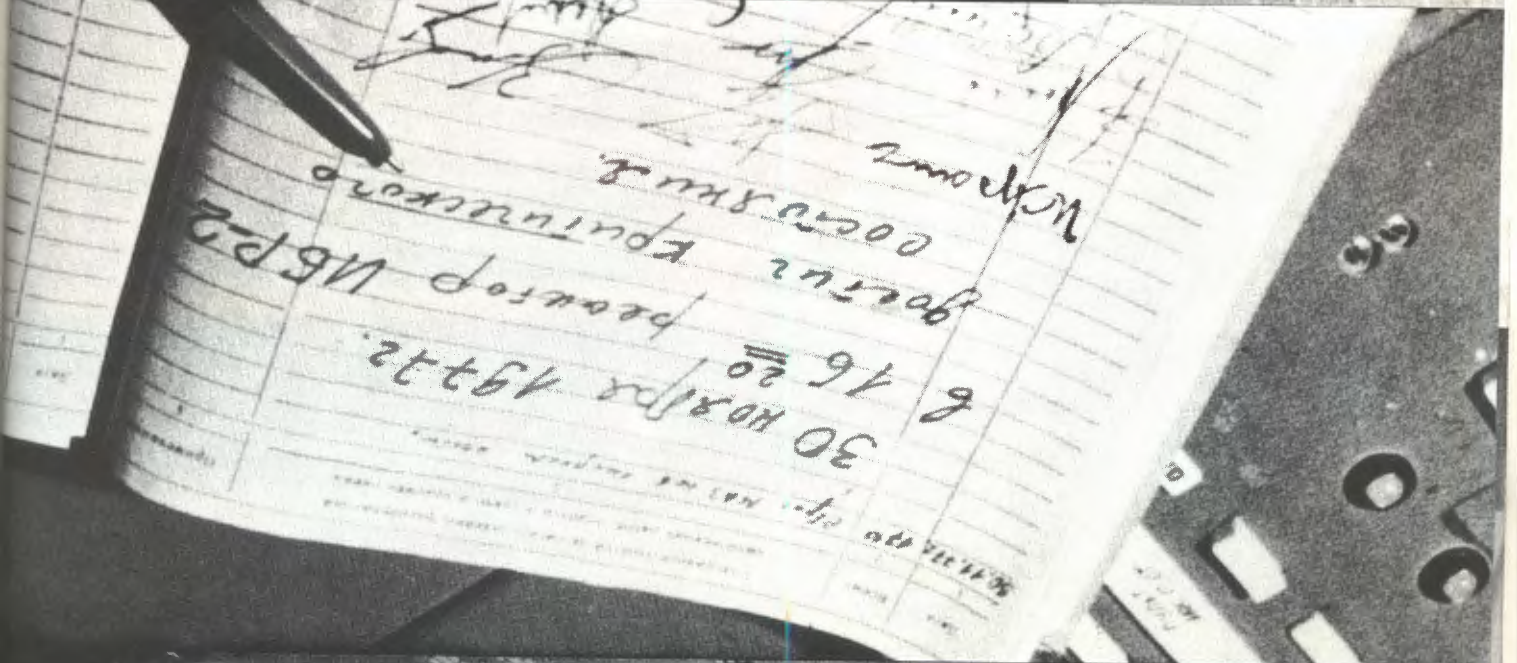


Директор ОИЯИ академик Н.Н. Боголюбов принял участие в совместном торжественном заседании ЦК КПСС, Верховного Совета СССР и Верховного Совета РСФСР, посвященном 60-й годовщине Великой Октябрьской социалистической революции.



Представители ОИЯИ, городских организаций, ветеранов Коммунистической партии Советского Союза и Великой Отечественной войны на торжественном митинге, посвященном юбилею Великого Октября.





эксперимента ученых ОИЯИ, ЦЕРНа, Франции, ФРГ на 400-ГэВ ускорителе ЦЕРНа. В Дубне был изготовлен сердечник магнита спектрометра весом более 1600 тонн. Разработаны трехметровые пропорциональные камеры, обладающие рекордными характеристиками. Из необходимых 80 камер уже изготовлено 50.

Проведен цикл работ по созданию и совершенствованию приборов и устройств криогенной техники. Они связаны с разработками сверхпроводящих магнитов, усовершенствованием установки "Спин", созданием гелиевой струйной мишени, которая использовалась в опытах на ускорителе в Батавии, и др.

Для идентификации продуктов деления в опытах на пучках тяжелых ионов с помощью время-пролетной методики и спектрометрии осколков деления /четырёхмерный анализ/ разработан комплекс детектирующей аппаратуры. Продолжались разработки аппаратуры для экспериментов на строящемся реакторе ИБР-2.

Специалисты ОИЯИ продолжали разработки, связанные с применением физической методики для прикладных целей. Совершенствовались технология изготовления ядерных фильтров с использованием различных полимерных материалов, методы ядерно-физического анализа вещества. Разработана технология производства изотопов йода-123 и тулия-167 на высокоточных ускорителях для целей радиодиагностики и радиотерапии. На основе пропорциональных камер создан прибор для изучения биологически активных веществ, меченных радиоактивными изотопами, который предназначен для целей молекулярной биологии и биохимии.

Продолжалось развитие измерительно-вычислительного комплекса Института. Повышена эффективность и расши-

рены возможности использования базовых ЭВМ посредством создания сети терминальных устройств на CDC-6500 и разработки пакетов прикладных программ для дисплейной станции на БЭСМ-6. Проведена автономная наладка устройств связи концентратора терминалов /на базе ЕС-1010/ с ЭВМ БЭСМ-6, подготовлена и отлажена часть программного обеспечения.

Велись работы по развитию автоматических и полуавтоматических систем для обработки камерных снимков. На основе опыта эксплуатации усовершенствовано математическое обеспечение измерительной системы автомата НРД для обработки снимков с пятиметрового магнитного искрового спектрометра. Завершена опытная эксплуатация двух столов САМЕТ в режиме программного сопровождения. Для ввода дисплея ВТ-340 в систему спирального измерителя разработана аппаратура и программное обеспечение.

Большой объем проведенных работ был связан с развитием измерительных центров в лабораториях Института.

Международное научно-техническое сотрудничество ОИЯИ получило дальнейшее развитие. Число исследовательских работ, проводимых Институтом совместно с физическими центрами стран-участниц, достигло 147, что составляет около 90% всей научной программы ОИЯИ. Среди наиболее важных направлений сотрудничества: совместные исследования многих институтов на основе снимков с пузырьковых камер и крупных спектрометров ОИЯИ, а также совместное создание крупной аппаратуры: циклотронов У-120М для ИЯФ ЧСАН, У-400 для ОИЯИ и У-200П для Варшавского научного центра, установок "Спин", "Гиперон", РИСК, физической аппаратуры для

экспериментов на строящемся реакторе ИБР-2.

Объединенный институт успешно сотрудничал с Европейским центром ядерных исследований, Национальной ускорительной лабораторией США, физическими центрами Франции, Италии и др.

В течение года Объединенный институт провел 46 международных научных, рабочих и научно-организационных совещаний. Ученые ОИЯИ приняли участие в 67 международных и национальных научных конференциях и прочих совещаниях, состоявшихся в странах-участниках и других странах.



Н.Н. Боголюбов
Директор Объединенного института
ядерных исследований

**ОРГАНЫ УПРАВЛЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

КОМИТЕТ ПОЛНОМОЧНЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ

Академик Х.Христов (Народная Республика Болгария)
Академик Л.Пал (Венгерская Народная Республика)
Профессор Ле Ван Тхьем (Социалистическая Республика Вьетнам)
Доктор Ф.Гильберт (Германская Демократическая Республика)
Ким Ген Чун (Корейская Народно-Демократическая Республика)
Т.Саэнс (Республика Куба)

Профессор Д.Цзэвгмяд (Монгольская Народная Республика)
Профессор Я.Фелици (Польская Народная Республика)
К.Михулеца (Социалистическая Республика Румыния)
Профессор А.М.Петросьянц (Союз Советских Социалистических Республик)
Академик Я.Кожешник (Чехословацкая Социалистическая Республика)

Финансовый комитет

По одному представителю от
каждой страны-участницы
ОИЯИ

УЧЕНЫЙ СОВЕТ ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Председатель - академик Н.Н.Боголюбов
академик К.Лануус
профессор Ч.Шимане

Ученый секретарь - доктор физико-математических наук Ю.А.Шербаков .

Народная Республика Болгария	Венгерская Народная Республика	Социалистическая Республика Вьетнам	Германская Демократическая Республика	Корейская Народно-Демократическая Республика	Республика Куба	Монгольская Народная Республика	Польская Народная Республика	Социалистическая Республика Румыния	Союз Советских Социалистических Республик	Чехословацкая Социалистическая Республика
академик Х.Христов доктор Ж.Желев доцент Ц.Бончев	академик Л.Пал академик Л.Яноши чл.-корр. ВАН Д.Берени	профессор Нгуен Ван Хьюе доктор Дао Вонг Дык фам Зуи Хиен	академик К.Лануус профессор Б.Кюн профессор Г.Муэниоль	Хон Син Му Зо Ду Хо Хен Ен Гын	Р.Франко Пареллада	член-корр. АН МНР Б.Чадраа Д.Чултэм канд. физ.-мат. наук Б.Далхсурен	чл.-корр. ПАН А.Хрынкевич чл.-корр. ПАН Е.Яник чл.-корр. ПАН Р.Сосновски	доктор М.Ивашку доктор И.Брандуш академик Ш.Ципейка	академик А.А.Логунов доктор технических наук А.А.Васильев профессор В.Г.Соловьев	профессор Ю.Дубински кандидат физ.-мат. наук Я.Седлак кандидат физ.-мат. наук Й.Тучек

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

Ученый совет
по теоретической физике
Председатель - член-корр. АН СССР
Д.И.Блохинцев
Ученый секретарь - доктор физико-математических наук
Б.М.Барбашов

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

Камерный комитет
Председатель - кандидат физ.-мат.наук
В.Шиямак

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

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

Комитет по нейтронной физике
Председатель - доктор физ.-мат. наук
К.Хенниг

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

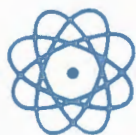
Комитет по физике тяжелых ионов
Председатель - доктор наук
Н.Вылков

СТРУКТУРА
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

ДИРЕКЦИЯ	
Директор Вице-директор Вице-директор Административный директор	Ю. Н. Денисов Н. П. Терехин А. И. Романов Ю. А. Шербаков
Н. Н. Боголюбов Д. Киш Ч. Шимане В. Л. Карловский	Главный инженер Помощник директора Помощник директора Ученый секретарь

Лаборатория теоретической физики	Директор Д. И. Блохинцев	Исследования: - свойства симметрии элементарных частиц; - структуры теории поля; - взаимодействия элементарных частиц; - теории атомного ядра; - теории ядерных реакций; - теории конденсированных состояний.	Областные научные отделы	Административное подразделение	Производственные подразделения
Лаборатория высоких энергий	Директор А. М. Балдин	Исследования: - структуры нуклонов; - сильные взаимодействия; - резонансные явления во взаимодействиях; - электромагнитных взаимодействий; - в области релятивистской ядерной физики; - методов ускорения частиц.	Отдел новых методов ускорения, - серпуховский научно-экспериментальный отдел, - ученый секретариат, - научно-технический отдел, - издательский отдел, - научно-техническая библиотека, - патентный отдел, - отдел радиационной безопасности.	Отдел международных связей, - отдел кадров, бухгалтерия, - плановый отдел, - отдел капитального строительства, - отдел оборудования и технического снабжения, - секретариат, - отдел техники безопасности, - отдел охраны, административно-хозяйственный отдел.	Отдел главного энергетика, - центральные экспериментальные мастерские, - транспортный отдел, - производственно-технический отдел, - ремонтно-строительный участок, - отдел технической связи.
Лаборатория ядерных проблем	Директор В. П. Желепов	Исследования: - сильных, слабых и электромагнитных взаимодействий частиц, структуры частиц; - поиск новых частиц; - структуры ядра, ядерноспектроскопические; - мезохимические; - методов ускорения частиц.	Директор М. Г. Мешеряков		
Лаборатория ядерных реакций	Директор Г. Н. Флеров	Исследования: - свойства изотопов трансураниевых элементов, поиск сверхтяжелых элементов; - свойства ядер, удаленных от линии бета-стабильности; - механизма взаимодействия сложных ядер; - радиационного воздействия тяжелых ионов на различные материалы.	Развитие и эксплуатация вычислительного комплекса; - создание автоматических систем обработки снимков с трековых камер; - развитие методов использования ЭВМ на линии с физическими установками, экспериментальные исследования на ускорителях; - развитие и применение математических методов.		
Лаборатория нейтронной физики	Директор И. М. Франк	Исследования: - ядер меголами нейтронной спектроскопии; - атомной структуры и динамики твердых тел Исследования: на ЭП-5: - реакция на легких ядрах.			
Лаборатория вычислительной техники и автоматизации	Директор М. Г. Мешеряков				

Проблемно-
тематический план
Объединенного
института
ядерных исследований
на 1977 год



Проблемно- тематический план Объединенного института ядерных исследований на 1977 год

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

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

Лаборатория теоретической физики

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

- исследование глубоконеупругих процессов с большим переданным импульсом;
- изучение динамики кварков и составных кварковых моделей элементарных частиц;
- исследование ультрафиолетовых асимптотик и разработка методики аналитических вычислений на ЭВМ в теории поля и теории конденсированных сред.

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

- изучение структуры ядерных состояний с промежуточной и высокой энергией возбуждения;
- развитие теории взаимодействия электронов и ядерных частиц с ядрами;
- исследования по релятивистской ядерной физике.

3. Развитие теории конденсированных сред.

Лаборатория высоких энергий

1. Физические исследования на ускорителях:

- исследования закономерностей множественного образования частиц с помощью двухметровой пропановой пузырьковой камеры, камеры "Людмила", метровой водородной пузырьковой камеры; поиск новых частиц с помощью установки БИС и фотоэмульсий;
- исследование поведения амплитуд бинарных реакций с использованием материалов по

π^- , p , p^+ , p^0 - и n - рассеянию в широкой области энергий от 4 до 500 ГэВ, полученных с помощью установки "Фотон" на синхрофазотроне и в экспериментах на ускорителе НУЛ/Батавия/;

- исследования по релятивистской ядерной физике с помощью материалов, полученных на установках "Диск-2", "Альфа", СКМ-200, спектрометре ядер отдачи, двухметровой пропановой и метровой жидководородной пузырьковых камерах;

- исследование электромагнитной структуры элементарных частиц с использованием материалов, полученных в эксперименте по π^+e^- и K^+e^- - рассеянию при высокой энергии.

2. Методические исследования:

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

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

- проведение проектных и исследовательских работ по жесткофокусирующему ускорителю релятивистских ядер - нуклотрону;

- разработка и внедрение в эксперимент современной электроники и детекторов, запуск ЕС-1040;

- развитие криогенных систем, создание сверхпроводящих магнитов для ускорительно-накопительного комплекса и нуклотрона.

Лаборатория ядерных проблем

1. Физические исследования на ускорителях:

- исследование структуры частиц, проверка законов сохранения и симметрий взаимодействий;

- исследование процессов взаимодействий мезонов и протонов с нуклонами и ядрами, в том числе поиск сверхплотных атомных ядер;

- исследование мезоатомных и мезомолекулярных процессов на мезонных пучках синхроциклотрона, включая изучение подбарьерного механизма диффузии положительных мюонов в металлах;

- изучение свойств средних и тяжелых ядер в экспериментах по программе ЯСНАПП, в том числе изучение угловых корреляций излучений с помощью прототипа установки "Спин";

- завершение набора статистики в исследованиях дифракционной диссоциации пионов

и каонов на ядрах с помощью МИС и начало массовой обработки экспериментального материала;

- поиск новых нестабильных частиц с квантовым числом "шарм" и супергиперфрагментов при взаимодействии нейтрино и протонов высокой энергии с ядрами;

- исследование поляризационных явлений в нуклон-нуклонном и мезон-протонном рассеяниях.

2. Методические исследования:

- проведение работ по созданию новых установок /АРЕС, СПИН, ГОДЕСК/ и аппаратуры для ядерно-физических и медико-биологических исследований на установке "Ф";

- разработка современной электронной аппаратуры, в том числе в стандарте КАМАК, и оснащение ею экспериментов, проводимых на синхроциклотроне и 70-ГэВ синхротроне; освоение ЭВМ ЕС-1040 и расширение использования малых ЭВМ для работы на линии с экспериментальной аппаратурой;

- завершение работ по созданию узлов установки РИСК и начало монтажа ее в ИФВЭ;

- проведение работ по созданию ряда крупных узлов установки "Гиперон" и отладка пучковой части спектрометра;

- разработка большой "замороженной" поляризованной мишени для поляризационных экспериментов.

3. Разработки в области ускорительной техники:

- обеспечение работ по созданию установки "Ф", проведение механических и радиотехнических испытаний вариатора частоты;

- разработка и конструирование системы электростатического вывода пучка и системы управления установкой, разработка поляризованного источника ионов;

- запуск ускорителя У-120М в Институте ядерной физики ЧСАН;

- проведение исследовательских работ по суперциклотрону.

Лаборатория ядерных реакций

1. Работы по созданию ускорителя тяжелых ионов У-400.

2. Синтез и изучение физических и химических свойств сверхтяжелых элементов / $Z = 110-116$ / на пучках ионов кальция-48.

3. Синтез и изучение свойств тяжелых изотопов трансурановых элементов с $Z \geq 104$.

4. Поиск сверхтяжелых элементов в природе.

5. Синтез и изучение свойств ядер, удаленных от линии бета-стабильности.

6. Изучение механизма взаимодействия сложных ядер.

7. Проверка принципиальных вопросов квантовой электродинамики в условиях сверхсильных электромагнитных полей, возникающих при столкновении тяжелых ядер.

8. Практическое использование тяжелых ионов для решения научно-технических задач с учетом интересов стран-участниц ОИЯИ.

9. Работы, связанные с запуском циклотрона У-200П для Варшавского университета.

10. Улучшение параметров циклотрона У-300.

Лаборатория нейтронной физики

1. Завершение подготовки и осуществление физического пуска реактора ИБР-2 /без натриевого контура охлаждения/ и подготовка к энергетическому пуску ИБР-2; проведение экспериментально-конструкторских разработок по комплексу ИБР-2 с инжектором ЛИУ-30, курирование строительно-монтажных работ.

2. Экспериментальная проверка, проектирование, макетирование, изготовление и наладка отдельных систем ускорителя ЛИУ-30.

3. Изготовление физической аппаратуры первой очереди для исследований на ИБР-2.

4. Создание первой очереди измерительно-вычислительного центра ИБР-2 с целью обеспечения первоочередных физических экспериментов к энергетическому пуску ИБР-2.

5. Изучение атомных ядер с помощью нейтронов и заряженных частиц.

6. Изучение свойств ультрахолодных нейтронов и фундаментальных свойств нейтрона.

7. Изучение конденсированных сред, а также сложных соединений биологических объектов с помощью нейтронов.

8. Подготовка и развитие прикладных исследований.

Лаборатория вычислительной техники и автоматизации

1. Развитие и эффективное использование центрального вычислительного комплекса:

- разработка проекта увеличения памяти на магнитных дисках ЕС-5061 для ЭВМ БЭСМ-6;

- создание первой очереди сети терминальных устройств на базе малой ЭВМ и БЭСМ-6;

- проведение на ЭВМ БЭСМ-6 модификации операционной системы в связи с подключением терминалов и их концентратора.

2. Развитие и эффективное использование автоматических и полуавтоматических систем измерений камерных снимков /HPD, АЭЛТ, СИ, ПУОС-САМЕТ-БЭСМ-4/:

- разработка на спиральных измерителях режима фильтрации данных в реальном времени, разработка аппаратуры и программного обеспечения для автоматизации просмотра;

- проведение на АЭЛТ-2 методических измерений снимков с МИС.

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

- создание и развитие математического обеспечения для установок БИС-2, "Фотон" и "Альфа";

- продолжение работ по созданию и развитию системы программ модульной структуры, а также по математическому обеспечению системы обработки спектрометрической информации;

- разработка и применение новых методов численного решения нелинейных и квази стационарных физических задач;

- разработка новых алгоритмов и развитие библиотеки программ решения задач, связанных с исследованиями, проводимыми в Лаборатории теоретической физики.

4. Исследования по релятивистской ядерной физике и физике резонансов:

- изучение ядерных процессов при релятивистских энергиях при помощи магнитного спектрометра с искровыми камерами и установки СКМ-200;

- изучение процессов множественного образования частиц в пион-нуклонных, нейтрон-протонных и в пион-ядерных взаимодействиях при высоких энергиях.

Отдел новых методов ускорения

Ускорение тяжелых ионов в прототипе УТИ.

Научно-
исследовательские
работы,
выполненные
лабораториями ОИЯИ
в 1977 году



Лаборатория теоретической физики

В истекшем году исследования, проводимые в соответствии с проблемно-тематическим планом, сосредоточились на разработке таких актуальных направлений, как удержание кварков - в квантово-полевых и геометрических аспектах, процессы с большими переданными импульсами на ядрах и элементарных частицах, единая теория низко- и высоко-возбужденных состояний в ядрах, стохастические процессы в динамических системах.

Структура теории поля

Исследована структура сингулярности функций Грина в квантовой теории поля по константе связи в нуле. Основной прием заключается в использовании представления функционального интеграла и его приближенного вычисления методом перевала в функциональном пространстве. Рассмотрен класс перенормируемых и суперперенормируемых скалярных моделей и установлено, что сингулярность имеет универсальный характер, независимо от наличия расходимостей. Полученные выражения представимы в виде спектрального интеграла по константе связи. Спектральная функция имеет вид:

$$\rho(g) \sim (-g)^{-\alpha} \exp(A/g).$$

Разработаны эффективные методы вычисления параметров уравнений ренормгруппы. В различных перенормировочных подходах рассчитаны трех- и четырехпетлевые вклады в функцию Гелл-Манна-Лоу в модели $\phi^4(4)$. Исследованы аппроксимации функции ГМЛ методом Паде и Паде-Бореля.

Закончено исследование нелинейного уравнения Дайсона для пропагатора



электрона в конечной квантовой электродинамике. Численными методами /на ЭВМ/ определена аналитическая структура в комплексной плоскости импульса и установлена неаналитичность по константе связи "сверхпроводящего типа" $a \exp(-\frac{1}{a})$.

Показано, что метод регуляризации по размерности может быть получен из требования инвариантности процедуры интегрирования по внутренним импульсам диаграмм относительно любых преобразований симметрии.

В квантовой электродинамике показано, что обычная процедура отбрасывания квадратично расходящейся части оператора / собственная энергия фотона/ является неполной: условие равенства нулю отбрасываемой квадратично расходящейся части позволяет определить величину перенормированного заряда. Аналогичная возможность определения величины константы связи имеется во всех моделях, где отсутствует часть членов перенормировки массы, например для полей Янга-Миллса.

В квантовой теории поля сформулированы и детально изучены представления для инклюзивных распределений, которые допускают кварк-партоновую интерпретацию. На основе этих представлений изучено поведение сечений различных инклюзивных реакций в области больших переданных импульсов и сделаны выводы о тенденциях изменения этого поведения с продвижением в область все более малых расстояний. Развита метод кваркового счета для инклюзивных процессов.

В нелокальной квантовой теории поля достигнут прогресс в изучении проблемы сильной связи. Если "размазать" сингулярности функций распространения частиц на световом конусе /т.е. допустить на очень коротких интервалах возмож-

ность движения со сверхсветовыми скоростями/, то можно строго математически доказать, что: а/ ряд теории возмущений сходится, б/ сечения рассеяния конечны, в/ можно получить асимптотику сечений в области больших констант связи. Это первый пример доказательства существования нетривиальной четырехмерной релятивистской теории поля.

В квантовой теории поля исследовались глубоконеупругие лептон-адронные процессы. Рассмотрены модели со спонтанным нарушением симметрии, которые альтернативны квантовой хромодинамике. В частности, в них нарушается цветная симметрия, глюоны становятся массивными благодаря механизму Хиггса, появляются сильно-взаимодействующие скалярные частицы.

Продолжались исследования физики малых расстояний в квантовой теории поля кварков. Одним из важных результатов явилось доказательство справедливости партоновой картины для упругих процессов с большой передачей импульса на примере формфактора пиона. Показано, что кварковые правила счета должны модифицироваться зависимостью эффективного заряда и т.н. "аномальных размерностей" от передачи Q^2 . Эти результаты находятся в согласии с дисперсионным анализом экспериментальных данных о формфакторе пиона при времениподобных и пространственно-подобных значениях переданного импульса Q^2 , который указывает на наличие нуля формфактора в пространственно-подобной области и отклонение асимптотики от кварковых правил счета.

Продолжалась работа по построению квантовой теории поля в импульсном пространстве постоянной кривизны. Дана квазипотенциальная формулировка задачи двух тел. При этом показано, что

ряд потенциалов, как например кулоновский, не имеет особенностей. Квази-потенциальное уравнение решено в приближении высоких энергий, и сделан ряд предсказаний о поведении сечений и наклоне дифракционного конуса в теории с фундаментальной длиной.

Получены уравнения движения для скалярного и спинорного полей в четырехмерном неевклидовом импульсном пространстве. В новом формализме важную роль играет "импульс вакуума". Найденные уравнения остаются инвариантными при пространственном отражении в том случае, когда одновременно преобразуется импульс вакуума.

В квантовой теории поля с фундаментальной длиной рассмотрена кварковая составная модель мезонов. Получено удовлетворительное описание масс векторных мезонов. Масса кварка в данной схеме совпадает с максимальной массой кванта, допустимой в рассматриваемом подходе, т.е. массой "максимона":

$$M = \frac{\hbar}{\ell_0 c} = \sqrt{\frac{\hbar^3}{c G_F}} \sim 300 \text{ ГэВ}$$

G_F - константа Ферми/.

Все больше укрепляется мнение, что при рассмотрении кварковых моделей мы сталкиваемся с принципиально новым явлением. С одной стороны, кварки взаимодействуют почти как свободные точечные объекты, а с другой стороны, по видимому, не существуют в свободном состоянии. Поэтому целая серия работ была посвящена попыткам построения моделей удержания кварков. К ним относятся:

а/ Нелокальное удержание", предполагающее отсутствие мнимой части кваркового пропагатора и поведение $\Delta \sim 1/p^2$ в области больших p^2 /такое

возможно только в нелокальной теории/.

б/ Релятивистская "струна", связывающая кварки в адронах. Здесь удается получить ряд точных решений для конечной и полубесконечной струн с точечными массами на концах и исследовать спектр состояний.

в/ Удержание кварков на основе квантованного пространства, приводящее к схеме удержания, весьма родственной теории релятивистской струны.

г/ Попытки использования для описания кварков исключительной квантовой механики на октаионах.

д/ Поиски динамического удержания путем расширения групп цветовой симметрии.

е/ Изучение солитонных решений, на которые также возлагаются некоторые надежды по удержанию кварков от вылета.

Исследовалась задача о минимальной поверхности, описывающей релятивистское взаимодействие двух масс. Показано, что в нерелятивистском пределе задача сводится к механике двух масс с потенциалом взаимодействия, пропорциональным расстоянию между массами. Такие потенциалы широко обсуждаются в связи с проблемой удержания кварков.

В единой теории поля /в n-мерном случае/ оказалось возможным алгебраически выразить уравнения Борна-Инфельда через тензор кручения, задаваемый уравнениями Эйнштейна.

Установлено, что уравнения движения точечного заряда в искривленном пространстве-времени явно зависят от кривизны мира, что необходимо для обеспечения конформной инвариантности уравнений движения.

Рассматривались классические динамические системы с кеплеровской симметрией. Показано, что все они обладают классом замкнутых траекторий. Рас-

смотрен вопрос об одном способе минимального нарушения этой "строгой" кеплеровской симметрии и показано, что при этом возникает прецессия перигелия.

Продолжалось исследование алгебры неограниченных операторов в квантовой теории и квантовой механике. Было показано существование различных идеалов в алгебрах неограниченных операторов и разработаны методы построения таких идеалов.

С помощью метода континуального интегрирования по бислокальным полевым переменным исследовалась модель двумерной квантовой хромодинамики. Найден эффективный бислокальный лагранжиан. Показывается, что дикварки в рассматриваемой модели не могут существовать в свободном состоянии.

Свойства симметрии элементарных частиц

В рамках модели релятивистского четырехмерного гармонического осциллятора исследованы релятивистские эффекты в кварковых составных системах. Рассмотрены радиационные переходы векторных мезонов в псевдоскалярные. Релятивистские эффекты проявились особенно сильно в радиационных переходах новых J/ψ -мезонов и привели к существенному увеличению смешивания состояний обычных и "очарованных" кварков.

Подведены итоги исследования цветных степеней свободы в физике адронов /радиационные распады мезонов, e^+e^- -аннигиляция, глубоконеупругое рассеяние лептонов на нуклонах/. Был сделан вывод о том, что к данному моменту ни один из проведенных экспериментов не решает однозначно вопрос о том, целочисленное или дробное значение имеет заряд кварков, образующих нуклон.

Правила сумм для структурных параметров мезонов, вытекающие из алгебры токов и РСАС, рассмотрены с точки зрения составной кварковой модели. Показано, что требования совместности правил сумм и динамической гипотезы приближенного выполнения РСАС для констант взаимодействия кварков с псевдоскалярными мезонами приводит к модели кварковых петлевых диаграмм для вычисления электромагнитных радиусов и структурных констант полупетлеонных распадов пионов и каонов. Радиус пиона $\langle r_\pi^2 \rangle = 0,34 \text{ Фм}^2$ хорошо согласуется с экспериментом по измерению этого параметра в процессе πe -рассеяния / $\langle r_\pi^2 \rangle = 0,33 \pm 0,06 \text{ Фм}^2$ /. Вычисленные структурные константы К-мезонов также удовлетворительно согласуются с имеющимися данными. Отмечено, что предположение о "глобальной" дуальности кварковых петлевых диаграмм соответствующим интегральным правилам сумм для спектральных функций токов приводит к точному "занулению" аксиальной структурной константы в $\pi \rightarrow e \nu \gamma$ -распаде. Подчеркивается особая чувствительность этого параметра к деталям кварковой динамики в теоретико-полевых и феноменологических составных моделях мезонов.

На основе экспериментальных данных по реакции $\bar{p} + p \rightarrow 2\pi$ показано, что зарядовая четность системы $\bar{p}p$ именно такая, какая следует из уравнения Дирака.

Сейчас, по-видимому, мало сомневающихся в том, что фундаментальные поля - это кварки и лептоны /хотя, пока неясно, сколько их, каковы квантовые числа/, а фундаментальные переносчики взаимодействия - это гипотетические глюоны и векторные бозоны /в частности, фотон и тяжелые заряженные бозоны/. Взаимодействие же их строится так, чтобы константа взаимодействия

выполняла бы одновременно и роль сохраняющегося заряда, наподобие того как это происходит в квантовой электродинамике, т.е. на базе градиентных и суперградиентных симметрий. Была установлена связь между линейной и нелинейной реализациями суперсимметрии на суперполях. Эти результаты полезны при анализе структуры спонтанно нарушенных суперсимметричных теорий.

Исследована одномерная модель супергравитации. В такой модели явно прослеживается связь с подходом локальной суперсимметрии, выявлены причины незамыкания алгебры у Бринка, Зумино и других, и получена замкнутая алгебра преобразований в подходе, основанном на супертоке. Исследована возможность использования исключительных групп как симметрий единых теории слабого, электромагнитного и сильного взаимодействий.

Взаимодействие элементарных частиц

Продолжены исследования по изучению процессов рассеяния при высоких энергиях на большие углы в рамках квазипотенциального подхода. На основе предположения о наличии сдвига фаз между изотопическими амплитудами πN -рассеяния $T^{3/2}$ и $T^{1/2}$ удалось получить хорошее описание экспериментальных данных по $\pi^{\pm} p$ -рассеянию и процессу перезарядки $\pi^{-} p \rightarrow \pi^{0} p$. Показано, что сдвиг фаз между амплитудами может быть выбран равным 90° , и получено соотношение между сечениями рассеяния, которое хорошо выполняется при энергиях ~ 5 ГэВ.

Продолжались исследования процессов упругого рассеяния при высоких энергиях на малые углы. Показано, что глад-

кие квазипотенциалы гауссова типа позволяют получить статистически удовлетворительное описание экспериментальных данных по протон-протонному рассеянию в области $E_L \geq 10$ ГэВ и $|t| \leq 1,0$ (ГэВ/с)². Проведены исследования по использованию потенциалов юкавского типа для исследования процессов с большими передачами импульса. Показано, что потенциалы этого типа позволяют описать данные по дифференциальным сечениям рассеяния в области энергий ISR вплоть до передач $|t| \sim 10$ (ГэВ/с)².

Разрабатывается метод для нахождения спектра и радиальных волновых функций квазипотенциальных уравнений, составлена программа для нахождения решений с падающими или растущими бесконечно потенциалами.

Исследовался вопрос о роли кварковых степеней свободы при описании ядерных явлений. Построена и детально изучена модель б-кварковой системы с квантовыми числами дейтрона, указывающая на неизбежность появления кроме примеси изобарных состояний в дейтроне также и компоненты со "скрытым цветом".

Продолжены исследования по происхождению и объяснению свойств небесных тел на основании выдвинутой ранее гипотезы об адронной природе сверхплотного догалактического вещества. Был предложен новый механизм происхождения галактических магнитных полей за счет дипольного магнитного момента сверхтяжелого адрона, в результате распада которого формируется галактика.

Предложенный ранее новый тип потенциала записывания кварков, который привел к предсказанию существования векторной частицы с массой 1100 МэВ, был применен к вычислению спектра масс возбуждений ρ -, ω -и ϕ -мезонов. Величины найденных значений масс близки

к массам открытых в 1977 году во Фраскати новых векторных резонансов в области ниже 2 ГэВ. Резонансная структура в области 1100 МэВ интерпретируется как совместный вклад радиального возбуждения ρ -мезона (ρ') с массой 1106 МэВ и радиального возбуждения ω -мезона (ω') с массой 1120 МэВ.

В киральной теории вычислены радиационные распады η -мезона, и найдено теоретическое объяснение подавления распада $\eta \rightarrow \pi^+ \pi^- \gamma$ по сравнению с распадом $\eta \rightarrow 2\gamma$. Вычислены также распады новых "очарованных" частиц, проведены дополнительные исследования эффекта аномального поведения поляризуемости пиона, подтвердившие ранее полученные результаты.

Предложена многокомпонентная модель для описания полуинклюзивных реакций при больших поперечных импульсах частицы-триггера. Предсказано существование закона подобия полуинклюзивного распределения. Предсказание получило подтверждение в экспериментах, выполненных на 2-метровой и 1-метровых пузырьковых камерах ОИЯИ. Дан анализ закона подобия для полуинклюзивных множественных реакций с точки зрения его непротиворечивости квантовой теории поля. Оценивались поправки к автомодельному решению уравнения ре-нормгруппы, которые привели к указанию на важность исследования отношения

$$\frac{\langle n(p) \rangle}{D(p)}. \text{ Это отношение исследовалось}$$

экспериментально и привело к выводу о малости /в ускорительном интервале энергий/ отклонения от полуинклюзивного закона подобия. Проведен анализ множественных распределений, корреля-

ционных моментов, зарядово-нейтральных корреляций, корреляций по множественности вперед-назад с точки зрения предсказаний модели двух механизмов, предложенной теоретиками ЛТФ. Анализ показал хорошее согласие этих предсказаний с экспериментом в области энергий до 2000 ГэВ, что подтверждает гипотезу о многокомпонентном характере и кластерной структуре множественных процессов.

На основе метода дисперсионных соотношений предложена модель амплитуд адрон-адронного рассеяния вперед, которая позволяет делать предсказания о росте полных сечений до энергий 40-50 ГэВ. Эти прогнозы важны для планирования экспериментов на ускорителях будущего /например, УНК в Серпухове/. В разностях же сечений частиц и античастиц модель дает четкие указания на кварковую структуру адронов.

Продолжалось развитие идеи о флуктуациях плотности ядерного вещества. На основе квантово-партоной модели флюктуонов было дано качественное объяснение поляризации в кумулятивных процессах и процессах с большими p_{\perp} . Тем самым получено еще одно доказательство в пользу существования флюктуонов.

Проведено вычисление радиационных поправок к глубоконеупругому μ -р-рассеянию. Эти расчеты выполнялись в связи с мюонным экспериментом ОИЯИ-ЦЕРН. В связи с возможными экспериментами по поиску Р-нечетных эффектов детально рассчитан на основе партоной модели вклад двухфотонного обмена. Были рассмотрены вопросы экспериментальной проверки возбуждения цветных степеней свободы адронов в реакциях глубоконеупругого μ^N -взаимодействия и образования многомюонных конечных состояний. Отмечена важность разделе-

ния наблюдаемого сечения образования димюонного состояния на продольную и поперечную часть для проверки образования цветных массивных заряженных глюонов, а также для изучения динамического проявления нового масштаба масс, связанного с возбуждением новых тяжелых кварков. Предложено экспериментально исследовать вопрос о целочисленности заряда кварков в опытах по глубоконеупругому рассеянию, для чего необходимо изучать глубоконеупругое тормозное излучение. Предложен механизм подавления P -нечетных эффектов в тяжелых атомах. В связи с ОИЯИ-ЦЕРН-экспериментом детально рассмотрены P -нечетные эффекты в глубоконеупругом рассеянии.

Сформулирована релятивистская динамическая модель факторизующихся кварков, которая количественно хорошо описывает упругое рассеяние адронов на большие углы. Полученное в модели выражение для асимптотики упругого формфактора протона определяет правильное пороговое поведение структурной функции, хорошо согласующееся с экспериментальными данными по глубоконеупругому $e p$ -рассеянию. Таким образом, в модели выполняется соотношение Дрелла-Яна-Веста, связывающее упругие и неупругие формфакторы протона. Другим важным результатом модели является тот факт, что полученное в ней сечение рассеяния кварка на кварке приводит к хорошему описанию экспериментально наблюдаемого распределения π -мезонов по большим поперечным импульсам в инклюзивной реакции $pp \rightarrow \pi^0 X$.

Детально изучена проблема смешивания лептонов. Исследованы осцилляции нейтрино и распады $\mu \rightarrow e \nu$ и $\mu \rightarrow 3e$. Показано, что вероятности этих распадов в теории со смешиванием лептонов могут быть близкими к экспериментальным верхним границам.

Вычислены все уровни энергии μ -мезомолекул изотопов водорода. В мезомолекуле dt_μ обнаружено слабосвязанное состояние с энергией связи ~ 1 эВ.

Вычислены скорости резонансного образования μ -молекул dd_μ и dt_μ . В случае dd_μ -молекул достигнуто хорошее согласие с результатами экспериментов.

Структура атомного ядра

Дальнейшее развитие получило полумикроскопическое описание структуры сферических и деформированных ядер в широкой области энергии возбуждения. Сформулированы основные положения квазичастично-фононной модели, в рамках которой изучались мультипольные гигантские резонансы в сферических ядрах. До сих пор гигантские мультипольные резонансы в сложных ядрах вычислялись в однофононном приближении. В таком приближении энергетическое положение резонансов описывалось грубо, а их ширины правильно описать вообще не удавалось. В последние годы удалось развить двухфононное приближение для исследования гигантских резонансов в сферических ядрах и подойти к описанию ширины гигантских дипольных и квадрупольных резонансов. Начато изучение влияния хвоста гигантского дипольного резонанса на радиационные ширины нейтронных резонансов в сферических ядрах. Показано, что структурные особенности $E1$ -резонанса в районе энергии связи нейтрона оказывают очень сильное влияние на парциальные времена жизни нейтронных резонансов относительно γ -распада. Получено хорошее описание парциальных силовых функций для $E1$ -переходов из основных состояний четно-четных ядер.

Для деформированных ядер были изучены основные закономерности фрагментации одноквазичастичных состояний. Показано, что во многих случаях фрагментация имеет отклонение от лоренцевского распределения.

Проведены исследования гигантских электрических резонансов высокой мультипольности в деформированных ядрах. Показано, что с увеличением мультипольности область локализации резонансов расширяется. Рассчитаны сечения возбуждения гигантских резонансов в реакциях рассеяния электронов и быстрых протонов. Продолжались работы по исследованию свойств низколежащих состояний сложных ядер, в частности взаимодействия в канале частица-частица и спектроскопических факторов в реакциях однонуклонных передач, эффектов ангармоничности и особенностей описания среднего поля.

В сотрудничестве с ЦИЯИ /ГДР/ интенсивно накапливаются и систематизируются данные об изомерии формы вращающихся ядер. Сосуществование состояний с разной формой в спектре одного и того же переходного ядра доказано путем сопоставления расчетов энергии уровней с экспериментом в большом числе случаев. Экспериментальная проверка предсказаний, данных на основе теории, подтвердила ее правильность.

Разработана микроскопическая модель спектра ядер при больших угловых моментах. Показана возможность описания с ее помощью простейших физических ситуаций. Получены первые численные результаты при реалистических значениях параметров, определяющих гамилтониан ядра.

Теория ядерных реакций

На основе сепарабельности взаимодействия получены новые уравнения для описания взаимодействия π -мезонов с легкими ядрами, нулевое приближение которых соответствует рассеянию пионов на фиксированных центрах. Предложено молекулярное трехтельное описание ядра ${}^9\text{Be}$ на основе точных двухцентровых функций. Численный расчет в первом приближении дал согласующееся с экспериментальным значение энергии связи первых двух состояний.

Предложен метод учета оболочечной структуры промежуточного состояния при столкновении тяжелых ионов. На его основе объяснены качественные характеристики зарядовых распределений продуктов реакции. В результате расчета выяснено влияние возбуждения коллективных состояний во входном канале на сечение реакций полного слияния и упругого рассеяния, оно оценивается примерно в 30%.

Успешно развивается новое направление в ядерной теории - ядерная теория поля. С помощью функционального интегрирования впервые получен гамилтониан в данном подходе и дано обоснование для графических правил теории возмущения. Теория применена к описанию аномальных 0^+ состояний в ядрах, и показано, что уже первое приближение по теории возмущений дает хорошие результаты.

В области физики тяжелых ионов сформулирована модель слияния ядер, которая позволила систематизировать экспериментальные данные. На основе

теории линейного отклика предложена динамическая модель процессов глубоконаупругих столкновений тяжелых ионов, позволившая единым образом описать характеристики как реакций глубоконаупругих передач, так и процессов квазиделения.

В области физики промежуточных энергий показано, что в процессах радиационного захвата пионов легкими ядрами доминирующую роль играют коллективные состояния ядра типа гигантских резонансов. На основе резонансного характера процесса удалось объяснить гросс-структуру спектров возбуждения ядер и предсказать квантовые числа резонансов и их структуру. Показано, что вклад в этот процесс канала прямого механизма захвата пионов составляет не более 20%.

В области ядерной физики высоких энергий проведены сопоставления с имеющимися экспериментальными данными предсказаний каскадной модели неупругого взаимодействия двух ядер. Модель послужила основой анализа экспериментов по поиску ударных волн, позволила оценить плотности ядерного вещества, реализующиеся при центральных столкновениях ядер, и проследить пространственно-временную эволюцию зон сжатия. Показано, что выбор механизма адрон-ядерного взаимодействия, связанного с образованием барионных кластеров, весьма сильно влияет на угловые и энергетические распределения вторичных частиц в таких реакциях.

Продолжала развиваться идея о возможном существовании флуктонов в ядрах в связи с анализом кумулятивных реакций и ядерного рассеяния электронов с очень большими передачами им-

пульса. Установлено, что флуктоны - это многобарийные состояния в ядрах, проявляющие себя на малых расстояниях и обуславливающие природу кора сил нуклон-нуклонного взаимодействия.

Теория конденсированного состояния

В этой области были продолжены работы по исследованию стохастических процессов в динамических системах. Они открывают широкие возможности для получения и количественного анализа кинетических уравнений, описывающих эволюцию динамических систем.

Были выполнены исследования, тесно связанные с экспериментальными работами, ведущимися в ЛНФ: анализ механизмов нагревания ультрахолодных нейтронов; исследования особенностей рассеяния нейтронов соединениями с различными магнитными структурами и молекулярными кристаллами со сложной элементарной ячейкой, металлами и кристаллами, претерпевающими структурные фазовые превращения. Начаты расчеты по интерпретации спектров неупругого рассеяния нейтронов водородсодержащими соединениями. Теоретические расчеты проводились с учетом и тех возможностей, которые планируются в экспериментах на ИБР-2. Анализ данных по дифракции медленных электронов системами "водород на вольфраме" и "окись углерода на никеле" позволил сделать вывод, что в них имеет место двумерный фазовый переход второго рода.

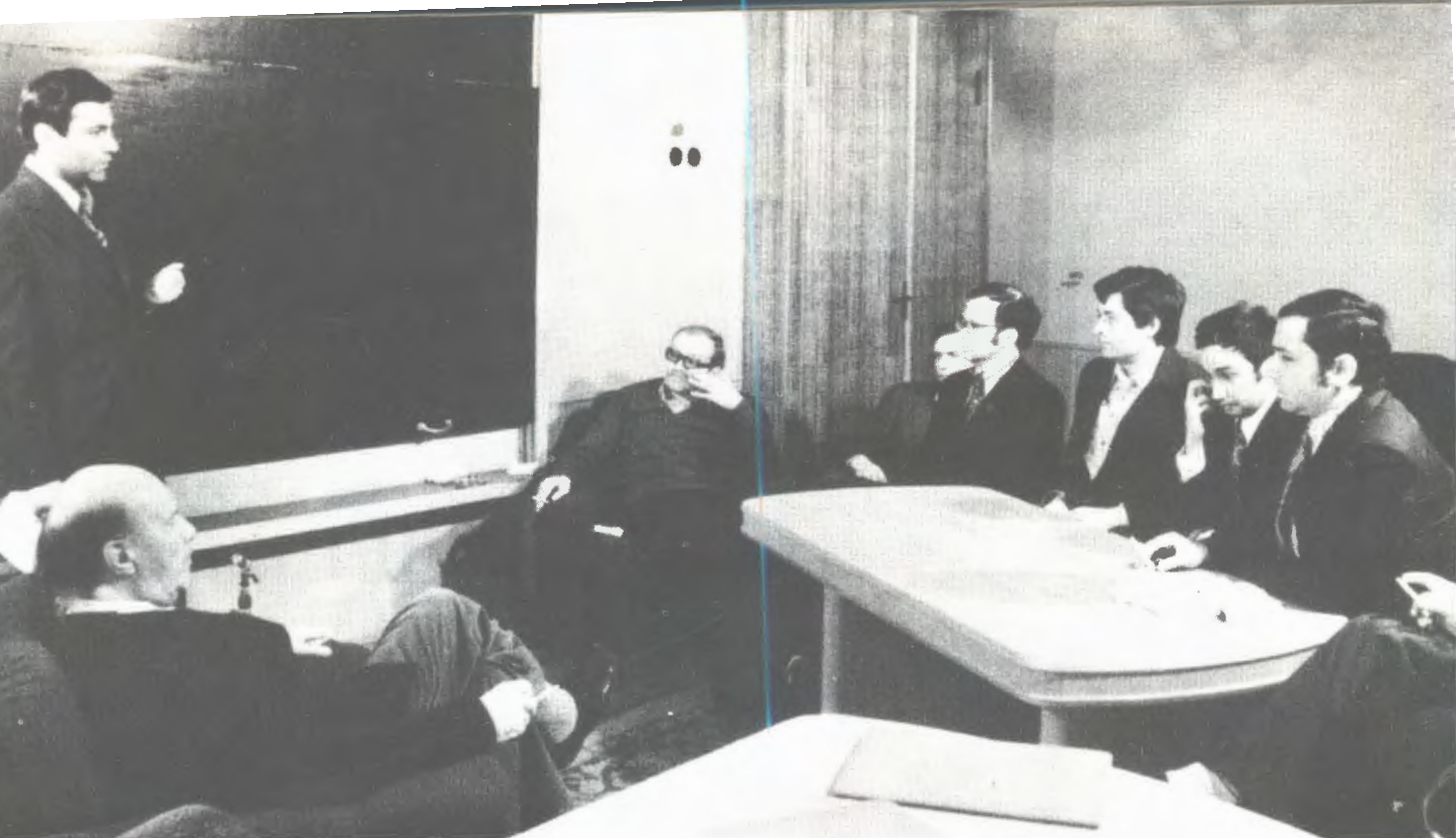
В рамках традиционной тематики исследований структурных фазовых переходов завершено рассмотрение флуктуационных эффектов в вибронной модели

сегнетоэлектриков, эффектов самосогласованного фононного поля и проанализированы условия возникновения структурного фазового перехода в обобщенной модели Дикке, описывающей взаимодействие света с веществом, с несколькими колебательными степенями свободы. Начаты исследования по динамике решетки с примесями и фазовому переходу в сегнетомагнетиках.

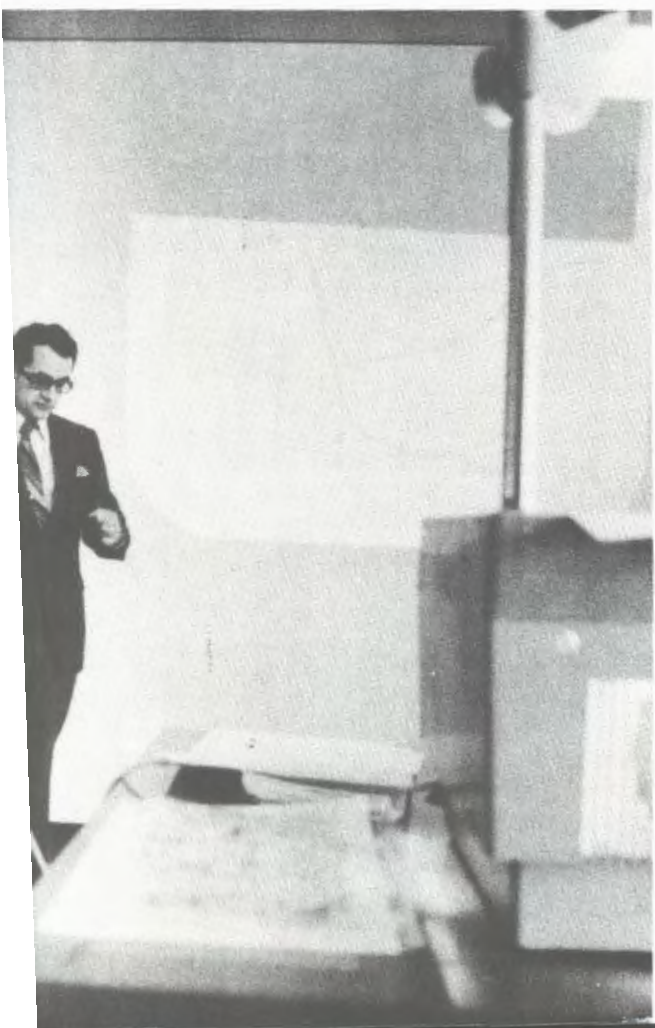
Проведены исследования по теории систем типа бинарных сплавов и магнетиков. Проанализированы температурная зависимость градиента электрического поля в сплавах, влияние электрон-электронных корреляций в неупорядоченных бинарных сплавах на усредненные по конфигурациям полные и парциальные плотности состояний. Вычислены эффективные намагниченность и восприимчивость, а также изучена возможность ферромагнитного упорядочения в этих соединениях. Проанализированы равновесные характеристики магнетиков с негейзенберговским обменом,

аморфных магнетиков и спиновых стекол. Продолжены исследования различных механизмов диффузии в монокристаллах и сплавах и возможностей их идентификации в нейтронных экспериментах, а также по обобщенным магнитным симметриям применительно к идентификации реальных структур магнетиков /цветные группы, динамические симметрии/.

Фундаментальная проблематика статистической механики нашла отражение в работах по изучению модели с неполнономальным взаимодействием, использованию метода перевала для уточнения оценок асимптотической близости свободных энергий в спиновых моделях, исследованию моделей с существенно сингулярными потенциалами, развитию нового аналитического подхода в теории случайных блужданий без самопересечения для различных двумерных решеток. Получены перспективные результаты по частицеподобным /солитонным/ состояниям в системах с экситон-фононным и электрон-фононным взаимодействиями.



Учеными отдела теории элементарных частиц получены новые результаты при исследовании степенных автомодельных асимптотик и сравнении их с экспериментальными данными в области высоких энергий. На снимке: обсуждение результатов у директора Лаборатории члена-корреспондента Академии наук СССР Д.И.Блохинцева. Сообщение делает старший научный сотрудник С.П.Кулешов.



Важные исследования в области развития представлений о структуре атомных ядер и теории ядерных реакций ведутся в отделе теории ядра. На снимке: семинар отдела, руководимый профессором В.Г.Соловьевым. Выступает профессор В.М.Спрутинский /Институт ядерных исследований Академии наук УССР/.





Одним из важных научных форумов, организованных Объединенным институтом ядерных исследований, был Международный симпозиум по избранным вопросам статистической механики, который состоялся в апреле 1977 года в Дубне. Видные ученые Института и ряда научных центров стран-участниц, а также США, Бельгии, ФРГ, Италии и других стран, возглавляющие научные школы в фундаментальных и прикладных направлениях статистической механики, обсудили основные проблемы этой области теоретической и математической физики.



Во время симпозиума его участники посетили строящийся реактор ИБР-2.



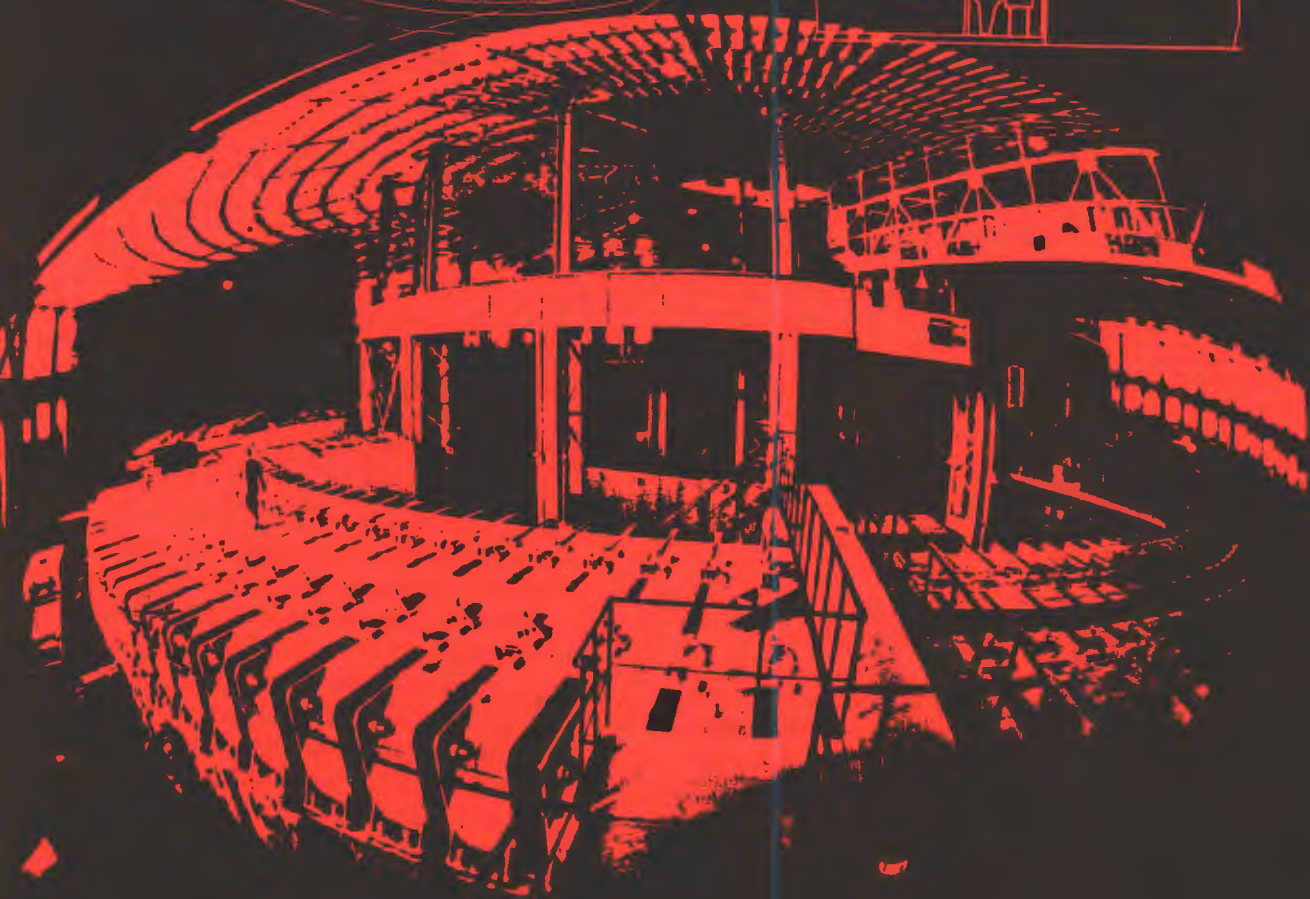
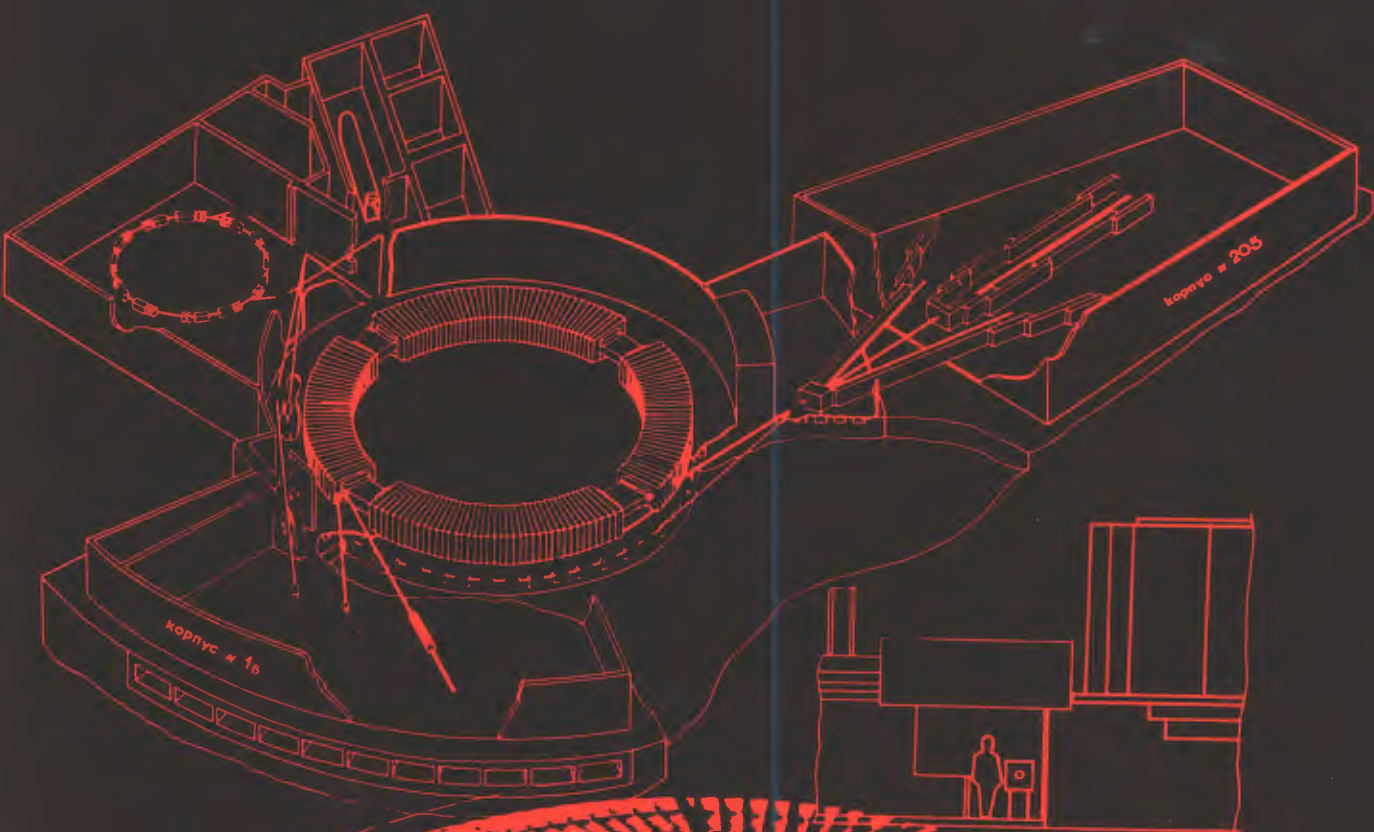
Лаборатория ВЫСОКИХ энергий

В лаборатории проводились научные исследования в области физики элементарных частиц, релятивистской ядерной физики, работы по созданию новых приборов для физических экспериментов, по совершенствованию методики проведения экспериментов, по расширению возможностей синхрофазотрона как релятивистского ускорителя ядер. Важная часть научной программы лаборатории была связана с экспериментами на серпуховском ускорителе и ускорителе в Батавии. На синхрофазотроне лаборатории большинство экспериментов проводилось по программе исследований в области релятивистской ядерной физики. Продолжалась разработка проекта ускорительного комплекса тяжелых ионов.

Научно-исследовательские работы

Поведение амплитуд рассеяния
в зависимости от энергии
взаимодействующих частиц

Закончен набор статистики в эксперименте по изучению упругого pp - и pd -рассеяния в области интерференции кулоновского и ядерного рассеяния при энергиях 50-400 ГэВ на ускорителе НУЛ /Батавия/. Измерены дифференциальные сечения $d\sigma/dt$ упругих процессов при 6 значениях энергии для pp -рассеяния и величинах $|t| = 0,0005 \div 0,03$ /ГэВ/с², а также при 8 значениях энергии для pd -рассеяния



и величинах $|t| = 0,001-0,08 / \text{ГэВ}/\text{с}^2$. Завершен набор статистики в эксперименте по изучению упругого pHe -рассеяния на малые углы с помощью гелиевой струйной мишени. При энергии 40 и 300 ГэВ получены предварительные данные о зависимости дифференциального сечения от величины $|t|$ /рис. 1/, из которых следует, что сужение в дифракционном конусе наблюдается. Экспериментальные данные об энергетической зависимости параметра наклона упругого pp -и pD -рассеяния также указывает на различную скорость сужения дифракционных конусов при энергиях свыше 70 ГэВ , что противоречит представлению

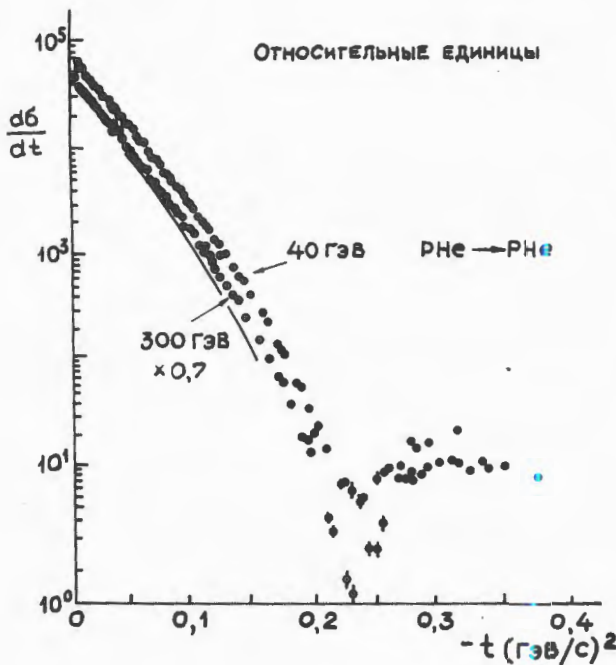


Рис. 1. Зависимость дифференциального сечения упругого pHe -рассеяния от величины переданного импульса $|t|$ при энергии 40 и 300 ГэВ /по предварительным данным/.

о доминирующем вкладе померона /рис. 2/. Для упругого pHe -рассеяния при $|t| = 0,24 / \text{ГэВ}/\text{с}^2$ и энергиях 40 и 300 ГэВ проявляется разная глубина глауберовского минимума, что естественно объяснить различной величиной $\rho = \text{Re}A / \text{Im}A$ при этих двух энергиях ρ_{pN} при энергии 280 ГэВ меняет знак/.

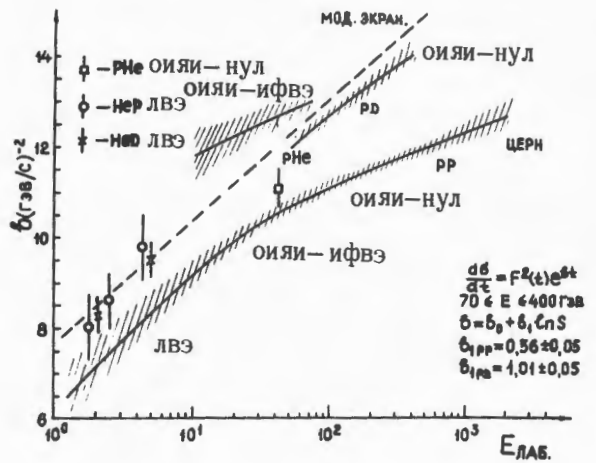


Рис. 2. Энергетические зависимости параметров наклона дифракционных конусов pp , pD , pHe , HeD упругого рассеяния, полученные из описания экспериментальных данных по формуле $d\sigma/dt = F^2(t) \exp [b(s) \cdot t]$, где $F(t)$ - произведение формфакторов взаимодействующих ядер, b - параметр наклона конуса.

За 2 сеанса работы на синхрофазотроне с помощью установки "Фотон" на водородной мишени записано на магнитные ленты 320 тыс. рабочих запусков установки и 40 тыс. - на ядерных мишенях при импульсах π -мезонов 3,3 и 4,75 $\text{ГэВ}/\text{с}$. Обработано 150 тыс. рабочих запусков установки по выделению и анализу реакции $\pi-p \rightarrow p\eta^0$ в области малых переданных импульсов $|t| = 0,01-0,3 / \text{ГэВ}/\text{с}^2$. При малых вели-

чинах $|t|$ обнаружен заметный минимум, указывающий на существенную роль амплитуды, с изменением спиральности /рис. 3/.

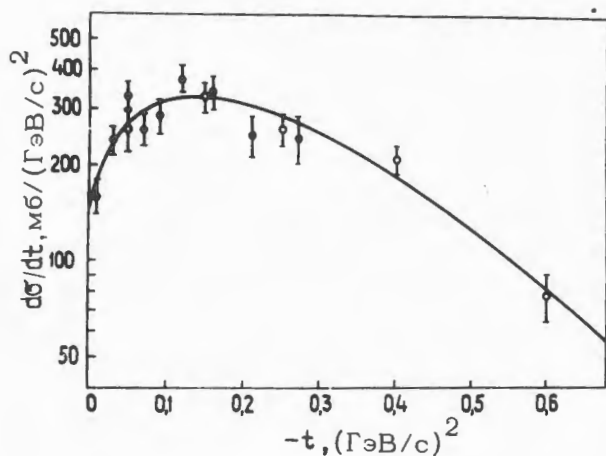


Рис. 3. Дифференциальное сечение реакции $\pi^- p \rightarrow \pi^0$ / π^- - данные эксперимента ОИЯИ/.

Механизм рождения и распада частиц и резонансов.

Продолжен анализ результатов поиска очарованных частиц на материалах облучения установки БИС на серпуховском ускорителе пучком нейтронов с импульсом 45 ГэВ/с. Обработаны предполагаемые случаи распада новых частиц $\Lambda \pi^+ \pi^-$, $\Lambda K^+ K^-$, $\Lambda K^+ \pi^-$, $\Lambda K^- \pi^+$. В системе $\Lambda K^+ K^-$ обнаружена особенность с массой 2790 МэВ, шириной около 15 МэВ и сечением образования $\sim 0,5$ мкб /рис. 4/.

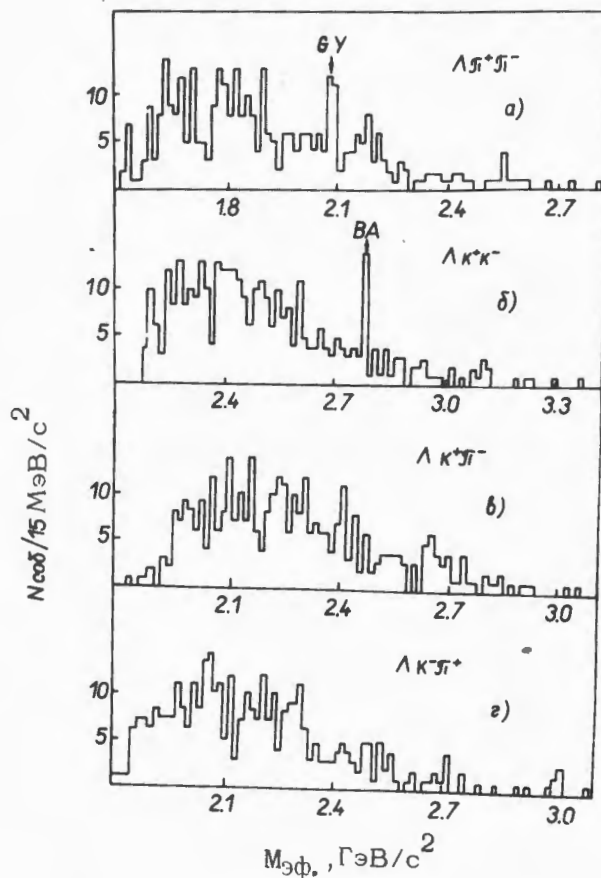


Рис. 4. Распределения эффективных масс в системах $\Lambda \pi^+ \pi^-$, $\Lambda K^+ K^-$, $\Lambda K^+ \pi^-$, $\Lambda K^- \pi^+$, полученные с помощью установки БИС-2 на серпуховском ускорителе.

Проанализированы 24 тыс. звезд, образованных в ядерных фотоэмульсиях протонами с энергией 70 ГэВ и π -мезонами с энергией 60 ГэВ. Найдены 4 случая, которые могут быть интерпретированы как лептонные распады новых частиц с временем жизни $\sim 10^{-14}$ с и сечением их образования в пересчете на pN -взаимодействия около 5 мкб.

Закончен набор статистики в совместных ОИЯИ-США-экспериментах по изучению неупругих pp -, pd - и pHe -взаимодействий при энергиях $40 \div 400$ ГэВ на ускорителе НУЛ /Батавия/. Получены дифференциальные сечения инклюзивных дифракционных процессов $pp \rightarrow pX$ и $pd \rightarrow dX$ в области недостающих масс $M_x^2 = 0,1 \div 5,0$ ГэВ² при малых переданных импульсах $|t| = 0,005 \div 0,06$ /ГэВ/с² для pp -и при $|t| = 0,025 \div 0,17$ /ГэВ/с² для pd -рассеяния. Показано, что если рассматривать дейтрон как целое, то в области $(1-x) < 0,05$ отношение сечений дифракционного к упругому не зависит от сорта мишени / p или d / в пределах 5%, что хорошо согласуется с представлением о факторизуемом помероне. При сравнении pp - и pd -сечений при одной энергии налетающего протона показано, что общий ход зависимости отношения

$$R = \left(\frac{d^2\sigma}{dt dx} / \frac{d\sigma_{el}}{dt} \right)_{pp} / \left(\frac{d^2\sigma}{dt dx} / \frac{d\sigma_{el}}{dt} \right)_{pd}$$

от $(1-x)$ /рис. 5/ хорошо объясняется

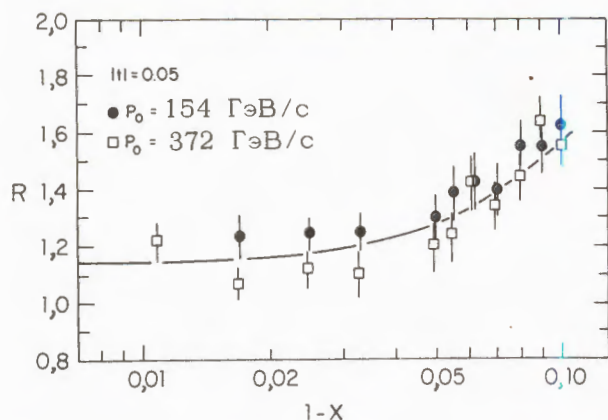


Рис. 5. Зависимость отношения нормированного сечения pp -рассеяния к нормированному сечению pd -рассеяния в дифракционной области от величины $(1-x)$, где $1-x = M_x^2/S - m_p^2/S$.

рассеянием системы M_x^2 на втором нуклоне дейтрона и вкладом π -мезонного обмена в неупругое pp -рассеяние. В первом приближении оценено сечение упругого рассеяния системы M_x^2 на нуклоне, равное $\sigma_{xN} = 43 \pm 10$ мб.

За счет существенного улучшения углового разрешения аппаратуры /до $0,8$ мрад/ при регистрации частицы отдачи удалось наблюдать дифракционное возбуждение протона до уровня масс $1400, 1520$ и 1680 МэВ.

Сотрудники 16 лабораторий стран-участниц продолжали вести обработку и анализ взаимодействий отрицательных пионов с импульсом 40 ГэВ/с с протонами и ядрами углерода на материале облучения двухметровой пропановой камеры в пучке серпуховского ускорителя 70 ГэВ. Изучены корреляции по быстрой и распределения по разности азимутальных углов π -мезонов из πC -взаимодействий. Определен размер области образования вторичных π -мезонов $R = /4,5 \pm 1,0/$ Фм и длительность процесса их образования $\tau = /1,7 \pm 0,7/ \times 10^{-23}$ с. Исследование $\pi^- p$ -взаимодействий, в которых имеются вторичные π -мезоны с большими поперечными импульсами $P_{\perp} > 0,8$ ГэВ/с, показало, что по своим характеристикам такие взаимодействия отличаются от остальных взаимодействий и указывают на наличие "струй" пионов, сопровождающих частицы с большими поперечными импульсами. Получены и проанализированы экспериментальные данные о двухчастичных корреляционных функциях S и R для гамма-квантов в инклюзивных и полуинклюзивных πC -распределениях. Получено, что доля π -мезонов, образующихся в результате распада ρ^- , ω - и f -мезонов, составляет 45% от полного числа всех вторичных π -мезонов. Сделан вывод о доминирующей роли резонансов в изученных про-

цессах. Изучение зависимости зарядовой асимметрии показало, что асимметрия увеличивается с ростом поперечного импульса вторичных частиц, что согласуется с кварковым подходом к π^-p -взаимодействию.

На материалах, полученных при облучении установки "Людмила" пучком антипротонов с импульсом 23 ГэВ/с на серпуховском ускорителе, было найдено, что величина зарядовой асимметрии в передней и задней полусферах в с.ц.м. растет с увеличением величины P_{\perp} и этот результат наблюдается в аннигиляционном и неаннигиляционном каналах. Для партождественных π^- -мезонов наблюдался эффект интерференции, из анализа которого определена величина области испускания π^- -мезонов $R = /3,0 \pm 0,5/ \Phi_m$ и время их образования $\tau = /3,1 \pm 1,6/ \cdot 10^{-23}$ с.

На основе анализа 14 тыс. событий изучено инклюзивное и полунклюзивное образование ρ^0 -мезонов и Δ^{++} -изобар. Распределение по продольной быстрой показывает, что ρ^0 -мезон образуется преимущественно в центральной области /рис. 6/. Для образования Δ^{++} -изобары получено указание на существенный вклад однопионного обмена с поглощением. На основе анализа 2000 событий получено указание на совместное образование изобар Δ^{++} и $\bar{\Delta}^{++}$.

Резонансные пики в спектрах эффективных масс $\Lambda\Lambda/2336$ МэВ/ и $\Lambda p/2256$ и 2128 МэВ/, найденные при обработке событий, полученных с помощью пропановой пузырьковой камеры, облученной пучком нейтронов со средним импульсом 7,0 ГэВ/с на синхрофазотроне, получили удовлетворительное объяснение в рамках модели Джаффе. Эмпирически найденное правило отбора для существо-

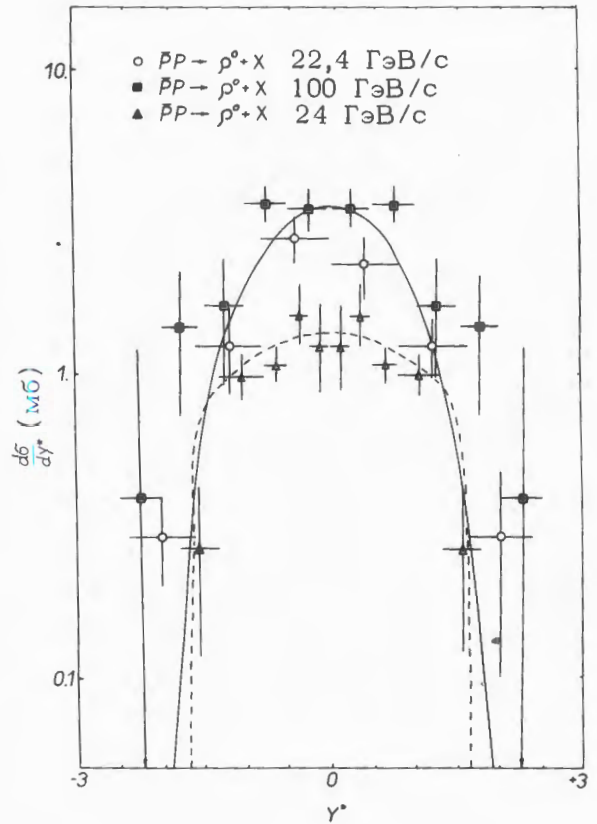


Рис. 6. Зависимость сечения образования ρ^0 -мезона от величины продольной быстрой в с.ц.м. реакции в $\bar{p}p$ -взаимодействиях при импульсе 23 ГэВ/с.

вания адронных резонансов по гиперзаряду $Y \leq 1$ интерпретируется как необходимое условие существования "кваркового мешка". Ввиду ненаблюдаемости кварков размеры и объем "мешков" должны мало зависеть от природы объектов /внутри "мешков"/. Это приводит к тому, что двух- и многобарийные резонансы должны являться сверхплотными объектами с конечным временем жизни, а неравенство $Y \leq 1$ может являться необходимым условием образования сверхплотного состояния ядерной материи.

Продолжалось изучение реакции $dp \rightarrow ppp$ с помощью метровой жидководородной камеры, облученной дейтронами с импульсом 3,3 ГэВ/с на синхрофазотроне. На основе анализа 50 тыс. событий получены спектры нуклонов и π -мезонов в широкой области переданных импульсов. Наблюдалось изменение наклона в распределениях инвариантного сечения $f(T)$ в районе $T \sim 0,03$ ГэВ для нуклонов и π -мезонов, где T -кинетическая энергия частиц, летящих в заднюю полусферу в системе налетающего дейтрона. Полученные данные не противоречат образованию части нуклонов и π -мезонов с проявлением кумулятивного эффекта. При исследовании реакции $dp \rightarrow pp(n)$, идущей с перезарядкой, показано, что около 20% случаев в области эффективных масс (pp) могут быть объяснены эффектом промежуточной Δ -изобары. Получено, что pp -перезарядка в области малых углов идет с переворотом спина.

При изучении pp -взаимодействий, зарегистрированных с помощью метровой жидководородной камеры в пучке нейтронов на синхрофазотроне, определены сечения различных каналов реакций в пятилучевых звездах при импульсах $5,10 \pm 0,17$ ГэВ/с. Показано, что в реакции $pp \rightarrow pp\pi^+\pi^-\pi^0$ при импульсе 5,1 ГэВ/с с вероятностью 95% происходит образование нуклонных изобар и нет указания на образование бозонных резонансов. В канале $pp \rightarrow pp\pi^+\pi^-\pi^0$ получено указание на образование ω^0 -мезона с сечением $\sigma = 0,023 \pm 0,002$ мб /рис. 7/, но основную долю рожденных резонансов составляет изобара $\Delta^{++}(1236)$. Для канала $pp \rightarrow pp\pi^+\pi^-\pi^0$ характерно образование нуклонных изобар $\Delta^{++}(1236)$ и $\Delta^-(1236)$ в 84% случаев. Совместное образование обеих изобар происходит в 10% случаев этого канала реакции.

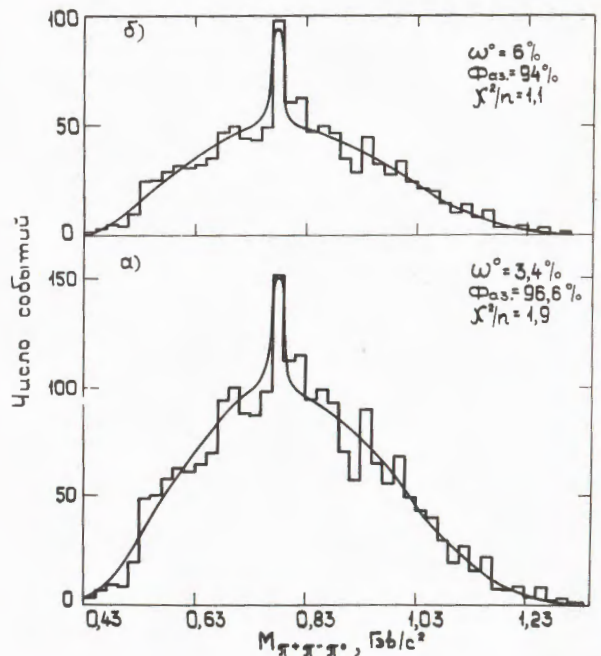


Рис. 7. Распределение эффективных масс системы $\pi^+\pi^-\pi^0$ из реакции $pp \rightarrow pp\pi^+\pi^-\pi^0$ при импульсе нейтронов 5,1 ГэВ/с; "а" - для всех событий, "б" - после вычитания ложной комбинации.

Исследованы угловые и энергетические распределения протонов, зарегистрированных во взаимодействиях положительных π -мезонов с ядрами ксенона при импульсе 2,34 ГэВ/с с помощью пузырьковой ксеноновой камеры на синхрофазотроне. На основе анализа экспериментального материала оценена величина функции $f(P_F)$ для распределения плотности вероятности импульсов внутриядерных нуклонов ядра ксенона /рис. 8/. В области $P_F \leq 500$ МэВ/с функция $f(P_F)$ удовлетворительно описывается фермиевским распределением. В области $P_F = 500 \div 1000$ МэВ/с проявляется в основном влияние вторичных внутриядерных взаимодействий протонов отда-

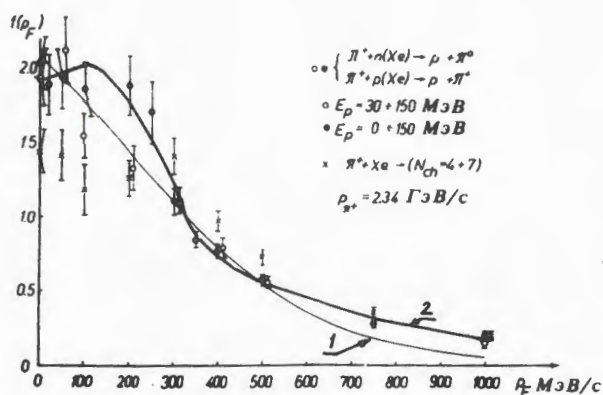


Рис. 8. Значения функции $I(p_F)$ - импульсного распределения нуклонов внутри ядра ксенона. Аппроксимация экспериментальных данных проведена на кривой с фермиевским распределением / кривая 2/. Чувствительность аппроксимации оценивается с помощью кривой 1, соответствующей реакции с образованием от 4 до 7 заряженных частиц.

Электромагнитная структура элементарных частиц

Уточнен электромагнитный формфактор π -мезона в эксперименте по прямому рассеянию отрицательных π -мезонов с импульсом 100 ГэВ/с на электронах в жидководородной мишени: $r_\pi = 0,56 \pm 0,04 \text{ м}$. После модернизации спектрометра с помощью системы из 32 дрейфовых камер, изготовленных в ЛВЭ, проведены измерения и набрана статистика по каон-электронному и пион-электронному рассеянию при энергии 250 ГэВ . С помощью тех же дрейфовых камер на ускорителе в Батавии проведен эксперимент при энергии 250 ГэВ с целью обнаружения эффекта каналирования частиц высокой энергии. Получены предварительные положительные результаты.

Релятивистская ядерная физика

На синхрофазотроне ОИЯИ осуществляется широкая программа экспериментов в области релятивистской ядерной физики. Исследование ведется в 9 группах физиков.

На установке "Диск-2" набран большой экспериментальный материал по изучению образования кумулятивных частиц. В пучках протонов и дейтронов с импульсом $8,6 \text{ ГэВ/с}$ зарегистрировано 460 тыс. взаимодействий на мишенях из 14 ядер

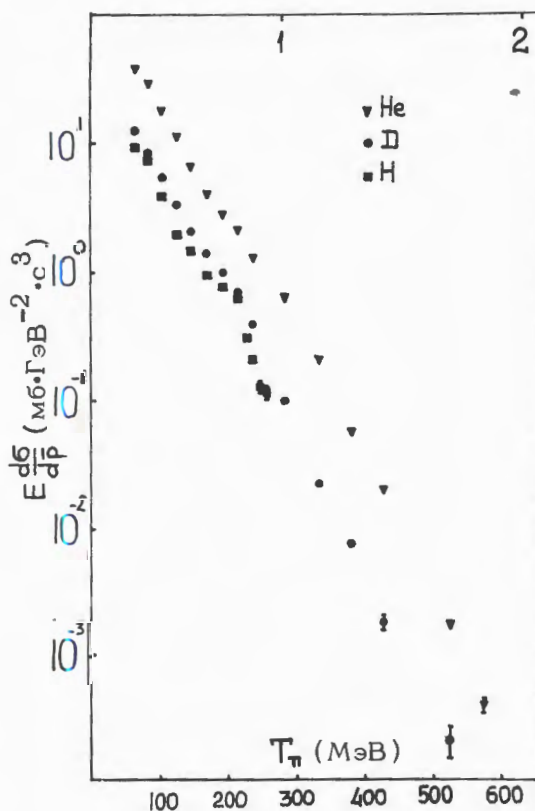


Рис. 9 Энергетическая зависимость инвариантных сечений образования положительных π -мезонов на мишенях H, D, He.

от дейтерия до урана с образованием протонов, каонов и протонов, а также фрагментов d , α и других с импульсами от 150 до 1800 МэВ/с и кумулятивным числом больше 1,5. Изучены энергетические выходы положительного π -мезона на мишенях H, D, He /рис. 9/, протона на мишенях He и D, дейтрона на мишени He, угловые зависимости выхода положительных π -мезонов на мишенях H, D, He, протонов на мишенях D и He, дейтронов на гелиевой мишени /рис. 10/.

На ядрах-мишенях C, Al, Cu, Pb получены энергетические зависимости выхода протонов, дейтронов и ядер трития, удовлетворяющих отбору частиц при кумулятивном числе $Q = 1,5 \div 5$. Для этих же частиц получена зависимость от величины заряда ядра-мишени.

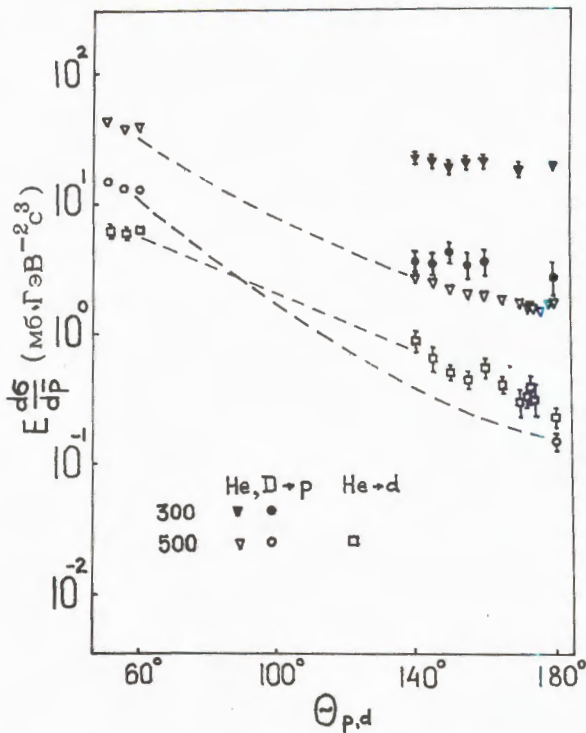


Рис. 10. Угловая зависимость выхода протонов на мишенях D, He и дейтронов на гелиевой мишени в кумулятивной области их образования.

На полученном ранее материале по дифракционному рассеянию альфа-частиц при импульсе 4,5 ГэВ/нукл. на протонах и ядрах He, C, Al, Cu с помощью установки "Альфа" на синхрофазотроне уточнены данные по угловому распределению альфа-частиц. Это позволило сделать оценки сечений σ_{tot} , σ_{el} и радиусов αA -взаимодействий, определить абсолютные величины дифференциальных сечений рассеяния альфа-частиц в дифракционной области и величины наклонов дифракционных конусов /рис. 11 и таблица/.

Сравнение экспериментальных данных о наклонах конусов в pA -и αA -рассеяниях для событий с большими $|t| > 0,1$ /ГэВ/с² приводит к указанию, что αA -рассеяние лучше интерпретировать как квазиупругое рассеяние не на отдельных нуклонах ядра, а на кластерах α или d в ядре.

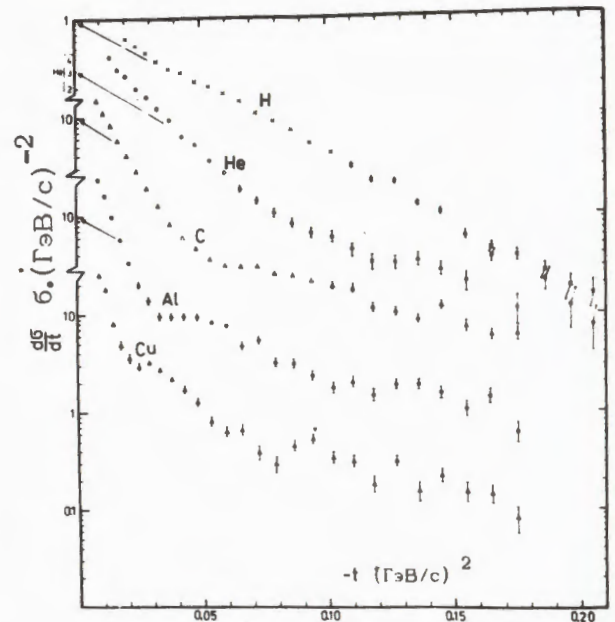


Рис. 11. Дифференциальное сечение $d\sigma/dt$ для упругого рассеяния на ядрах альфа-частиц с импульсом 4,5 ГэВ/нукл.

Таблица

Мишень	Интервал $ t $, (ГэВ/с) ²	Наклон конуса (ГэВ/с) ⁻²
H ₂	0,0206 - 0,102	32,1±0,3
He	0,0141 - 0,0656	10,2±0,7
C	0,0088 - 0,0244	37,9±0,8
Al	0,0088 - 0,0244	97±5
Cu	0,0088 - 0,0172	308±40

Проведен монтаж установки "Альфа" в варианте с твердыми мишенями. В сеансах на синхрофазотроне в пучках протонов, релятивистских дейтронов и альфа-частиц набрано $1,4 \times 10^6$ событий рассеяния на ядрах C, Al, Cu, Pb в интервале углов $20 \div 60$ мрад.

С помощью установки "Спектрометр ядер отдачи" на синхрофазотроне исследована фрагментация ядра-мишени углерода. Получены дифференциальные сечения образования изотопов H, He, Li и Be в реакции $d + {}^{12}\text{C}$ при импульсах дейтерия 1,1; 1,5; 1,9; 2,0; 2,4; 3,1; 3,7 и 4,6 ГэВ/нукл. /рис. 12/ и в реакции $\alpha + {}^{12}\text{C}$ при импульсе 2,5 ГэВ/нукл. под углом 90° в лабораторной системе. Эксперимент проводился на внутренней полиэтиленовой мишени толщиной от 1 до 5 мкм. Вторичные заряженные частицы регистрировались системой из ΔE -E телескопов, в состав которых входили кремниевые детекторы с энергетическим разрешением $50 \div 80$ КэВ. В диапазонах кинетической энергии фрагментов $5 \div 30$ и $30 \div 70$ МэВ спектры хорошо описываются зависимостью $a \cdot \exp[-E/b]$. Анализ величин компонент энергетического

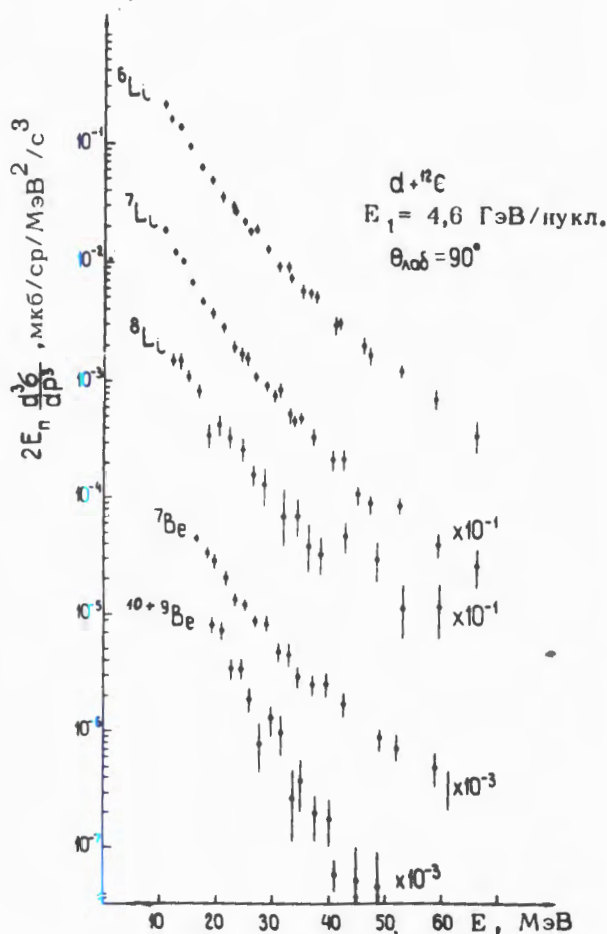


Рис. 12. Инвариантные дифференциальные сечения $2E_n \frac{d^3\sigma}{dE_n d^3p}$ выходов изотопов Li и Be в зависимости от кинетической энергии E фрагментов в реакции $d + {}^{12}\text{C}$ при импульсе дейтронов 4,6 ГэВ/нукл. / E_n - полная энергия фрагментов/.

спектра в обеих областях связан с определенным механизмом образования фрагментов. При энергии пучка больше 600 МэВ/нукл. параметр "b" не зависит от энергии, что указывает на проявление "ядерной" масштабной инвариантности.

На основе анализа материалов взаимодействия альфа-частиц с ядрами Li, C, Ne, Al, Cu и Pb с помощью установки СКМ-200 в пучке альфа-частиц с импульсом 4,5 ГэВ/нукл. показано подобие топологических сечений рождения отрицательных пионов альфа-частицами и в элементарных pp-взаимодействиях в области импульсов от 4 до 400 ГэВ/с. Хорошо совпали зависимости дисперсий распределения по множественности отрицательно заряженных частиц от средней множественности отрицательных частиц для αA - и pp-взаимодействий /рис. 13/. Изучены характеристики процесса фрагментации альфа-частиц на ядре лития и определены сечения различных каналов этого процесса, отмечен большой выход изотопов ${}^3\text{He}$ и ${}^3\text{H}$ с сечением $\sigma = 40 \pm 3$ мб.

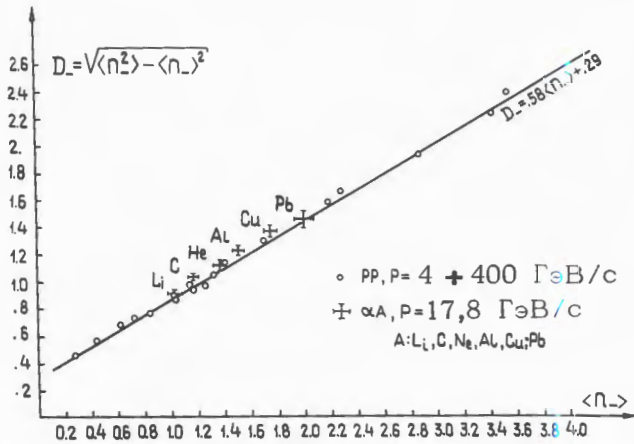


Рис. 13. Сравнение зависимости дисперсии D_- от среднего числа отрицательных частиц $\langle n_- \rangle$ для αA -взаимодействий при импульсе 4,5 ГэВ/нукл. и для pp-взаимодействий в области 4-400 ГэВ/с.

Проведено облучение установки СКМ-200 в пучке альфа-частиц с импульсом 4,5 ГэВ/нукл., получено 33 тыс. фотографий.

Изучены двухлучевые взаимодействия ${}^4\text{He} + p$ при импульсе 2,15 ГэВ/нукл. с помощью метровой жидководородной камеры на синхрофазотроне. Упругое (${}^4\text{He} + p$)-рассеяние характеризуется большой величиной наклона конуса $b = 274 \pm 15$ /ГэВ/с $^{-2}$, а для событий с образованием одного пиона величина b составляет $11,4 \pm 1,9$ /ГэВ/с $^{-2}$ /рис. 14/. Для реакции с развалом ${}^4\text{He}$ выделены события со спекторами He_s или n_s . Для виртуального рассеяния $p + {}^3\text{He} \rightarrow p + {}^3\text{He}$ и

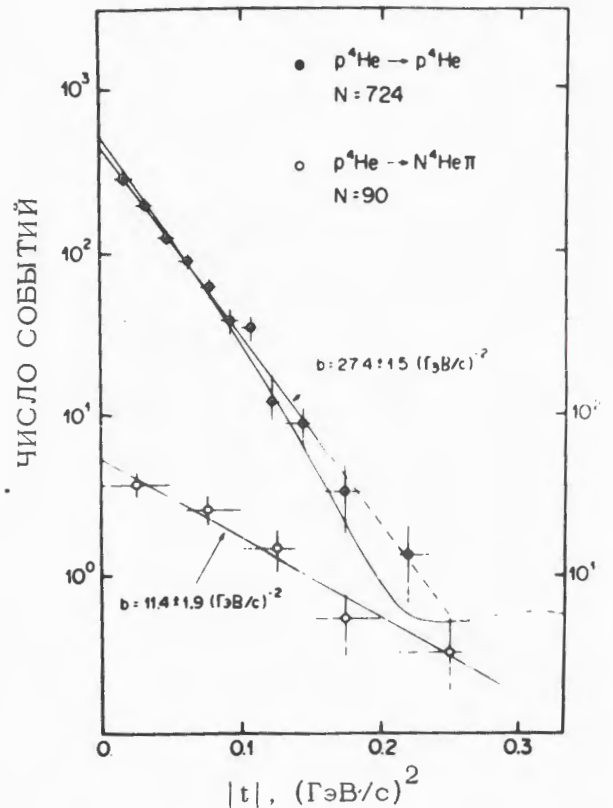


Рис. 14. Распределение числа событий в реакциях ${}^4\text{He} + p \rightarrow {}^4\text{He} + p$ и ${}^4\text{He} + p \rightarrow {}^4\text{He} + N + \pi$ в зависимости от величины переданного импульса $|t|$ при импульсе ядер гелия 2,15 ГэВ/нукл.

$p\bar{p} \rightarrow p\bar{p}$ определены распределения энергии в с.д.м., характер которых обусловлен ферми-движением. Параметр асимметрии угла Треймана-Янга зависит от величины импульса частицы-спектатора, что не может быть объяснено кинематическим эффектом. В сеансе на синхрофазотроне получено 65 тыс. фотографий в пучке альфа-частиц с импульсом $3,5 \text{ ГэВ/нукл.}$

В сеансах на синхрофазотроне с помощью двухметровой пропановой камеры в пучках протонов, дейтронов, альфа-частиц и ядер углерода получено 156 тыс. фотографий /рис. 15/. Определена средняя множественность отрицательных пионов, γ -частиц и протонов в интервале импульсов пучка от 2 до 5 ГэВ/нукл. Проведен сравнительный анализ изменения средних множественностей в зависимости от сорта и энергии налетающего ядра. Найдено, что увеличение средней множественности для пионов, γ -частиц и быстрых протонов при переходе от pW -к αW -взаимодействиям различно и максимально для быстрых протонов /рис. 16/. Определено среднее число взаимодействовавших нуклонов $n_p = 2,7 \pm 0,1$ в αW -событиях при импульсе $4,2 \text{ ГэВ/нукл.}$

Для работы с материалами, получаемыми с помощью двухметровой пропановой камеры на синхрофазотроне в пучках релятивистских ядер, организовано сотрудничество ученых 18 лабораторий НРБ, ВНР, МНР, ПНР, ЧССР, СССР.

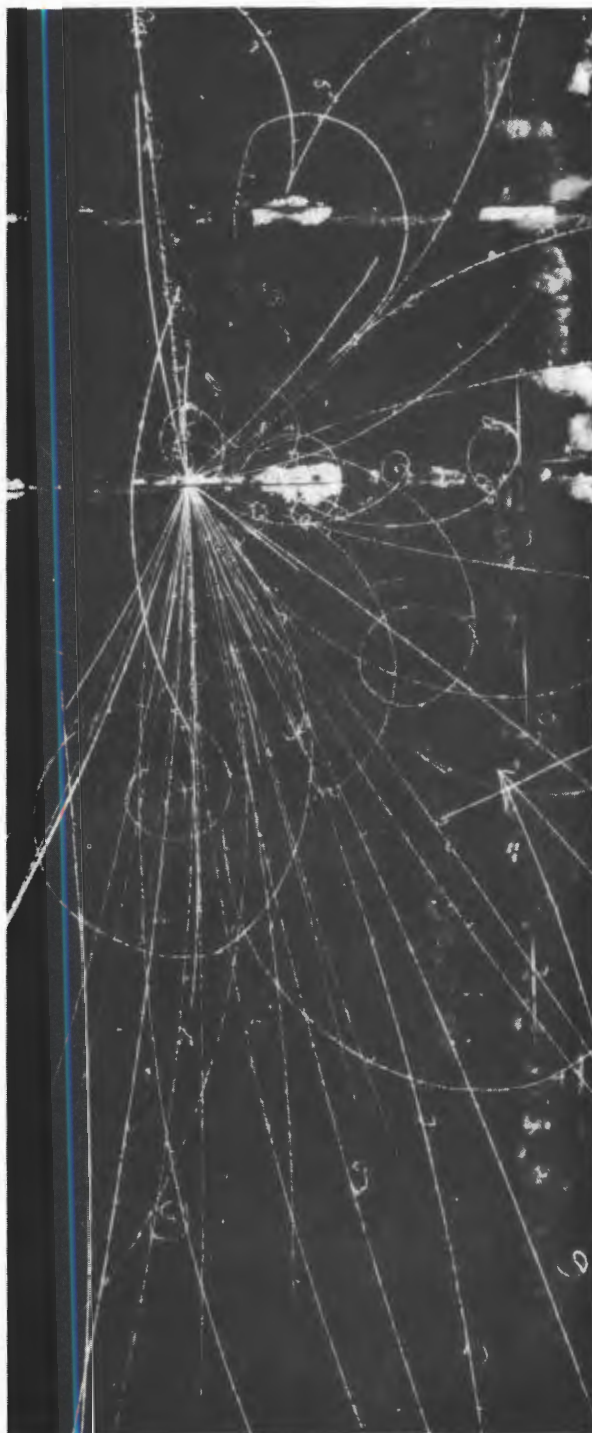


Рис. 15. Случай взаимодействия ядра углерода с энергией 50 ГэВ с пластинкой из тантала, зарегистрированного в двухметровой пропановой пузырьковой камере.

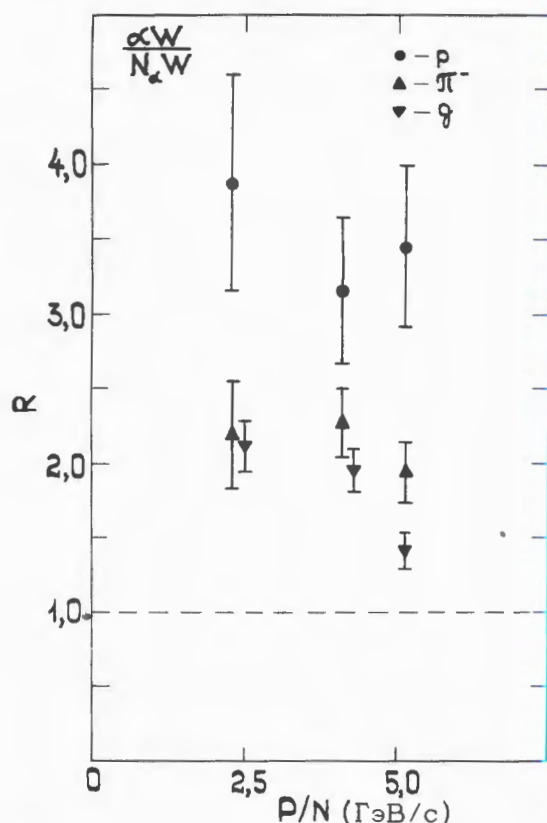


Рис. 16. Энергетическая зависимость роста отношения средних множественностей образования вторичных частиц при переходе от pW- к αW-взаимодействию.

С помощью фотозмульсий, облученных пучком ядер углерода с энергией 50 ГэВ на синхрофазотроне, исследовались неупругие взаимодействия углерод-ядро. Показано, что средние множественности, рассчитанные на один нуклон налетающего ядра, совпадают с аналогичными данными для взаимодействий альфа-ядро и дейтрон-ядро. В 90% случаев наблюдаются заряженные фрагменты ядра углерода. Обнаружено дифракционное расщепление ядра углерода на три альфа-частицы с вероятностью 2%. Угловые распределения фрагментов ядра мишени слабо зависят от атомного номера налетающего ядра.

Обработку событий ведут физики 8 лабораторий Дубны, Москвы, Ленинграда, Ташкента, Бухареста, Варшавы и Кошице.

Совершенствование действующих и разработка новых физических приборов и установок

Разработана и прошла испытания на стенде пропорциональная камера для эффективной регистрации ядер размером 50x60 мм², работающая в режиме низкого давления 20÷200 мм рт.ст. Специально разработанная регистрирующая электронная аппаратура помогла обеспечить рекордное пространственное разрешение - 40 мкм. Энергетическое разрешение камеры для альфа-частиц с энергией 5,2 МэВ составило 17%.

Для создания расширенной системы диагностики пучка при облучении установки "Людмила" на серпуховском ускорителе разработаны, исследованы и введены в строй 8 двухкоординатных пропорциональных камер размером 50x50 мм² и 2 камеры размером 150x150 мм². Регистрация информации с камер осуществляется с помощью электронной аппаратуры по 912 каналам. Система математического обеспечения создана на базе ЭВМ ТРА-1 и позволяет выводить на дисплей и телетайп профили пучка по двум координатам в 10 сечениях канала частиц. В несколько раз сократилось время настройки канала частиц, идущих на установку "Людмила".

На основе пропорциональных камер создан прибор для изучения биологичес-

ки активных веществ, меченных радиоактивными изотопами, который предназначен для использования в молекулярной биологии и биохимии. Прибор обеспечивает измерение пространственного распределения изотопов на поверхности объекта /хроматограммы/ размером $200 \times 200 \text{ мм}^2$ с точностью $1 \div 2 \text{ мм}$. Система подключена к ЭВМ, визуальная регистрация распределения делается с помощью телевизора. Имеется возможность идентификации изотопов ^3H , ^{14}C , ^{32}P в одном цикле измерений. Прибор обеспечивает скорость 10^5 измерений за секунду, чувствительность - не хуже 10 пКи/см^2 . По своим возможностям и характеристикам прибор значительно превосходит существующие аналогичные устройства.

Для автоматизации контроля и управления физическими установками и дальнейшего развития спектрометрофизики высоких энергий разработан и изготовлен ряд новых электронных блоков. Общее число разработанных блоков разных типов доведено до 120.

Налажен интерфейс ЭВМ ЕС-1040, позволяющий принимать от физических спектрометров до 100 триггеров за цикл работы ускорителя. Созданы системы на линии с ЭВМ ТРА-70 для измерений низких температур при охлаждении магнитов, для измерения энергетических потерь в сверхпроводниках. Изготовлена 10-канальная система для измерения малых уровней интенсивности циркулирующего пучка ядер в синхрофазотроне.

Разработана микропроцессорная система на основе контроллера в стандарте КАМАК с микропроцессором фирмы Интел. Начата эксплуатация ЭВМ ЕС-1040.

В области разработки и создания систем быстрой электроники завершен этап перехода на интегральные схемы,

что привело к улучшению эксплуатационных показателей электронных блоков. В области многоканальных логических узлов отбора и регистрации сигналов наносекундного диапазона разработано 8 типов блоков, среди которых: универсальный годоскоп-шифратор, быстродействующий процессор для отбора событий в реальном времени эксперимента, усилитель-дискриминатор для дрейфовых камер. В области преобразования информации создано 4 блока, в том числе 16-канальный преобразователь аналоговой информации в цифровой код, генератор наносекундных импульсов с управлением от ЭВМ. Для съема информации с физических установок созданы усилитель-формирователь для электронных умножителей, 4-канальный линейный приемник-усилитель сигналов с удаленных датчиков; разработана специализированная гибридная интегральная схема для регистрации импульсов с пропорциональных камер.

В области создания и совершенствования приборов и устройств криогенной техники проведены следующие работы:

а/ Создана гелиевая струйная мишень для проведения эксперимента по рне-рассеянию на ускорителе НУЛ /Батавия/. Количество гелия, образующееся при работе мишени, составило 10^{-7} г/см^2 при ширине струи 5 мм, что дало возможность успешно набрать статистический материал в эксперименте на ускорителе.

б/ Для создания систем криостатирования больших физических установок исследована возможность применения гелиевого струйного насоса как криогенного эжектора для работы сверхпроводящих магнитных систем.

в/ при исследовании влияния ориентации плоской сверхпроводящей шины на

потери энергии в импульсно работающих соленоидах было показано, что при ориентации шины параллельно магнитному полю соленоида существенно уменьшаются суммарные потери и деградация критического тока при скоростях изменения магнитного поля до $7,8 \text{ Т/с}$. Изучены зависимости величины критического тока от диаметра изгиба сверхпроводящей шины и от степени плоской деформации. На пучке ядер с энергией 8 ГэВ проведены подготовительные работы и ведется исследование влияния радиационного нагрева на величину критического тока в сверхпроводниках.

Совершенствование синхрофазотрона, работы по проекту нуклотрона

На синхрофазотроне проведены работы по повышению эффективности его использования для физических экспериментов и совершенствованию его параметров.

За счет ввода в эксплуатацию системы прецизионной связи частоты с магнитным полем, получения расчетной амплитуды ускоряющего напряжения в линейном ускорителе ЛУ-20, использования группирователя на входе ЛУ-20 и модулятора энергии разгруппирователя после ЛУ-20 и после перевода ускорения частиц на вторую кратность частоты обращения возросла интенсивность пучка дейтронов до 3×10^{11} в импульсе и пучка альфа-частиц до 3×10^{10} в импульсе.

Проведены длительные испытания криогенного источника ионов "Крион-1" на синхрофазотроне. Удалось ускорить ядра углерода до энергии 60 ГэВ , ядра азота до энергии 70 ГэВ , ядра кислоро-

да до энергии 80 ГэВ и ядра неона до энергии 100 ГэВ . На первом этапе работы "Крион-1" интенсивность ядер углерода в канале медленного вывода составила $2,8 \times 10^4$ в импульсе и ядер кислорода 5×10^3 в импульсе. Это позволило провести облучение двухметровой пропановой камеры, установки СКМ-200 и нескольких пачек ядерной фотоэмульсии.

В варианте источника "Крион-2" достигнут фактор ионизации $3 \times 10^{20} \text{ см}^{-2}$ при энергии электронов $6,5 \text{ кэВ}$. Впервые получены ядра Ag^{+18} и Xe^{+37} .

Проведен заключительный этап отработки режима совмещения медленного и быстрого выводов в одном цикле работы ускорителя для их длительного применения. Длительность медленного вывода доведена до 300 мс , а быстрого - до 600 мкс . Получен режим, позволяющий производить в одном цикле быстрый и медленный выходы как при одной, так и при разных энергиях ускоряемых частиц. Проведены эксперименты по облучению физических установок в совмещенном режиме.

Осуществлен вывод ядер с энергией 400 МэВ/нукл. для проведения исследований в области лучевой терапии.

По проекту жесткофокусирующего ускорителя релятивистских ядер нуклотрона проделаны следующие работы. Создана первая очередь стенда для проведения теплофизических исследований малых импульсных магнитов, в котором будут использоваться гелиевые криостаты диаметром 150 и 300 мм . Ведется сборка и наладка стенда для исследования потерь в коротких образцах сверхпроводников. Проведены испытания сверхпроводящего магнита с диаметром 250 мм и сердечником из железных пластин. Определена величина критического тока в статическом и импульсном

режимах, измерены потери, снята карта магнитного поля. Спроектированы и изготовлены два сверхпроводящих магнита длиной 400 мм с использованием сверхпроводящего кабеля, изготовленного в лаборатории. Проведено испытание сверхпроводящего магнита со сплошным стальным сердечником на поле 2,5 Т с обмотками коррекции. Разработаны и изготовлены две сверхпроводящие квадрупольные линзы. Проведены их испытания и измерены величины критического тока, потери при различной длительности цикла питания и градиента магнитного поля.

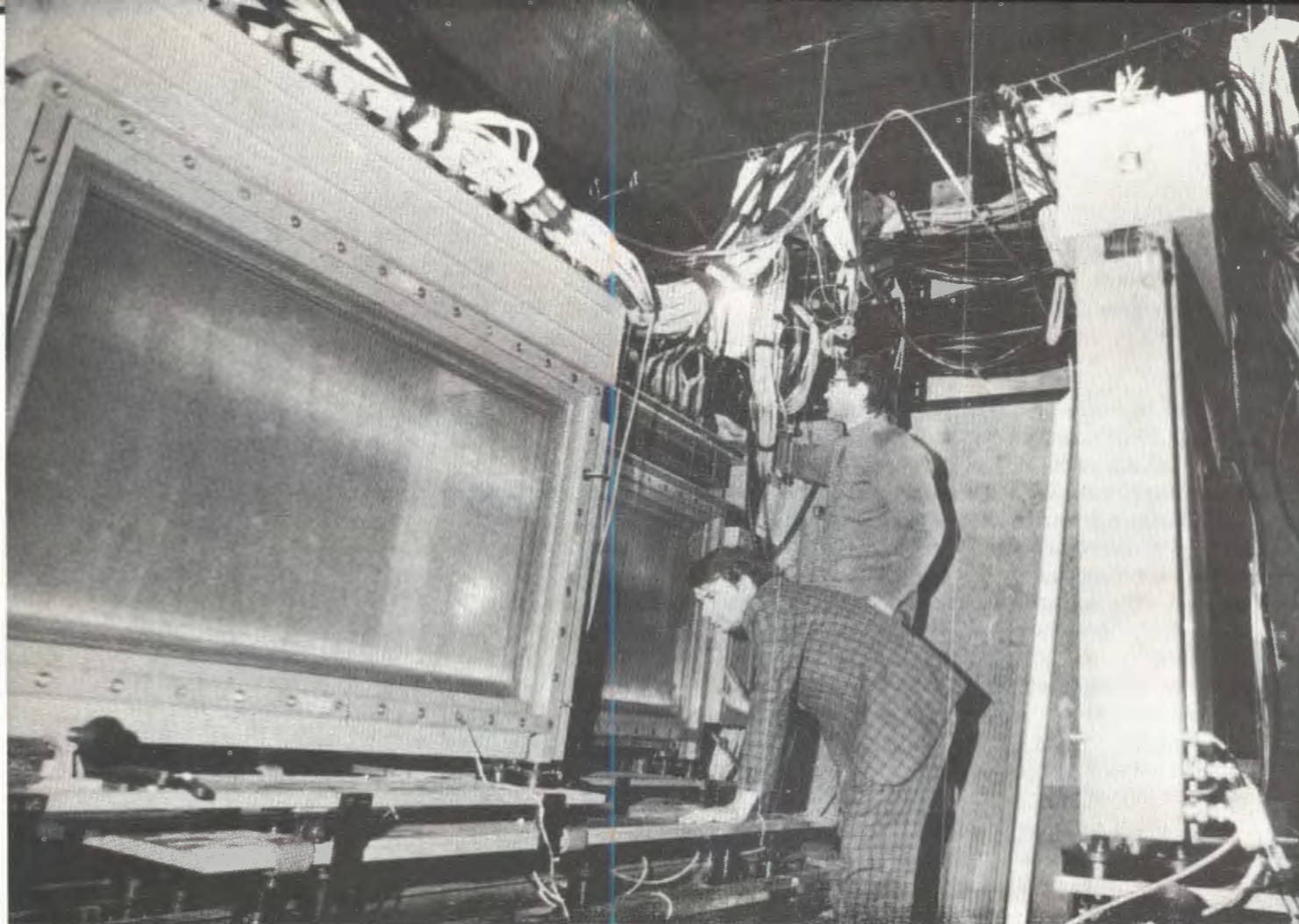
Эксплуатация синхрофазотрона

Запланированное время работы ускорителя - 4149 часов.

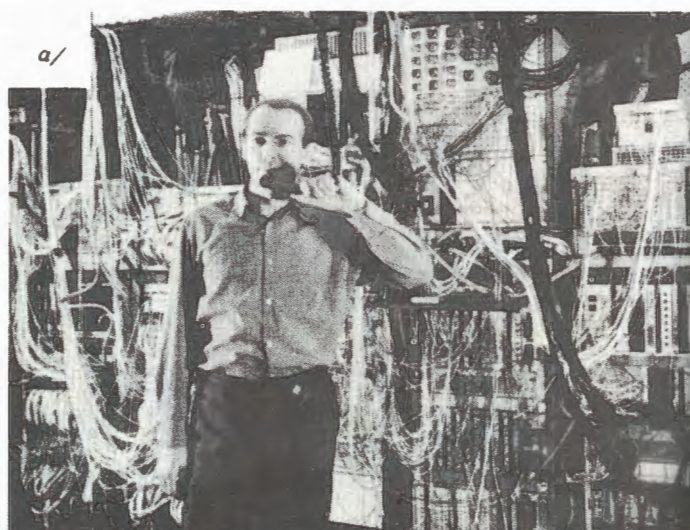
Ускоритель работал:

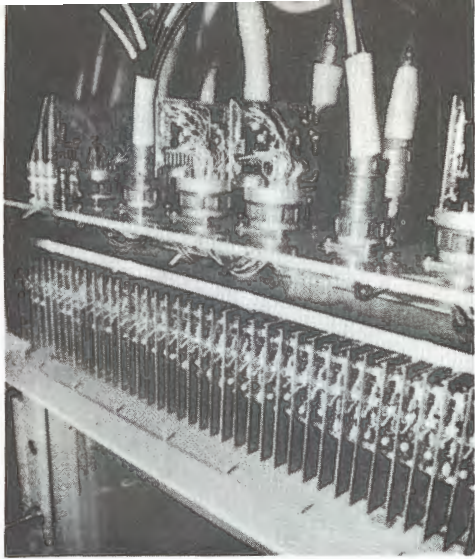
а/ на экспериментальные исследования по физике элементарных частиц и физике релятивистских ядер - 3288 часов со средней интенсивностью $3,3 \times 10^{11}$ ускоренных протонов, $1,1 \times 10^{11}$ дейтронов, 6×10^9 альфа-частиц, 10^4 ядер углерода за один цикл ускорителя.

б/ на совершенствование систем ускорителя - 629 часов.



Продолжается поиск "очарованных" частиц с помощью установки БИС-2 на нейтронном пучке серпуховского ускорителя. Эксперимент проводится на линии с ЭВМ ЕС-1040.
Во время очередного сеанса по набору статистики: а/ электронная аппаратура установки; б/ за пультом управления ЭВМ ЕС-1040.





Проверка надежности монтажа пропорциональных камер.

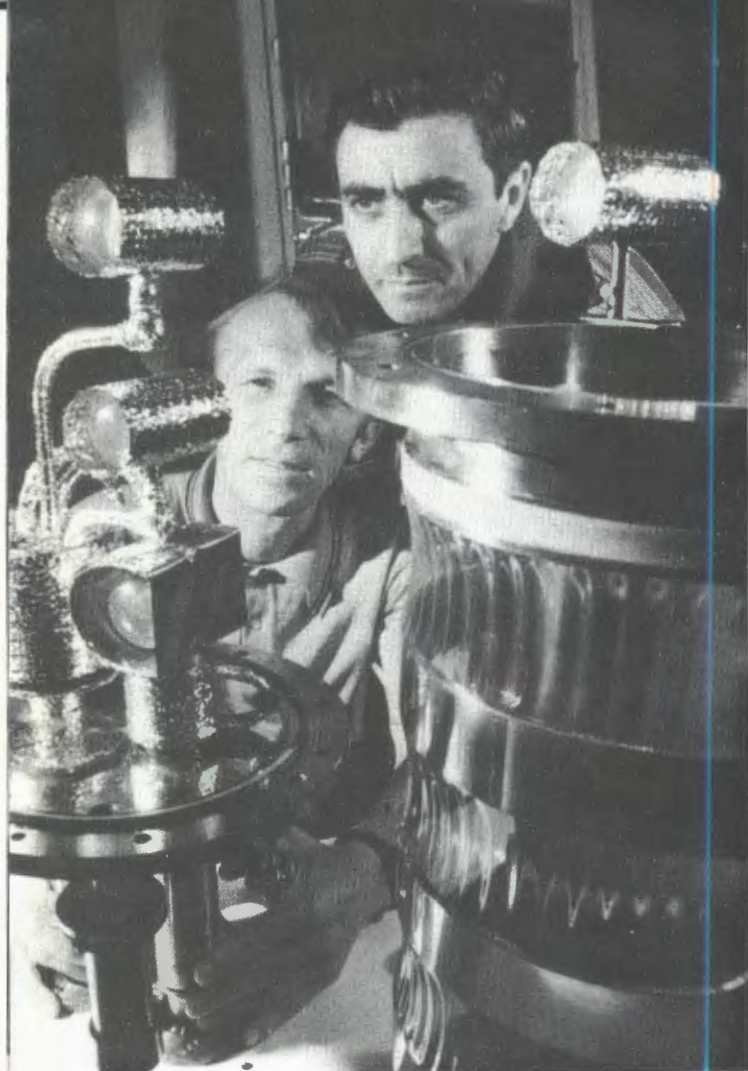


Модули черенковских счетчиков полного поглощения.



В сеансах на синхрофазотроне в пучках протонов, релятивистских дейтронов и альфа-частиц набрано свыше 1 млн. событий рассеяния на ядрах. Эксперимент ведется в помощьу установки "Альфа", работающей на линии с ЭВМ ЕС-1010.





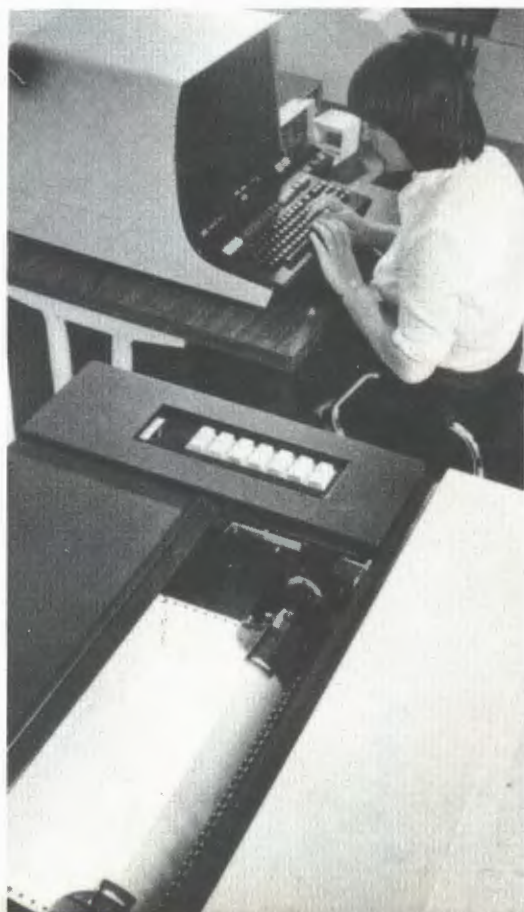
Для ряда экспериментальных установок созданы оригинальные криогенные мишени. На снимке: набор криогенных мишеней $^1\text{g-H}$, ^3He , ^2D для установки "Диск-2".

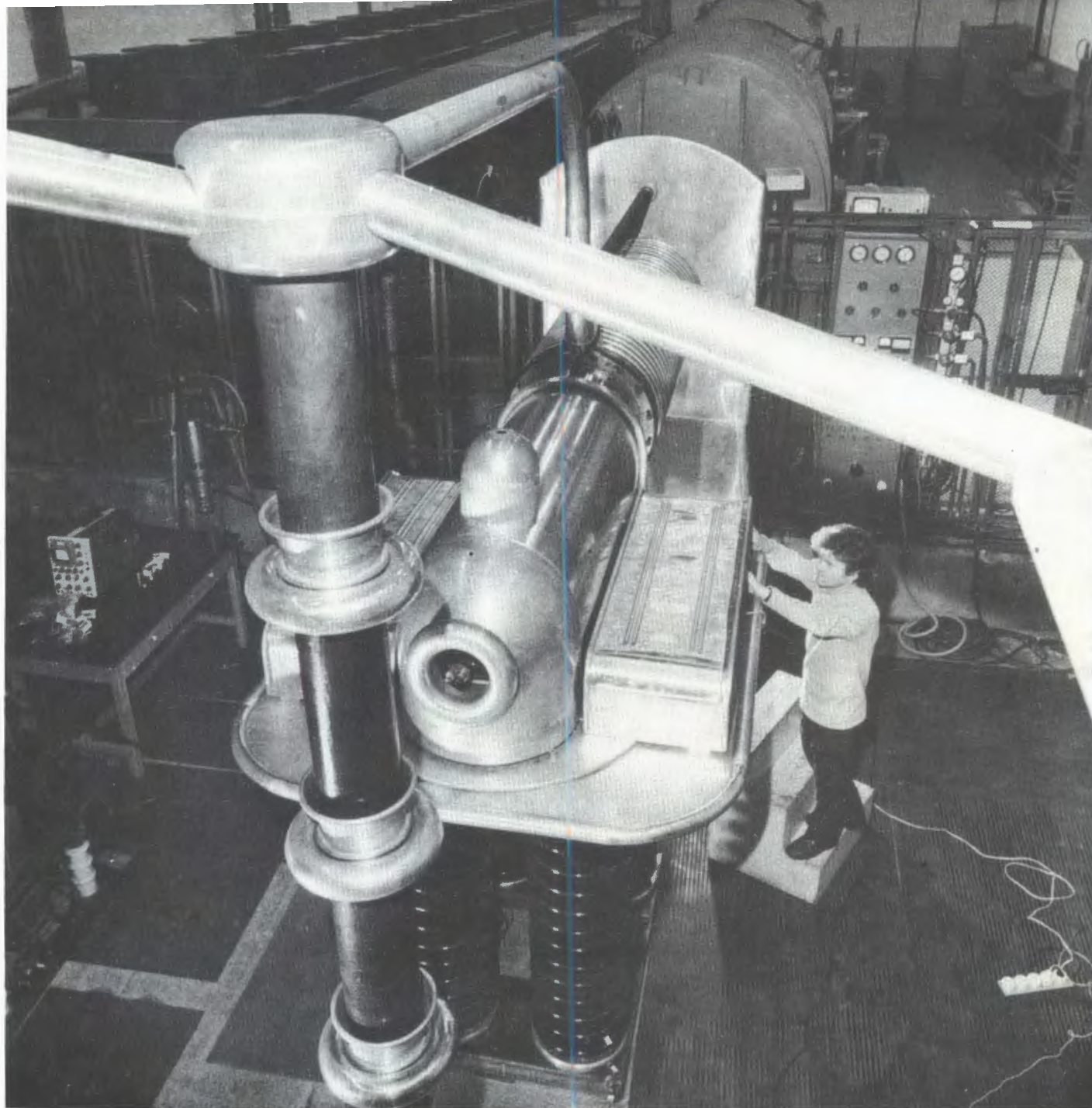
Для изучения биологических объектов, меченных радиоактивными изотопами, создан прибор на основе пропорциональной камеры.



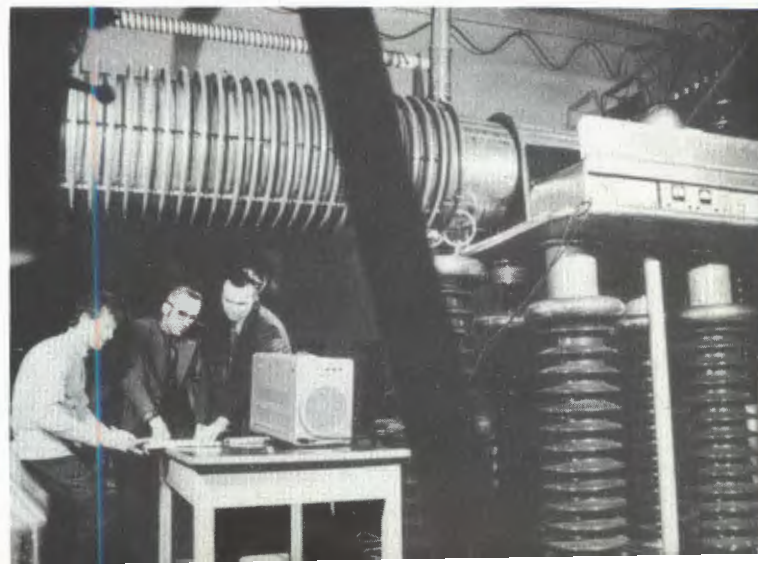
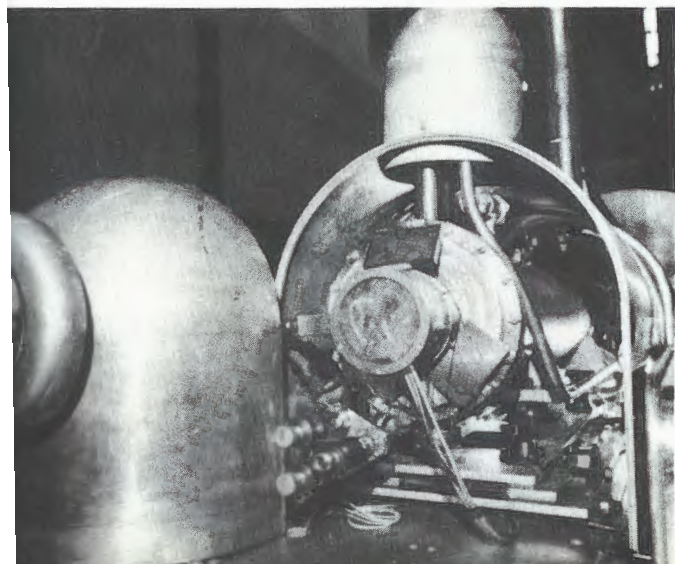
Для исследований, связанных с проектом жесткофокусирующего ускорителя релятивистских ядер, создан сверхпроводящий магнит, предназначенный для калибровки датчиков магнитного поля. Напряженность поля составляет 8 Т при неоднородности 10^{-5} .

Одно из терминальных устройств ЭВМ CDC-6500, обеспечивающих передачу программ из Лаборатории высоких энергий на базовую ЭВМ.





На синхрофазотроне проведены длительные испытания криогенного источника ионов нового типа "Крион", позволившего ускорить ядра углерода, азота, кислорода и неона до энергии 5 Гэв/нукл.



Лаборатория ядерных проблем

В 1977 году основные усилия коллектива Лаборатории были направлены на выполнение экспериментальных исследований в области физики элементарных частиц и атомного ядра на синхроциклотроне ОИЯИ и протонном синхротроне ИФВЭ. Опыты проводились также на синхроциклотроне ЦЕРНа и мезонной фабрике SIN /Цюрих, Швейцария/.

В исследованиях, проводимых на синхроциклотроне ОИЯИ, заметное место заняли вопросы изучения структуры вещества с помощью мезонов. Проводились методические разработки, направленные на создание крупных экспериментальных установок и развитие новой ускорительной техники. Выполнялись работы по реконструкции синхроциклотрона лаборатории в сильноточный фазотрон.

Научно-исследовательские работы

Исследование законов сохранения,
изучение взаимодействий
элементарных частиц
с нуклонами и ядрами

Разработана теоретическая схема слабых взаимодействий со смешиванием тяжелых лептонов. В ее основе лежит гипотеза о глубокой аналогии в слабых взаимодействиях лептонов и кварков. Основным экспериментальным следствием модели является возможное несохранение мюонного заряда в распадах $\mu \rightarrow e \gamma$ и $\mu \rightarrow 3e$.

ЭЛЕКТРОСНАА

И.М.С.И



Рассчитанные значения вероятностей этих распадов составляют $10^{-9} \div 10^{-12}$ от основного распада мюона, что доступно для экспериментального изучения на мезонных фабриках.

Завершена обработка данных эксперимента по измерению коэффициентов корреляции поляризаций C_{nn}^{pp} в упругом pp-рассеянии при энергиях 550, 610 и 630 МэВ. Эксперимент проведен с помощью "замороженной" поляризованной мишени. Результаты обработки приведены в таблице.

Как видно из таблицы, при значении угла рассеяния 90° намечается некоторый рост величины $C_{nn}^{pp}(90^\circ)$ с энергией. В совокупности с ранее полученными данными этот результат служит указанием на возможное существование максимума в энергетической зависимости $C_{nn}^{pp}(90^\circ)$ при энергиях 650-700 МэВ, что свидетельствовало бы о некоторой аномалии в протон-протонных взаимодействиях при этих энергиях.

Выполнены исследования инклюзивных характеристик и масштабно-инвариантных свойств процессов множественного образования заряженных и нейтральных ($\gamma, \pi^0, K^0, \Lambda^0$) частиц в столкновениях пионов при 5 ГэВ/с с протонами и ядрами.

Получены средние множественности

Λ^0 - и K^0 -частиц, дифференциальные инклюзивные сечения по переменным X и $P_{\perp 2}$. Результаты сравнены с экспериментальными данными в широком интервале энергий для различных типов налетающих частиц. Найдено, что структурная функция в π^-p -взаимодействиях для Λ -гиперонов обнаруживает предельное поведение уже при энергии 5 ГэВ, тогда как для K^0 мезонов подобное свойство не проявляется.

Исследована инклюзивная реакция $\pi^-p \rightarrow \pi^0 X$ при 5 ГэВ на статистике около тысячи π^0 -мезонов. Установлено, что π^0 -мезоны рождаются, в основном, в области фрагментации пучка и в центральной области. Наблюдается подобие в распределениях по $P_{\parallel} / \langle P_{\parallel} \rangle$ для π^0 -мезонов в исследуемой реакции при 5 ГэВ и π^- -мезонов из pp-взаимодействий в интервале энергий 13-300 ГэВ /рис. 17/.

В переменных $P_{\parallel} / \langle P_{\parallel} \rangle$ и $\langle P_{\perp} \rangle$ показано, что форма неинвариантных распределений продольных и поперечных импульсов в реакциях $\pi^-p \rightarrow \{ \frac{Y_0}{\pi^0} \} + n_{ch} + X$ при 6 ГэВ/с не зависит от энергии и множественности вторичных заряженных частиц. Этот результат свидетельствует о расширении границ выполнимости "скейлинга в среднем" как по энергии /5-300 ГэВ/, так и по типам частиц /рис. 18/.

Таблица

E_p	Угол рассеяния в с.ц.м.	41°	69°	77°	90°
550 МэВ	C_{nn}^{pp}	$0,54 \pm 0,05$	$0,58 \pm 0,04$	$0,53 \pm 0,04$	$0,51 \pm 0,04$
610 МэВ	C_{nn}^{pp}	$0,60 \pm 0,05$	$0,57 \pm 0,04$	$0,57 \pm 0,04$	$0,57 \pm 0,04$
630 МэВ	C_{nn}^{pp}	$0,44 \pm 0,05$	$0,54 \pm 0,04$	$0,60 \pm 0,04$	$0,66 \pm 0,04$

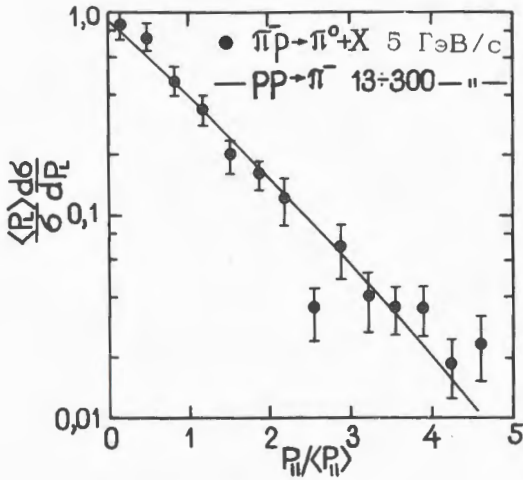


Рис. 17. Распределение продольных импульсов π^0 -мезонов из реакции $\pi^- p \rightarrow \pi^0 + X$ при 5 ГэВ/с в представлении переменных "скейлинга в среднем". Совпадение с pp -данными при 13-300 ГэВ/с указывает на независимость формы распределения от энергии и типа налетающей частицы.

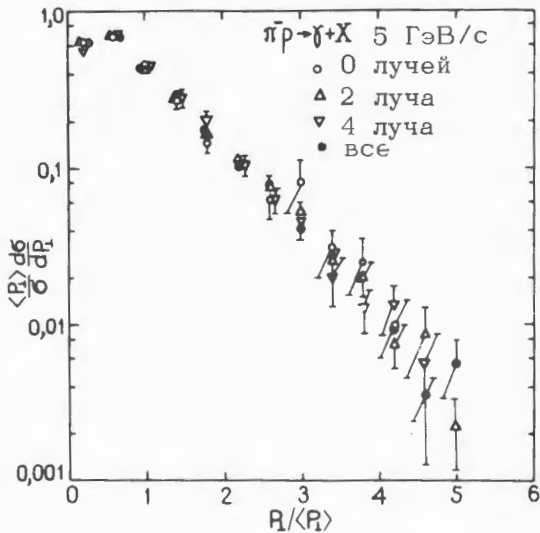


Рис. 18. Распределения поперечных импульсов γ -квантов из реакции $\pi^- p \rightarrow \gamma + n_{ch} + X$ при 5 ГэВ/с в представлении переменных "скейлинга в среднем". Данные свидетельствуют о независимости формы распределений от множественности заряженных частиц.

На установке МИС в ИФВЭ полностью завершен набор статистики. В общей сложности получено около миллиона стереофотографий для исследований дифракционной диссоциации пионов и каонов и других множественных процессов на различных ядрах. Из этого числа в 1977 г. было получено 470 тыс. стереофотографий. Выполнен демонтаж оборудования МИС на мезонном канале ИФВЭ.

На устройствах НРД в Дубне и Болонье просканировано соответственно 40 и 20 тыс. стереофотографий, закончены работы по отладке программ геометрической реконструкции треков.

Закончена обработка результатов исследования множественных процессов при рассеянии пионов с импульсом 40 ГэВ/с на различных ядрах. Получены средние множественности и распределения по псевдобыстротам для ядер углерода, алюминия, меди и свинца. Найденные значения множественности согласуются со следующей A -зависимостью: $\langle n \rangle \sim A^{0.11}$. Получены первые результаты исследования когерентной диссоциации пионов на ядрах кремния и меди.

С целью поиска новых короткоживущих частиц проведено облучение фотоэмульсии общим объемом 16 л на нейтринном пучке серпуховского синхротрона. В процессе облучения для указания места взаимодействия нейтрино в эмульсии и анализа вторичных частиц использован искровой спектрометр ИТЭФ. Отработана методика поиска многолучевых событий взаимодействий нейтрино с ядрами в фотоэмульсии. Зарегистрировано и проанализировано восемь событий. Ни в одном из восьми случаев не обнаружено признаков распада короткоживущих заряженных или нейтральных частиц в окрестности на расстоянии 1 мм от вершины взаимодействия. Удастся идентифицировать весьма сложные процессы. Два

события интерпретируются как парное рождение К-мезона и Σ -гиперона в реакции $\nu_{\mu} + N \rightarrow \mu^{-} + K^{-} + \pi^{0} + \Sigma + \pi$.

Ядерная структура и механизмы ядерных реакций

При анализе событий, зарегистрированных в фотоэмульсионной камере, облученной протонами 250 ГэВ в Батавии, среди 150 тыс. взаимодействий идентифицировано событие образования и распада гиперядра $^{12}_{\Lambda}\text{C}$ /рис. 19/. Использование протонов высокой энергии позволило определить заряд гиперядра методом измерения зависимости ширины следа от остаточного пробега. Найденное значение энергии связи Λ -гиперона в ядре углерода составляет $11,14 \pm 0,5$ МэВ. Точность определения энергии связи улучшена в два раза по сравнению с экспериментами, выполненными методом определения недостающей массы.

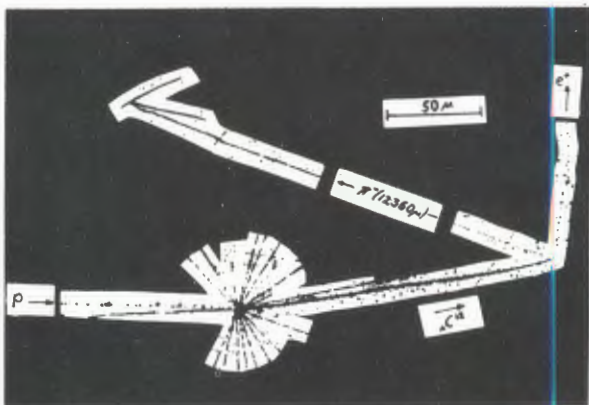


Рис. 19. Событие образования и распада гиперядра $^{12}_{\Lambda}\text{C}$ при взаимодействии протона 250 ГэВ с ядром в фотоэмульсии.

Проведены измерения на синхроциклотроне и предварительная обработка данных реакции (р, Зр), впервые наблюдавшейся в лаборатории. Измерения проводились на модернизированной аппаратуре с однозначной идентификацией масс всех трех быстрых частиц в конечном состоянии. При этом:

а/ подтверждены полученные ранее результаты, в которых сообщалось о наблюдении прямого выбивания пары быстрых протонов в кинематических условиях квазисвободного рассеяния протона двумя ядерными протонами;

б/ измерено распределение по углу раскрытия выбиваемых вперед протонов;

в/ измерен спектр протонов, испускаемых назад.

Значение полученных результатов, в первую очередь, определяется тем, что удалось изучить вполне определенный канал реакций, приводящих к эмиссии быстрых протонов в заднюю полусферу. Механизм и закономерности такой эмиссии вызывают в настоящее время большой интерес, но подавляющее большинство экспериментальных данных до сих пор имеет только инклюзивный характер.

При измерении лево-правой асимметрии квазиупругого рассеяния поляризованных протонов 635 МэВ ядрами ^{12}C и ^{16}O обнаружено и исследовано явление эффективной поляризации ядерных нуклонов. Показано, что измеренная зависимость асимметрии от проекции импульса остаточного ядра на направление пучка качественно объясняется двумя причинами:

а/ зависимостью асимметрии от энергии относительного движения падающего и ядерного протонов, являющейся аналогом соответствующей зависимости для свободного рр-рассеяния;

б/ эффективной поляризацией протонов р-оболочек ядер ^{12}C и ^{16}O .

Дальнейшее экспериментальное исследование явления эффективной поляризации нуклонов ядер мишени позволит получить ценную информацию о состояниях ядерных нуклонов по орбитальному и полному моментам количества движения.

Завершены измерения асимметрии вылета и энергетических спектров однозарядных частиц в диапазоне энергий $10 \div 50$ МэВ при захвате отрицательных мюонов в ядрах. Использование прецизионных пропорциональных камер для измерения ионизационных потерь заряженных частиц и выделения остановок мюонов в тонких мишенях в сочетании с большим спектрометром CsJ позволило провести измерения не только в сере и магнии, но также в кислороде и углероде. Получены четкие спектры протонов, дейтронов и тритонов, причем фон отсутствует даже при уровне 10^{-5} частиц на акт захвата на 1 МэВ. Полученные результаты удовлетворительно согласуются с теоретическими расчетами в предположении вылета частиц в результате распада предравновесных коллективных состояний.

На синхроциклотроне ЦЕРН с помощью аппаратуры, созданной в Дубне, проводилось исследование обнаруженного в лаборатории эффекта уменьшения времени жизни изомера формы в присутствии мюона. Эти опыты подтвердили появление спонтанно делящейся активности с $T_{1/2} \approx 9$ нс в мезоатоме урана-238. Наиболее вероятное объяснение состоит в том, что при безрадиационном ($2p-1s$)-переходе мюона возбуждается спонтанно делящийся изомер в уране-238. Присутствие мюона на орбите изменяет квадрупольный потенциал ядра, в результате время жизни уменьшается с 200

до 9 нс. Вероятность заселения изомерного состояния при безрадиационном захвате мюона оказалась около 70%, что в $10^3 \div 10^4$ раз больше, чем в ядерных реакциях. В этих же опытах обнаружено новое явление - задержанное после остановки мюона деление ядра мезоатома, при котором одновременно с осколками появляется быстрый электрон. Этот факт интерпретируется как деление, индуцированное распадом мюона на орбите.

Продолжен поиск сверхплотных ядер с помощью масс-сепаратора. Метод обнаружения - детектирование бета- и гамма-активности изотопов с дробными значениями массового числа, что, должно быть, вызвано существенным отличием энергии связи сверхплотных ядер по сравнению с нормальными. Проводилось облучение танталовой мишени на внутреннем пучке протонов 10-ГэВ синхротрона, затем - масс-сепарирование и сканирование бета-активности. Были исследованы следующие диапазоны массовых чисел: $32 \leq A \leq 43$, $65 \leq A \leq 85$, $105 \leq A \leq 140$. Аномальные изотопы не обнаружены на следующих уровнях от выхода нормальных: для калия - $3 \cdot 10^{-4}$, для рубидия - 10^{-2} , для цезия - $3 \cdot 10^{-3}$. Разрабатывается более чувствительная методика.

Спектроскопия
нейтронодефицитных ядер.

Радиохимия

На установке СПИН в первом варианте ведутся систематические исследования ориентированных ядер переходной области. Получена новая информация о структуре различных изотопов ядер тербия, гадолиния и диспрозия, в том числе

исследованы гамма-переходы, определены спины энергетических уровней, параметры сверхтонкого магнитного и квадрупольного расщеплений, измерен магнитный момент ядра тербия-152.

Продолжается методическое совершенствование и дальнейшее оснащение аппаратурой первого варианта установки СПИН. В результате этих работ основной узел установки - рефрижератор растворения ${}^3\text{He} - {}^4\text{He}$ в настоящее время по своим параметрам превосходит известные аналоги. Достигнуты следующие параметры: время ввода образца в действующий рефрижератор - ~15 мин; время охлаждения образца до рабочей температуры 14 мК - около 3,5 ч; температура, достигаемая в разовом режиме - ниже 10 мК. Отработана методика измерений температуры с помощью радиоактивных термометров ${}^{57}\text{Co}(\text{Fe})$ и ${}^{54}\text{Mn}(\text{Fe})$, точность определения температур в диапазоне 10 ÷ 20 мК составляет 3 ÷ 5%. Для подготовки исследуемых образцов разработана специальная быстродействующая печь, которая позволяет проводить плавку, диффузию, отжиг, пайку и другие технологические операции с различными неактивными и активными материалами, включая металлы.

Завершен цикл работ по исследованию интегральных и дифференциальных возмущений угловых корреляций $\gamma-\gamma$ -каскадов при распаде нескольких изотопов ядер тербия в матрицах Fe и Ni. Определены значения сверхтонких магнитных полей $H_{\text{Gd}}(\text{Fe})$ и $H_{\text{Gd}}(\text{Ni})$, а также значения g-факторов и магнитных моментов энергетических уровней изотопов гадолиния. Обнаружено изомерное состояние $11/2^-$ в тербии-151 с энергией 99,5 кэВ, измерены времена жизни нижних возбужденных состояний. На основании выполненных исследований свойств возбужденных состояний ядер тербия-153, -155, -157 вы-

сказано предположение о существовании как сферической, так и деформированных форм в ядрах переходной области.

Успешно развивается сотрудничество по программе ЯСНАПП-ИРИС по исследованию структуры ядер на 1-ГэВ синхроциклотроне в Гатчине. Особенностью этих опытов является то, что спектроскопия ядер проводится с использованием электромагнитного сепаратора на линии с выведенным протонным пучком. Это позволяет изучать ядра с очень малым периодом полураспада - до 0,1 с, максимально удаленные от линии бета-стабильности. Завершен цикл исследований изготовленного в ЛЯП высокоэффективного ионного источника с поверхностной ионизацией. Его применение позволило изучить альфа-распад изотопов итербия, туллия, эрбия, гольмия и обнаружить несколько новых альфа-излучателей. Некоторые из изучавшихся изотопов удалены от линии бета-стабильности на 18 массовых единиц.

Показана перспективность производства на мезонных фабриках и, в частности, на установке "Ф" изотопов ${}^{133}\text{J}$ и ${}^{167}\text{Tm}$ для медикобиологических целей. Определены оптимальные условия накопления йода-123, образующегося при распаде ксенона-123. Выделенный в Дубне иод-123 признан Медицинской академией ГДР /Дрезден/ годным для целей радиодиагностики.

Мезоатомные и мезомолекулярные процессы. Изучение структуры вещества с помощью мезонов

Завершено экспериментальное исследование процесса резонансного образования мезомолекул $dd\mu$. С этой целью

на синхроциклотроне выполнены измерения скорости $\lambda_{dd\mu}$ образования этой системы в газообразном дейтерии при девяти значениях температур в интервале от -150 до $+100^\circ\text{C}$ /рис. 20/. Результаты измерений подтверждают предсказываемый теорией резонансный механизм образования $dd\mu$ -молекулы. Найдено максимальное значение скорости $\lambda_{dd\mu} = /8,0 \pm 0,8/ \cdot 10^5$ 1/с. С высокой точностью определено положение максимума в зависимости $\lambda_{dd\mu}(T)$: $T_{\text{макс.}} = /398 \pm 20/$ К, что соответствует резонансной энергии $d\mu$ -атомов $\epsilon_{d\mu} = /0,051 \pm 0,003/$ эВ, на основе которой найдена энергия верхнего связанного состояния молекулы $dd\mu$: $\epsilon_{dd\mu} = -2,16$ эВ. Полученные данные имеют большое значение с точки зрения:

а/ определения энергии связи в мезомолекулах с высокой точностью, достаточной для определения вклада в эту

энергию, обусловленного поляризацией вакуума;

б/ получения серьезных аргументов в пользу существования предсказываемого теорией аналогичного резонансного механизма образования системы $dt\mu$ в смеси дейтерия и трития. Выполненные в ОИЯИ расчеты показывают, что в этом случае один мюон может вызвать до 100 реакций синтеза $t + d \rightarrow {}^4\text{He} + n$ и освободить энергию до двух ГэВ.

Получено экспериментальное доказательство доминирования обнаруженного в опытах на синхроциклотроне подбарьерного механизма диффузии положительных мюонов в ряде металлов в широком диапазоне температур. Измеренные температурные зависимости скорости релаксации спина $\Lambda(T)$ и температурные зависимости вероятности перекоков μ^+ -мезона из одной ячейки решетки в другую $\tau^{-1}(T^{-1})$ приведены на рис. 21 и 22. Процесс диффузии описы-

вается зависимостью $\frac{1}{\tau} = \nu_{\mu} \cdot e^{-\frac{Q_{\mu}}{T}}$,

где параметры ν_{μ} и Q_{μ} определены из опыта. Найденные значения величины ν_{μ} хорошо соответствуют гипотезе о подбарьерном механизме диффузии мюона в этих металлах.

Экспериментальные результаты по диффузии мюонов в висмуте и алюминии /рис. 23/ существенно отличаются от аналогичных результатов для других металлов и требуют для своего объяснения учета новых механизмов. Одним из возможных объяснений является проявление в этих металлах пока не наблюдавшейся когерентной диффузии, в этом случае мюон вообще не локализован в ячейке решетки.

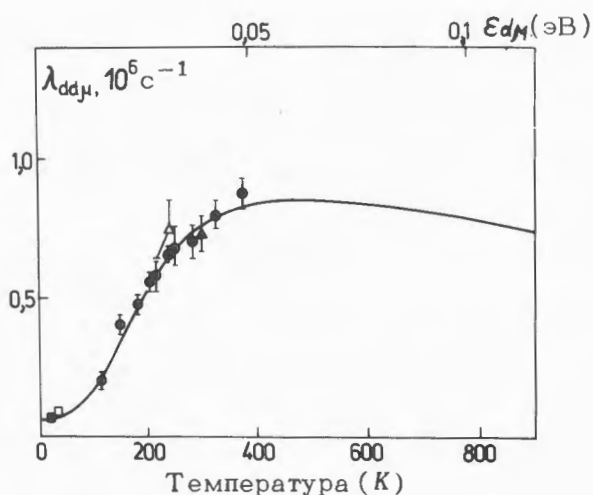


Рис. 20. Зависимость скорости $\lambda_{dd\mu}$ от температуры $T_{\text{средн}}$. Сплошная линия — теоретический расчет в предположении резонансного механизма образования мезомолекул. Черные точки — данные эксперимента ОИЯИ.

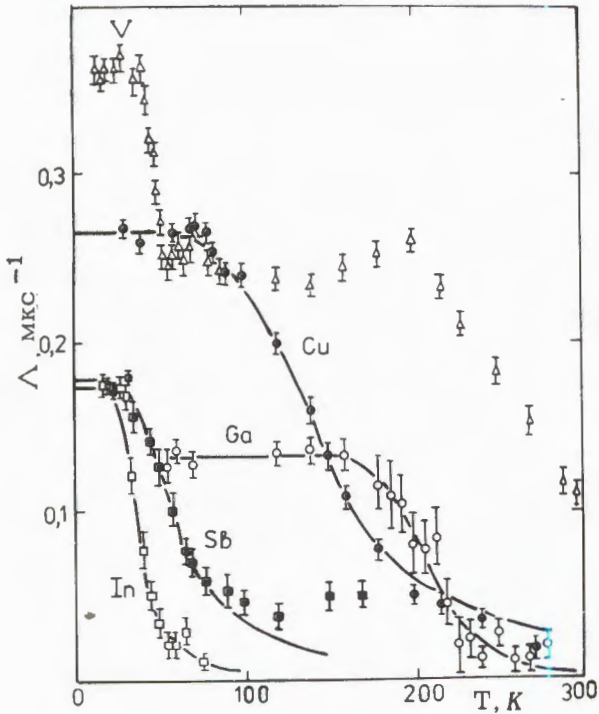


Рис. 21. Температурные зависимости скорости релаксации $\Lambda(T)$ спина μ^+ -мезона в различных металлах. Плавные кривые представляют собой расчетные зависимости.

Показана перспективность использования метода спиновой релаксации положительных мюонов для исследования антиферромагнитных фазовых переходов. Изучены переходы в антиферромагнитное состояние в ряде редкоземельных металлов /европий, неодиме, празеодиме, гадолинии и др./ . Определены температуры фазовых переходов которые оказались близкими к значениям, полученным другими методами. В гадолинии обнаружен магнитный фазовый переход, не выявленный другими методами.

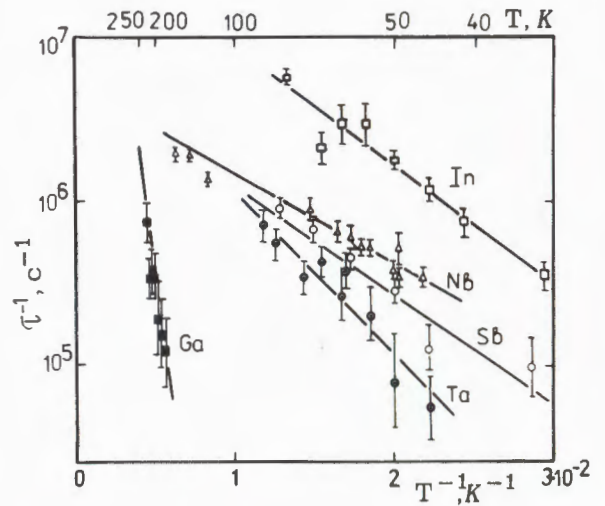


Рис. 22. Зависимости $1/\tau=f(1/T)$ для диффузии μ^+ -мезона в ряде металлов. Прямые линии представляют собой зависимость $1/\tau = \nu_\mu \cdot e^{-\frac{Q_\mu}{T}}$ с параметрами ν_μ и Q_μ , подобранными по методу максимального правдоподобия.

Изучено влияние подвижности водорода в гидридах переходных металлов на характер химической связи металл-водород. Показано, что изменения подвижности водорода на два порядка в гидриде $TiH_{1,65}$ и на двенадцать порядков в $PdH_{0,67}$, достигаемые путем изменения температуры, не влияют заметным образом на связь металл-водород. Результаты этой работы позволяют исключить распространенную в литературе гипотезу о преимущественном существовании водорода в металлических гидридах в виде протона H^+ .

Экспериментально показано, что структура спектров μ -мезорентгеновского излучения не зависит от скорости движения молекул, плотности электронов проводимости и перестройки кри-

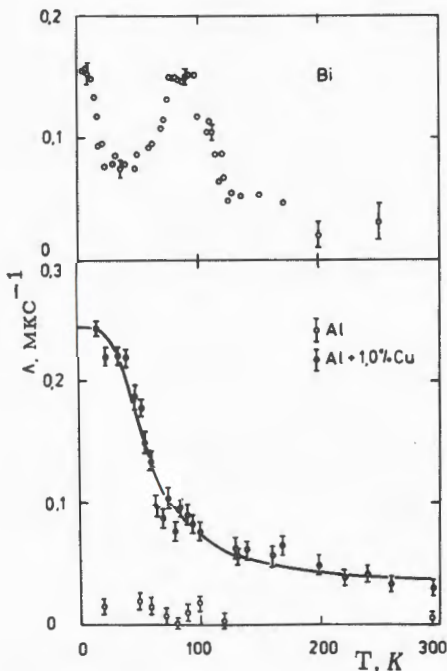


Рис. 23. Температурные зависимости скорости релаксации $\Lambda(T)$ спина μ^+ -мезона в Bi и Al.

сталлической структуры при фазовых переходах первого рода. На этом основании сделан вывод о предпочтительности ранее предложенной модели "временной ямы", учитывающей влияние среды на спектр при прохождении мюоном мезоатомного каскада, перед представлениями, основанными на механизмах формирования спектра, обусловленных самой первой стадией мезоатома.

При исследовании деполяризации отрицательных мюонов в окислах обнаружена "медленная" деполяризация, обусловленная процессами релаксации спина при взаимодействии с парамагнитными центрами.

Новые методы исследований, крупные экспериментальные установки, электроника

Установлен и исследован новый высокоточный режим работы дрейфовых камер, отличающийся от известных до этого времени пропорционального и гейгеровского режимов работы проволочных камер. Характерной особенностью нового режима является высокая загрузочная способность камер, не уступающая пропорциональным /до $3 \cdot 10^6$ имп/с на 1 м сигнальной проволоки/ в сочетании с почти на два порядка большей амплитудой импульса сигналов. Высокоточный режим проявляется в камерах с большими добавками метана и метилала /хорошие результаты дает смесь аргон-метан-метилаль в соотношении 50:33:17/ и с более толстыми, чем обычно, сигнальными проволочками /толщиной 50 ± 100 мкм/. Режим устойчив в широком диапазоне напряжений /3,5-4,5 кВ/ /рис. 24/.

С практической точки зрения новый режим дает ряд преимуществ. Не ограничивая загрузочной способности камеры, он, благодаря большей амплитуде сигналов, существенно увеличивает ее помехозащищенность, позволяет применять более технологичную сигнальную проволоку /50-100 мкм/. Большая амплитуда сигналов позволяет удалять усилители на большее расстояние, что необходимо, например, при совместной работе со стримерными камерами. Кроме

того, упрощаются усилители и существенно ослабляются требования к стабильности их порога.

Начато создание больших трехметровых дрейфовых камер для установки "Позитроний", которые будут работать в сильноточном режиме.

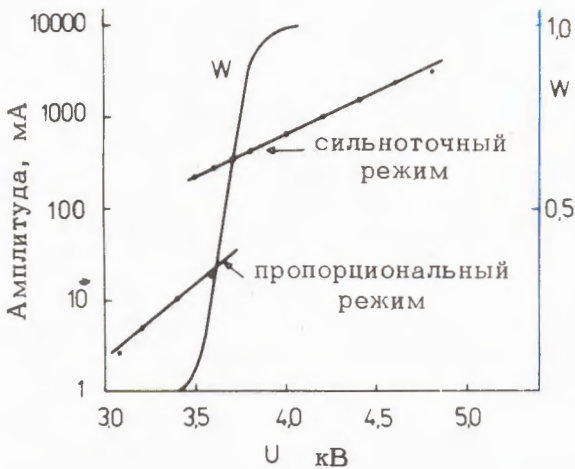


Рис. 24. Зависимость средней амплитуды сигнала от напряжения питания камеры, W - доля сильноточных импульсов.

В завершающей стадии находятся работы по созданию установки РИСК, предназначенной для исследований адронных взаимодействий на серпуховском ускорителе. В Дубне проведены контрольная сборка и испытания установки, которые показали, что созданные узлы соответствуют техническим требованиям и могут быть отправлены в ИФВЭ. Получены стримеры в 1,5-метровой и 3-метровой стримерных камерах. В ноябре 1977 года начат монтаж установки в Протвино. Выполнены работы по формированию пучка для установки РИСК и измерению

его характеристик, с этой целью на пучке размещена необходимая аппаратура, проведен сеанс работы ускорителя. Выполнены измерения топографии магнитного поля пятиметрового электромагнита установки СП-136 в 340000 точках, что обеспечивает необходимую точность восстановления импульсов частиц по их кривизне.

Выполнен большой объем работ по созданию на ускорителе ИФВЭ спектрометрического комплекса "Гиперон". Завершены работы по реконструкции 200-тонного спектрометрического магнита МС-12, проведена полная подготовка к измерению топографии магнитного поля, смонтирован домик экспериментатора. Завершена отладка головной части спектрометра с жидководородной мишенью. Ведется монтаж детекторов вторичных частиц. Изготавливаются пропорциональные и искровые камеры установки, сцинтилляционные годоскопы и черенковские счетчики.

Успешно развиваются работы по созданию установки АРЕС, предназначенной для исследований редких распадов мюонов и пионов и широкого круга задач ядерной физики на сильноточном фазотроне. Созданы две цилиндрические пропорциональные камеры детектора заряженных частиц установки. Изготовлен первый крейт электроники пропорциональных камер на 1024 канала, в котором используются специально разработанные большие гибридные схемы с высокой степенью интеграции. Начато изготовление 150-тонного электромагнита установки.

Создан комплекс установок для измерений времен жизни возбужденных со-

стояний атомных ядер в диапазоне $10^{-6} \div 10^{-10}$ с. В установках использовались магнитно-линзовый бета-спектрометр, сцинтилляционные и полупроводниковые детекторы.

Создана четырех-детекторная установка для измерения γ - γ -угловых корреляций. Установка состоит из четырех германий-литиевых детекторов, спектрометрической аппаратуры, устройства связи с малой ЭВМ и блока автоматики. Аналого-цифровые преобразователи и устройство связи выполнены в стандарте КАМАК.

Продолжалась разработка электронной аппаратуры и оснащение ею экспериментов, проводимых на ускорителях. Разработано 20 новых электронных блоков, в основном, в стандарте КАМАК, изготовлено более 450 блоков, большая часть которых уже используется в экспериментах. Получил дальнейшее развитие лабораторный центр накопления и обработки информации: освоена малая ЭВМ КРС-4201 и операционная система ОС для ЭВМ ЕС-1040. На ЭВМ ЕС-1040 ведутся регулярные расчеты, машина работает в две смены 5 дней в неделю.

Ускорители заряженных частиц

Выполнен комплекс работ по созданию сильноточного фазотрона. Закончен

монтаж, проведена наладка и осуществлены пробные включения модулятора на действующем синхроциклотроне. При работе модулятора на синхроциклотроне достигнуто регулирование амплитуды ускоряющего напряжения на глубину $30 \div 100\%$ в каждом из 20 временных интервалов.

Выполнен монтаж высокочастотного генератора и системы связи установки "Ф" на макете резонансной системы ускорителя. Получена устойчивая работа генератора в рабочем диапазоне частот с неравномерностью напряжения на кромке дуанта не более $\pm 10\%$. Устранены паразитные колебания в схеме генератора. Найден вариант системы связи, обеспечивающий оптимальные условия работы генератора и получение максимального ускоряющего напряжения.

Разработан технический проект системы электростатического вывода пучка. Проведено испытание модели секции железно-токового канала для системы вывода пучка из камеры установки "Ф", получены проектные параметры. Закачивается изготовление железно-токовой секции канала. Проведено исследование новых датчиков Холла ДХ-612, разработан и отлажен прибор для измерения магнитного поля.

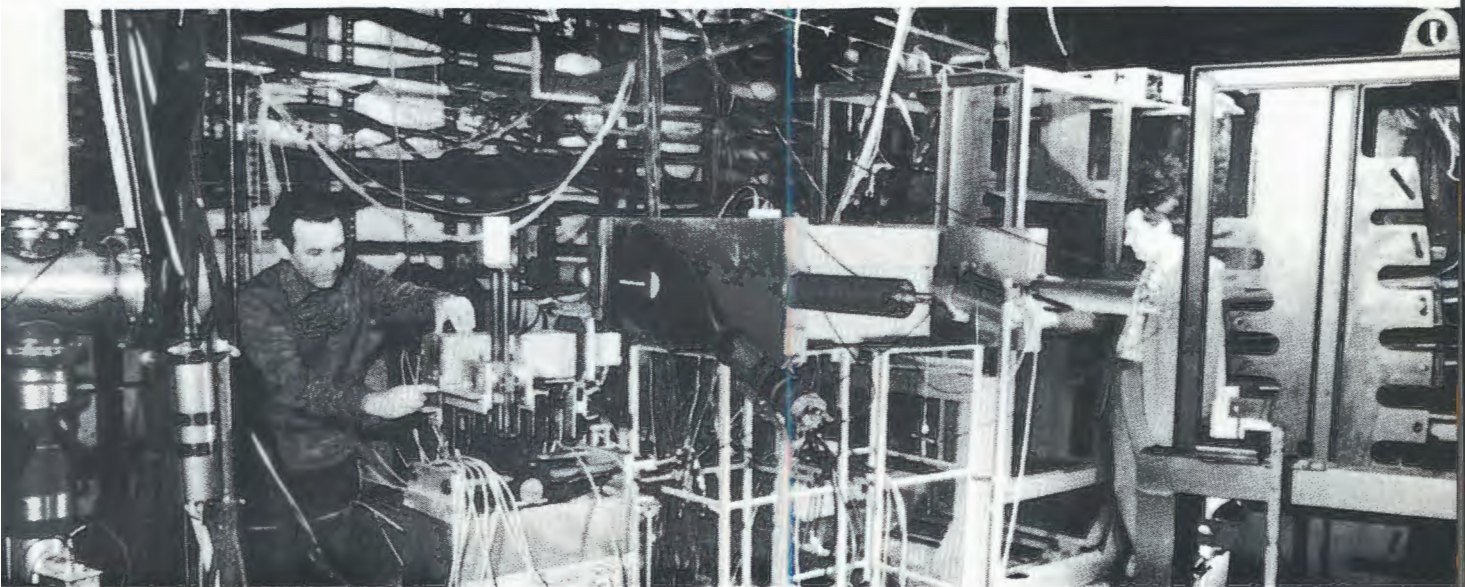
Большим достижением коллективов ОИЯИ и Института ядерной физики Чехословацкой АН /Ржеж/ явился ввод в действие в ИЯФ ЧСАН изохронного циклотрона У-120М с глубокой регулируемой энергией, разработанного и изготовленного в ОИЯИ. Циклотрон имеет спиральную структуру магнитного поля, он позволяет ускорять протоны до энергии 40 МэВ, дейтроны - до 20 МэВ, ядра гелия-3 - до 40 МэВ и ядра гелия-4 - до энергии 50 МэВ.

Работа синхроциклотрона

№№ пп	Вид работы	Время /в часах/	%
1.	Запланированное время работы, в том числе:	6394	100
а/	экспериментальные исследования по физике	5650	88,4
б/	исследования отдела синхроциклотрона	200	3,1
в/	подготовка к работе физической аппаратуры и технологическая подготовка ускорителя	532	8,3
г/	эксплуатационные простои	12	0,2

№№ пп	Вид работы	Время /в часах/
2.	Ремонтные и монтажно-наладочные работы	2066
3.	Остановки в праздничные дни	300
Итого: календарное время		8760
4.	Работа мезонного тракта	2440
5.	Работа системы "магнитной растяжки"	2350
6.	Работа протонного тракта	534
7.	Работа системы "ВЧ-растяжки"	1134

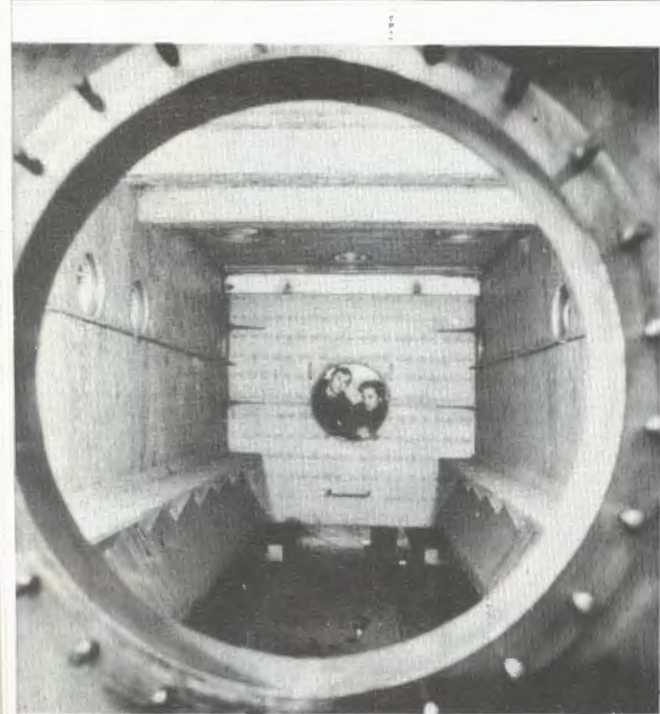
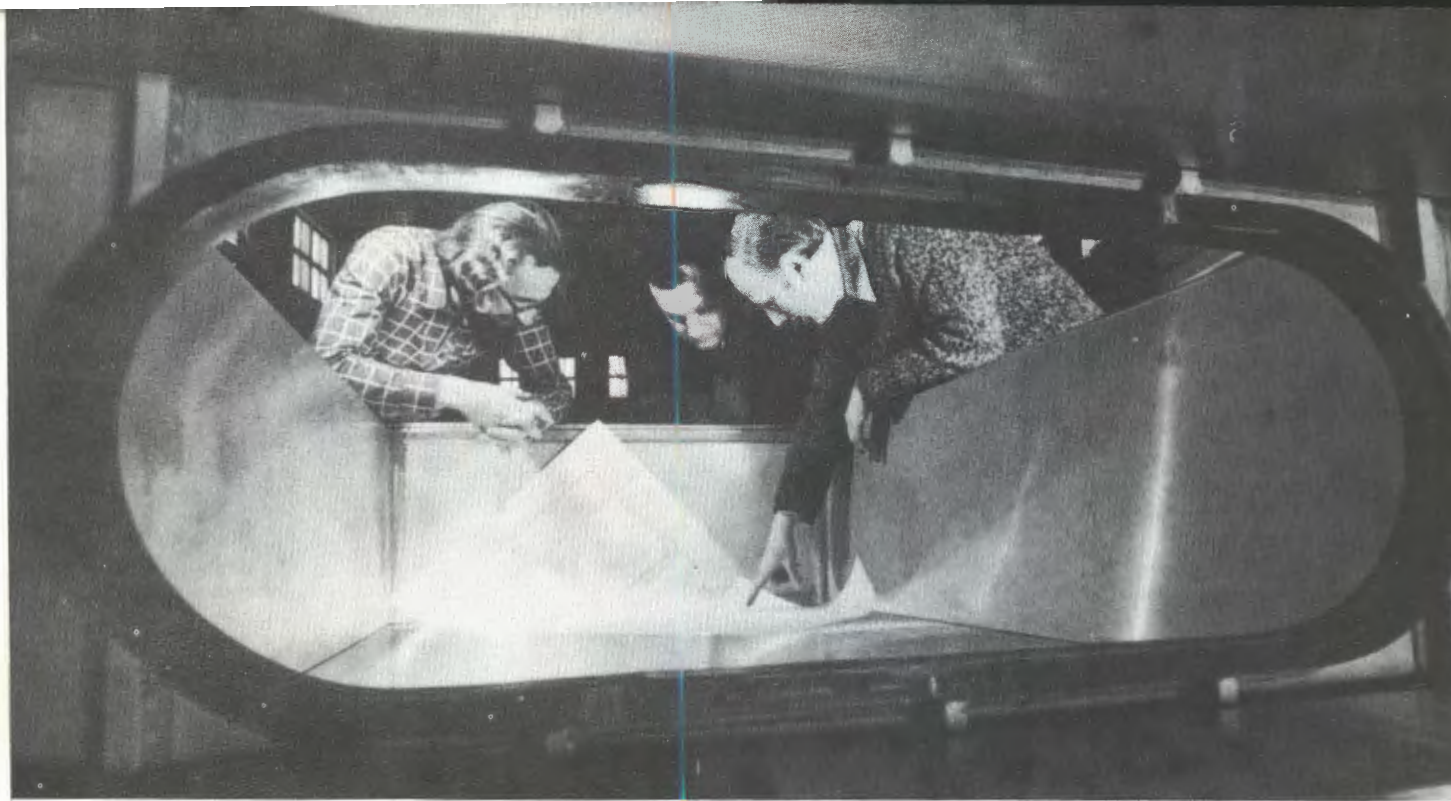
Большой объем работ выполнен по созданию спектрометрического комплекса "Гиперон" для экспериментов на серпуховском ускорителе. На снимке: монтаж искровых камер.



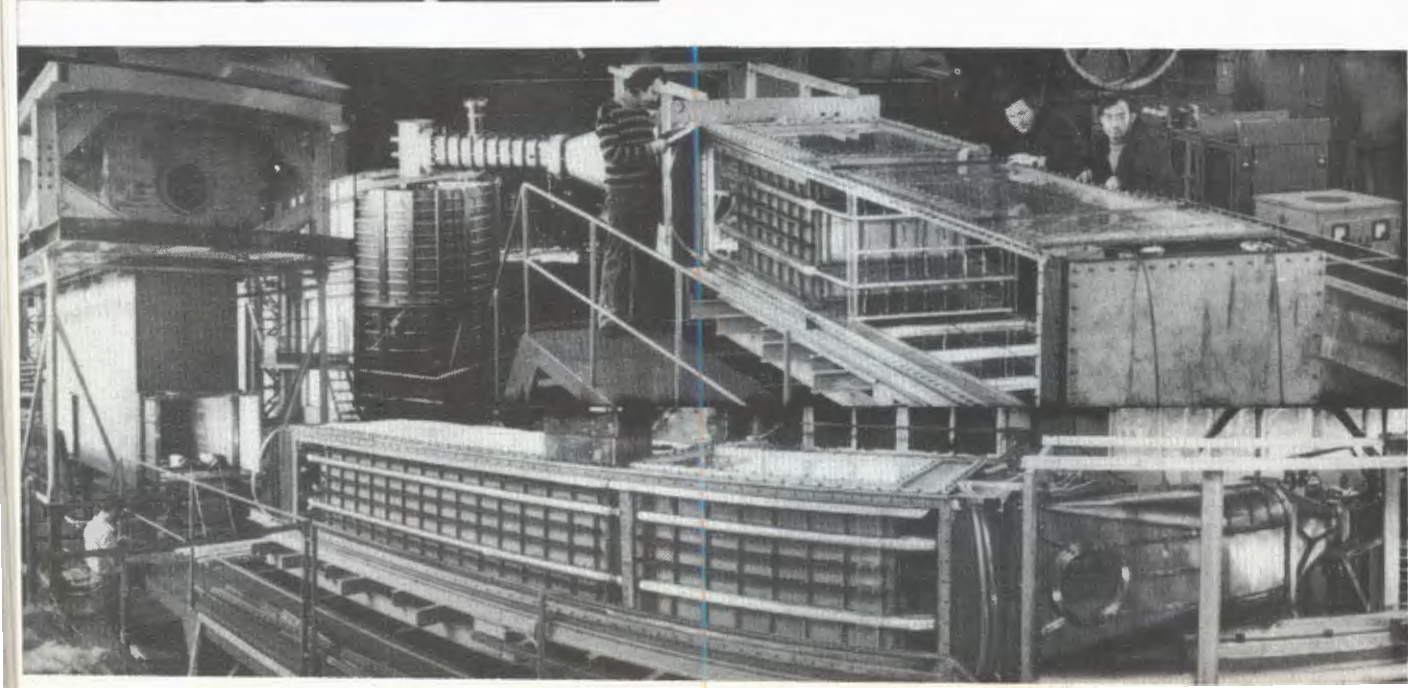
В ИФВЭ осуществлен монтаж установки "Проза", предназначенной для измерения поляризации в обменном p -рассеянии.

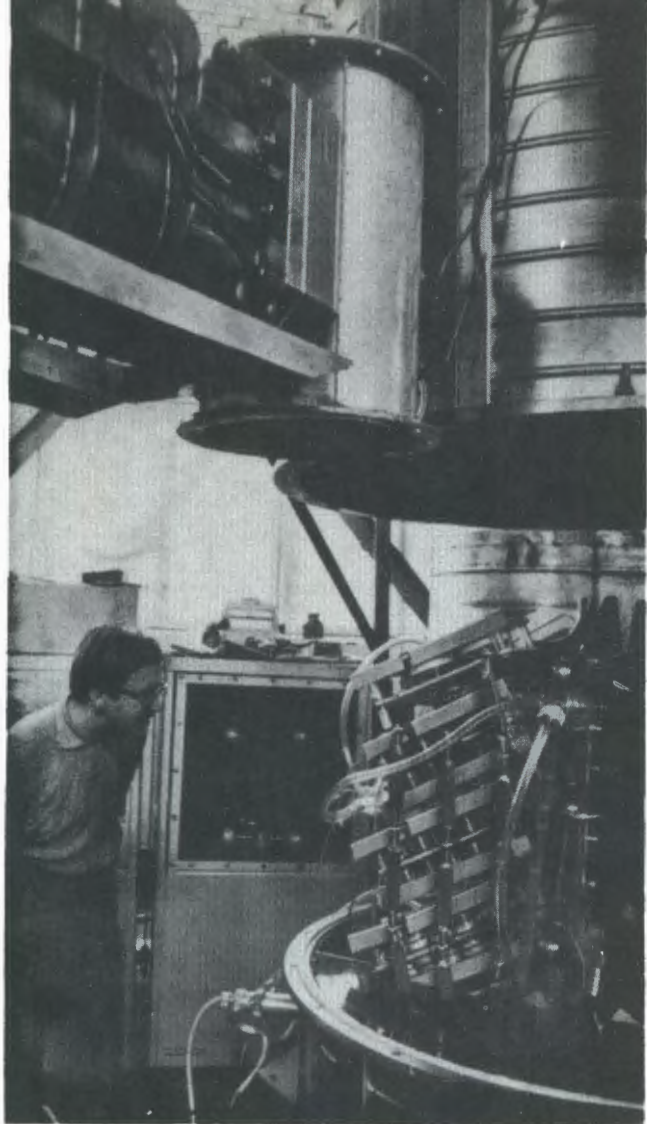


На нейтринном пучке ускорителя ИФВЭ проведено облучение фотозуммисий с использованием искрового спектрометра в качестве системы целеуказаний. Опыт подтвердил перспективность этой методики.

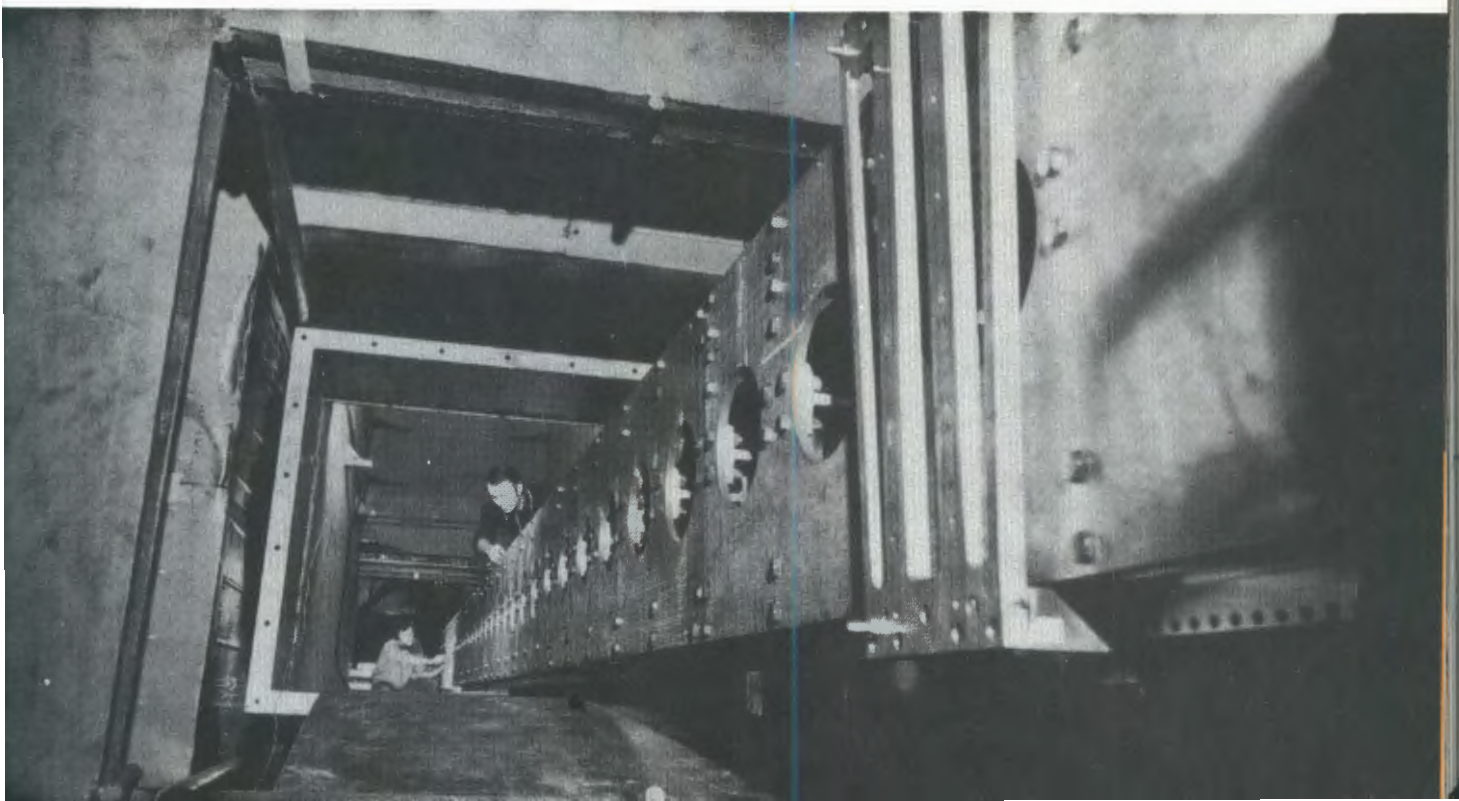


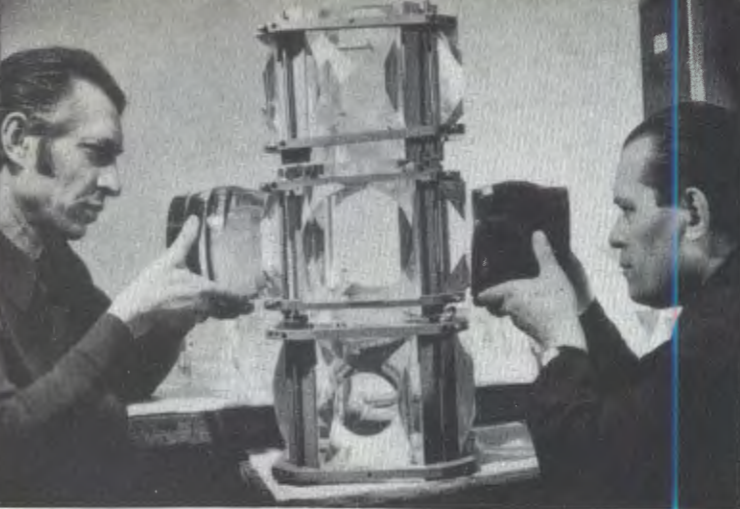
В Дубне успешно проведены контрольная сборка и испытания установки РИСК, предназначенной для исследований адронных взаимодействий на серпуховском ускорителе. Начат монтаж установки в ИФВЭ. В создании основных узлов принимали участие специалисты ОИЯИ и институтов ГДР. На снимках: газовый кожух в процессе сборки /слева/; высоковольтный генератор и стримерная камера установки /справа/; общий вид спектрометра /внизу/.



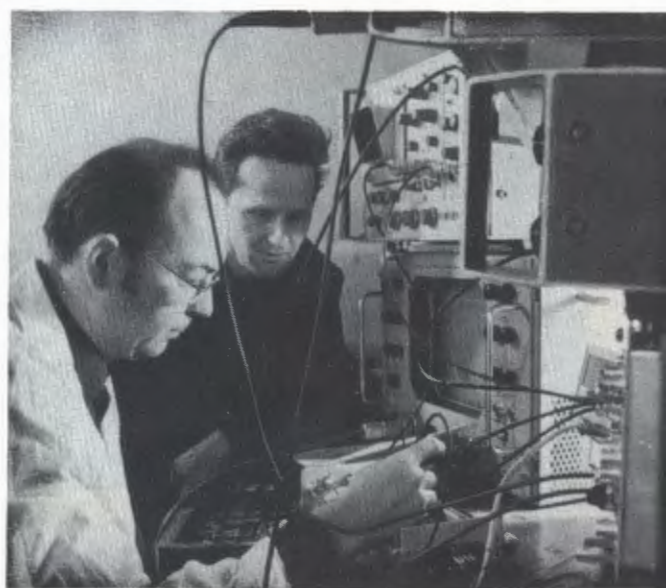
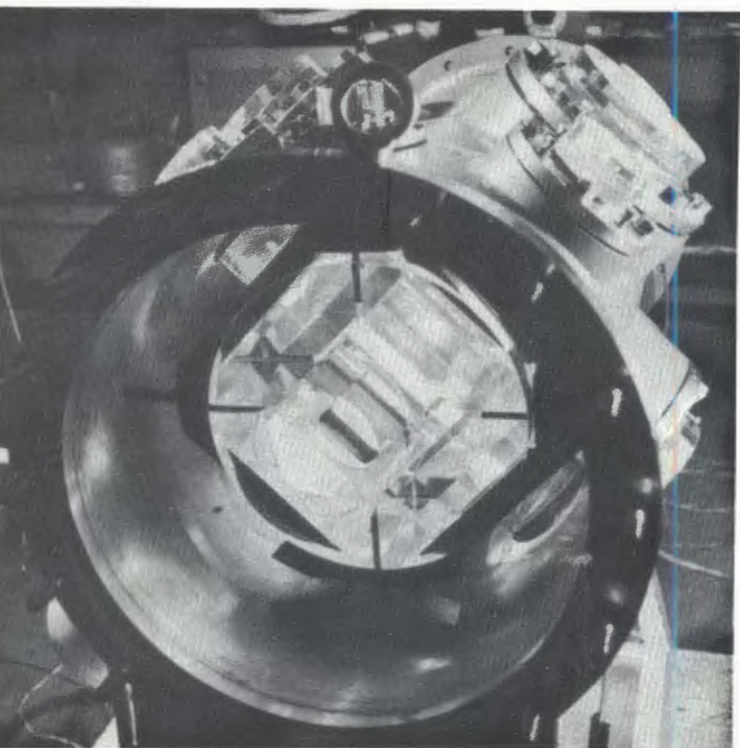


Идут измерения топографии магнитного поля.



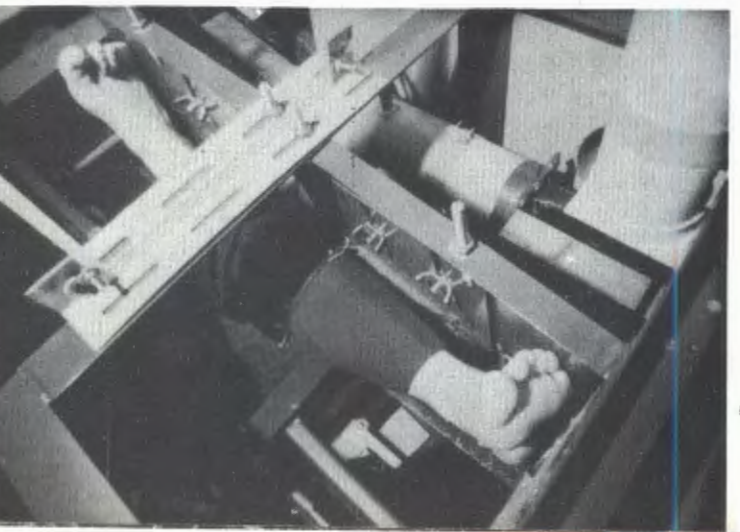


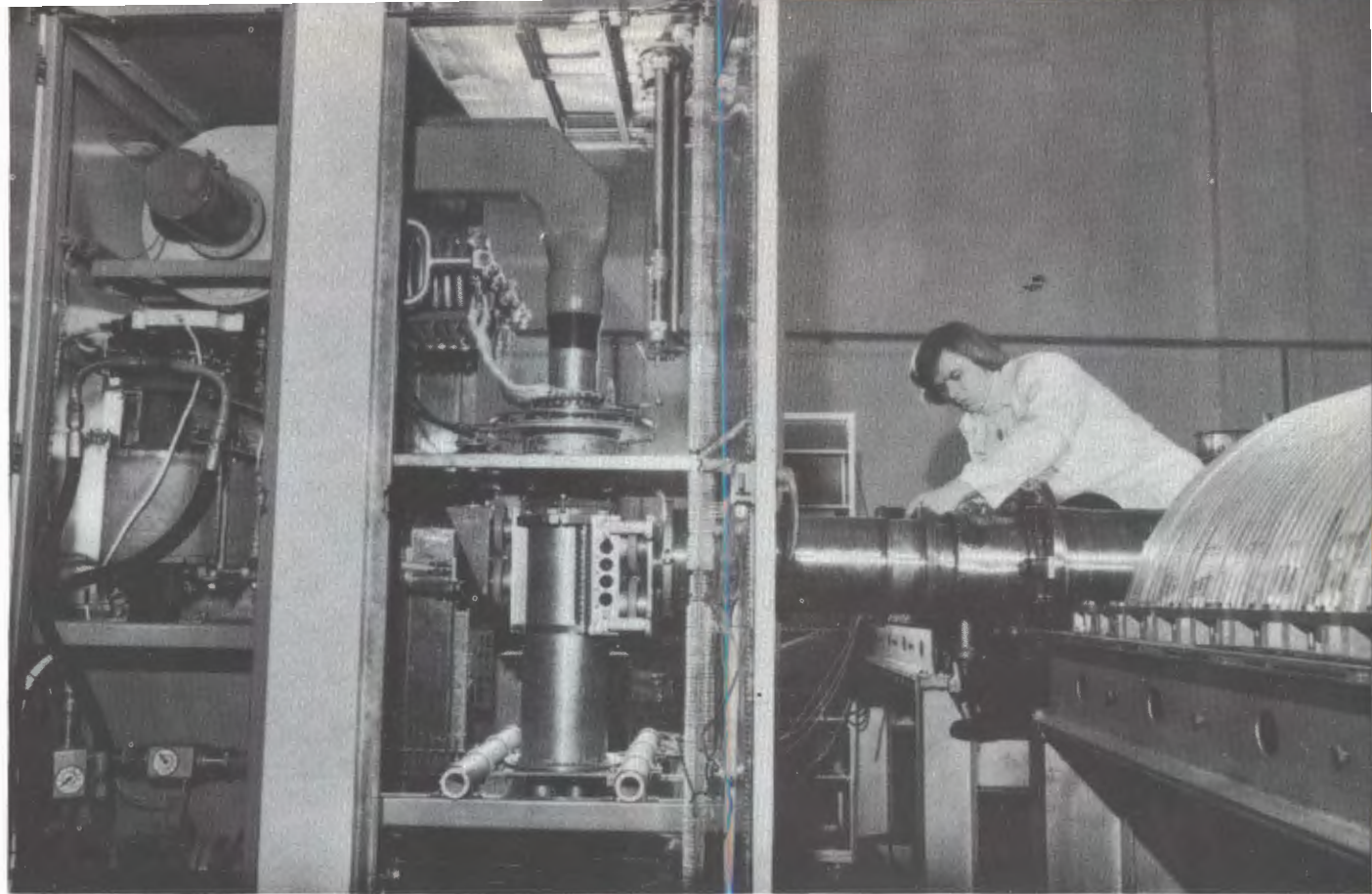
Блок сцинтилляционных детекторов установки "Пион", создаваемой для исследования процессов рассеяния π -мезонов низких энергий на ядрах.



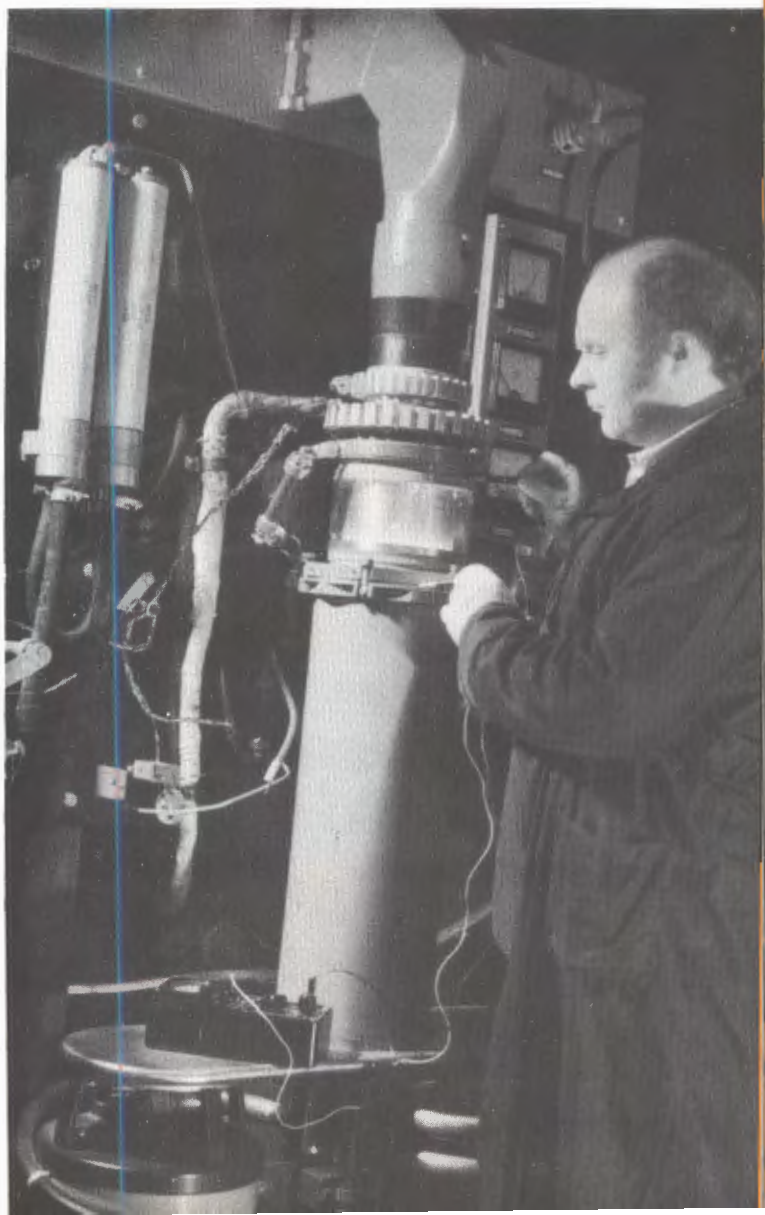
Продолжалась разработка системы блоков электронной аппаратуры для оснащения экспериментов, проводимых на ускорителях. На снимке: наладка аппаратуры для управления синхроциклотроном.

Совместно с Институтом медико-биологических проблем МЗ СССР выполнен эксперимент по изучению с помощью отрицательных мюонов изменений элементного состава костной ткани человека, наступивших в результате длительного состояния неподвижности.





Ведутся работы по реконструкции синхроциклотрона в сильноточный фазотрон. На снимке: монтаж высокочастотного генератора и системы связи установки "Ф" на макете резонансной системы ускорителя.



Модулятор установки "Ф".

Лаборатория ядерных реакций

Основные усилия коллектива лаборатории в течение истекшего года были направлены на поиск и синтез новых тяжелых и сверхтяжелых элементов, на работы по созданию нового ускорителя У-400 и усовершенствование ускорителей тяжелых ионов У-300 и У-400. Получили дальнейшее развитие работы по использованию пучков тяжелых ионов для решения научно-технических задач и совершенствованию методов активационного анализа.

Научно-исследовательские работы

Поиск
сверхтяжелых элементов
в природных материалах

После обнаружения нового излучателя спонтанного деления в веществе некоторых метеоритов в качестве следующего основного объекта исследований была выбрана вода геотермальных источников полуострова Челекен, богатая тяжелыми металлами. Около 2000 м³ рассола было пропущено через колонку с 850 кг анионо-обменной смолы. Измерялась активность спонтанного деления смолы и минеральных фракций, полученных в результате смыва со 170 кг исходной смолы. Общий объем раствора /смесь различных кислот/, из которого проводилось осаждение гидроокиси железа и фосфата железа, составлял ~2500 л, общий вес сухого остатка - 5 кг.

Детектирование актов спонтанного деления проводилось методом регистрации совпадений мгновенных нейтронов деления. Распределение наблюдаемых событий по числу зарегистрированных нейтронов позволяло судить о среднем числе



мгновенных нейтронов спонтанного деления $\bar{\nu}$. Измерения проводились с помощью двух однотипных установок, имеющих максимальную эффективность регистрации одиночных нейтронов 38% и 58%. Для исключения фона, вызываемого космическими лучами, установки помещались в соляную шахту на глубину 1100 м водного эквивалента и защищались от космических мюонов системой счетчиков Гейгера-Мюллера. Эффективность регистрации актов спонтанного деления изменялась от $15 \pm 30\%$ при $\bar{\nu} > 2$ до $\sim 50\%$ и выше при $\nu \geq 4$. Результаты измерений 9 кг насыщенной смолы и 5 кг осадков приведены в таблице. Содержание урана в смоле и осадках составляло $2 \div 3 \cdot 10^{-8} \text{ г/г}$ и $\sim 10^{-7} \text{ г/г}$ соответственно. Фон от спонтанного деления урана $1/\bar{\nu} \approx 1,99/$ не превышал $5 \div 7$ событий в год.

Данные в трех последних строках таблицы показывают, что собственный фон установки и фон от взаимодействий космических мюонов пренебрежимо мал в сравнении с наблюдавшимся эффектом. На рис. 25 показано распределение по

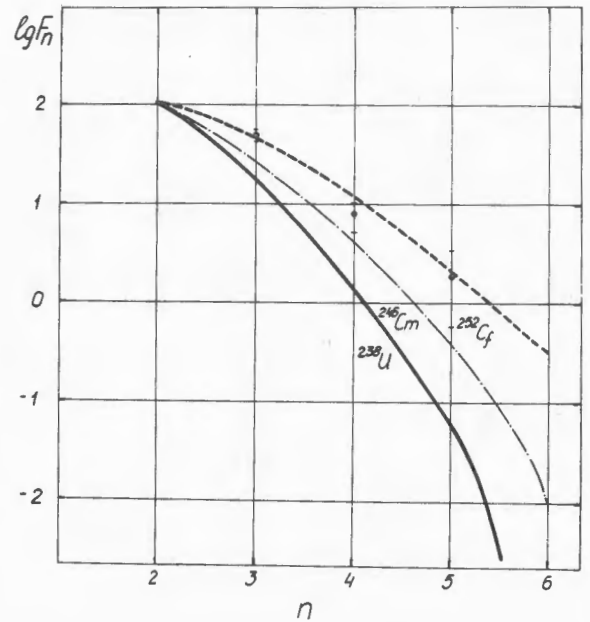


Рис. 25. Распределение событий по кратностям, полученное путем суммирования результатов для насыщенной смолы и продуктов смыва при эффективности регистрации одиночных нейтронов 27, 38, 39 и 54%. Для сравнения показаны аналогичные распределения, полученные в идентичных условиях для изотопов ^{238}U ($\bar{\nu} = 1,99$), ^{246}Cm ($\bar{\nu} = 2,96$) и ^{252}Cf ($\bar{\nu} = 3,756$).

Таблица

Наименование образца	Вес (кг)	(%)	Время (дни)	Число событий с кратностью				
				n=2	n=3	n=4	n=5	n=6
Насыщенная смола	9	27	88	31	10	1	0	0
Минеральная фракция, содержащая 170 кг смолы		38	10	28	14	1	0	1
	5	39	7	16	16	3	0	0
		54	6	23	10	3	1	0
фон	-	27-54	200	0	0	0	0	0
оргстекло	10	27	50	0	0	0	0	0
свинец	150	30	5	0	0	0	0	0

кратностям событий, представленных в таблице. Помимо экспериментальных точек представлены расчетные кривые распределения по кратностям ^{238}U , ^{242}Sm и ^{252}Cf . Распределения для активности в смоле и осадках, как видно из рисунка, мало отличаются от кривой для ^{252}Cf . Изотоп ^{252}Cf в экспериментах не использовался, поэтому трудно связать эффект, полученный от различных проб смолы, с загрязнением этим изотопом. Возможное загрязнение образцов изотопами ^{246}Cm , ^{248}Cm и ^{249}Cf , которые использовались в качестве циклотронных мишеней, контролировалось путем измерения альфа-активности проб. Это позволило установить, что предел уровня фона, обусловленного загрязнением, не превышал одного деления за 20 суток для всех образцов.

Из полученных данных следует, что в исследуемых образцах, так же как и метеоритах, присутствуют неизвестные долгоживущие спонтанно делящиеся ядра. Можно предположить, что они принадлежат к области СТЭ. Для подтверждения этого предположения необходимо продолжать эксперименты по определению характеристик нового нуклида: особенностей спонтанного деления, атомного номера и массового числа.

Разработан независимый метод идентификации сверхтяжелых элементов, нечувствительный к загрязнению сверхмалыми количествами тяжелых трансурановых элементов. Метод позволяет идентифицировать $\sim 10^8$ атомов СТЭ в специально подготовленных образцах-мишенях с использованием вынужденного деления под действием α -частиц. Для этой цели проведено усовершенствование ускорителя У-200, достигнута плавная вариация энергии в пределах 35% и повы-

шена монохроматичность пучка альфа-частиц до десятых долей процента.

Измерены длины трековтяжелых космических ядер с $Z > 50$ в 520 мм^3 оливинов из метеоритов Марьялахти, Игл Стейшн, Липовский Хутор. Полученные значения распространенности ядер в интервалах атомных номеров 50-60, 60-70, 70-83, 90-92 удовлетворительно согласуются с распространенностью соответствующих групп элементов в Солнечной системе. Установлена нижняя граница распространенности ядер с $Z > 108$ в галактическом веществе на уровне $\sim 2 \cdot 10^{-9}$ от распространенности ядер группы железа /рис. 26/. Проведено определение доатмосферных размеров метеорита Липовский Хутор, имеющего возраст /определенный радиационным методом/ ~ 200 млн.лет.

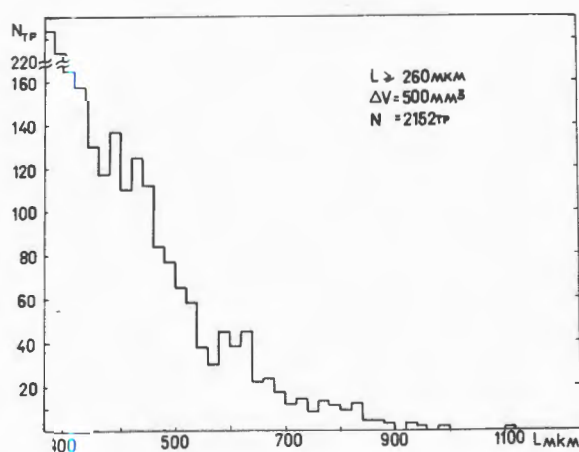


Рис. 26. Распределение длин следов ядер с $Z \geq 70$ из космических лучей, полученное при исследовании кристаллов оливина из метеорита Марьялахти.

Синтез и исследование свойств трансфермиевых элементов

Проведены эксперименты, нацеленные на синтез изотопов 108 элемента в реакциях полного слияния $^{226}\text{Ra} + ^{48}\text{Ca}$. Свойства изотопа 108 элемента /с числом нейтронов 163/, который может быть получен в реакции $^{226}\text{Ra}(^{48}\text{Ca}, 3n)$, представляют значительный интерес, так как этот изотоп является промежуточным между областью известных нуклидов с $Z \leq 107$ и ядрами, принадлежащими новой области стабильности, с $Z \sim 114$ и $N \sim 184$. По оценкам, период полураспада этого изотопа относительно спонтанного деления должен быть ~ 1 с, период альфа-распада ~ 10 с.

Для облучений высокоактивной мишени из радия была изготовлена специальная установка, предназначенная для работы на внутреннем пучке циклотрона У-300. Детектирование 108 элемента велось как по спонтанному делению, так и по альфа-распаду ^{255}Fm , который является продуктом цепочки альфа-распадов $^{271}\text{108}$. Для этого проводилось химическое выделение фракции Cf-Md, в которой велся поиск альфа-распада ^{255}Fm . В результате облучения мишени из радия ионами ^{48}Ca с энергией 233 МэВ при интегральном потоке ионов $3 \cdot 10^{15}$ и толщине мишени 150 мкг/см^2 не было обнаружено ни одного события спонтанного деления с $T_{1/2} > 1,5 \text{ мс}$ и не был обнаружен альфа-распад ^{255}Fm . Определенная из этих экспериментов верхняя граница для сечений образования равна $\sim 10^{-33} \text{ см}^2$ для спонтанного деления $^{271}\text{108}$ и $\sim 3 \cdot 10^{-33} \text{ см}^2$ - для альфа-распада.

Поскольку по оценкам сечение рассматриваемой реакции не должно превышать 10^{-33} см^2 , необходимо повысить чувствительность экспериментов в

$10 \div 30$ раз. Эти эксперименты предполагается выполнить на ускорителе У-400, где интенсивность ионов ^{48}Ca должна быть $\sim 10^{14} \text{ част./с}$.

Продолжались эксперименты по синтезу тяжелых изотопов трансфермиевых элементов на базе тяжелых трансурановых мишеней /плутоний-244, берклий-249, калифорний-249/ и пучков ионов ^{16}O , ^{18}O , ^{22}Ne , ускоренных на изо-

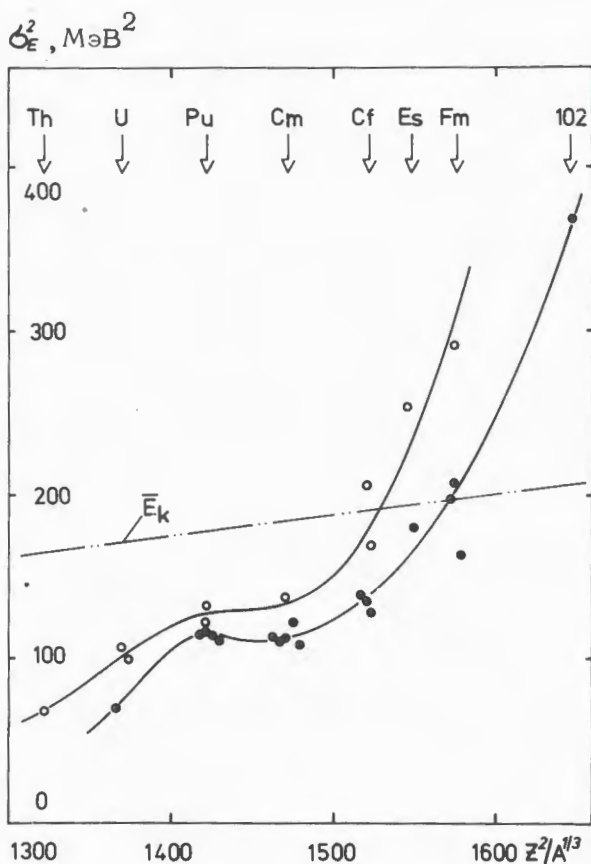


Рис. 27. Зависимость дисперсии энергии осколков σ_E^2 при спонтанном делении /черные точки/ и делении тепловыми нейтронами /светлые точки/ от кулоновского параметра начального ядра $Z^2/A^{1/3}$. Штрих-пунктирная линия - зависимость средней кинетической энергии осколков \bar{E}_k от $Z^2/A^{1/3}$.

хронном циклотроне У-200. Изотоп ^{261}Ns , обнаруженный в ОИЯИ в 1970 году при облучении ^{243}Am ионами ^{22}Ne , на этот раз был синтезирован в реакции $^{249}\text{Bk}({}^{16}\text{O}, 4n){}^{261}\text{Ns}$ с сечением, в 2 раза большим, чем в первом случае. Его свойства $T_{s.f.} \sim 2$ с/ целиком совпадают с прежними данными.

В результате исследования характеристик деления очень тяжелых ядер найдена новая зависимость: регулярное и необычно сильное увеличение флуктуаций энергии осколков деления с ростом числа протонов Z в ядре или кулоновского параметра $Z^2/A^{1/3}$. Существующие в настоящее время теории модели деления пока не позволяют ни количественно, ни даже качественно описать наблюдаемые закономерности /рис. 27/.

Синтез
и изучение свойств ядер,
удаленных от линии
бета-стабильности

Экспериментально исследовалось запаздывающее деление нейтронодефицитных изотопов Am , Bk , Es и Md . Эти изотопы были получены в реакциях с ^3He , а также с ионами ^{12}C и ^{14}N . Измерены вероятности запаздывающего деления при К-захвате ядер $^{234}\text{Am} / T_{1/2} = 2,6$ мин/, $^{240}\text{Bk} / T_{1/2} = 5$ мин/, $^{244}\text{Es} / T_{1/2} = 35$ с/, $^{246}\text{Es} / T_{1/2} = 7$ мин/, $^{250}\text{Md} / T_{1/2} = 50$ с/. Значения этих вероятностей позволяют судить о форме барьера деления нейтронодефицитных ядер Pu , Cm , Cf и Fm . Анализ вероятностей запаздывающего деления, а также периодов спонтанного деления

и сечений образования указанных ядер показал, что высота внутреннего барьера остается постоянной ~ 6 МэВ/ в диапазоне $Z = 90 \div 100$ и $A = 230 \div 250$, в то время как высота внешнего барьера падает с ростом Z .

Завершена обработка результатов исследований свойств излучателей запаздывающих протонов среди изотопов Ba ($A = 117, 119, 121$). Получены данные о величине $(Q_0 - B_p)$ и структуре силовых функций β -распада при энергиях возбуждения $\sim 3 \div 6$ МэВ. При исследовании свойств изотопа ^{116}Cs установлено существование у него двух изомерных состояний, различающихся по периодам полураспада и типу испускаемых при распаде запаздывающих частиц.

Механизм
взаимодействия
тяжелых ионов
с ядрами

Изучались закономерности распада двойной ядерной системы, формирующейся в глубоконеупругих столкновениях сложных ядер. В реакциях $^{107,109}\text{Ag} + {}^{40}\text{Ar}$, $^{197}\text{Au} + {}^{40}\text{Ar}$ при энергии 300 МэВ, $^{197}\text{Au} + {}^{20}\text{Ne}$ при энергии 110 МэВ и $^{107,109}\text{Ag} + {}^{11}\text{B}$ при энергии 87 МэВ были измерены энергетические спектры и сечения образования около 200 изотопов элементов от Li до Cl для угла вылета 40° . В последних двух реакциях измерены также элементные угловые распределения.

Показано, что Q_{qq} -систематика, опи-

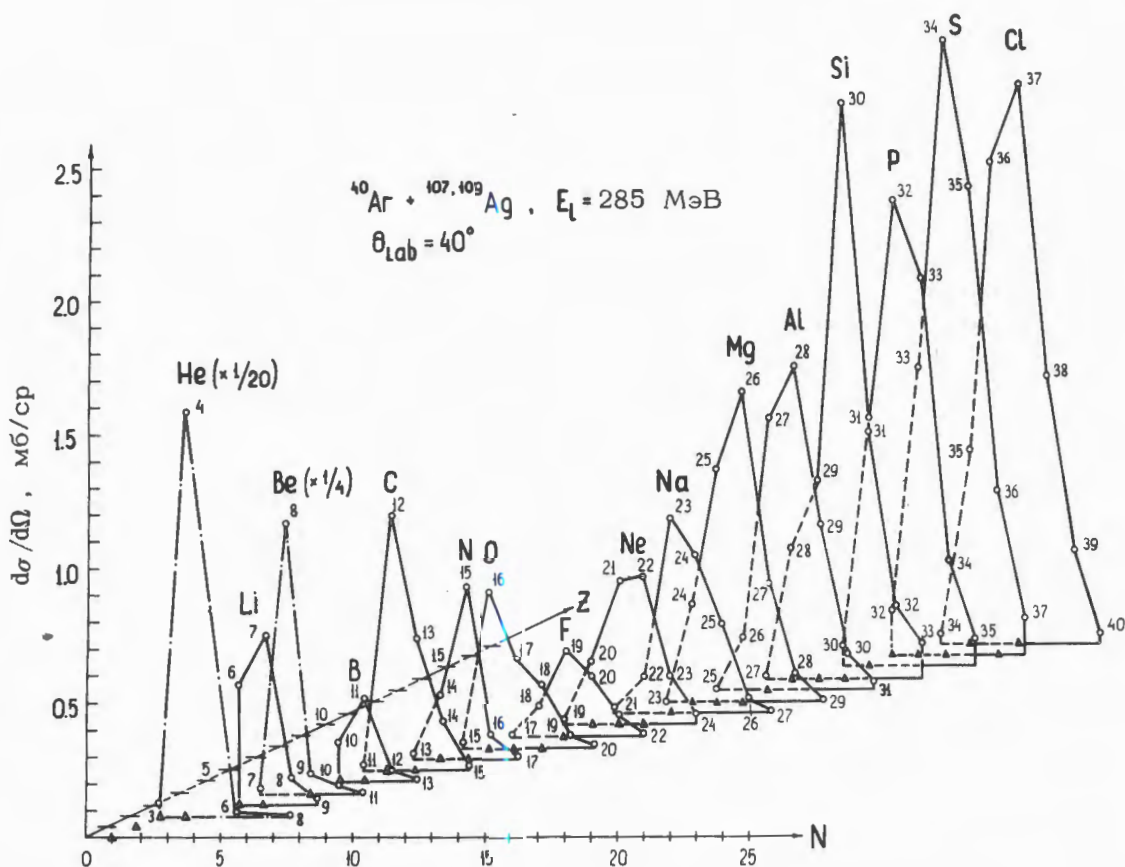


Рис. 28. Дифференциальные сечения образования изотопов элементов от гелия до хлора из реакции $^{107, 109}\text{Ag} + ^{40}\text{Ar}$ при энергии облучения 285 МэВ и угле регистрации 40° . По горизонтальной оси отложено число нейтронов и протонов в изотопе. Данные для изотопа гелия и ^8Be получены экстраполяцией по Q_{qq} -систематике. Черные треугольники показывают стабильные изотопы.

сывающая сечения образования изотопов в глубоконеупругих передачах, выполняется и в реакциях с наиболее тяжелыми ионами /рис. 28/. Установлено, что отклонение от Q_{qq} -систематики связано с влиянием вторичных ядерных процессов - испарением нуклонов и α -частиц из возбужденного продукта.

Обнаружено сильное влияние ядерной структуры легких фрагментов глубоко-

неупругих передач на характеристики реакций /рис. 29/.

Выявлена значительная динамическая деформация тяжелого фрагмента в глубоконеупругих передачах. Деформация, обусловленная большим угловым моментом двойной ядерной системы, достигает величины ~ 3 /отношение большой и малой полуосей эллипсоида вращения, аппроксимирующего форму фрагмента/.

Изучались спектры кинетических энергий и массовые распределения продуктов деления ядер с $Z \geq 110$. Были измерены полная кинетическая энергия и ее дисперсия в широком диапазоне Z и A составных ядер, а также зависимость полной кинетической энергии от энергии возбуждения составного ядра и асимметрии разделения. Симметричные массовые распределения осколков деления при большой энергии возбуждения становятся асимметричными при уменьшении энергии с максимумом вблизи $A \sim 200 \div 210$ /рис. 30/. Измеренные угловые распределения продуктов с $A \sim 200 \div 210$ имеют маленькую анизотропию в отличие от глубоконеупругих реакций, для них также не наблюдается подъем в сечении для касательного угла рассеяния. Такое поведение для

угловых распределений соответствует процессу деления /рис. 31/. Совокупность экспериментальных результатов позволяет сделать вывод о проявлении оболочечных эффектов при делении слабозбужденных составных ядер с $Z \geq 110$.

Были изучены угловые распределения упруго рассеянных ионов ^{40}Ca , ^{48}Ca , ^{40}Ar , ^{48}Ti на мишени из ^{208}Pb . Полученные экспериментальные данные анализировались в рамках полуклассической модели упругого рассеяния, разность радиусов взаимодействия для ионов ^{40}Ca и ^{48}Ca равна $\Delta R = /0,19 \pm 0,03/ \text{Фм}$, что согласуется со стандартным приращением радиуса для зависимости $R \sim r_0 (A_1^{1/3} + A_2^{1/3})$, где A_1 и A_2 - массы иона и ядер мишени соответственно /рис. 32/.

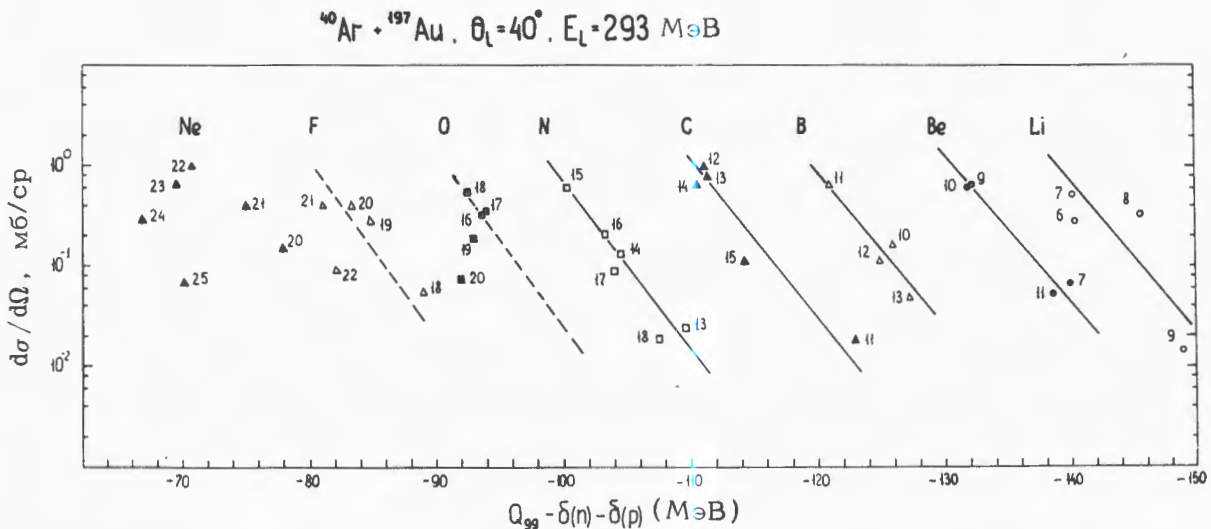


Рис. 29. Q_{qq} -систематика дифференциальных сечений образования изотопов элементов от лития до хлора из реакции $^{40}\text{Ar} + ^{107,109}\text{Ag}$ при энергии облучения 285 МэВ и угле регистрации 40° . По оси абсцисс отложена величина $Q_{qq} = (M_1 + M_2) - (M_3 + M_4)$ с учетом поправок на неспаренность нейтронов и протонов, переданных из ядра ^{40}Ar ядру серебра. Сделано усреднение по двум изотопам серебра.

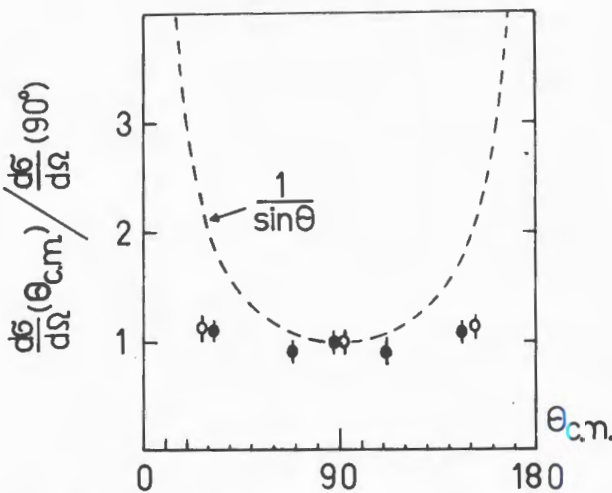
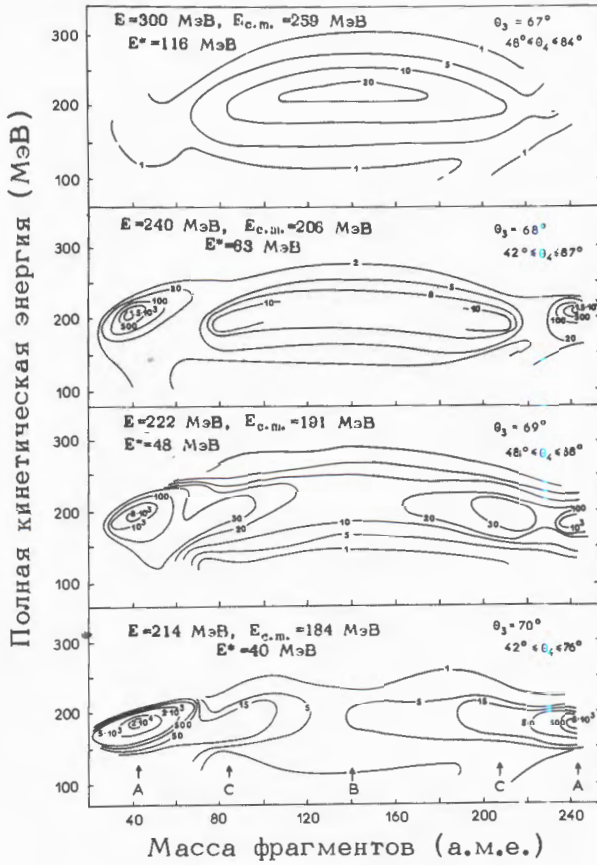


Рис. 31. Угловое распределение продуктов реакции $^{40}\text{Ar} + ^{243}\text{Am}$ в области масс 70-110 при энергии ионов ^{40}Ar , равной 222 МэВ /черные точки/ и 300 МэВ /светлые точки/.

Рис. 30. Зависимость полной кинетической энергии продуктов реакции $^{243}\text{Am} + ^{40}\text{Ar}$ от их массы для четырех энергий бомбардирующих ионов.

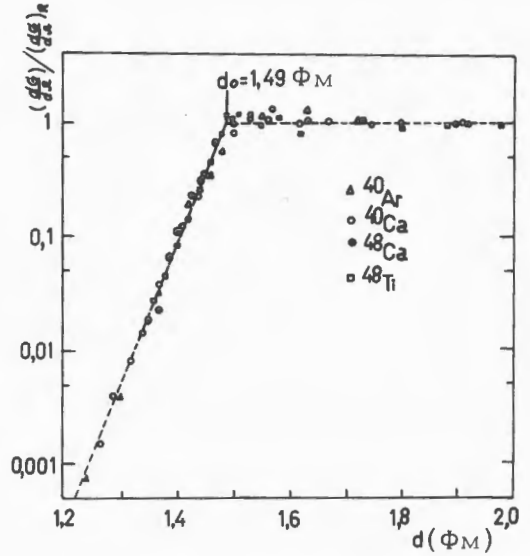


Рис. 32. Зависимость отношений сечений упругого рассеяния к сечению резерфордского рассеяния ионов ^{40}Ar , ^{40}Ca , ^{48}Ca и ^{48}Ti на ядрах ^{208}Pb от параметра $d = D / (A_1^{1/2} + A_2^{1/3})$, характеризующего расстояние наибольшего сближения взаимодействующих ядер.

Изучение структуры ядра спектрометрическими методами

Для изученных ранее с помощью метода теней составных ядер ^{250}Cf , ^{256}Fm и $^{260}\text{102}$ выполнены расчеты ширины распада и сечений (НН, хп) реакций /рис. 33/ в статистическом подходе.

Проведены эксперименты по измерению времен жизни составных ядер с помощью эффекта теней при облучении монокристалла UO_2 ионами ^{27}Al и ^3He . Реакция $^{238}\text{U}(^{27}\text{Al}, f)$ была изучена на ускорителе У-300. Полученные времена жизни для составного ядра с $Z = 105$ равны $\sim 1/3 \div 5 \cdot 10^{-18}\text{с}$ и практически не

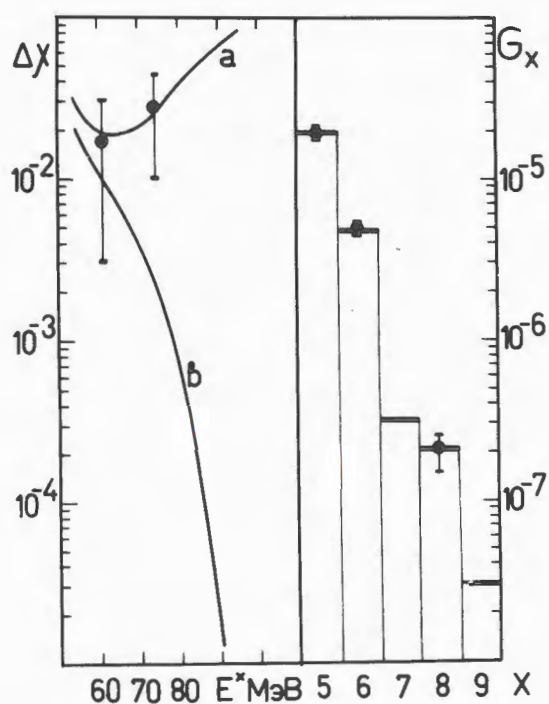


Рис. 33. Зависимость величины $\Delta\chi$, характеризующей время жизни составного ядра в реакции $^{238}\text{U}(^{18}\text{O}, \text{xnf})$, от энергии возбуждения; "а" - для всей реакции, "б" - для первой ступени испарительного каскада. Справа дано сравнение расчетных и экспериментальных величин G_χ , характеризующих сечения (Hl, xn) реакций.

отличаются от результатов, полученных для составного ядра с $Z = 102$.

Реакция $^{238}\text{U}(^3\text{He}, \text{f})$ изучалась на циклотроне У-120 ИЯФТ /Бухарест/. Показано, что при энергии возбуждения ~ 42 МэВ время жизни составного ядра ^{241}Pu $\sim 2,8 \pm 0,9 \cdot 10^{-17}$ с /рис. 34/.

Завершена обработка результатов эксперимента по изучению процесса заселения и распада высокоспиновых уровней изотопов ^{156}Er и ^{160}Er , образующихся в реакции $^{120, 124}\text{Sn}(^{40}\text{Ar}, 4\text{n})$. Показано, что время заселения высокоспиновых уровней существенно увеличивается при

переходе от деформированных ядер к области переходных ядер. Несмотря на существенное изменение углового момента составного ядра, время заселения уровней мало зависит от энергии бомбардирующих частиц /рис. 35/.

С помощью магнитного спектрографа со ступенчатыми полюсами /МСП-144/ исследованы зарядовые состояния ионов ^{147}Dy и ^{199}Po - продуктов ядерных реакций $^{113}\text{Cd}(^{40}\text{Ar}, 6\text{n})^{147}\text{Dy}$ и $^{164}\text{Dy}(^{40}\text{Ar}, 5\text{n})^{199}\text{Po}$.

Полученный средний заряд ионов значительно превышает расчетный, что объясняется наличием у ядер Dy и Po сильноконвертированных низколежащих

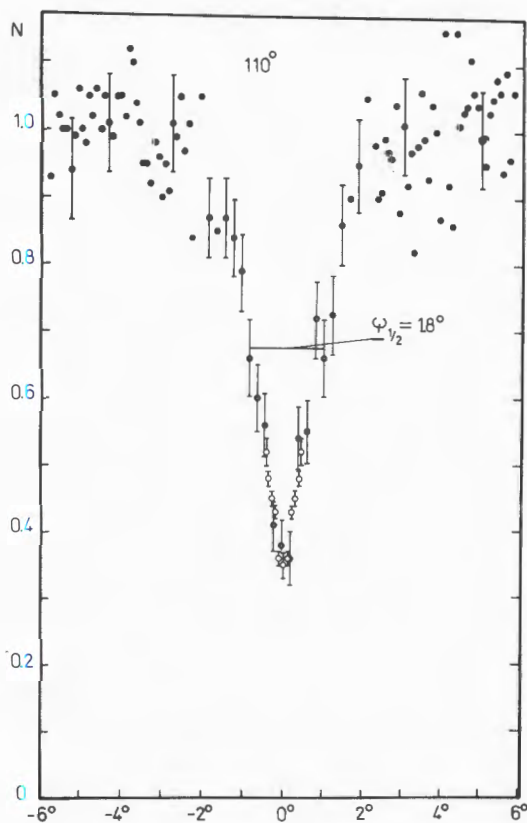


Рис. 34. Результат просмотра теневого минимума, наблюдаемого в реакции $^{238}\text{U}(^3\text{He}, \text{f})$ при облучении монокристалла UO_2 ионами ^3He .

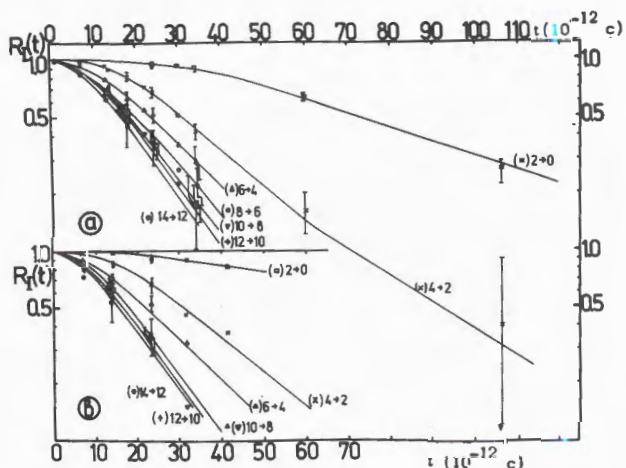


Рис. 35. Кривые распада уровней полосы основного состояния изотопа ^{156}Er , образующегося в реакции $^{120}\text{Sn}(^{40}\text{Ar}, 4n)$ при энергии ионов ^{40}Ar , равной: а / 168 МэВ, б / 150 МэВ.

одночастичных уровней с большим временем жизни: $10 \cdot 10^{-14} \text{с} \leq T_{1/2} \leq 10^{-1} \text{с}$. Образовавшиеся при внутренней конверсии вакансии на нижних электронных оболочках приводят к быстрому оже-каскаду, который увеличивает средний заряд ионов. Дополнительная перезарядка ионов на фольге приводит к исчезновению эффекта /рис. 36/.

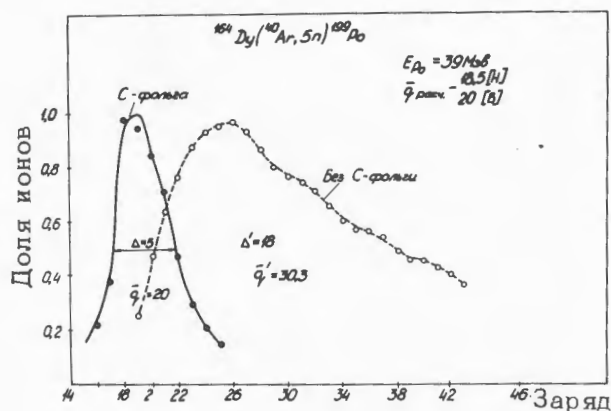


Рис. 36. Зарядовые распределения ионов - продуктов реакции $^{164}\text{Dy}(^{40}\text{Ar}, 5n)^{199}\text{Po}$, непосредственно выбитых из мишени /пунктирная линия/, и продуктов, прошедших дополнительную перезарядку на углеродной фольге, установленной на расстоянии 5 см от мишени /сплошная линия/.

В результате проведенных исследований квазимолекулярного излучения с помощью твердотельных и газовых мишеней, а также изучения его углового распределения полностью подтверждена предложенная в Дубне интерпретация высокоэнергетических компонент квазимолекулярных спектров. В экспериментах с ионами Ge, Nb и La найдена сильная анизотропия квазимолекулярных спектров в области максимальной энергии $2p\sigma$ -переходов /см. рис. 37а, б/.

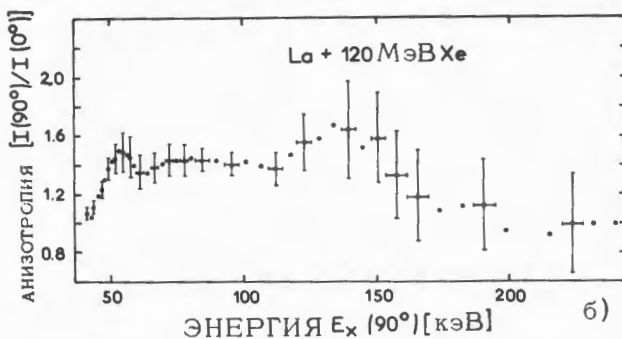
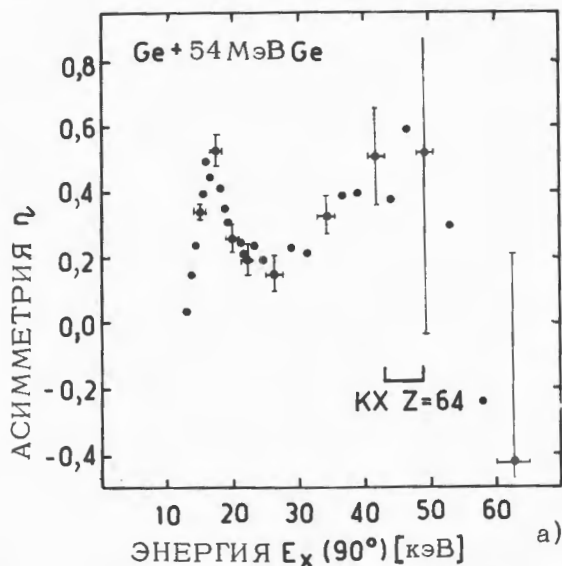


Рис. 37 а, б. Зависимость анизотропии высокоэнергетических компонент квазимолекулярного излучения, измеренной при столкновениях Ge + Ge /а/ и La + Xe /б/, от энергии рентгеновских квантов. Положение первых максимумов в этих кривых соответствует максимальной энергии $2p\sigma$ -переходов, а вторых - $1s\sigma$ -переходов.

Экспериментальная аппаратура и научно-прикладные работы

Создан коммутатор канала ввода/вывода для ЭВМ Минск-32, позволяющий подключать до 12 автономных измерительных модулей в стандарте КАМАК. Разработаны станции ввода/вывода информации с крейта КАМАК в ЭВМ Минск-32.

Усовершенствована аппаратура для автоматизации экспериментов по поиску сверхтяжелых элементов в природе, значительно повысившая достоверность регистрации фактов спонтанного деления за счет увеличения числа регистрируемых параметров, улучшения надежности и практического отсутствия фона. Изготовлено два комплекта новой аппаратуры.

Разработан комплекс детектирующей аппаратуры для идентификации продуктов деления на пучках ускоренных тяжелых ионов и альфа-частиц с помощью время-пролетной методики и спектрометрии осколков деления /четырёхмерный анализ/.

Продолжались работы по совершенствованию ядерных фильтров. Показана возможность изготовления ядерных фильтров на основе фторопластов, триацетата целлюлозы и других полимерных материалов. Образцы ядерных фильтров проходят испытание и проверку в организациях Советского Союза, СРВ, МНР, НРБ, ГДР и ЧССР, показана их высокая эффективность. Проводятся испытания опытных образцов серийных фильтрующих установок, оснащенных ядерными фильтрами.

С целью повышения производительности фильтрующих установок изготовлено оборудование, позволяющее облучать тяжелыми ионами более широкую пленку /300 мм, вместо пленки шириной 150 мм, используемой ранее/ со скоростью до 1 м/с.

Продолжались работы по совершенствованию ядерно-физических методов анализа: создан полупроводниковый рентгеновский спектрометр с оптосвязью, проведена модернизация микротрона - создан новый конвертор нейтронов, выполнена разводка пучков для n - и γ -активации. На микротроне разработаны методики массового анализа различных образцов, содержащих следовые количества золота и урана, с чувствительностью $\sim 10^{-7}$ г/г.

Создана установка для транспортировки продуктов ядерных реакций от мишени, облучаемой на внутреннем пучке циклотрона тяжелыми ионами, в экспериментальные помещения, с помощью азрозольной струи.

Разработки
в области ускорителей

С помощью диафрагмирующих щелей, установленных в ускорителе У-200, получено уменьшение разброса ионов по энергии до 0,4%. Осуществлено плавное регулирование энергии выведенных пучков в пределах 30% без потери интенсивности ионов.

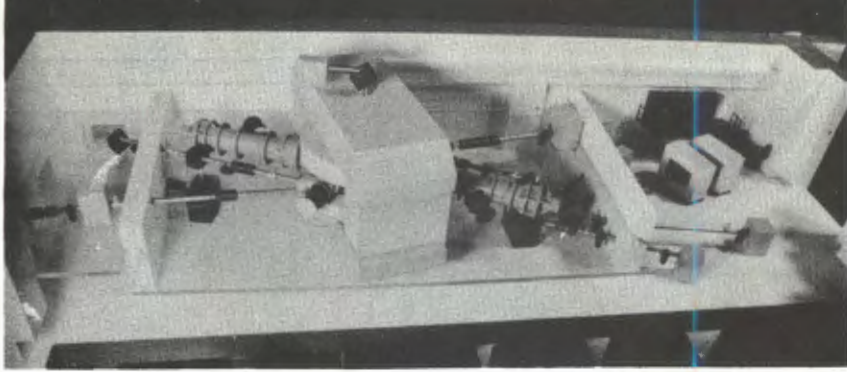
Проведена реконструкция циклотрона У-300, сформировано магнитное поле на уровне 18,4 кЭ /вместо 16,7 кЭ/, внутри вакуумного объема установлены

азимутальные и кольцевые токовые катушки. Повышена на 20% энергия ионов на конечном радиусе ускорения. За счет снижения зарядности поднята интенсивность ионов в диапазоне кальция-никеля.

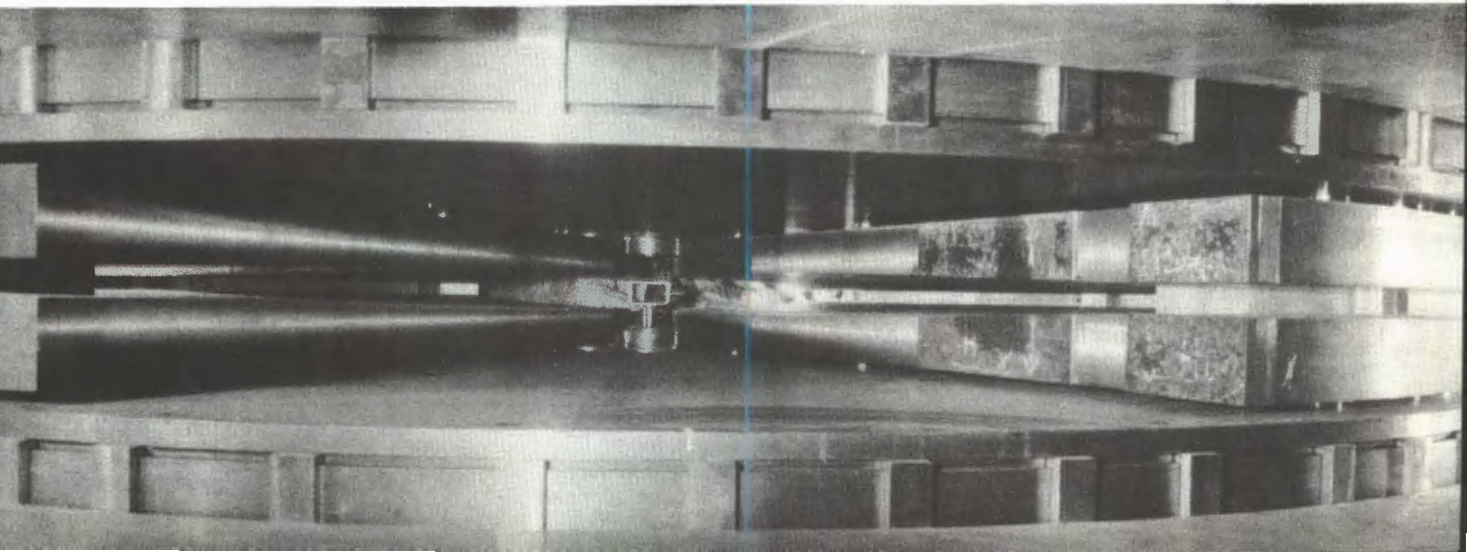
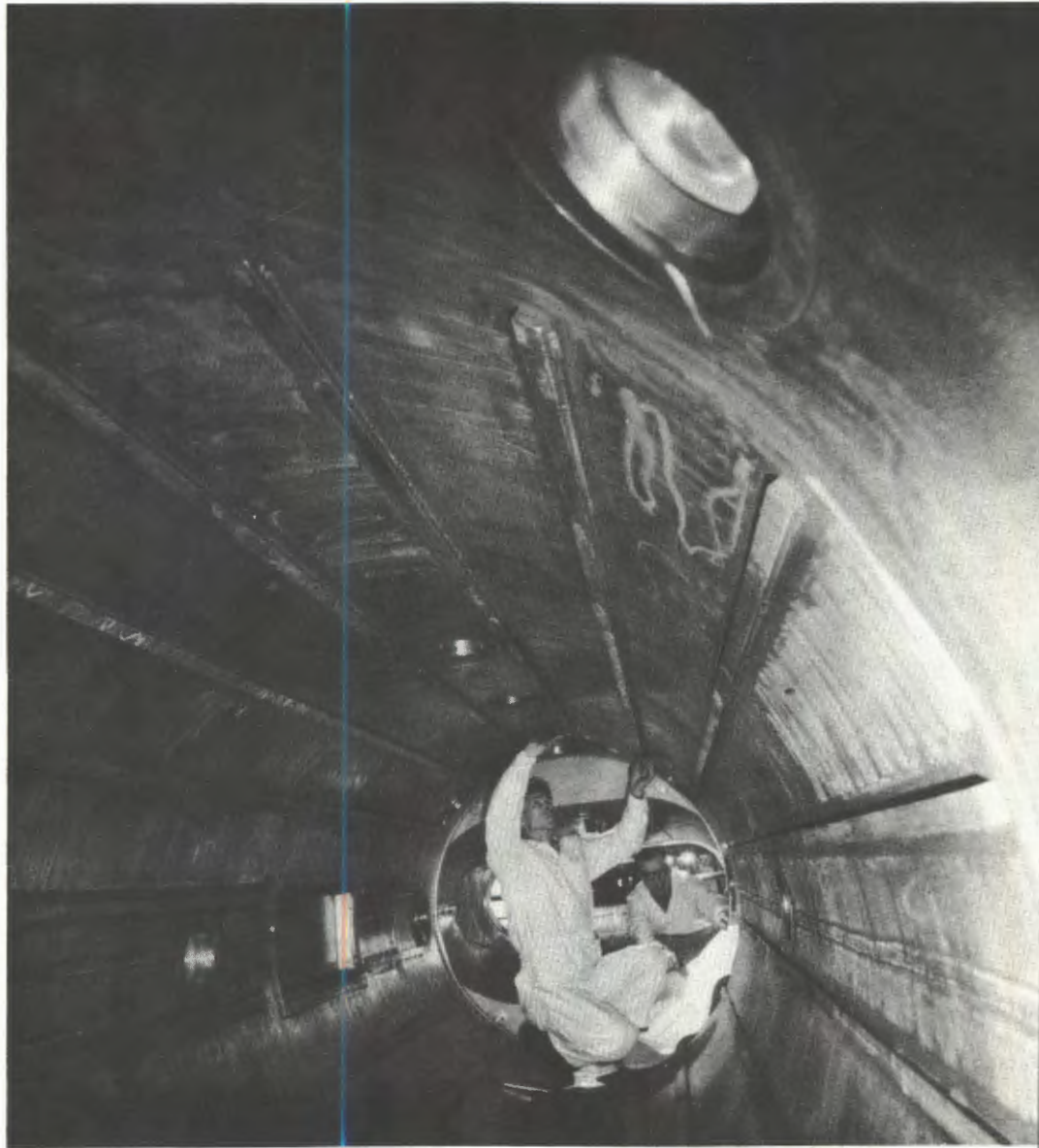
Проведены работы по подготовке циклотрона У-400 к физическому пуску в 1978 году. Изохронный циклотрон У-400 предназначен для ускорения ионов вплоть до ксенона, интенсивность внутреннего пучка ионов для частиц с массой $20 \div 90$ составит 10^{14} частиц/с. Проведены предварительные магнитные измерения и ве-

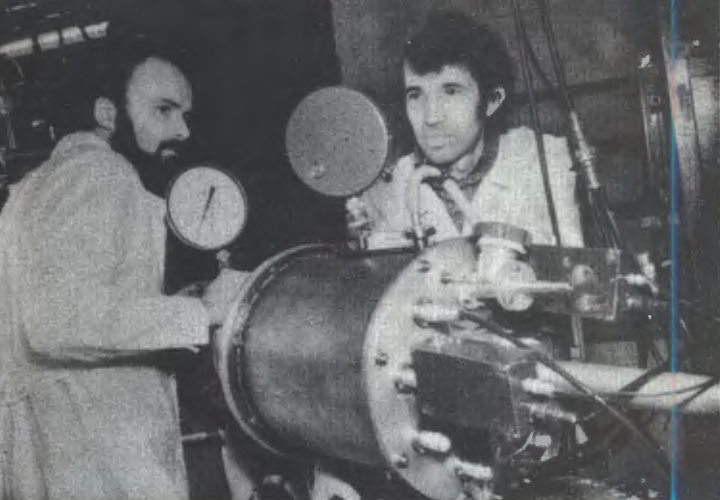
дутся работы по комплексной сборке ускорителя. Анализируются различные варианты ионных источников для нового ускорителя. Перспективным является источник лазерного типа, применение которого позволит ускорять на У-400 высокозарядные ионы вплоть до урана.

Основные физические эксперименты проводились в истекшем году на циклотронах У-300 и У-200, время работы которых на физические эксперименты составило 4200 и 2400 часов соответственно.



Сооружение нового изо-
хронного циклотрона
У-400 вступило в решаю-
щую фазу. Завершена
комплексная сборка ус-
корителя и подготовка к
окончательным магнит-
ным измерениям.





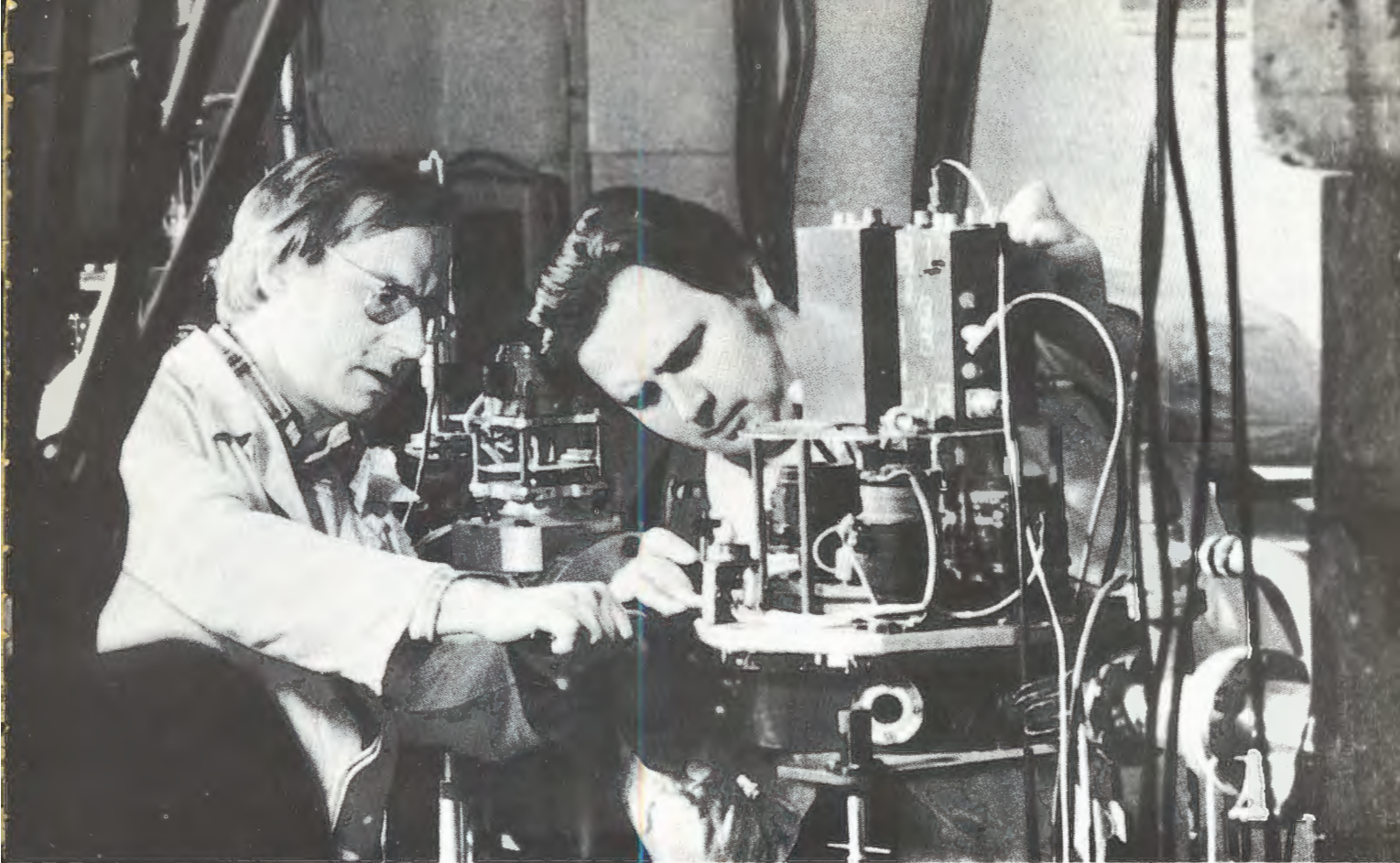
Предложен и разработан новый метод поиска и идентификации сверхтяжелых элементов по вынужденному делению ядер на пучке альфа-частиц.

Высокая чувствительность регистрации редких альфа-распадов достигнута на ионизационной камере с площадью $0,4 \text{ м}^2$.

Монтаж высокоэффективного детектора нейтронов, используемого для поисков сверхтяжелых элементов в природе.

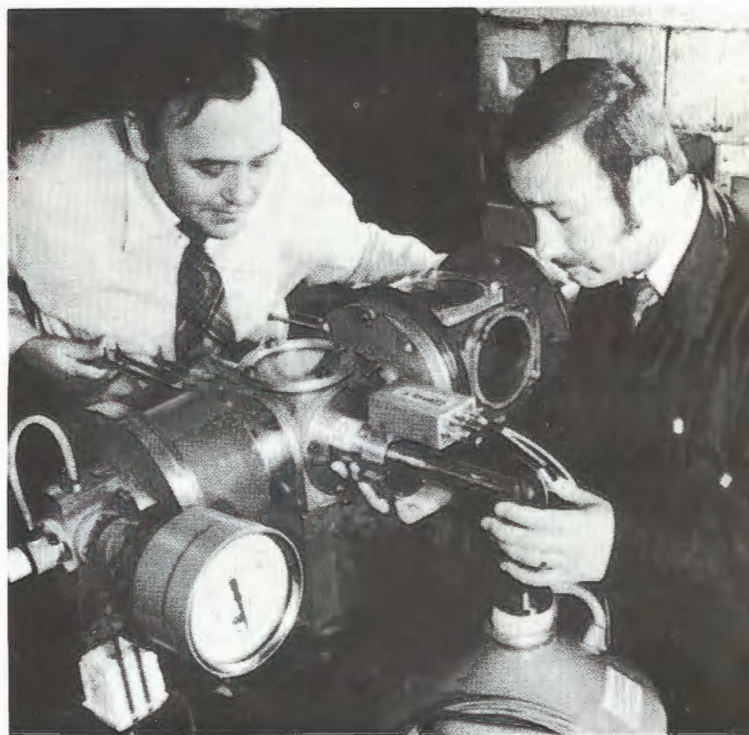


Трассировка печатных плат на ЭВМ ТРА-1001 для изготовления электронной аппаратуры.

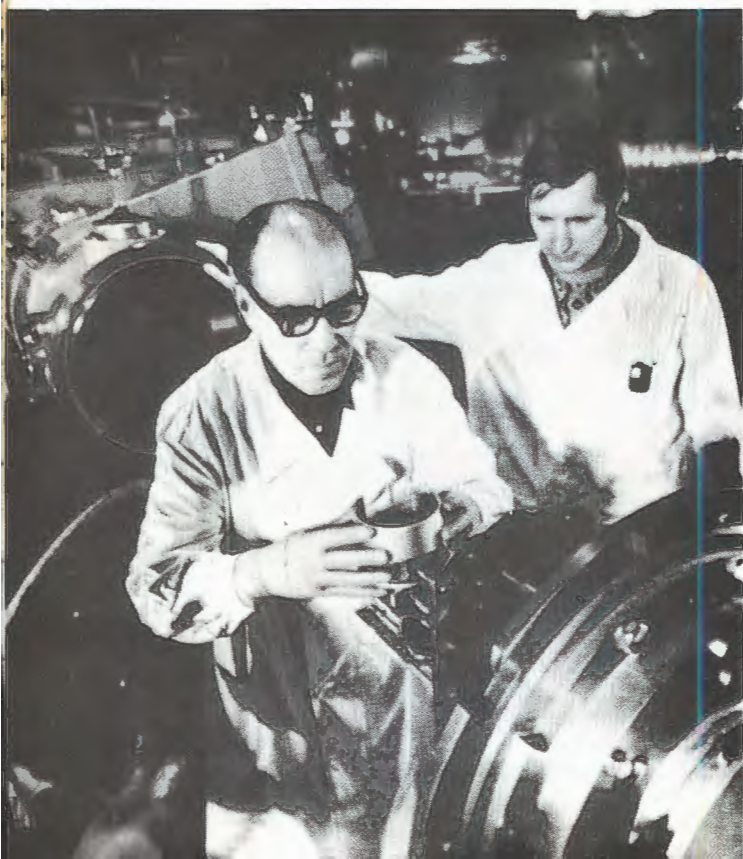


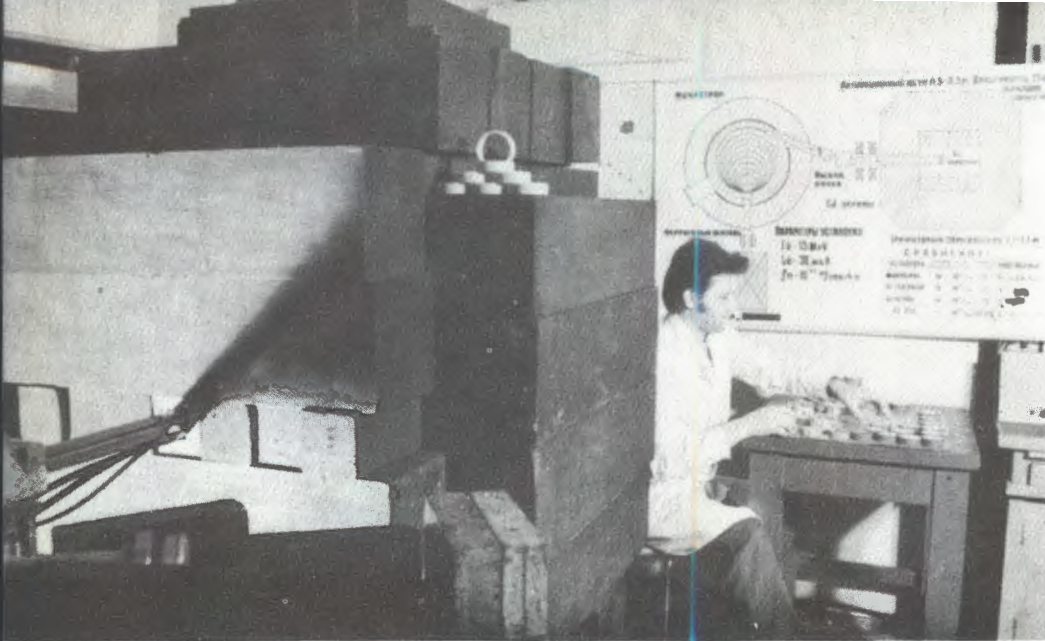
Проведен цикл экспериментов по изучению деления слабовозбужденных ядер. Создана аппаратура для корреляционных измерений энергетических и угловых распределений продуктов ядерных реакций с тяжелыми ионами.

22 декабря 1977 г. Государственный Комитет Совета Министров СССР по делам изобретений и открытий зарегистрировал открытие, сделанное в ОИЯИ: группа ученых синтезировала 106 элемент таблицы Менделеева. На снимке: идет подготовка аппаратуры к эксперименту.

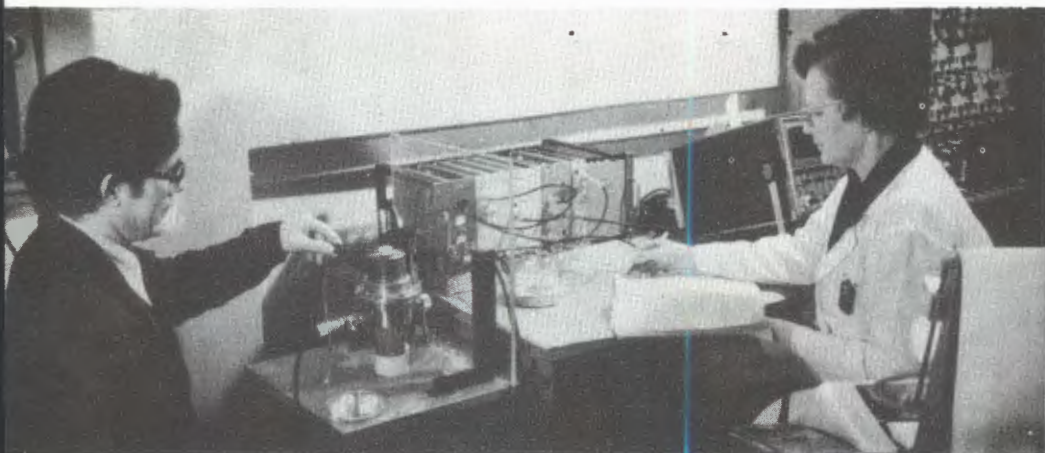


Продолжаются эксперименты по изучению рентгеновского излучения тяжелых квазимолекул, коротковременно образующихся в столкновениях тяжелых ионов. На снимке: подготовка аппаратуры к очередному эксперименту.

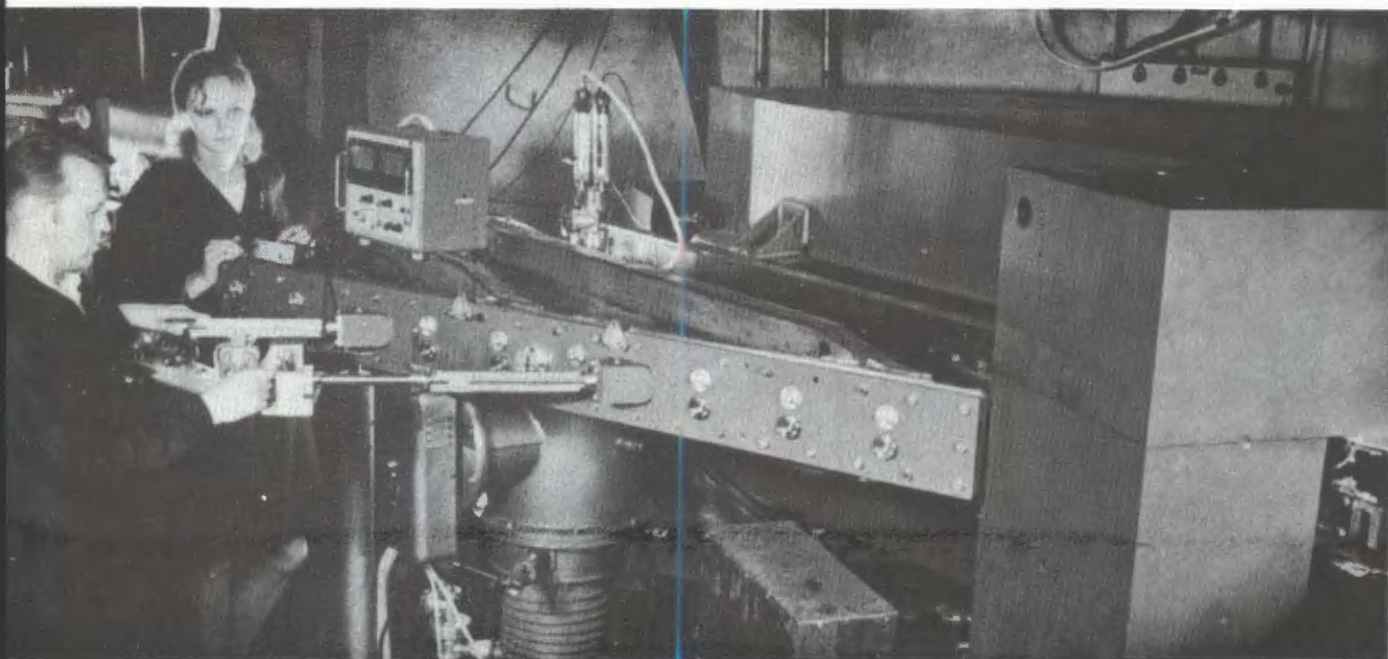




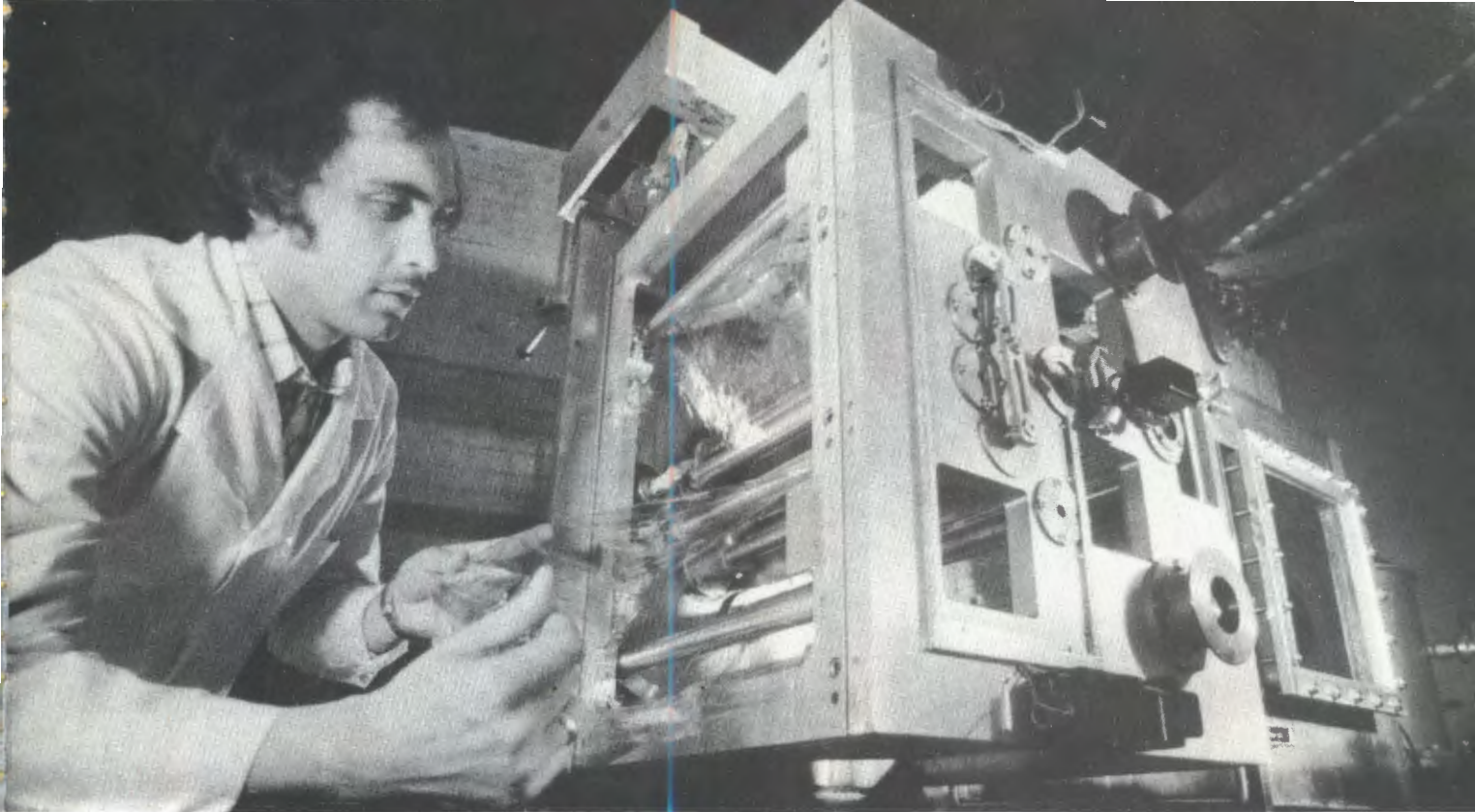
Продолжались работы по совершенствованию ядерно-физических методов анализа. Проведена модернизация микрофона - создан новый графитовый конвертор нейтронов для проведения массового нейтронно-активационного анализа.



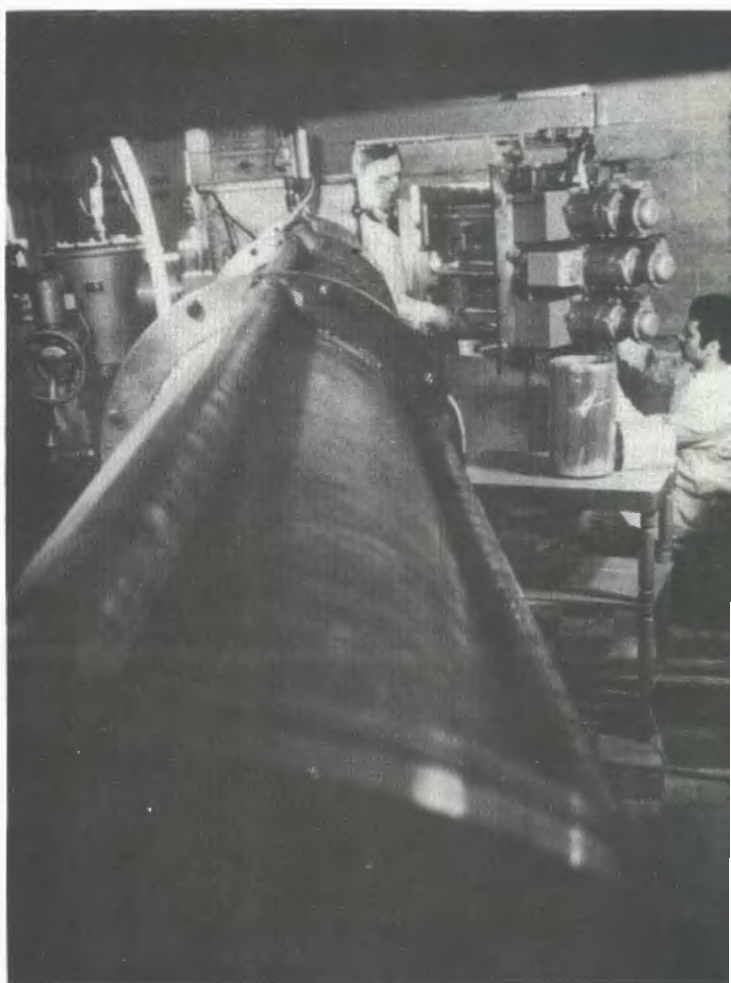
Создан полупроводниковый рентгеновский спектрометр с оптосвязью, предназначенный для проведения рентгенофлуоресцентного массового анализа различных геологических образцов.



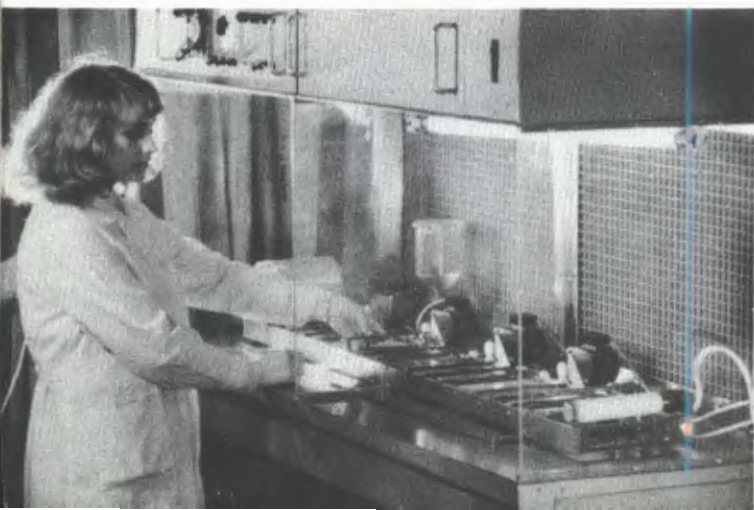
В ОИЯИ совместно с ИЯИ АН УССР запущен магнитный анализатор для сепарации продуктов ядерных реакций, вызываемых тяжелыми ионами.



Совместно с рядом организаций создан комплекс оборудования для опытного производства ядерных фильтров. Установка для облучения полимерной пленки.



Установка для непрерывной химической обработки облученной пленки.



Лаборатория нейтронной физики

Важнейшим достижением лаборатории в истекшем году явился физический пуск ИБР-2 - импульсного реактора периодического действия на быстрых нейтронах. В соответствии с проблемно-тематическим планом продолжались научные исследования и велась подготовка к экспериментам на ИБР-2. Получено рекордное время хранения ультрахолодных нейтронов в чистых сосудах. Обнаружена промежуточная структура в спиновой зависимости сечения взаимодействия поляризованных нейтронов с поляризованными ядрами. Выполнен цикл исследований по изучению свойств переходного излучения и излучения Вавилова-Черенкова. Проведены поисковые работы по обнаружению электрического дипольного момента электрона и обнаружению сверхплотных ядер в активной зоне реактора.

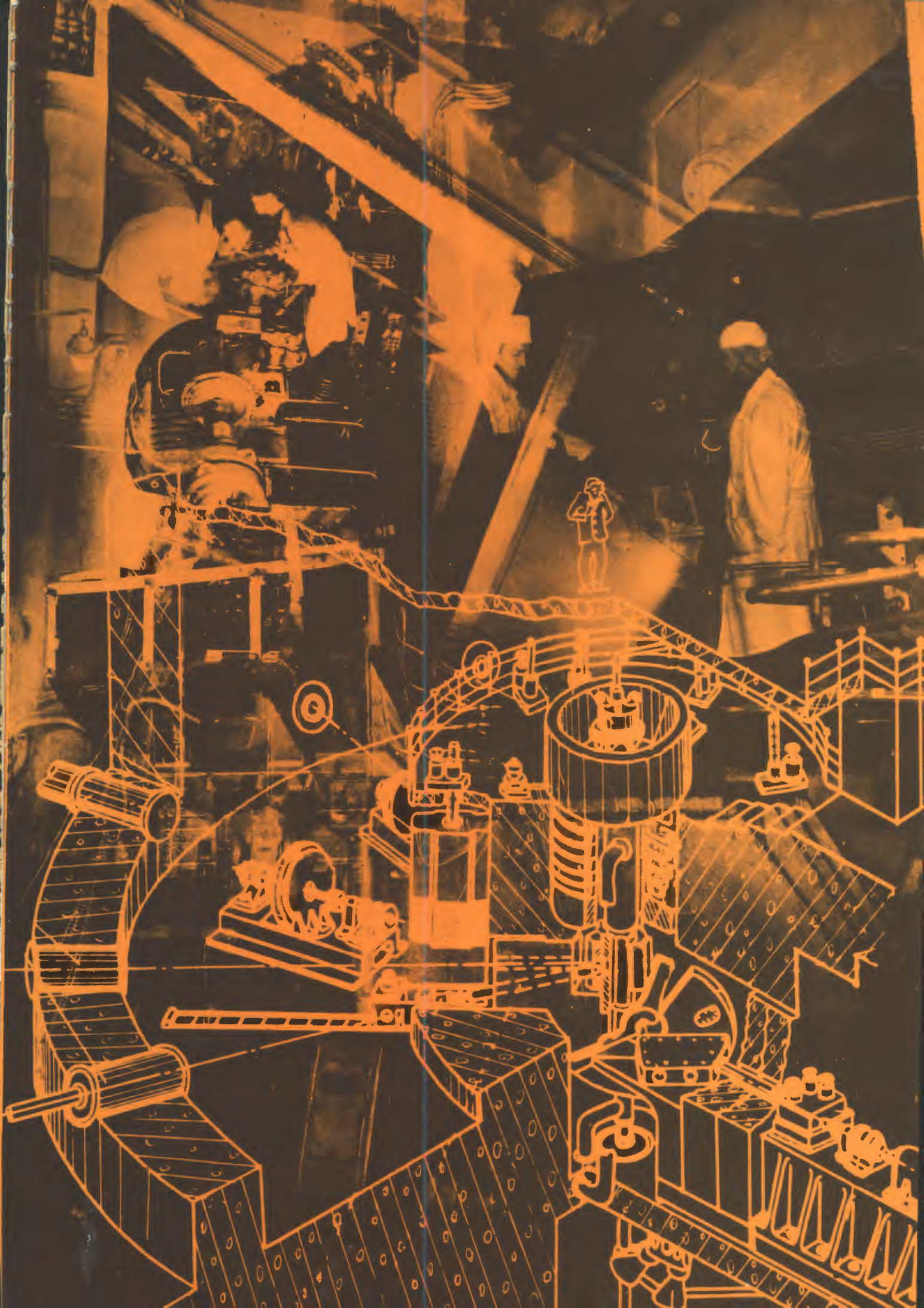
Научно-исследовательские работы

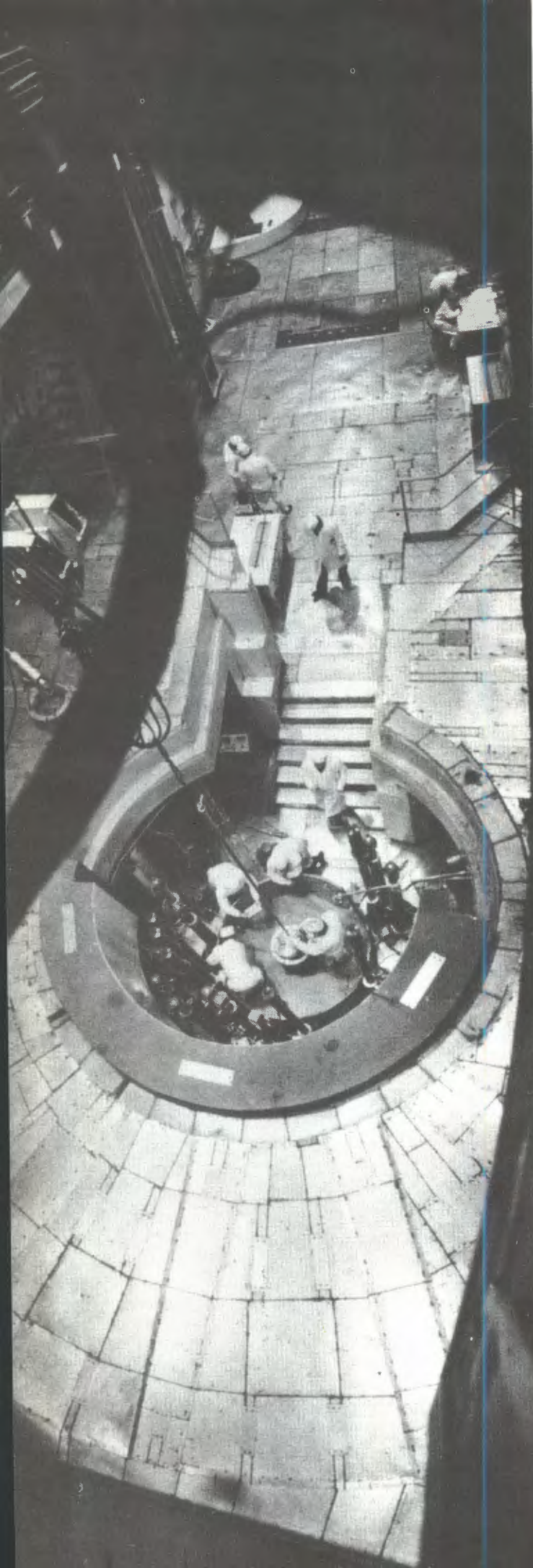
Спиновая зависимость
нейтронных сечений ядер

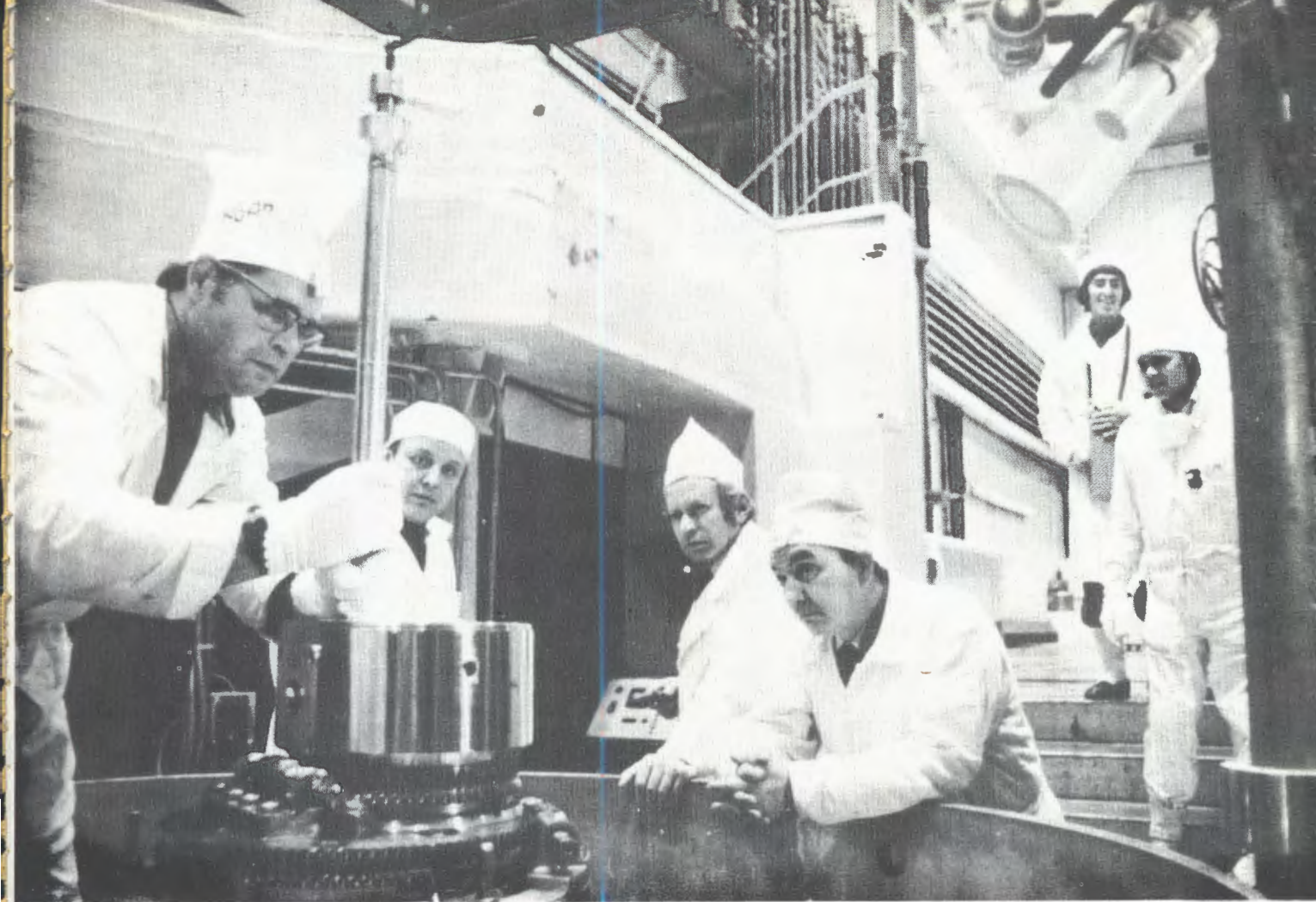
Продолжены эксперименты по исследованию спиновой зависимости нейтронных сечений методом пропускания поляризованных нейтронов с энергией до 100 кэВ через поляризованные ядерные мишени, получены данные для туллия и празеодима. Результат для спин-спинового сечения σ_{ss} , определяемого выра-

жением $\sigma_{ss} = \frac{I}{2I+1}(\sigma^+ - \sigma^-) - (S^+ - S^-) / \sqrt{E}$, где зна-

ки плюс и минус относятся к каналам реакции со спинами $I+1/2$ и $I-1/2$, а величина S является нейтронной силовой функцией, показан на рис. 38. Получаемая отсюда малая величина $/4-9\%$

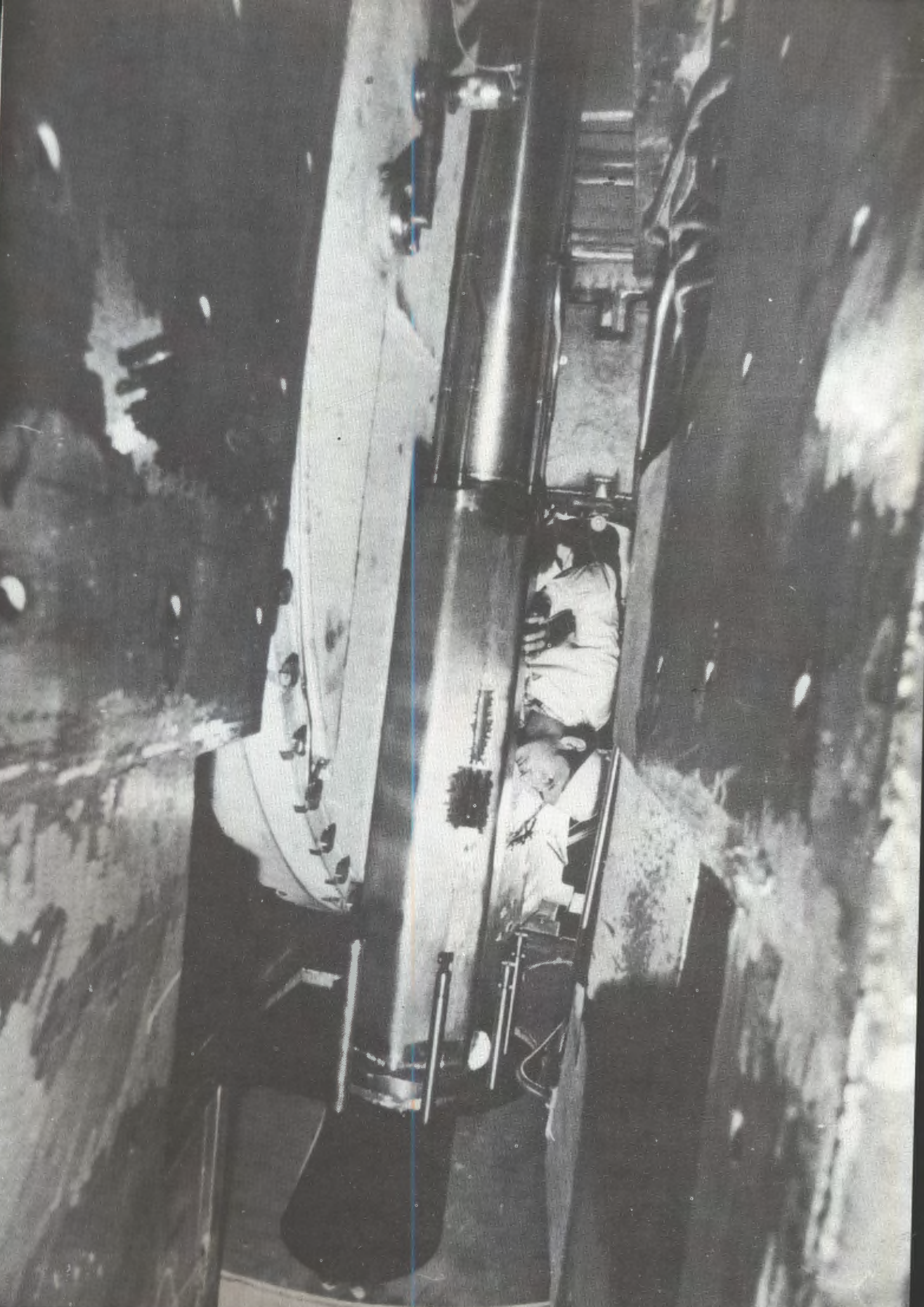






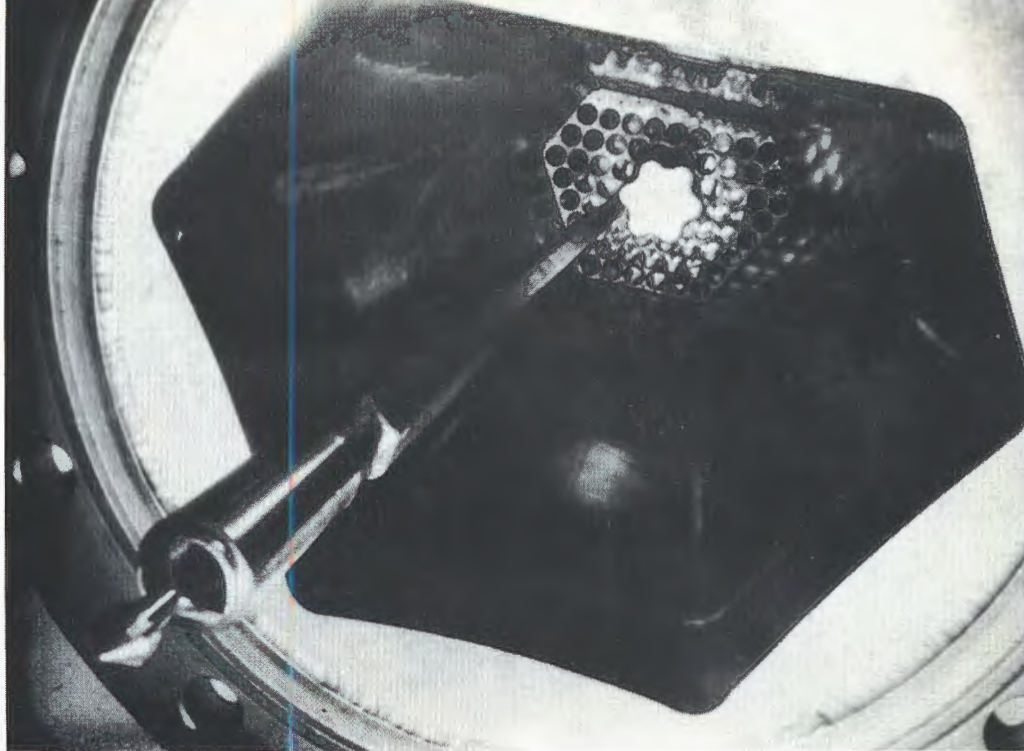
Зал реактора ИБР-2. Здесь на первом этапе физического пуска производилась установка тепловыделяющих сборок /кассет/ с плутонием в корпус реактора. Эта ответственная операция потребовала тщательного соблюдения мер радиационной безопасности. Аккуратно, точно работали группы загружающих и дозиметрического контроля.





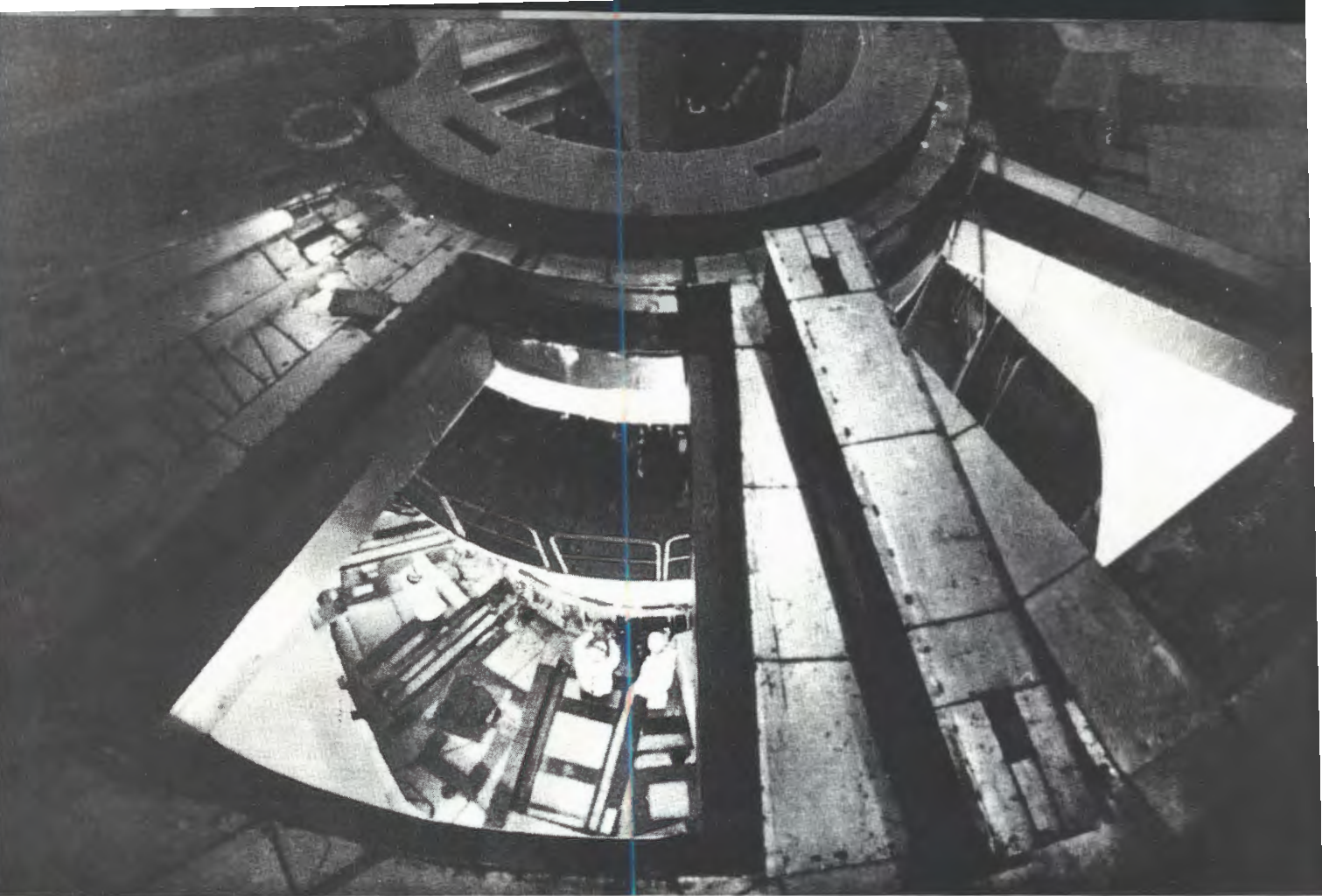
Пуску реактора предшествовал период монтажа реакторного оборудования. Корпус реактора - 8-метровая двухстенная труба сложного профиля - должен быть установлен с точностью до долей миллиметра.

После установки корпуса реактора на рабочее место был произведен монтаж подвижного отражателя, который находится в герметизирующем кожухе. В шестигранной части корпуса реактора заключена активная зона.

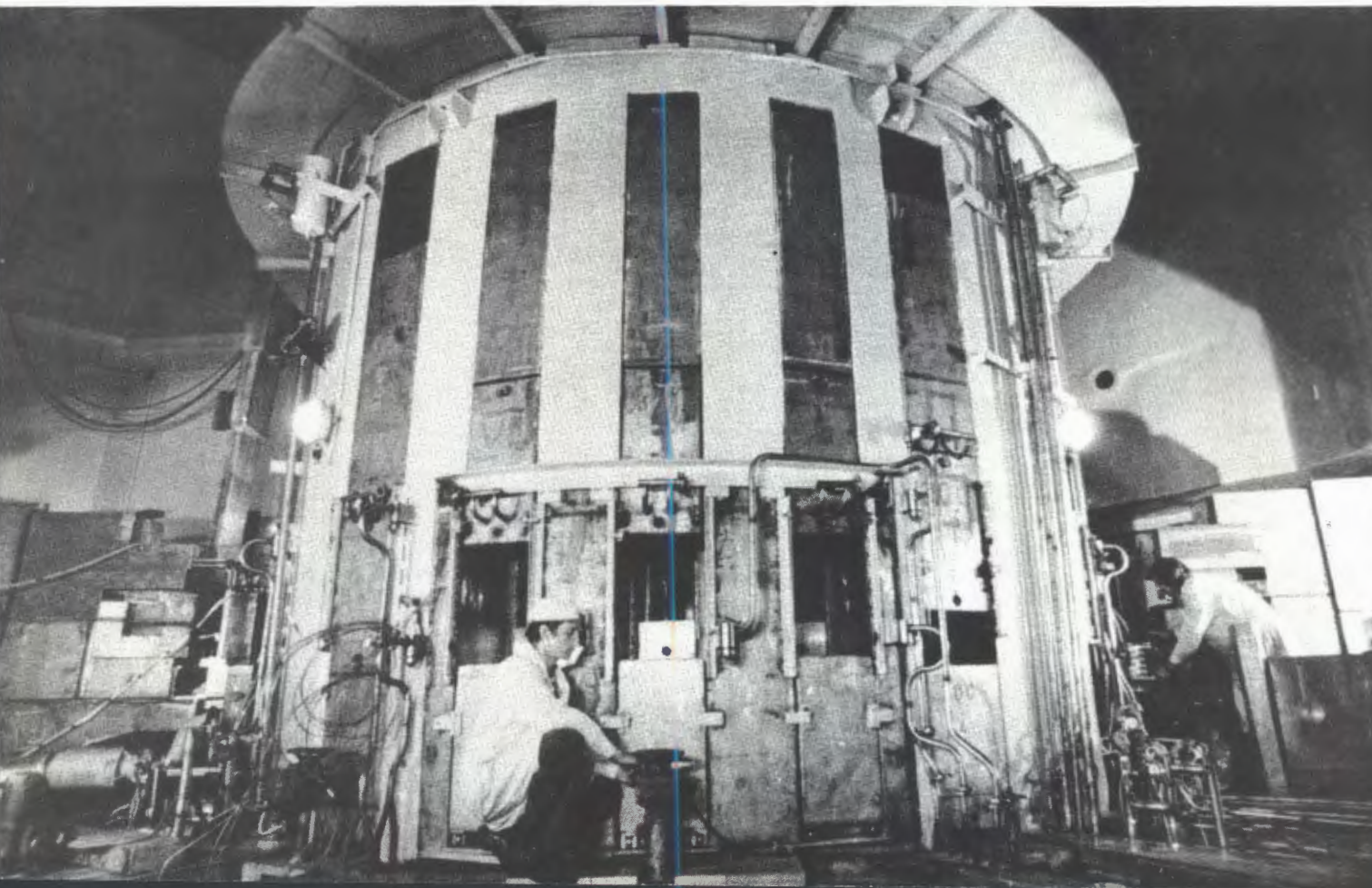


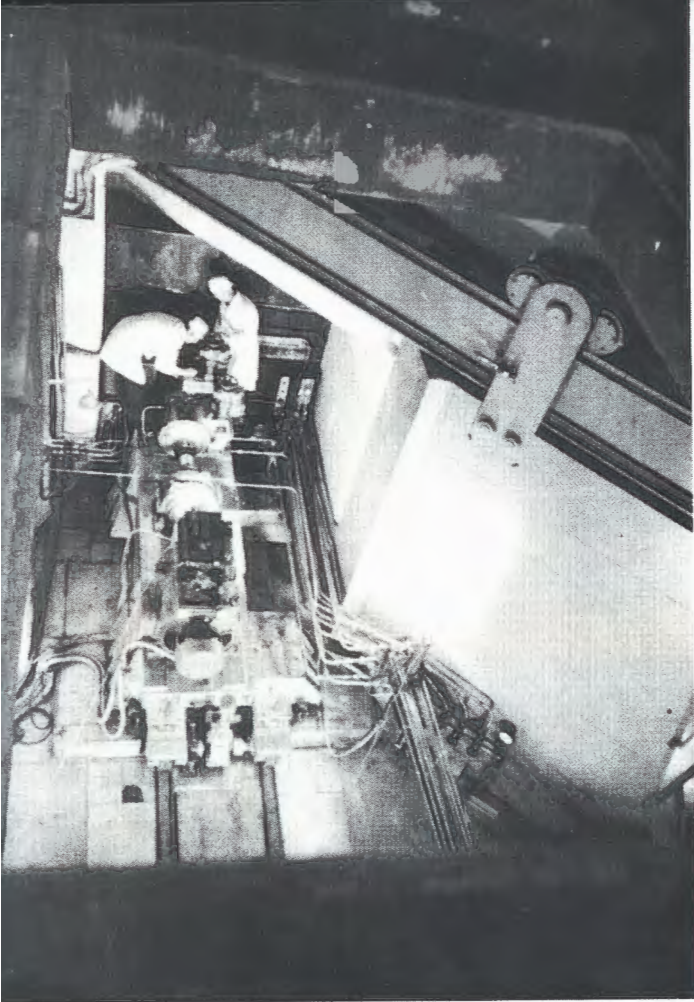
74 тепловыделяющие кассеты, составляющие активную зону, в процессе загрузки вставлялись в опорную решетку корпуса. Отработка операции установки кассет проводилась на макете корпуса реактора, представленном на снимке.





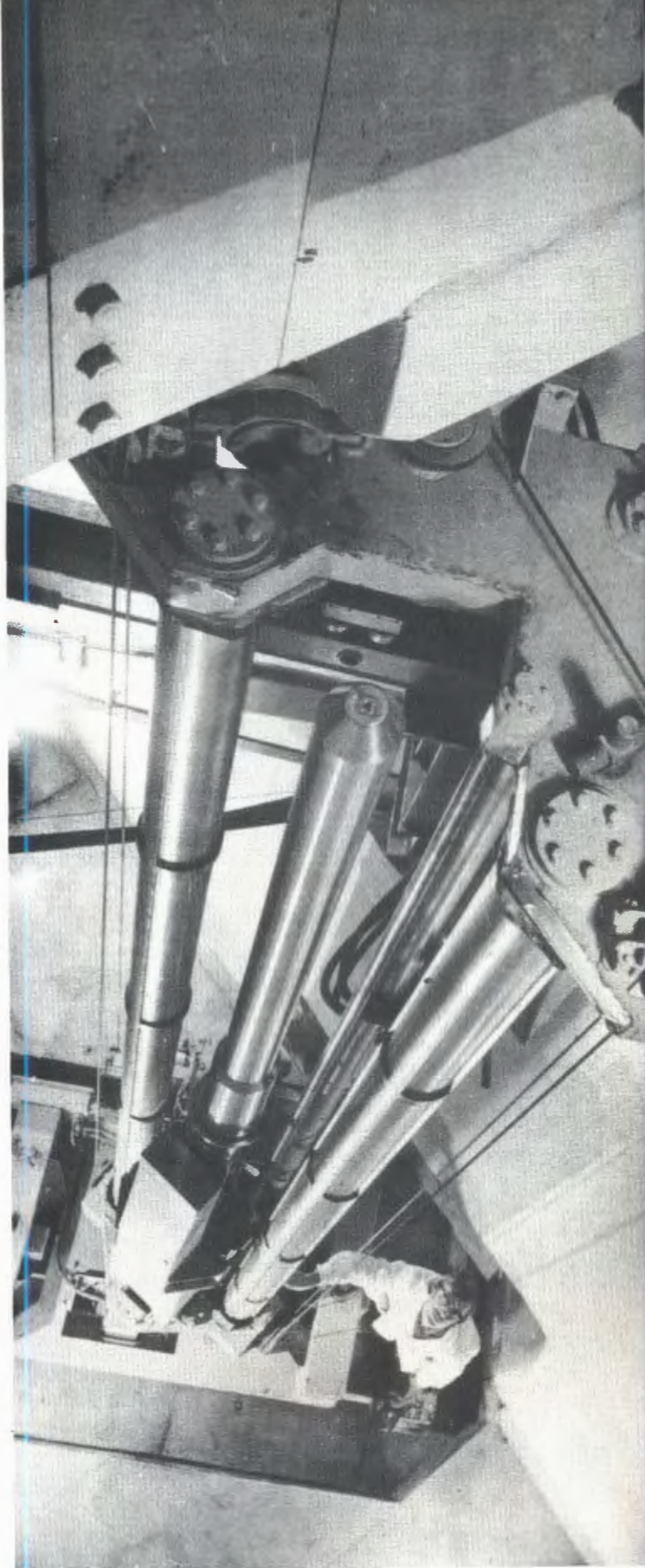
Биологическая защита реактора /массивные чугунные и бетонные блоки/ предохраняет персонал от радиационного облучения. Во внутреннем кольце защиты проходят каналы вывода нейтронов к экспериментальным установкам. На снимках: наладка шиберов - подвижных защитных блоков, перекрывающих нейтронные пучки.





В боксе подвижного отражателя идет проверка механизмов перед пуском реактора /вид из зала реактора при временно снятом люке/.

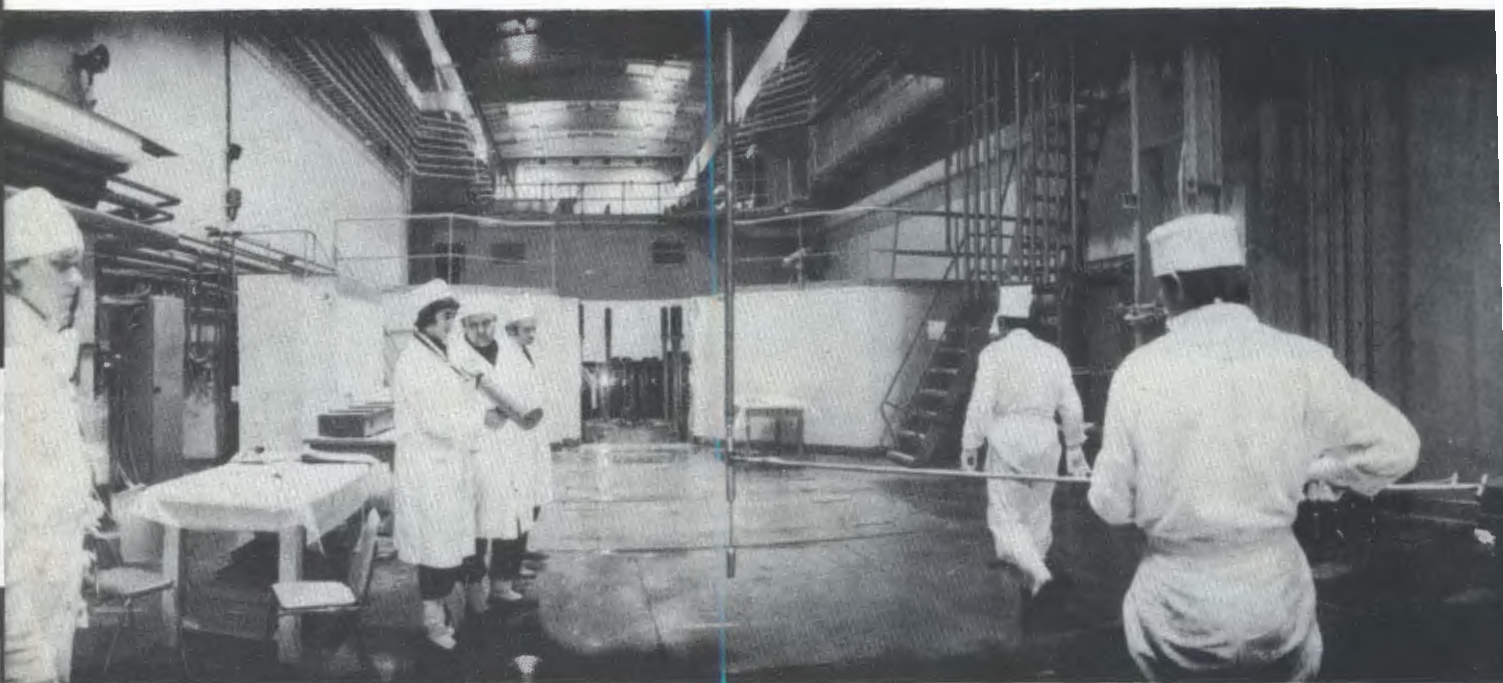
Специальное хранилище тепловыделяющих кассет реактора.



В подвальном помещении /14 метров под активной зоной/ находится дистанционно управляемая перегрузочная машина. Во время физического пуска с ее помощью устанавливали в активную зону нейтронные детекторы.

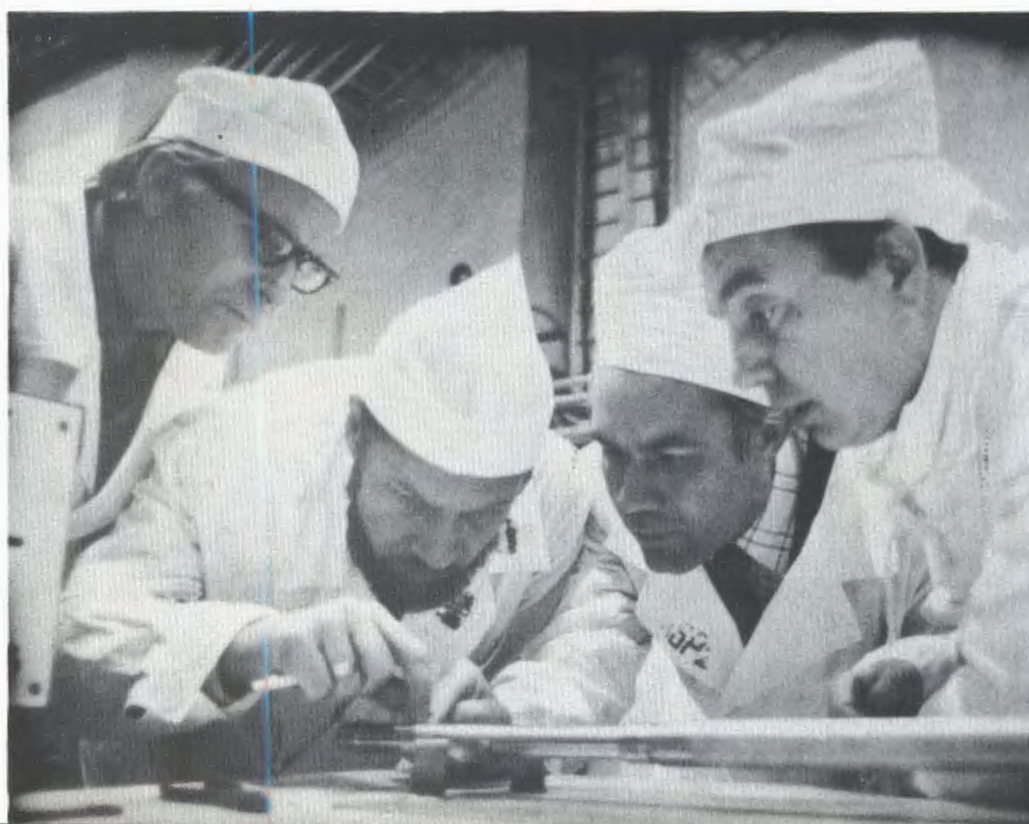


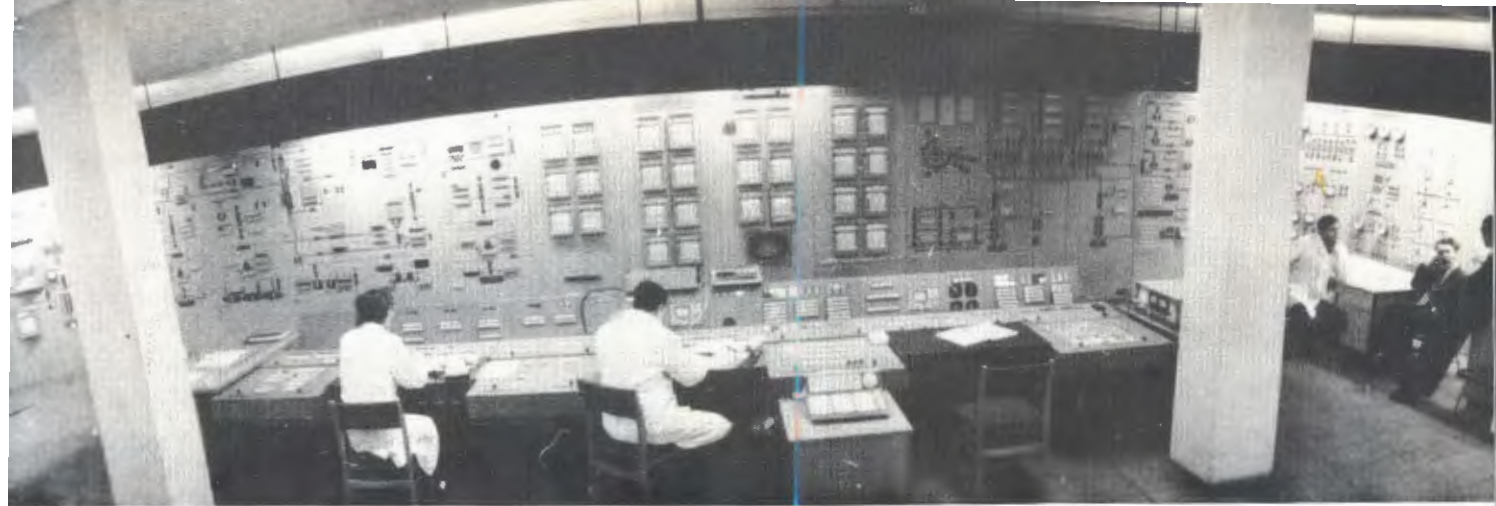
Важнейшая часть управления реактором - электронная аппаратура, разработанная польскими специалистами из Сверка. Во время пуска система управления выдержала экзамен.



Подготовка к загрузке в активную зону источника нейтронов, используемого для калибровки реактивности.

Последний визуальный осмотр тепловыделяющей сборки перед загрузкой в реактор.





Пульт управления реактором ИБР-2. После загрузки активной зоны /так называемой критической сборки/ здесь сосредоточились "главные силы" пусковой группы. И вот на приборах зарегистрирован первый контролируемый разгон реактора - есть критическая масса!



При посещении пульта управления ИБР-2 директор Института академик Н.Н.Боголюбов расписался в вахтенном журнале под записью о достижении реактором критического состояния.



относительной разности силовых функций $\frac{S^+ - S^-}{\langle S \rangle}$ свидетельствует о слабой

спиновой зависимости. Однако для большинства ядер наблюдается энергетический ход спин-спинового сечения, указывающий на возможное наличие промежуточной структуры, которая может быть связана с зависящими от спина входными состояниями.

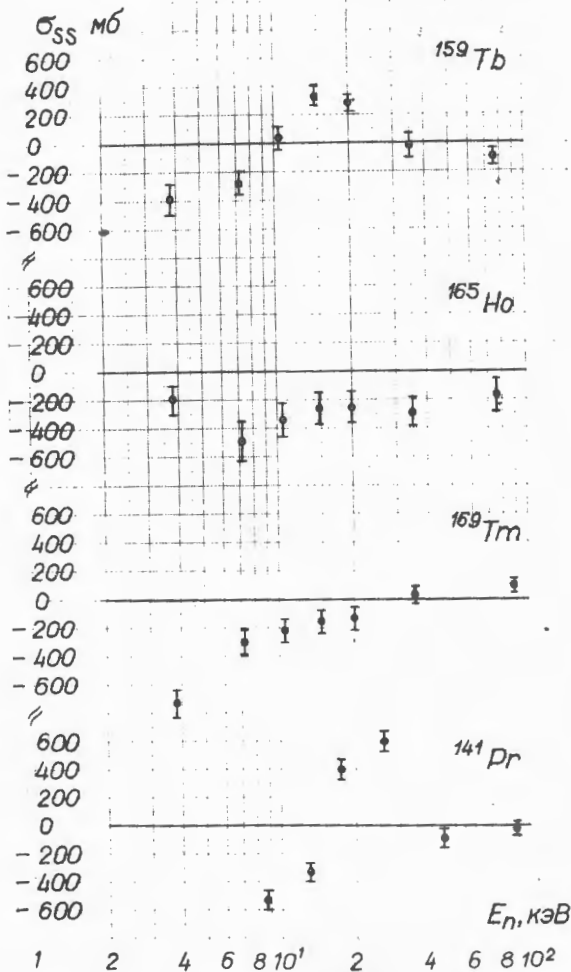


Рис. 38. Спин-спиновое нейтронное эффективное сечение σ_{SS} в зависимости от энергии нейтронов E_n .

Ультрахолодные нейтроны

Время хранения нейтронов в сосуде с очень чистыми стенками изучено в совместной работе с НИИАР в Димитровграде. Установка, схематически показанная на рис. 39, обеспечивала наиболее благоприятные условия для хранения УХН низких энергий. Исследуемые материалы: Cu, Al, Be, Bi - наносились методом распыления в вакууме на стенки сосуда, не сообщавшегося с атмосферой.

Это позволило провести в одинаковых условиях сравнение времени хранения УХН для всех материалов. Рекордное время /645±25 с/ получено для бериллия /рис. 40/.

Альфа-распад резонансных состояний ядер

Силовая функция альфа-распада в зависимости от энергии нейтронов, возбуждающих резонансные состояния

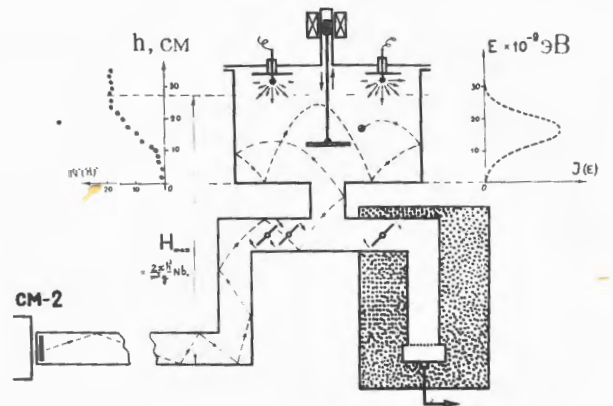


Рис. 39. Схема эксперимента и установки для хранения УХН в чистых сосудах. Слева - интегральный спектр нейтронов N в зависимости от высоты их подъема, справа - дифференциальный спектр $J(E)$ в зависимости от энергии.

Поиски
сверхплотных ядер
в активной зоне реактора

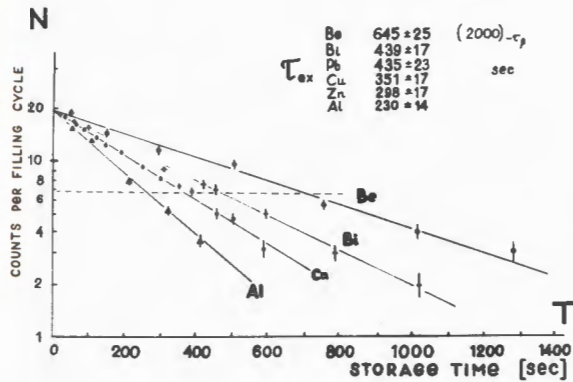


Рис. 40. Время хранения УХН в чистых сосудах со стенками из различных материалов.

^{148}Sm , исследована до энергии 40 кэВ методом скандиевого фильтра ($E \approx 2$ кэВ) на реакторе ИЯИ АН УССР и с помощью нейтронов из реакции $^7\text{Li}(p, n)$ - на ускорителе ЭГ-5. Проведено сравнение полученных результатов /рис. 41/ с данными из резонансной области. Ошибки точек учитывают ограниченное число резонансов /цифра около точки/. Интервал усреднения указан штриховкой, пунктиром показано расчетное значение. Наблюдается явное уменьшение среднего значения альфа-ширины для интервала $0 \div 100$ эВ.

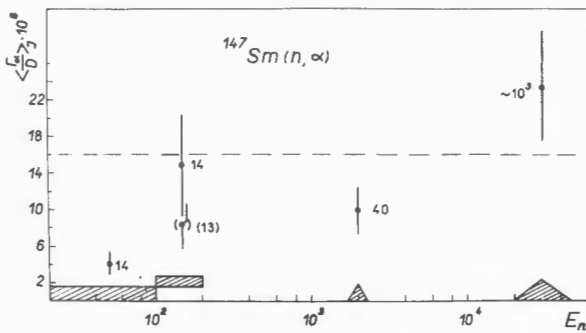


Рис. 41. Силовая функция альфа-распада ^{148}Sm в зависимости от энергии нейтронов, возбуждающих резонансные состояния.

Попытка обнаружения сверхплотных ядер в делении выполнена на ИБР-30. Образцом, в котором велся поиск сверхплотных ядер, являлась вся активная зона реактора /около 20 кг плутония/. Экспериментальный метод базировался на теоретическом предположении о большей энергии связи сверхплотных ядер в сравнении с нормальными. Проводился поиск нейтронов с энергией 40-200 МэВ и гамма-лучей с энергией выше 30 МэВ. Спектр нейтронов измерялся методом

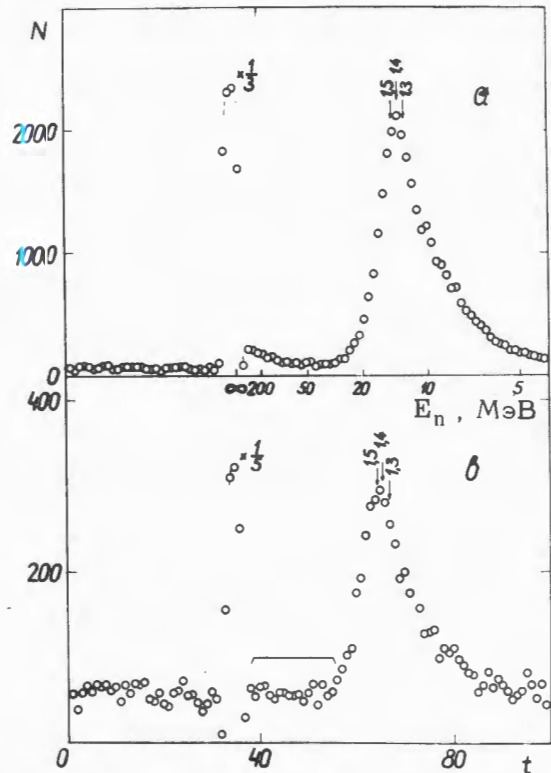


Рис. 42. Спектры нейтронов деления из активной зоны реактора ИБР-30 в зависимости от энергии, измеренные методом времени пролета при нижних порогах по энергии нейтронов 12 МэВ /вверху/ и 15 МэВ /внизу/.

времени пролета с помощью пластического сцинтиллятора /рис. 42/. Полученная верхняя оценка выхода сверхплотных ядер на деление равна 10^{-6} . Выход жестких гамма-лучей во время вспышки реактора измерялся с помощью кристалла NaI с заданным дискриминирующим порогом /рис. 43/. Отсутствие эффекта при пороге 30 МэВ дало следующие оценки предельных атомных концентраций сверхплотных ядер: $2 \cdot 10^{-12}$, $2 \cdot 10^{-8}$ и $5 \cdot 10^{-7}$ соответственно в водяном замедлителе, вольфрамовом отражателе и активной зоне реактора.

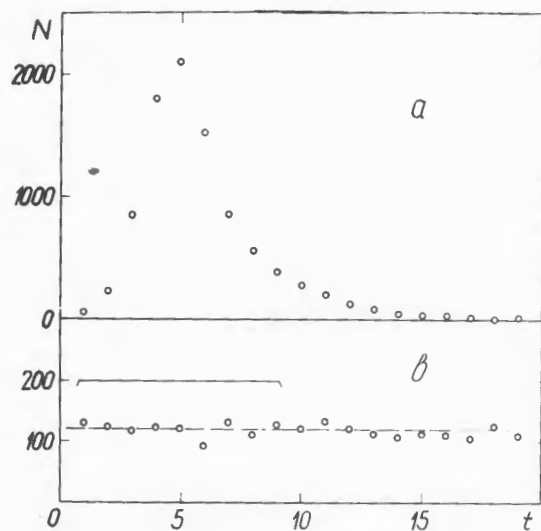


Рис. 43. Спектры гамма-лучей во время импульсов мощности реактора ИБР-30, измеренные с порогами 10 МэВ /вверху/ и 30 МэВ /внизу/.

Гамма-распад нейтронных резонансов

Измерены гамма-спектры радиационного захвата нейтронов на обогащенной изотопной мишени $^{50}\text{V}/0,25\%$ в естественной смеси / для тепловых и резонансных нейтронов. Получена спектроскопическая информация для ядерных уровней

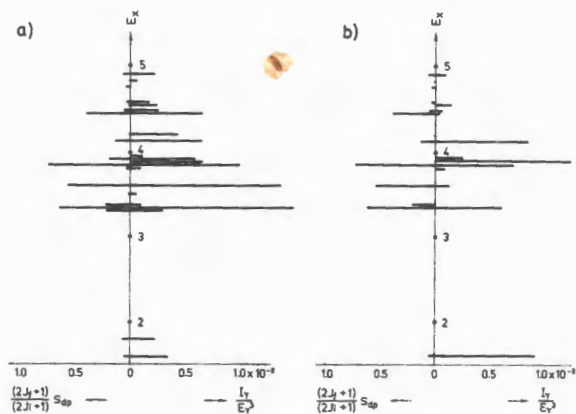


Рис. 44. Приведенные интенсивности (I_{γ}/E_{γ}^3) и спектроскопические факторы для уровней ^{51}V с энергией E_x до 5 МэВ: а/ тепловые нейтроны, б/ резонансные нейтроны.

^{51}V с энергией до 5 МэВ. Сопоставление приведенных интенсивностей первичных гамма-переходов и спектроскопических факторов из dp -реакции /рис. 44/ привело к коэффициенту корреляции $\rho = 0,8$.

Обнаружены флуктуации заселенностей нижних уровней ядра ^{150}Sm /реакция $^{149}\text{Sm}(n, \gamma)$ /, значительно превышающие расчетные значения по статистической теории. Пример эффекта в отношении заселенностей двух уровней в зависимости от энергии нейтронных резонансов показан на рис. 45. Подобный эффект, установленный ранее также для ^{148}Sm и $^{176,177}\text{Lu}$, возможно, связан с фрагментацией одночастичных s -состояний по компаунд-состояниям ядра при энергии связи нейтрона.

Нейтронная спектроскопия неделящихся ядер

Измерения пропускания образца естественного палладия проведены с разрешением 5 нс/м в области энергий нейтронов $40 \div 1500$ эВ. Определены параметры нейтронных резонансов ^{105}Pd . Най-

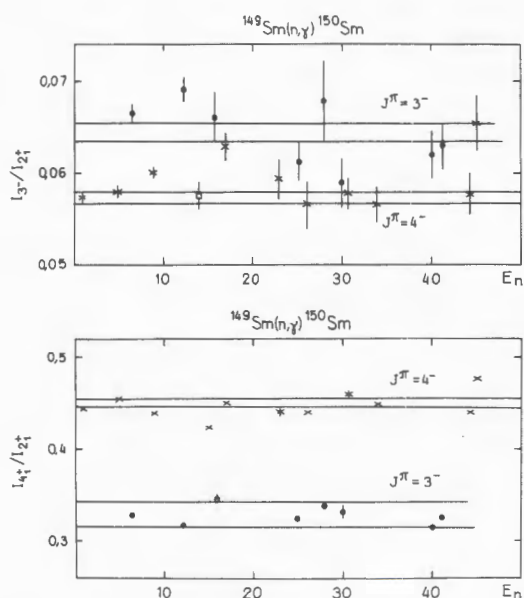


Рис. 45. Отношение заселенностей двух линий в гамма-спектрах реакции $^{149}\text{Sm}(n,\gamma)^{150}\text{Sm}$ в разных резонансах E_n . I_{3^-}/I_{2^+} соответствует отношению интенсивностей линий 737 кэВ и 334 кэВ, I_{4^+}/I_{2^+} — 439 кэВ и 334 кэВ.

дены среднее расстояние между уровнями и силовая функция: $D = 11,7 \pm 1,4$ эВ и $S^0 = 0,64 \pm 0,11 \cdot 10^{-4}$. С использованием известных значений спинов резонансов установлена независимость нейтронной силовой функции от спина с точностью 20%.

Ядерные реакции с заряженными частицами

Прямой радиационный захват протонов ядром ^{12}C изучался в интервале энергий протонов $1,2 \pm 1,6$ МэВ. Измерялся спектр гамма-излучения, соответствующего переходам на основное и первое возбужденное состояние /2366 кэВ/ ядра ^{13}N . Полученное сечение захвата на первый возбужденный уровень примерно в два раза выше результатов других авторов /рис. 46/. Обнаружено изменение

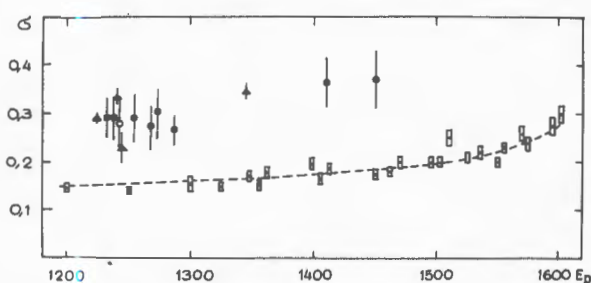


Рис. 46. Энергетическая зависимость сечения прямого радиационного захвата протонов ядром ^{12}C с переходом на первое возбужденное состояние ядра ^{13}N .

формы резонансной компоненты спектра в зависимости от энергии протонов. Энергетическая зависимость разности между положением центра тяжести резонансной части спектра и расчетной энергией перехода на уровень 2366 кэВ /рис. 47/ может указывать на проявление интерференционных эффектов в тормозном спектре.

Завершено исследование "спин-флипа" при неупругом рассеянии протонов на марганце-24. Измерялись угловые и энергетические зависимости сечения неупругого рассеяния $d\sigma/dR$ и вероятности спин-флипа $S(\theta)$ в диапазоне энергий протонов $2,9 \div 3,7$ МэВ. Помимо спинов и полных ширин уровней

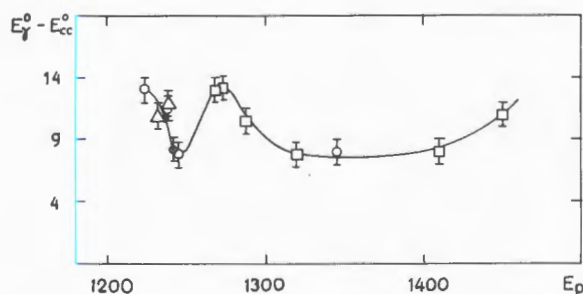


Рис. 47. Поведение изменений в форме резонансной компоненты тормозного спектра из реакции $^{12}\text{C}(p,\gamma p')^{12}\text{C}$ в зависимости от энергии протонов.

получены протонные парциальные ширины Γ_{p0} для перехода на уровень 2^+ , равные 0,1; 1,4; 3,8; 13,2 и 0,2 кэВ для резонансов 2,93; 2,98; 3,45; 3,64; и 3,68 МэВ соответственно. При обработке экспериментальных данных учитывалось взаимное влияние нескольких резонансов.

В исследовании излучения Вавилова-Черенкова и переходного излучения, возбуждаемых электронами с энергией до 300 кэВ в тонкой /около 2 длин волн света/ слюдяной мишени, изучено угловое распределение /рис. 48/. Для направленности черенковского излучения общепринята формула $\cos \theta = 1/\beta n$. Однако, согласно теории, острая направленность излучения в случае тонкой мишени должна превращаться в широкое угловое распределение под углом θ , не описываемое данной формулой. Полученная зависимость максимума излучения от энергии электронов /рис. 49/ показала, что элементарная формула /пунктир/ не применима. Ни само излучение, ни его мак-

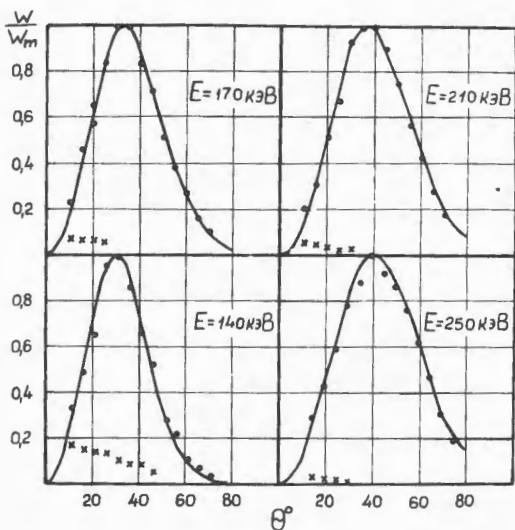


Рис. 48. Угловые распределения оптического излучения из тонкой /0,4 мкм/ слюдяной мишени для разных энергий электронов.

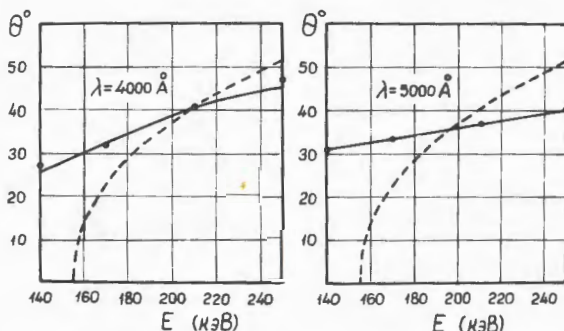


Рис. 49. Зависимость поглощения максимума оптического излучения от энергии электронов: точки - эксперимент; пунктир - расчет для излучения Вавилова-Черенкова по формуле, приведенной в тексте; сплошная кривая - расчет по точной формуле, учитывающей переходное излучение.

симум не исчезают вблизи пороговой энергии. Объяснением этого факта является наличие переходного излучения, которое может наблюдаться при любой скорости частицы.

Освоен элементный анализ поверхностей материалов методом упругого рассеяния ускоренных ионов ^3He на ускорителе ЭГ-5. Этим методом выполнен микрохимический анализ тонких пленок из Nb-Ti.

Теория компаунд-состояний ядер

Статистическое описание компаунд-состояний ядер получило развитие в цикле работ, посвященных расчету средних величин магнитных моментов, моментов инерции, квадрупольных моментов и изменений среднеквадратичного радиуса ядра с ростом энергии возбуждения вплоть до энергии связи нейтрона. Используются методы квантовой теории поля в задаче многих тел при температуре $T \neq 0$ с последовательным учетом сильного взаимодействия нуклонов.

Результат для средних значений g -факторов нейтронных резонансов редкоземельных ядер ($\bar{g} \approx 0,27$) и их среднеквадратичных флуктуаций ($\sqrt{\langle \Delta g \rangle^2} \approx 0,3$) оказался в согласии с экспериментальными данными, впервые полученными в ЛНФ. Предсказанное изменение среднеквадратичного радиуса ядер $\delta \langle r^2 \rangle \approx 0,15 \text{ Фм}$ при возбуждении до энергии нейтронных резонансов мало и примерно соответствует эффекту добавления к ядру одного-двух нуклонов.

ЭДМ электрона

Сделана попытка обнаружения электрического дипольного момента электрона в макроскопическом опыте с использованием высокочувствительного сверхпроводящего квантового магнитометра. Появление ЭДМ электрона d_e возможно при несохранении пространственной и временной четности. В этом случае при помещении атомов с неспаренными электронами в сильное электрическое поле ϵ должен измениться магнитный поток в образце, т.к. взаимодействие $E = d_e \epsilon$ ведет к выстраиванию спинов /и следовательно, магнитных моментов/. Изменения магнитного потока в образце в виде таблетки из никель-цинкового феррита не было обнаружено. В результате для ЭДМ электрона получена верхняя оценка $d_e < 10^{-22} \text{ э.см.}$

Динамика конденсированных сред

Изучение кристаллических полей в веществах с редкоземельными элементами продолжено на соединениях празеодима с никелем. Эти соединения обладают гексагональной структурой в отличие от кубической структуры ранее изученных соединений с алюминием. Выполнены из-

мерения неупругого рассеяния нейтронов на PrNi_5 на реакторе ИБР-30 методом обратной геометрии. Пример спектра, полученного под углом 60° для двух значений температуры, показан на рис. 50. В результате обработки данных получена схема уровней иона Pr^{3+} в кристаллическом поле вблизи основного состояния. Основное и первое возбужденное состояния являются синглетами. На основе

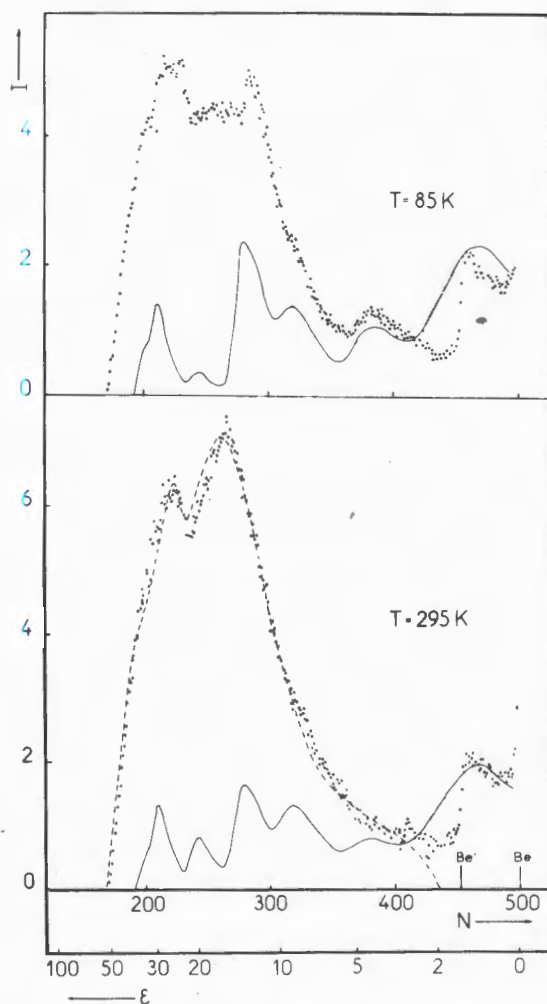


Рис. 50. Спектры неупругого рассеяния нейтронов на образце интерметаллического соединения PrNi_5 . Сплошные кривые - выделенный вклад парамагнитного рассеяния.

этой схемы уровней вычислены температурные зависимости удельной теплоемкости и магнитной восприимчивости, согласующиеся с известными экспериментальными данными.

Изучены спектры колебаний атомов водорода в соединениях с титаном /дигидрид и дидейтерид титана/. Акустическая ветвь спектра исследована на спектрометре холодных нейтронов ИАЭ им. Курчатова, а оптическая ветвь - на спектрометре обратной геометрии реак-

тора ИБР-30. На рис. 51 показана оптическая часть спектра, полученная для соединения $TiH_{1,96}$ при нескольких значениях температуры. Величина $\theta(E)$, пропорциональная дважды дифференциальному сечению рассеяния, дана в относительных единицах. Обнаружена тонкая структура основного оптического пика /энергии 135 и 146 мэВ/, не меняющаяся с температурой. Эта структура, как и большая ширина пиков, обусловлена дисперсией оптических ветвей колебаний за счет взаимодействия Н-Н водородных атомов. Вычислены значения силовых постоянных, определяющие это взаимодействие $/0,785 \cdot 10^4 \text{ г/с}^2/$ и взаимодействие Ti-H $/0,662 \cdot 10^5 \text{ г/с}^2/$.

Дифракция нейтронов

Изучение фазовых переходов, индуцированных импульсным магнитным полем, продолжено в измерениях дифракции нейтронов на монокристалле гематита ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$). В дополнение к интегральной интенсивности исследовались температурная зависимость и энергетическое распределение обнаруженного ранее дополнительного рассеяния нейтронов в области значений H и T , соответствующих фазовому переходу /рис. 52/. Синхронизированный со вспышкой реактора импульс магнитного поля длительностью около 1 мс показан только на верхнем рисунке, соответствующем температуре 230 К. Дополнительные узкие пики рассеянных нейтронов появляются при значениях магнитного поля, существенно превышающих поле равновесия фаз, равное $\sim 25 \text{ кЭ}$. Это явление, напоминающее поведение перегретой воды, объяснено рассеянием нейтронов на зародышах новой фазы. Эксперименты являются первыми наблюдениями начальной стадии фазовых переходов.

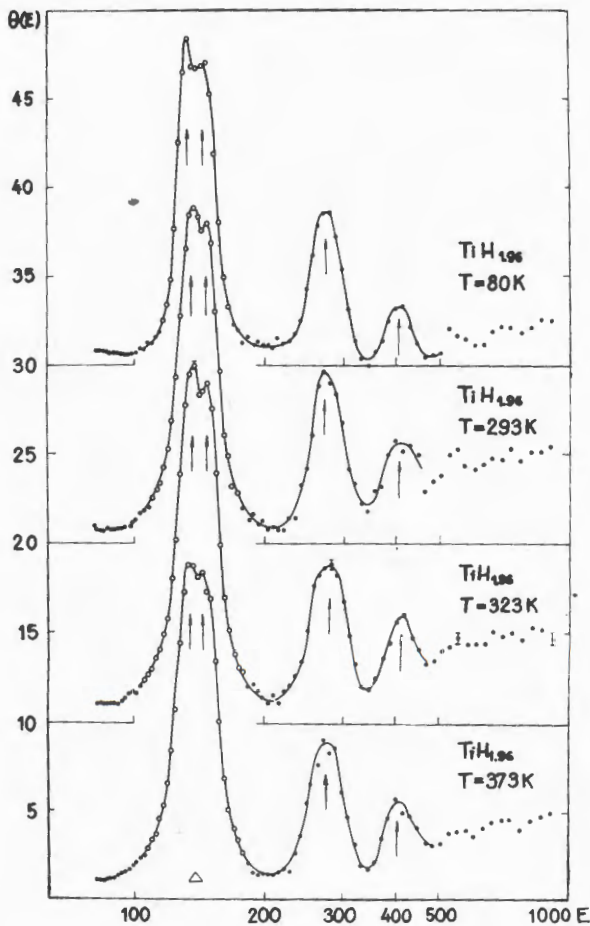


Рис. 51. Оптическая часть спектра колебаний атомов в соединении $TiH_{1,96}$.

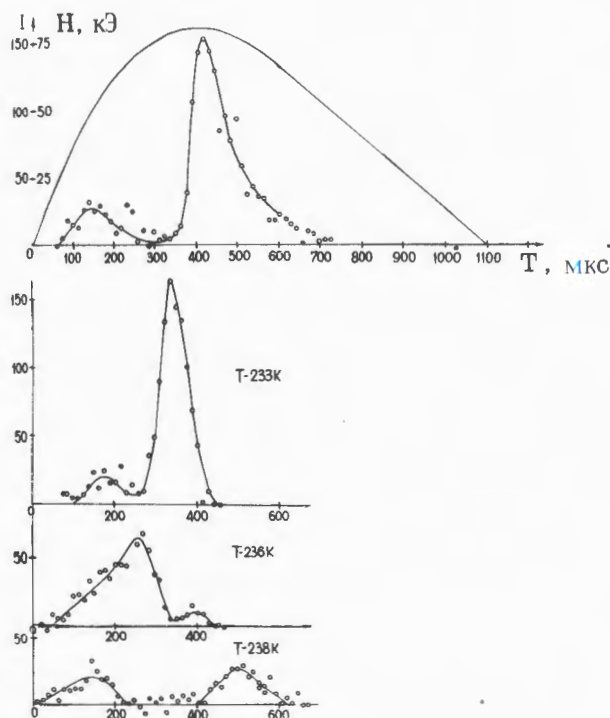


Рис. 52. Дополнительные пики дифракционного рассеяния нейтронов на гематите в области значений H /магнитное поле/ и T /температура/ вблизи равновесия фаз. Интенсивность рассеяния дана в зависимости от времени пролета.

Нейтронно-активационные исследования с помощью нейтронов

Распределение атомов бора в кремнии изучено с использованием реакции $^{10}\text{B}(n, \alpha) ^7\text{Li}$. Внедрение бора в кремний осуществлено методом имплантации ионов $^{10}\text{B}^+$ с энергиями $10 \div 80$ кэВ и ионов BF_2 с энергией 80 кэВ. Получены данные зависимости количества имплантированных ионов от энергии имплантации. Исследовано влияние отжига образцов на распределение атомов бора.

Эксплуатация, совершенствование и развитие основных установок и аппаратуры

Реактор и ускорители

В 1977 г. реактор ИБР-30 проработал на эксперимент около 3100 часов, из них 1570 часов - в режиме совместной работы с инжектором-ускорителем ЛУЭ-40. Осуществлен ремонт ускоряющей секции инжектора, необходимость которого была вызвана естественным износом секции. Проведение ремонта в короткий срок обеспечило некоторое увеличение времени работы ИБР-30 в сравнении с планом. Подготовлена и внедрена новая методика определения пикового значения реактивности во время пуска реактора.

Ускоритель ЭГ-5 проработал на эксперимент 4080 часов.

Измерительно-вычислительный центр

Проект центрального процессора для измерительно-вычислительного центра ИБР-2 /ИВЦ/ на основе двухмашинной системы PDP-11/70 и PDP-11/20 подготовлен, утвержден и принят к исполнению. Помимо машин в состав системы входят также память /88 Мбайт/ на магнитных дисках, накопители на магнитных лентах, дисплеи и другие внешние устройства. Система имеет развитое программное обеспечение и совместима с малыми ЭВМ центра.

В ходе работ по созданию измерительных модулей подготовлены и испытаны ряд устройств спектрометра ДИН-2. Входные устройства спектрометра подключены к машине М-400. Осуществлена связь М-400 с PDP-11/20. Начаты работы по созданию модуля для спектрометра малоуглового рассеяния, запущена ЭВМ Электроника-100 в минимальном комплекте.

В целях автоматизации физического эксперимента разработаны:

- автономная система на базе микропроцессора для инжектора-эжектора установки для измерения ЭДМ нейтрона;
- ряд блоков и устройств с использованием микропроцессора для корреляционного спектрометра;
- ряд блоков и систем для нейтронного дифрактометра, в том числе система с микропроцессором для управления гониометром;
- макет электронной части системы фазирования селекторов для ИБР-2.

Электронные блоки детекторной аппаратуры в стандарте КАМАК разрабатывались и создавались для нескольких экспериментов, в том числе для измерений с поляризованными нейтронами.

Технологический участок для изготовления печатных плат сдан в эксплуатацию. Изготовлено более 200 плат различных размеров и наименований.

Сооружение ИБР-2

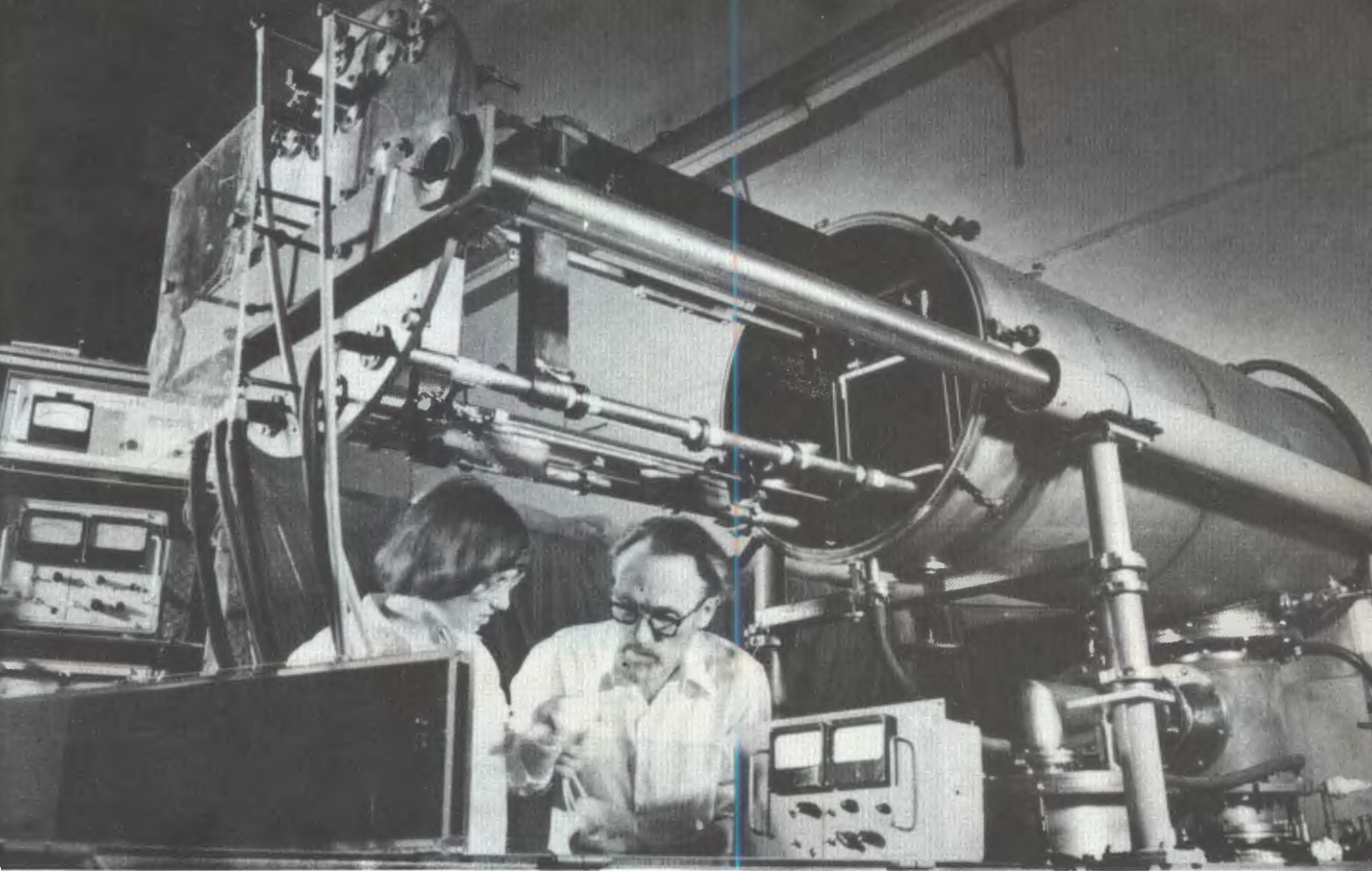
и подготовка физических установок

14 ноября 1977 г. по разрешению Государственной приемочной комиссии осу-

ществлен физический пуск реактора ИБР-2 в стационарном режиме. По программе пуска выполнен комплекс исследований различных параметров реактора, в том числе эффективности аварийной защиты и подвижных отражателей, времени жизни нейтронов в реакторе, абсолютного уровня мощности и ряда других. Продолжались работы по созданию натриевой системы охлаждения реактора.

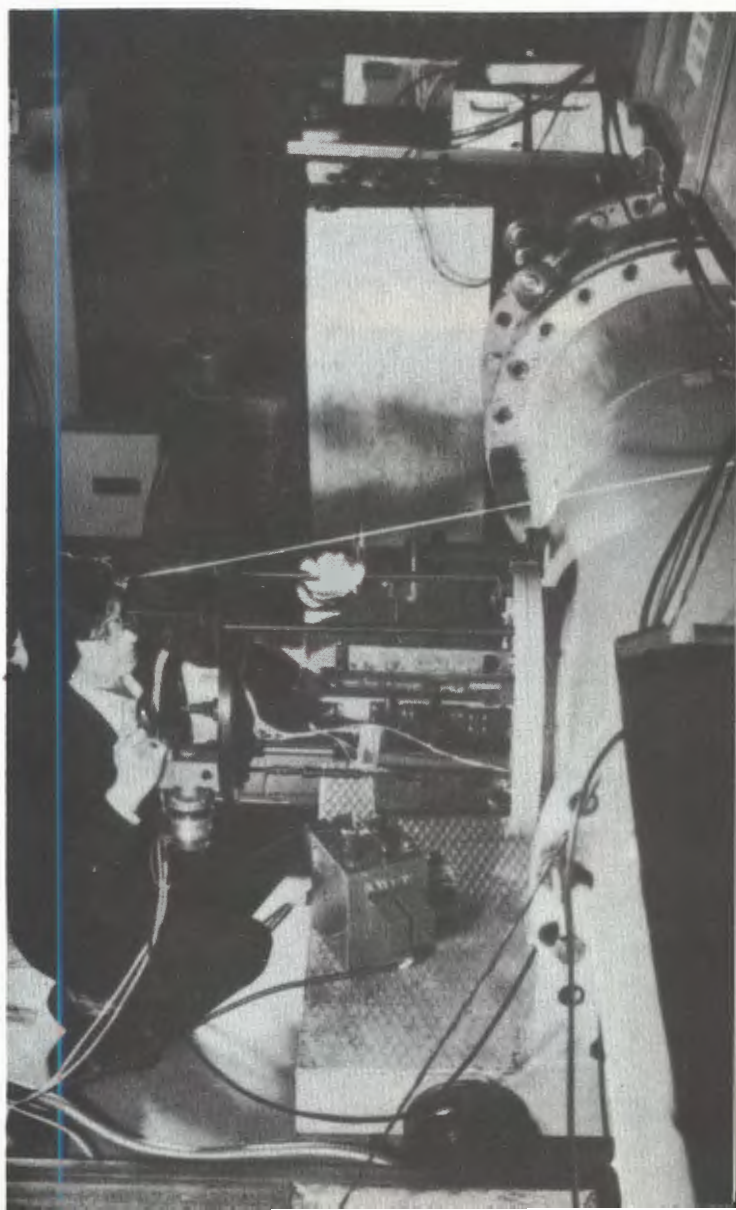
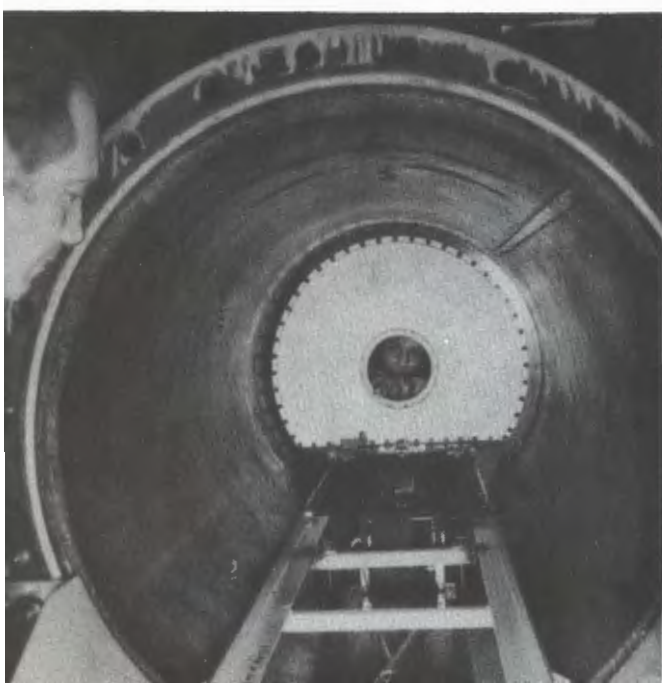
В ходе работ по изготовлению инжектора для ИБР-2 прошли стендовые испытания в НИИЭФА большинство секций инжекторного участка ускорителя ЛИУ-30. Секции подготовлены к отправке в ОИЯИ.

Продолжалось изготовление физических установок для ИБР-2, в том числе установки для измерения ЭДМ нейтрона, нейтронного дифрактометра, спектрометра неупругого рассеяния ДИН-2 /совместно с ФЭИ/ и установки малоуглового рассеяния. Изготавливался источник питания на 300 кэВ для установки "Тристом". Создан и освоен многократной кольцевой детектор нейтронов с ^3He , обеспечивающий 20-кратный выигрыш светосилы в эксперименте по рассеянию на малые углы. Начато создание трехосного гониометра для нейтронного дифрактометра. Изготовлен первый образец координатно-чувствительного детектора. Разрабатывался проект импульсной магнитной установки для экспериментов на ИБР-2. Велось проектирование медико-биологического канала для ИБР-2. На ИБР-30 запущен канал пневмопочты с соответствующей измерительной аппаратурой для подготовки к медико-биологическим исследованиям на ИБР-2.

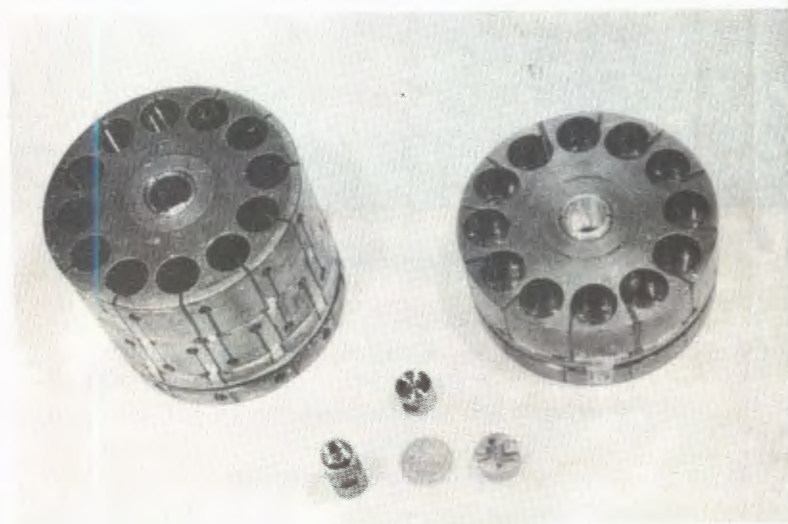
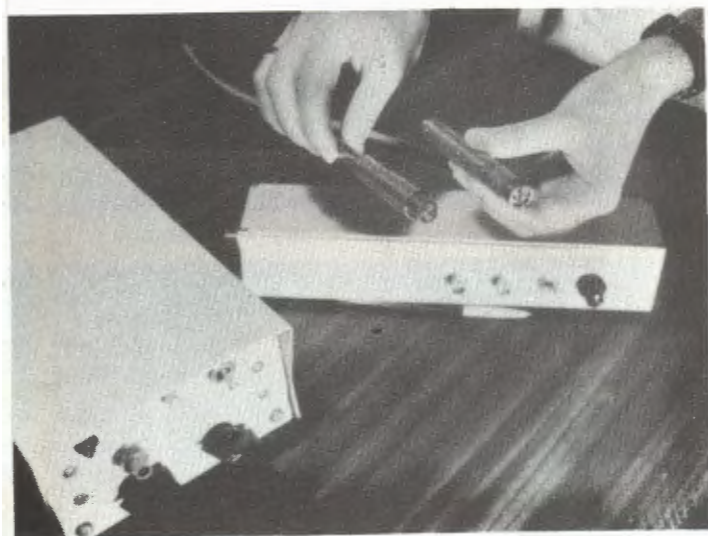
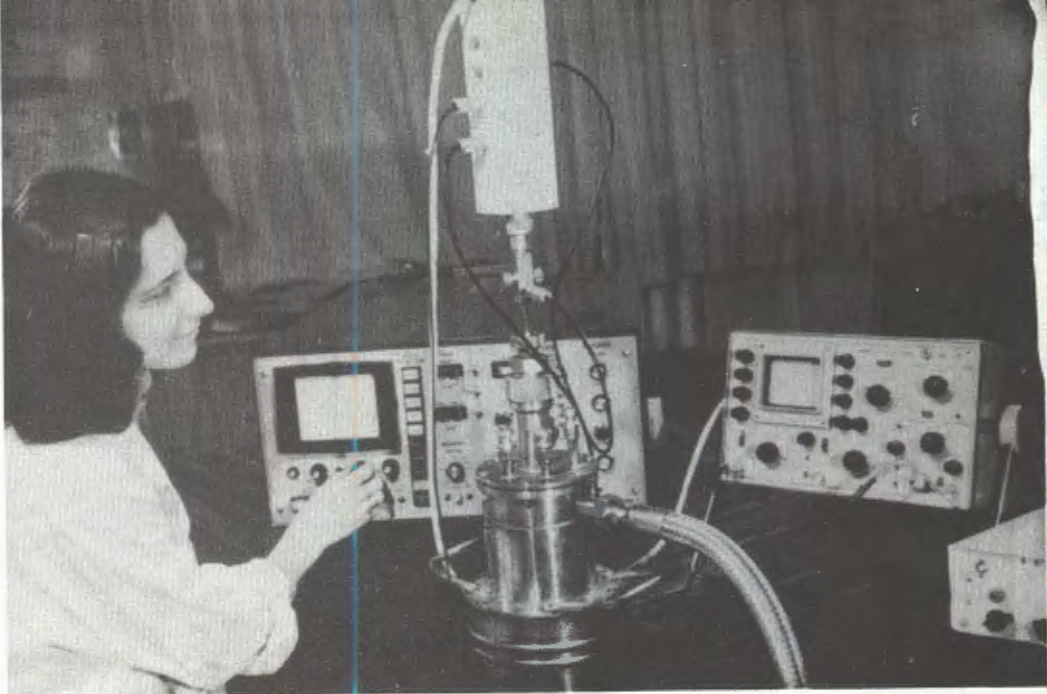


Установка для напыления никеля на стекло используется при изготовлении зеркальных нейтроноводов.

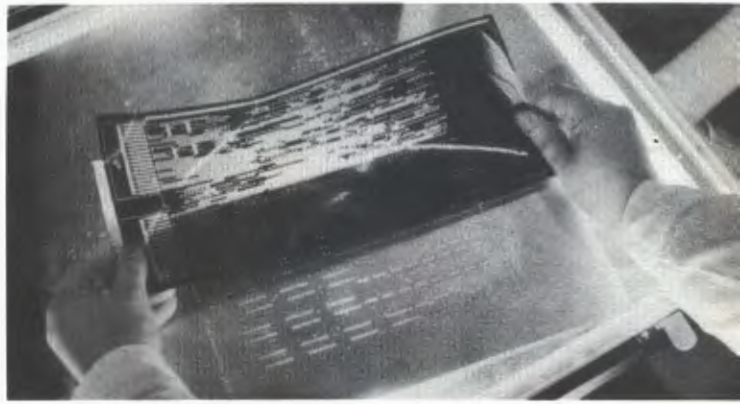
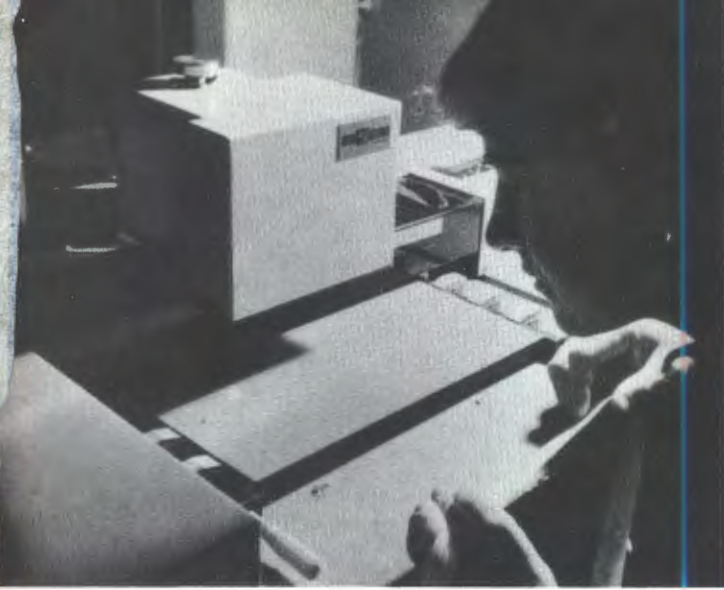
Модернизирован спектрометр малоуглового рассеяния нейтронов. Аксиально-симметричная геометрия спектрометра позволила поднять его эффективность в 20 раз. На снимках: наладка механизма смены образцов /слева/; установка многонитяного кольцевого детектора в нейтроновод /внизу/.



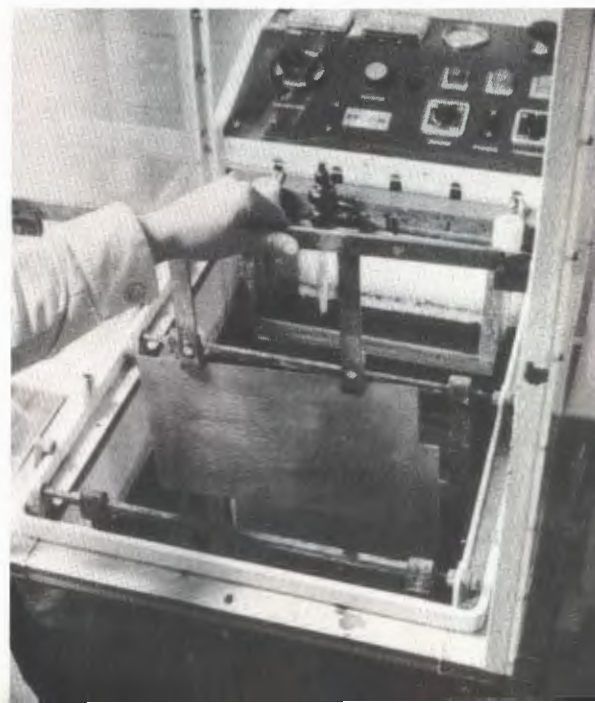
Для измерения слабых магнитных полей созданы сверхпроводящие квантовые интерферометры, обладающие рекордными характеристиками. На снимках: подготовка аппаратуры для измерения электрического дипольного момента электрона /справа/; образцы сверхпроводящих квантовых интерферометрических датчиков /внизу/.



Подготовка к работе гелиевого криостата для охлаждения образцов интерметаллических соединений редкоземельных элементов, исследуемых на ИБР-30 с помощью неупругого рассеяния нейтронов.



Сдан в эксплуатацию химико-технологический участок для изготовления печатных плат. Это позволило автоматизировать процесс изготовления плат и значительно улучшить их качество.



Лаборатория вычислительной техники и автоматизации

Основные усилия лаборатории были направлены на развитие и эффективное использование центрального измерительно-вычислительного комплекса Института, а также автоматических и полуавтоматических систем для обработки камерных снимков.

Физики лаборатории принимали участие в экспериментальных исследованиях на синхрофазотроне ОИЯИ и серпуховском ускорителе.

Разработаны новые методы численного решения нелинейных физических задач в связи с исследованиями, проводимыми в ОИЯИ.

Продолжались работы по оптимизации систем программ обработки камерных снимков, спектрометрических данных, а также программ управления с помощью ЭВМ разнообразными экспериментальными установками.

Развитие и использование измерительно- вычислительного комплекса ОИЯИ

Расширение конфигурации ЭВМ центрального вычислительного комплекса

Повышена эффективность и расширены возможности использования базовых ЭВМ ОИЯИ посредством создания сети терминальных устройств на CDC-6500 и разработки пакетов прикладных программ для дисплейной станции на БЭСМ-6.

В рамках программы создания сети терминальных устройств на базе малой ЭВМ и БЭСМ-6 установлена и отлажена ЭВМ ЕС-1010, проводились технические работы по реализации первой очереди сети терминальных устройств.



Закончена наладка блока сопряжения НМЛ ЕС-5012 для ЭВМ М-222 МИ АН МНР. Блок сопряжения отправлен в МНР.

Создание и развитие математического обеспечения ЭВМ

В операционную систему ДД-76 на ЭВМ БЭСМ-6 включены и отлажены программные изменения, необходимые для реализации аппарата отладки задач через терминалы, подключенные к БЭСМ-6 по телеграфным каналам. На концентраторе /ЕС-1010/ подготовлены и отлажены программы анализа и трансляции основных редакторских команд, предусмотренных языком системы ИНТЕРКОМ, выбранным в качестве базового языка пользователей терминалов ЭВМ БЭСМ-6 и CDC-6500. Для ЕС-1010 составлены программы работы с файлами при исполнении ряда команд ИНТЕРКОМА.

Проведена большая работа по развитию и унификации библиотек программ общего назначения для ЭВМ БЭСМ-6, CDC-6500 и ЕС-1040 ОИЯИ. Создан программный аппарат для переноса текстовой библиотеки с БЭСМ-6 на ЕС-1040. Адаптировано для ЕС-1040 и включено в ее библиотеку в рамках операционных систем ОС и ДОС восемьдесят программ библиотеки общего назначения БЭСМ-6, написанных в основном авторами из ОИЯИ. Закончено наполнение информационного поля автоматизированной справочной системы по библиотекам программ.

Создание и развитие средств и методов визуальной связи с ЭВМ

Разработаны в стандарте КАМАК дисплейный процессор и функциональные

блоки /генераторы векторов, символов и т.д./ для дисплея на заломинующей трубке. Изготовлено три опытных образца дисплеев, ведется подготовка к их серийному выпуску.

В рамках создания математического обеспечения для удаленной дисплейной станции /УДС/ /рис. 53/ ЭВМ БЭСМ-6 проводилась разработка системы подготовки программ с использованием алфавитно-цифровых дисплеев. Разработана общая схема системы, которая предполагает предоставление пользователю дисплейной станции возможностей работы в нескольких режимах. Дальнейшее развитие получило общее математическое обеспечение УДС. В частности, на БЭСМ-6 реализован аппарат диалоговых переменных, который значительно упростил для пользователя программирование диалоговых задач на языке ФОРТРАН. Разработаны программы расчета адиабатического сжатия электронного кольца с использованием УДС.

Эксплуатация базовых электронно-вычислительных машин

ЭВМ	Годовой план /в час/	Общее полезное время счета за год /в час/	Среднее суточное полезное время счета /в час/	Число пропущенных задач
БЭСМ-6	5800	7200	20,9	64561
CDC-6500	6000	6950	20,3	173423 * /37203/

* В скобках указано число задач, обработанных с терминалов.

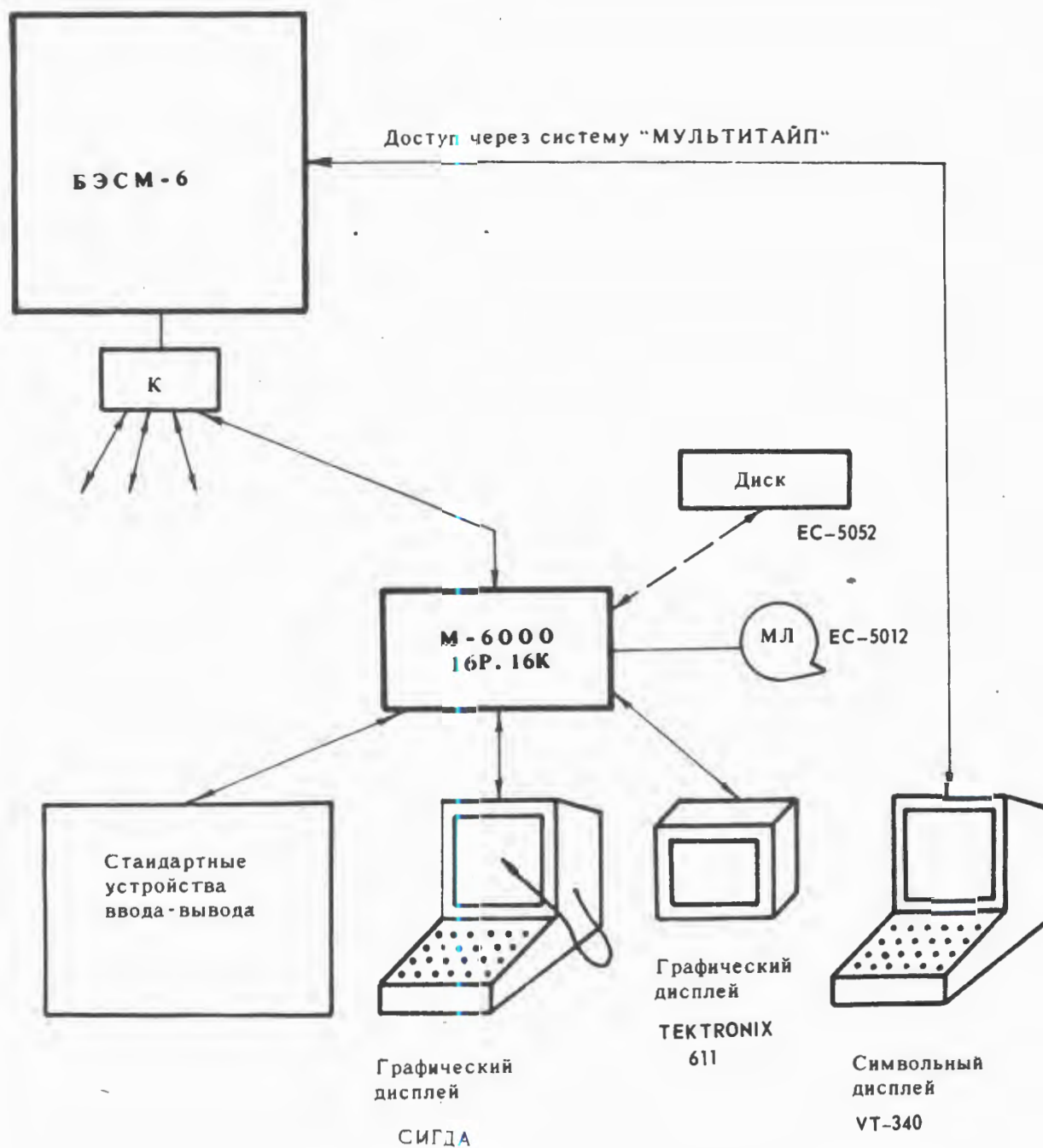


Рис. 53. Блок-схема удаленной дисплейной станции БЭСМ-6.

Создание и развитие автоматических и полуавтоматических систем обработки камерных снимков

Спиральный измеритель

Разработаны канал связи ЭВМ Электроника-100 с ТРА, позволяющий передавать данные в режиме прямого доступа в память, а также блок автоматического измерения реперных крестов. Сконструирован и изготовлен макет измерительной системы для снятия масок вершин событий при просмотре. Разработано и отлажено программное обеспечение для диалога "оператор-ЭВМ" в системе "Спирального измерителя" с использованием дисплея ВТ-340.

Сканирующий автомат НРД

Изготовлен и настроен комплект блоков, обеспечивающих режим фильтрации данных в процессе измерений и режим имитации действующей электроники, а также полный комплект запасных блоков. Созданы и отлажены управляющие программы ТРА-1001, обеспечивающие эти режимы, а также исходная версия программного комплекса на ЭВМ CDC-1604А для фильтрации данных в процессе измерения снимков.

Исследована стабильность параметров отсчетной системы НРД, в управляющую программу введен алгоритм автоматической коррекции калибровки в процесс измерений. Подготовлен и испытан вариант управляющей программы для работы с новой электронной схемой НРД.

Проведены работы по совершенствованию и развитию алгоритмов и программ для обеспечения надежного контроля качества измерений снимков с МИС ОИЯИ непосредственно в процессе сканирования. Программы контроля включены в цикл измерения и обработки в системах Дубны и Болонья, где также ведутся измерения снимков с МИС.

Автомат на электронно-лучевой трубке АЭЛТ-2/160

Создана и отлажена в комплексе с АЭЛТ-2/160 часть программ управления автоматом и распознавания событий на снимках с МИС ОИЯИ. Проведены методические измерения, позволившие исследовать структуру информации на снимках с МИС, подобрать параметры выдачи обрабатываемой информации на дисплей-монитор и дисплей-лупу. Разработан и изготовлен коммутатор на 16 направлений для канала связи управляющей ЭВМ БЭСМ-4 с автоматом АЭЛТ-2/160. Одно из направлений коммутатора связано с каналом связи БЭСМ-4 - CDC-6500.

Просмотрово-измерительные проекторы БПС-75

Разработано, изготовлено и настроено 7 блоков пульта связи оператор-прибор-ЭВМ в стандарте КАМАК, макет проектора подключен к ЭВМ ТРА-1001. Завершена отладка программ управления измерительными каретками и лентопротяжными устройствами проектора, разработан и исследован режим программного сопровождения. Сконструирован и изготовлен блок связи проектора с ЭВМ ТРА-1001. На заводе-изготовителе завершен выпуск первой партии из семи

проекторов БПС-75. Создан макет измерительного модуля на базе макета проектора БПС-75 и ЭВМ ТРА-1001.

ПУОС-САМЕТ-БЭСМ-4

Завершена опытная эксплуатация двух столов САМЕТ в режиме программного автосопровождения. Разработана схема связи ПУОС-ЭВМ в стандарте КАМАК. Завершен этап опытной эксплуатации ПУОС в стандарте КАМАК.

Обработка снимков с трековых камер

В 1977 году обработано:

- при помощи полуавтоматических устройств /ПУОС-САМЕТ/ - 320 тысяч треков для 14 физических групп ОИЯИ;
- при помощи автоматических сканирующих устройств /НРД, АЭЛТ-1, СИ-1/ - 121,6 тысяч событий на снимках с различных камер ОИЯИ.

Разработка методов расчетов и создание систем обработки камерных снимков

Система программ обработки камерных снимков

На основе опытной эксплуатации геометрических программ модульной структуры производилась их доработка и подбор констант, используемых в процессе реконструкции. Разработана и проверена на двух- и трехлучевых событиях методика кинематической идентификации событий с α -частицами. Создан опытный

вариант геометрической программы для МИС ОИЯИ, предназначенный для реконструкции одиночных треков, измеряемых на НРД. Подготовлен вариант программы ГЕОМСК, предназначенный для реконструкции событий, фотографируемых тремя объективами.

Разработана и реализована система хранения на дисках ЭВМ CDC-6500 библиотеки программ обработки результатов обмера камерных снимков, обеспечивающая эффективное использование программ и их развитие.

Исследованы различные режимы работы программ и выбран оптимальный, обеспечивающий наиболее эффективную работу ЭВМ и минимальные затраты времени периферийных процессоров.

Созданы и испытаны в пакетном режиме программы проверки результатов обмера камерных снимков, позволяющие анализировать качество измерений, выяснять природу ошибок, оценивать число хорошо измеренных событий, автоматически производить сборку рабочих вариантов программ проверки результатов обмера снимков.

Использование ЭВМ на линии с экспериментальными установками

В рамках создания математического обеспечения систем реального времени для регистрации и обработки информации в экспериментах по физике высоких энергий разработан комплекс программ сбора и накопления экспериментальных данных с установки БИС-2, осуществлен запуск БИС-2 в режиме непосредственной связи с ЕС-1040. Создана программа на ЭВМ БЭСМ-4 для моделирования методом Монте-Карло прохождения частиц в магнитном поле, а также подсистема для

наладки модулей КАМАК в диалоговом режиме. Завершены разработки подсистемы управления режимами установки "Фотон" и системы визуальной идентификации событий с использованием дисплея на ЭВМ HP-2116B. Усовершенствована подсистема статистической обработки данных с установки "Альфа" на ЭВМ ЕС-1010.

Совместно с сотрудниками ЦЕРНа разработана система NBOOK 3.0, используемая в рамках математического обеспечения (NA-4) - эксперимента для статистической обработки данных. Созданы программы и проведены расчеты по триггерной системе (NA-4) - спектрометра для отбора одно- и димьюнных событий. Разработаны и исследованы быстрые алгоритмы распознавания событий и определения их геометрических и кинематических параметров. Сгенерирована двойная библиотека, включающая пакеты программ NBOOK, ZBOOK, FFREAD и LINTRA.

Обработка спектров ядерных излучений. В библиотеку системы обработки спектров /СОС/ включено 10 программных модулей для обработки различных спектров / γ -спектров с фиксированным положением пиков, γ -спектров для целей активационного анализа, сложных γ -спектров, сравнение различных γ -спектров/, развиты системы AUTOS и SIMP. Реализована возможность ввода информации в новые ЭВМ типа ЕС.

Разработан комплекс программных модулей на ЭВМ Минск-32 /ЛЯР/, обеспечивающих прием и накопление информации с измерительного модуля на базе ЭВМ ТРА-1.

Разработка программного управления ускорителями. На синхрофазотроне ОИЯИ с помощью ЭВМ ТРА-1001 прове-

дены сеансы измерения основных параметров системы ускоритель-пучок: ускоряющей частоты, интенсивности, радиального положения пучка. Выполнено программное тестирование системы коррекции ускоряющей частоты. Для настройки и контроля системы вывода синхрофазотрона созданы базовые варианты программ, необходимые для контроля каналов вторичных пучков частиц с помощью ЭВМ ЕС-1010, в том числе для проверки буферной памяти и пропорциональных камер, измерения интенсивности и углового распределения частиц в пучке, а также построения профиля пучка.

Разработано, отлажено и испытано программное обеспечение системы автоматизации исследования параметров пучков коллективного ускорителя, позволяющие вести сбор, обработку, хранение и выдачу информации об эксперименте.

Введено в опытную эксплуатацию математическое обеспечение дисплейно-фортранной станции на базе ЭВМ М-6000 в ОНМУ.

Бесфильмовая система регистрации и обработки информации со стримерных камер. Разработаны и изготовлены основные узлы телевизионной системы контроля /ТСК/ стримерной камеры установки РИСК, включая телевизионные датчики и дисплейную аппаратуру ТСК. Проведены испытания на метровой модели стримерной камеры установки РИСК телевизионного датчика на трубке "Халникон" в сочетании с электростатическим электронно-оптическим преобразователем. Испытано устройство запоминания телевизионных изображений на трубке "Литокон". Полученные результаты соответствуют техническим условиям на ТСК для стримерной камеры РИСК и других аналогичных камер. Разработана

телевизионная камера на основе приборов с зарядовой связью /ССД-матрицы/ с блоками управления, обеспечивающими возможность регистрации амплитуд видеосигналов и запись телевизионных изображений в память ЭВМ. Разработаны алгоритмы и программы калибровки телевизионной установки, а также сжатия информации и оценки ионизации треков по снимкам со стримерных камер.

Математическое обеспечение системы автоматизированного проектирования печатных плат на базе ЭВМ БЭСМ-6, CDC-6500 и малых ЭВМ. Разработан язык описания логических схем модулей ядерной электроники, метод и алгоритм многоуровневой компоновки, минимизирующей число микросхем, необходимых для заполнения исходной схемы. Создан проект системы интерактивного проектирования на CDC-6500 с использованием графических дисплеев. Разработан быстрый алгоритм ортогональной трассировки. Часть программ системы успешно применялась для фильтрации данных спирального сканирования. Проводились работы по созданию и адаптации программ на ЭВМ ЕС-1040, ЕС-1010 и ТРА-70.

Исследования по релятивистской ядерной физике и физике резонансов

В исследованиях ядерных процессов при релятивистских энергиях завершена обработка экспериментальных данных об инклюзивных спектрах протонов и дейтронов, испущенных в dd- и дейтрон-ядерных соударениях при 4,3; 6,3 и 8,9 ГэВ/с.

Показано /рис. 54,55/, что импульсные спектры протонов, испущенных в результате развала дейтронов с импульсом 6,3 ГэВ/с на ядрах водорода, дейтерия, углерода и висмута, измеренные под углом 103 мрад, в основном удовлетворительно воспроизводятся в рамках модели многократного дифракционного рассеяния с учетом релятивистской деформации волновой функции дейтрона. Обнаруженная структура спектров дейтронов, упруго и квазиупруго рассеянных на угол 103 мрад в dd-соударениях при указанных выше импульсах, представляет собой новый объект для проверки предсказаний модели многократного дифракционного рассеяния и позволяет сделать определенные заключения о механизме dd-рассеяния при передачах импульса $|t| \sim 0,2 \div 0,8 / \text{ГэВ}/\text{с}^2$.

В результате обработки экспериментальных данных с установки СКМ-200 обнаружены особенности в распределениях по множественности отрицательных π -мезонов, образованных в соударениях α -частиц /импульс 17,9 ГэВ/с/ с ядрами /обработано 48 тысяч треков/.

С помощью однометровой жидководородной камеры совместно с физиками Бухарестского университета определены сечения πp -взаимодействий при $P_n = 5,1$ ГэВ/с, а также проведено изучение одной автомодельной зависимости в процессе развала релятивистского дейтрона при $P_d = 3,46; 4,46; 7,66$ и $10,2$ ГэВ/с. Разработана методика анализа результатов измерения на сканирующем автомате HPD снимков с актами πp -взаимодействий при различных энергиях.

В $\pi^- p$ -взаимодействиях при 16 ГэВ/с обнаружен случай рождения Ξ^0 -гиперона, определено сечение его образования $\sigma = 50 \pm 15_{41} \text{ мкб}$, идентифицирован канал реакции. Проведено изучение рождения Ξ^- , Ξ^+ -гиперонов в $\pi^- p$ -

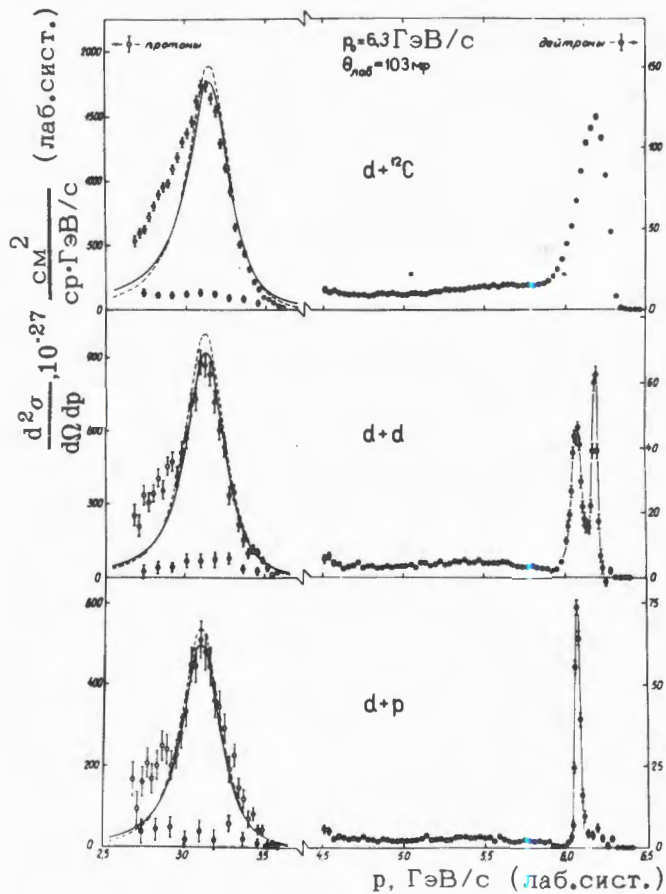
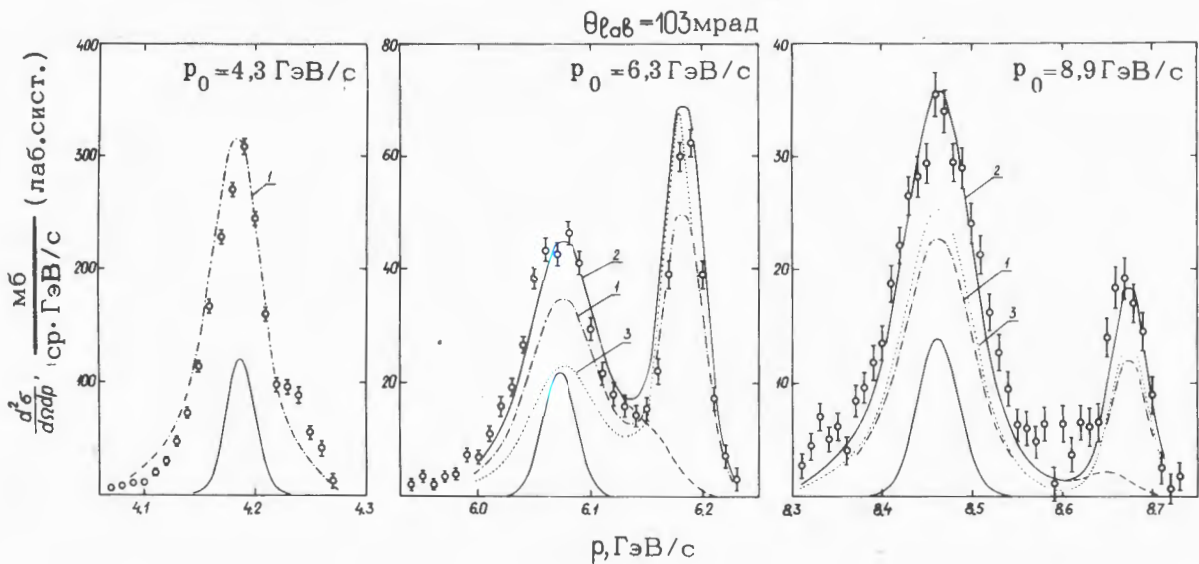


Рис. 54. Импульсные спектры вторичных протонов /светлые кружки/ и дейтронов /черные кружки/ от соударений дейтронов с протонами, дейтронами и ядрами углерода при 6,3 ГэВ/с. Правая шкала относится к дейтронам. Дейтронные пики в dp - и dd -спектрах обведены кривыми от руки. На спектрах сплошные кривые - результат вычислений, выполненных в рамках модели многократного дифракционного рассеяния.

Рис. 55. Импульсные спектры вторичных дейтронов, зарегистрированных под углом 103 мрад в лабораторной системе от dd -соударений при 4,3; 6,3 и 8,9 ГэВ/с. Цифрами отмечены варианты расчетов, выполненных в рамках модели многократного дифракционного рассеяния. Штриховыми кривыми показаны вычисленные вклады от квазиупругого рассеяния в области пиков, кинематически отвечающих упругому dd -рассеянию. Импульсные пики, показанные сплошными кривыми, соответствуют пикам от упругого dp -рассеяния, умноженным на масштабный коэффициент 0,3; они характеризуют импульсное разрешение экспериментальной аппаратуры.



взаимодействиях при различных множественностях. Всего обнаружено 46 Ξ^- - и 3 Ξ^+ -частиц, определены сечения их рождения в событиях различных множественностей. Подтверждено, что, в отличие от K^-p -взаимодействий, в π^-p -взаимодействиях в с.ц.м. Ξ^- -гипероны сохраняют направление вылета баррона. В π^-p -взаимодействиях при 16 ГэВ/с коэффициент асимметрии /назад-вперед/ для Ξ^- -частиц равен $A = 0,56 \pm 0,12$. Обнаружено, что в большинстве реакций Ξ^- - и K^+ -частицы вместе летят назад в с.ц.м. π^-p -взаимодействий, тогда как другие мезоны направлены вперед или в среднем симметрично.

На двухметровой пропановой камере получены данные об образовании ρ^0 -, ω - и f^0 -мезонов в инклюзивных и полунклюзивных взаимодействиях π^- -мезонов с протонами при энергии 40 ГэВ/с. Продолжалось изучение образования частиц с большими поперечными импульсами в π^-p -взаимодействиях при 40 ГэВ/с. Показано, что с ростом P_T увеличивается зарядовая асимметрия испускания пионов. Наблюдаемая в азимутальной плоскости корреляция в вылете пионов относительно частиц с $P_T > 0,8$ ГэВ/с может указывать на наличие "струй" пионов, сопровождающих частицы с большими поперечными импульсами.

Методы прикладных вычислений

Построен устойчивый процесс численного решения обратной задачи теории рассеяния /ОЗР/ методом Ньютона, сходимость этого процесса обеспечивается в широкой области начальных приближений /глобальная сходимость/. Получены достаточные условия существова-

ния частицеподобных решений в модели Фридберга-Ли-Сирлина. Построен алгоритм численного решения и доказано существование решений нелинейной краевой задачи, связанной с уравнениями Чу-Лоу. Проведены исследования устойчивости разностных схем задач математической физики. Дано обоснование сходимости метода Ньютона в задаче Штурма-Лиувилля.

Доказана общая теорема об устойчивости "заряженных" скалярных солитонов в рамках релятивистски-инвариантных моделей теории поля. Впервые исследована на ЭВМ динамика столкновения двумерных пульсонов в рамках ϕ^4 -теории поля. Обнаружены устойчивость различных пульсонов по отношению к угловым возмущениям и сохранение их числа при достаточно больших относительных скоростях. Исследована устойчивость "заряженных" солитонов в рамках ϕ^4 -а ϕ^6 теории поля и показано существование полос устойчивости. Получены и исследованы условия существования многомерных солитонов для теории с полиномиальными лагранжианами. Получено уравнение, описывающее взаимодействие экситонов и фононов в одномерном молекулярном кристалле, и найдены солитонные решения этого уравнения.

Разработан разностный алгоритм вычисления комплексных собственных значений и собственных функций уравнения Шредингера с потенциалом Саксона-Вудса. Предложен способ блочного программирования на ФОРТРАНе, используемый при создании новых программ для решения задач, связанных с исследованиями свойств сложных ядер. Составлены и отлажены программы вычисления сингулярного интеграла с ядром Коши, используя

щие кусочно-линейную и кусочно-квадратичную аппроксимацию регулярной части подынтегральной функции.

Выполнены расчеты для модельной самосогласованной задачи, связанной с проектированием коллективного ускорителя, а также расчеты электромагнитных полей для синхрофазотрона. Установлено, что периодические траектории синхрофазотрона, расположенные в рабочей области ускорителя и отклоняющиеся от медианной плоскости ускорителя на расстояние $|Z| \gg 1$ см, путем коррекции магнитного поля ускорителя в прямолинейных промежутках могут быть "приближены" к медианной плоскости так, что для любой точки траектории $|Z| < 1$ см. Разработан алгоритм описанной выше оптимизации, составлена программа и выполнены расчеты на CDC-6500.

Разработан метод решения задачи рассеяния как задачи на собственные значения. На основе предложенного метода разработаны алгоритмы и программы для решения ряда физических задач /мезомолекулярная физика, теория ядра/. Разработаны специальные вычислительные схемы для решения задач с дискретным и непрерывным спектрами вблизи границы континуума. Полученные результаты позволяют строить алгоритмы с двусторонней сходимостью к энергии состояния квантовомеханической системы. Предложен новый резонансный механизм образования мезомолекул на основе сравнения расчетных и экспериментальных данных для энергии связи мезомолекул.

Разработана новая каскадная модель для исследования многочастичных взаимодействий, учитывающая времен-

ную координату. Создана стандартная программа расчета внутриядерных каскадов на БЭСМ-6, пригодная для ядерно-физических и прикладных расчетов при энергиях, не превышающих нескольких ГэВ. Разработана оптическая модель упругого рассеяния ядер с учетом кулоновских эффектов, составлена стандартная программа для расчетов на БЭСМ-6. Выполнены расчеты взаимодействия быстрых частиц с делящимися средами с целью изучения различных эффектов, влияющих на накопление плутония в обрабатываемых материалах.

Внедрены на CDC-6500 два комплекса программ для аналитических преобразований:

SCHOONSCHIP - система, предназначенная для решения задач физики высоких энергий, являющаяся одной из самых быстродействующих систем;

CLAM - система, предназначенная для решения задач общей теории относительности.

С целью вычисления на ЭВМ интегралов Фейнмана исследованы возможности программы RIWIAD и освоена методика вычисления этих интегралов, основанная на получении факторизованного аппроксиманта для подынтегральной функции.

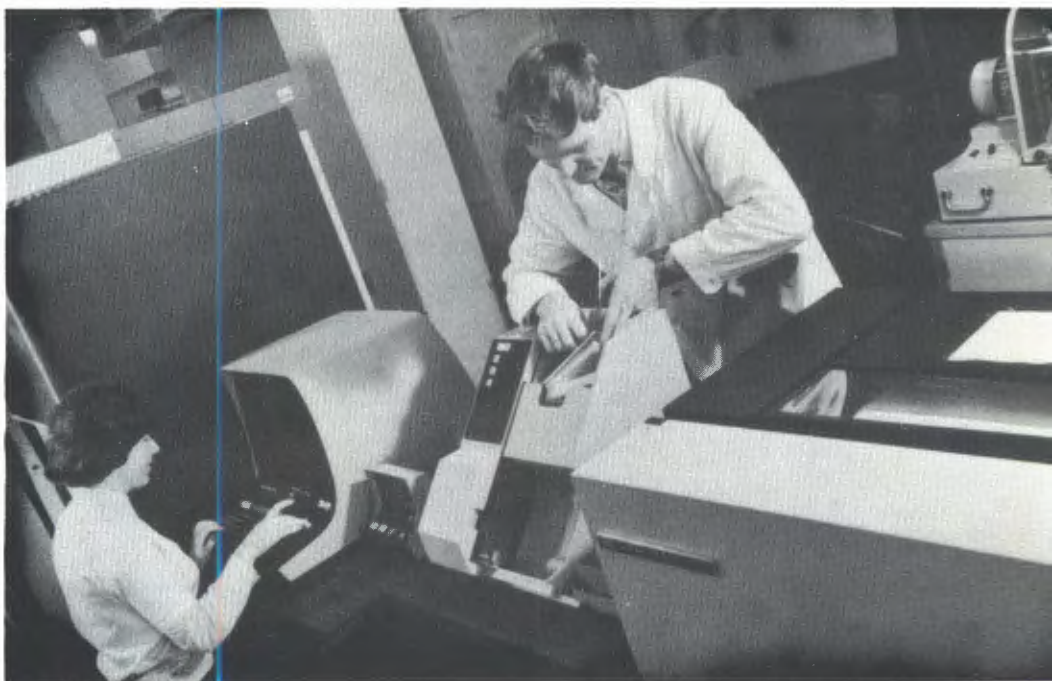
АСУ и ИПС ОИЯИ

АСУ. Разработан проект ИСК /информационно-поисковая система для работы с документами картотечного типа/. Завершено создание ее основных блоков и их опробование для подсистемы кадрового учета АСУ ОИЯИ. Система ИСК является расширением созданной в 1975-1976 годах информационной системы "Кадры". Завершены работы по формиро-

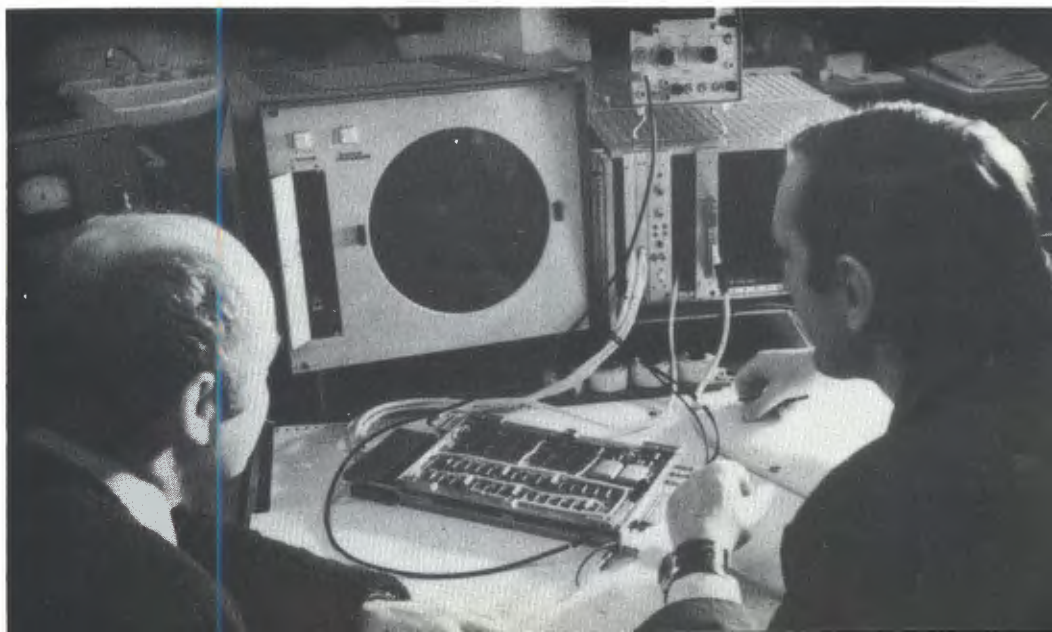
ванию и редактированию словаря и созданию архива, а также разработаны входной язык и язык запроса и составлены соответствующие программы. Проводились работы по модернизации программ подсистемы бухгалтерского учета. Созданы программы ввода и записи на магнитный диск.

ИПС. Реализован процесс поиска информации в диалоговом режиме в рамках ИПС ОИЯИ на CDC-6500. Полностью автоматизирована процедура формулирования запросов при помощи дескрипторного словаря системы, доступ к которому значительно облегчен. Программа реализована на языке КОБОЛ.

Выносная станция для дистанционной пакетной обработки задач на ЭВМ CDC-6500.

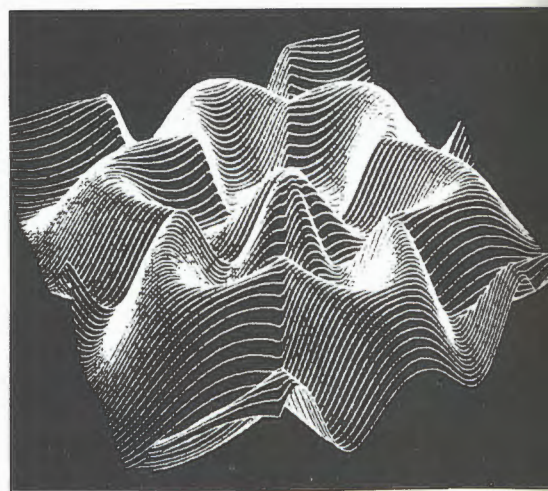


Настройка функциональных блоков в стандарте КАМАК для графического дисплея на запоминающей электронно-лучевой трубке.

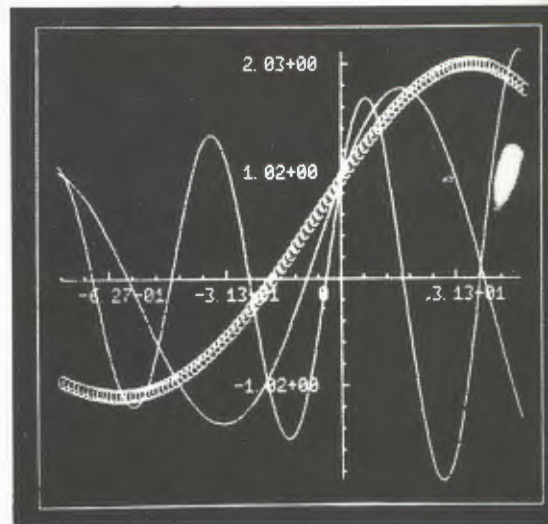




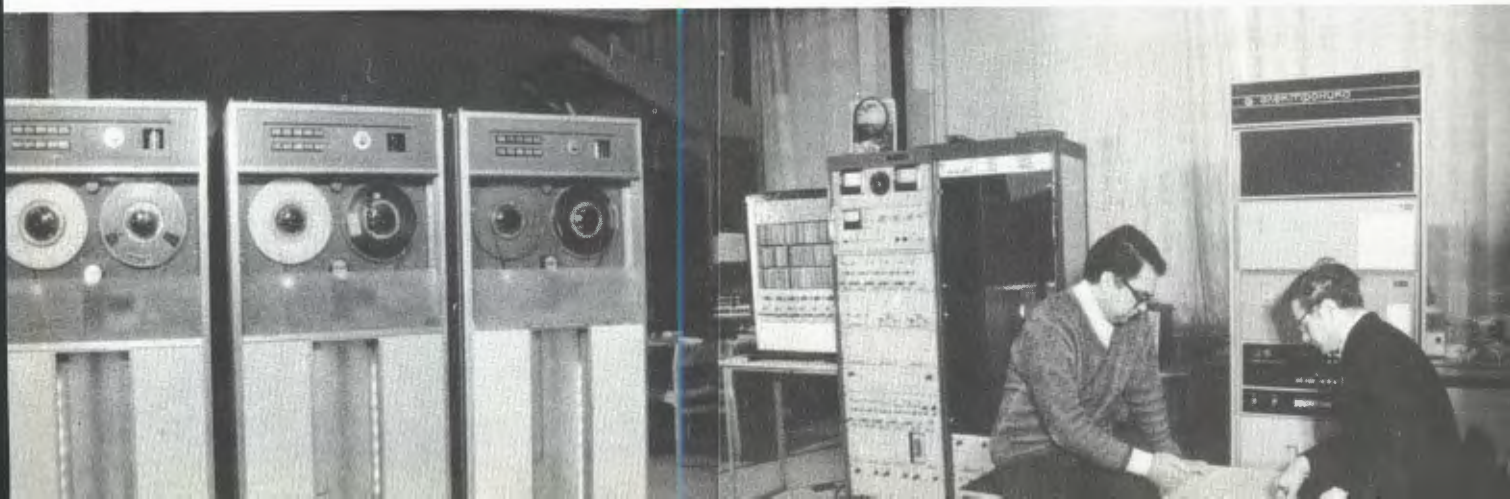
Повышена эффективность и расширены возможности использования базовых ЭВМ посредством создания сети терминальных устройств на CDC-6500 и разработки пакетов прикладных программ для дисплейной станции на БЭСМ-6. На снимке: удаленная дисплейная станция /УДС/ на базе ЭВМ М-600.



Математическое обеспечение УДС позволяет оперативно выводить на экран сложную графическую информацию.



Разработано и отлажено программное обеспечение для диалога оператор - ЭВМ в системе "Спирального измерителя". На снимке: измерительный комплекс для обработки камерных снимков на базе "СИ".



Общеинститутские отделы



Отдел новых методов ускорения

Основные усилия Отдела новых методов ускорения были направлены на завершение запуска прототипа коллективного ускорителя тяжелых ионов и на организацию серийного изготовления и испытания больших пропорциональных камер для эксперимента в ЦЕРНе по изучению инклюзивного глубоконеупругого рассеяния мюонов на водороде и дейтерии.

Работы по запуску коллективного ускорителя тяжелых ионов

В осуществленном режиме работы КУТИ ионы захватываются электронным кольцом в процессе его компрессии из остаточного газа в камере. Как показали расчеты, для того чтобы на конечной стадии формирования электрон-ионного кольца не наступала стадия, близкая к зарядовой компенсации, в камере адгезатора необходим вакуум выше 10^{-7}Тор .

В результате проведенных усовершенствований вакуумной системы в непрогреваемой камере адгезатора был получен азотный вакуум вплоть до $2 \cdot 10^{-8} \text{Тор}$.

Магнитная система КУТИ обеспечивает сжатие электронных колец до конечного радиуса 2,8 см, вывод колец, нагруженных ионами, в область линейно спадающего магнитного поля и равномерное ускорение практически на всей длине соленоида со спадающим магнитным полем. Вывод кольца из плоскости формирования осуществляется путем деформации и перемещения удерживающей магнитной ямы в направлении, нормальном к медианной плоскости системы, которые производятся за счет шунтирования



одной из последовательно соединенных катушек последней ступени сжатия и увеличения тока в нешунтированной катушке. К моменту вывода тока в последней ступени сжатия и соленоиде близки к амплитудным значениям. Специфически распределенная плотность намотки по длине соленоида обеспечивает относительный спад поля на $25 \div 30\%$ со средним градиентом $50 \div 75$ Э/см /на уровне 15 кЭ/.

Согласно расчету, в КУТИ возможны два основных режима вывода. Первый режим соответствует совпадению амплитуд магнитных полей последней ступени

сжатия и ускоряющего соленоида. При этом деформация потенциальной ямы магнитного поля, удерживающей электронное кольцо, полностью заканчивается при смещении кольца на $6 \div 7$ см от медианной плоскости. Во втором режиме амплитуда магнитного поля соленоида больше амплитуды поля последней ступени сжатия, и кольцо остается в потенциальной яме вплоть до момента времени, когда в результате спада тока в соленоиде поля выравниваются. Освобождение кольца от потенциальной ямы происходит только на расстоянии $16-17$ см от медианной плоскости. Режимы вывода

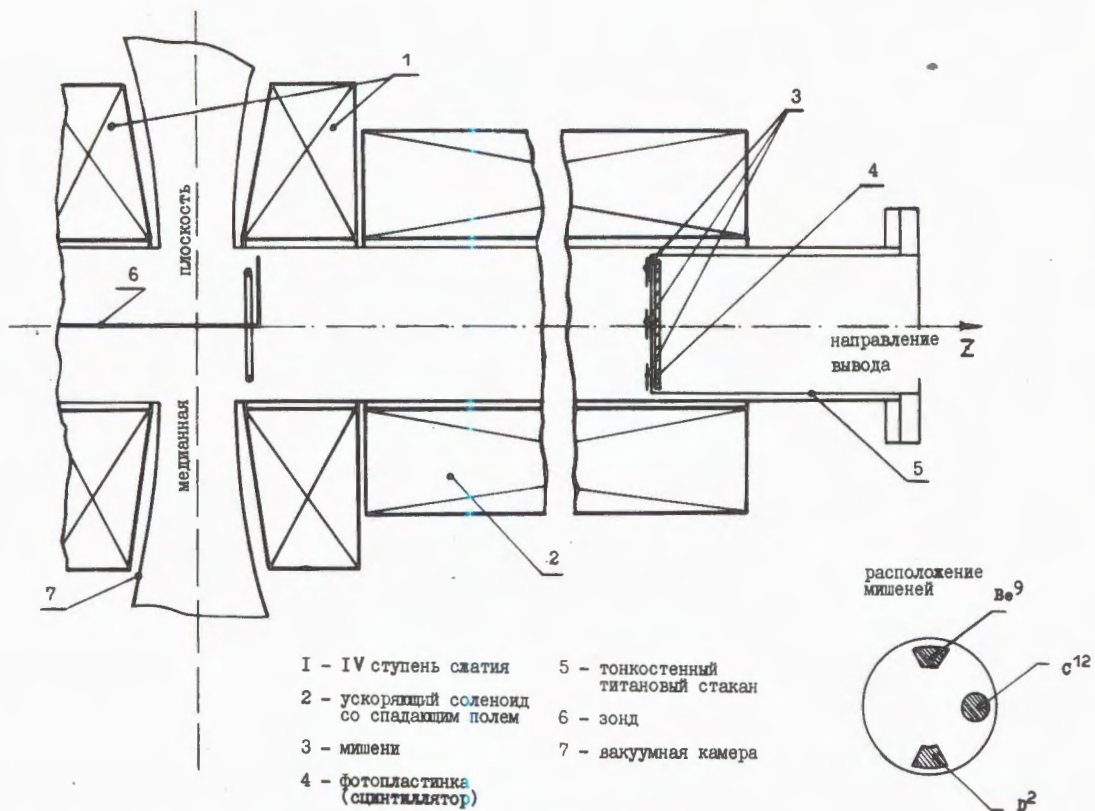


Рис. 56. Установка для исследования режимов вывода электронно-ионных колец в прототипе КУТИ.

были исследованы с целью экспериментального определения диапазона измерения параметров магнитной системы.

Установка для проведения исследования схематически представлена на рис. 56. Зонд из тонкой проволоки /для снижения возмущений поля/, перемещаемый вдоль оси, давал возможность при высадке на него электронного кольца получать как электрические сигналы, пропорциональные заряду кольца, так и тормозное излучение, регистрируемое сцинтилляционным детектором. Для оперативного определения геометрических параметров кольца на конце выводного патрубка был установлен стакан с тонкими стенками /0,5 мм/, выполненными из титана. Дно стакана располагалось в конце участка линейно спадающего поля ускоряющего соленоида на расстоянии 77 см от медианной плоскости. Таким образом, был обеспечен оперативный доступ в область ускорения без нарушения вакуума. Тонкое дно стакана, прозрачное для высокоэнергетичных электронов и γ -квантов, позволяло получать автографы кольца на фотопластинке, установленной на дне стакана с наружной стороны, или наблюдать визуально кольцевое свечение сцинтиллятора, установленного вместо фотопластинки.

Динамика движения кольца вдоль оси Z в потенциальной яме в разных режимах вывода иллюстрируется рисунком 57. Точками показаны моменты появления сигнала тормозного γ -излучения при перемещении зонда вдоль оси Z . Было установлено, что в первом режиме вывода для широкого диапазона изменения поля соленоида, а следовательно и размеров кольца, отсутствовало влияние резонанса $\nu_r = 1$. Кольцо ускорялось вдоль оси со-

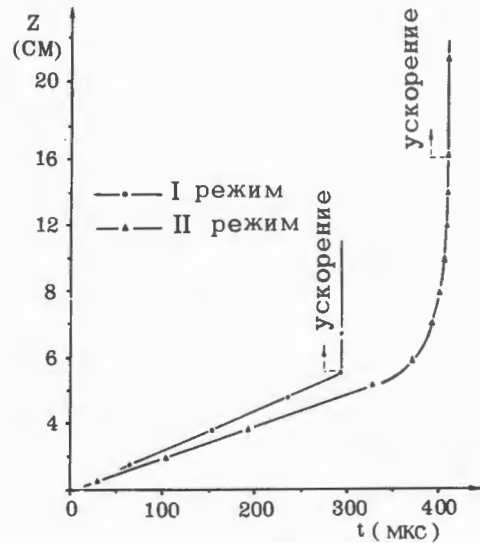


Рис. 57. Динамика движения кольца на начальном этапе ускорения.

леноида без поперечных смещений. Во втором режиме, когда старт кольца в режим ускорения происходил на $Z = 16$ см, наблюдалось влияние резонанса $\nu_r = 1$, что требовало принятия дополнительных мер для центрирования кольца относительно продольной оси.

Измерения показали возможность вывода и ускорения электронно-ионного кольца в широком диапазоне промежуточных режимов с изменением величины поля и момента шунтирования катушек последней ступени сжатия.

Параметры электронных колец в экспериментах по ускорению ионов были следующими: число электронов $N_e = 1 \pm 0,3 \cdot 10^{13}$, радиус кольца $R \approx 3$ см, полуразмеры малого сечения $a_r \approx a_z = 0,2 \pm 0,15$ см, релятивистский фактор в конце сжатия $\gamma \approx 40$.

Специфика коллективного ускорения многозарядных ионов заключается в том,

что количество и конечная энергия ускоренных ионов являются величинами связанными, причем, когда масса ионной компоненты кольца много больше массы электронной компоненты, умноженной на релятивистский фактор γ , произведение конечной энергии на количество ионов есть величина постоянная, определяемая параметрами ускорителя. Кроме того, энергия ионов не может превышать некоторой предельной величины, определяемой способностью электронного кольца удерживать внутри себя ионы при ускорении. Для трехзарядных ионов азота, а именно такие в основном образуются в электронном кольце к моменту ускорения, при указанных выше параметрах электронного кольца предельно допустимый прирост энергии составляет $\sim 3,0$ МэВ/нукл.·м.

Для определения параметров ускоренного ионного пучка был использован метод активационного анализа. В ожидаемом диапазоне энергий ионов /менее 2 МэВ/нукл./ было целесообразно использовать мишени только из легких элементов. С целью получения информации отдельно об энергии и интенсивности ускоренных ионов использовались одновременно три мишени из различных материалов (^2D , ^9Be , ^{12}C), дающие на ускоренных ионах азота ядерные реакции с различными порогами.

Основные реакции на выбранных мишенях следующие:

1/ $^{14}\text{N} + ^2\text{D} \rightarrow ^{15}\text{O} + \text{n}$. Образующийся в результате реакции изотоп ^{15}O имеет β^+ -активность с энергией позитрона 1,7 МэВ и периодом полураспада ~ 2 мин. Порог реакции составляет 0,5 МэВ/нукл.

2/ $^{14}\text{N} + ^9\text{Be} \rightarrow ^{18}\text{F} + \alpha + \text{n}$. Изотоп ^{18}F имеет период полураспада 1,87ч и испускает при распаде позитрон с энергией 0,6 МэВ. Порог реакции - 0,8 МэВ/нукл.

3/ $^{14}\text{N} + ^{12}\text{C} \rightarrow ^{24}\text{Na} + 2\text{p}$. ^{24}Na имеет в спектре распада γ -линию с энергией 1369 кэВ и периодом полураспада ~ 15 час. Порог реакции - 1,4 МэВ/нукл.

Сечения этих реакций в зависимости от энергии налетающего иона хорошо известны. Анализ побочных реакций показал, что их влияние на основные результаты пренебрежимо мало.

Тонкие мишени имели поперечные размеры ~ 20 мм и располагались на внутренней стороне дна титанового цилиндра, как это показано на рис. 56. Измерение активности, наведенной в мишенях, производилось с помощью сцинтилляционного γ -спектрометра. Кристалл детектора, имеющий размеры порядка размеров мишеней, размещался внутри титанового стакана вплотную к наружной стенке напротив выбранной мишени. Это давало возможность непосредственно после облучения снаружи, без нарушения вакуума, проводить измерения на каждой мишени независимо. Вклад соседних мишеней из-за изменения телесного угла оказался несущественным. Эффективность регистрации детектора была проверена в аналогичных условиях с помощью калиброванных спектрометрических радиоактивных изотопов и составила для γ -квантов с энергией 511 кэВ два с половиной процента.

Экспериментально установленная связь между энергией ионов азота и величиной вакуума в камере, при изменении энергии от 0,5 до 1,4 МэВ/нукл., согласуется с расчетом. Согласно оценкам, совпадающим для различных мишеней с хорошей точностью, нижние границы интенсивности ионов составляют $/5 \pm 1/ \cdot 10^{11}$ ионов в цикле.

На рис. 58. приведены результаты измерений активности мишени из дейтерия при различных значениях вакуума в ка-

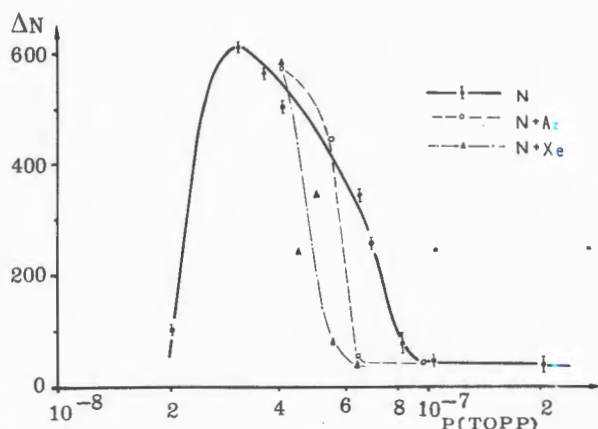


Рис. 58. Зависимость активности мишени из дейтерия от давления газовых смесей.

мере. Полученная зависимость интерпретируется следующим образом. При очень малых загрузках электронного кольца ионами /вакуум $2 \cdot 10^{-8}$ Торр/ ионы не удерживаются электрическим полем кольца и не захватываются в режим ускорения. При давлении $\sim 3 \cdot 10^{-8}$ Торр происходит оптимальное ускорение. Далее, с увеличением числа ускоренных ионов соответственно падает их энергия. Уменьшение энергии ионов значительно сильнее влияет на выход реакции в мишени, поэтому активность мишени, несмотря на увеличение числа ионов, падает. И, наконец, при давлении в камере $9 \cdot 10^{-8}$ Торр энергия ионов становится ниже пороговой для данной реакции.

Такое представление требовало проверки, так как отсутствие выхода реакции в мишени можно было объяснить и тем, что при низком значении вакуума за счет большого числа ионов в кольце может происходить зарядовая нейтрализация и нарушаться условие устойчивости двухкомпонентного кольца. При этом можно не наблюдать ускорения вообще.

Подобная проверка была проведена

путем частичной загрузки кольца ионами с меньшим отношением заряда к массе. Ускорялись ионы азота с добавлением ионов ^{40}Ar и ^{129}Xe , у которых отношения Z/A соответственно равны $1/7$ и $1/10$. Зависимости выхода реакций от суммарного давления этих газов представлены на рис. 58. Уменьшение давлений, соответствующих пороговой энергии, находится в согласии с массовыми числами добавок.

Из этих зависимостей также следует, что ионы аргона и ксенона ускоряются совместно с кольцом. И действительно, было, в частности, зарегистрировано γ -излучение с энергией 1293 КэВ, которое соответствовало ^{41}Ar , получавшемуся в реакции $^{40}\text{Ar} \rightarrow ^2\text{D} \rightarrow ^{41}\text{Ar} + p$. По оценкам, интенсивность ионов аргона составляет $\sim 2 \cdot 10^{11}$ ионов/цикл, что соответствует парциальному давлению аргона в камере.

Работы
по созданию
больших
пропорциональных
камер

Разработан координатный детектор - большая пропорциональная камера оригинальной конструкции с площадью $3 \times 1,5 / \text{м}^2$. Камера имеет 704 сигнальные проволочки, натянутые с шагом 2 мм, межэлектродный зазор 7 мм, полную толщину по пучку 54 мм / $0,64 \text{ г/см}^2$ /. Самоподдерживающаяся простая конструкция обеспечивает идентичность отдельных камер, что должно позволить надежно оперировать с уникальным спектрометром с общим числом сигнальных проволочек более 100 000. Координатный

детектор высокоэффективно регистрирует слабоионизирующие частицы при загрузке 10^7 частиц на камеру в секунду и имеет высокое временное разрешение /менее 50 нс/, что позволяет избирательно изучать редкие события в условиях интенсивного фона.

Комплексные исследования и измерения физических характеристик этих камер проведены на автоматизированном стенде с помощью радиоактивных источников. Поток электронов мониторировался телескопом из четырех малых пропорциональных камер и сцинтилляционного счетчика. Управление сканированием пучка мониторинной системы и изменением режимов работы камеры осуществлялось с помощью ЭВМ НР-2116 В. Результаты исследований с наполнением камер "магической" газовой смесью показали, что параметры камеры являются одними из лучших среди детекторов такого класса.

Среди основных характеристик пропорциональных камер нужно отметить, что плато эффективности по напряжению достигает 800 В при средней интенсивности шума в конце плато ~ 13 Гц/нить /рис. 59/, при этом величина "темнового" тока не превышает 0,5 мкА. Временное разрешение камеры составляет 30 нс

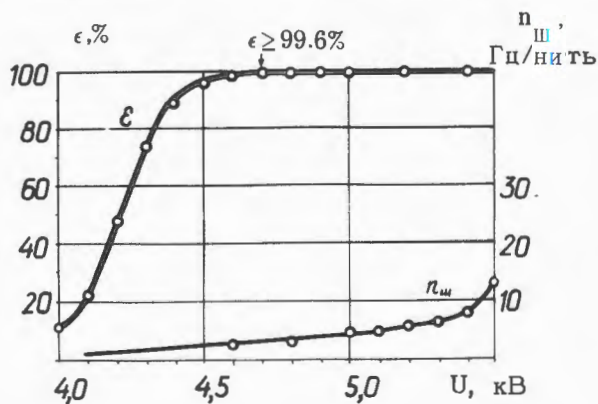


Рис. 59. Зависимость эффективности ϵ и средней интенсивности шума $n_{ш}$ от напряжения на электродах.

/рис. 60/. Неэффективность камеры вплоть до загрузок 10^6 частиц на канал в секунду линейно зависит от величины загрузки и составляет 1% при загрузке 10^5 частиц на канал в секунду.

Простота и технологичность конструкции больших камер позволила в короткий срок, впервые для институтов стран-участниц ОИЯИ, создать научно-методическую базу для их серийного изготовления. Комплекс технологической

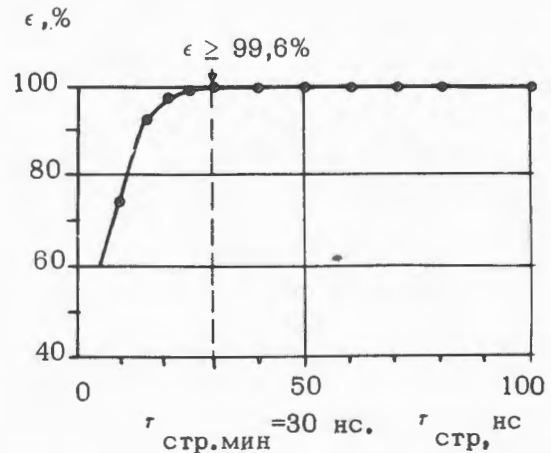
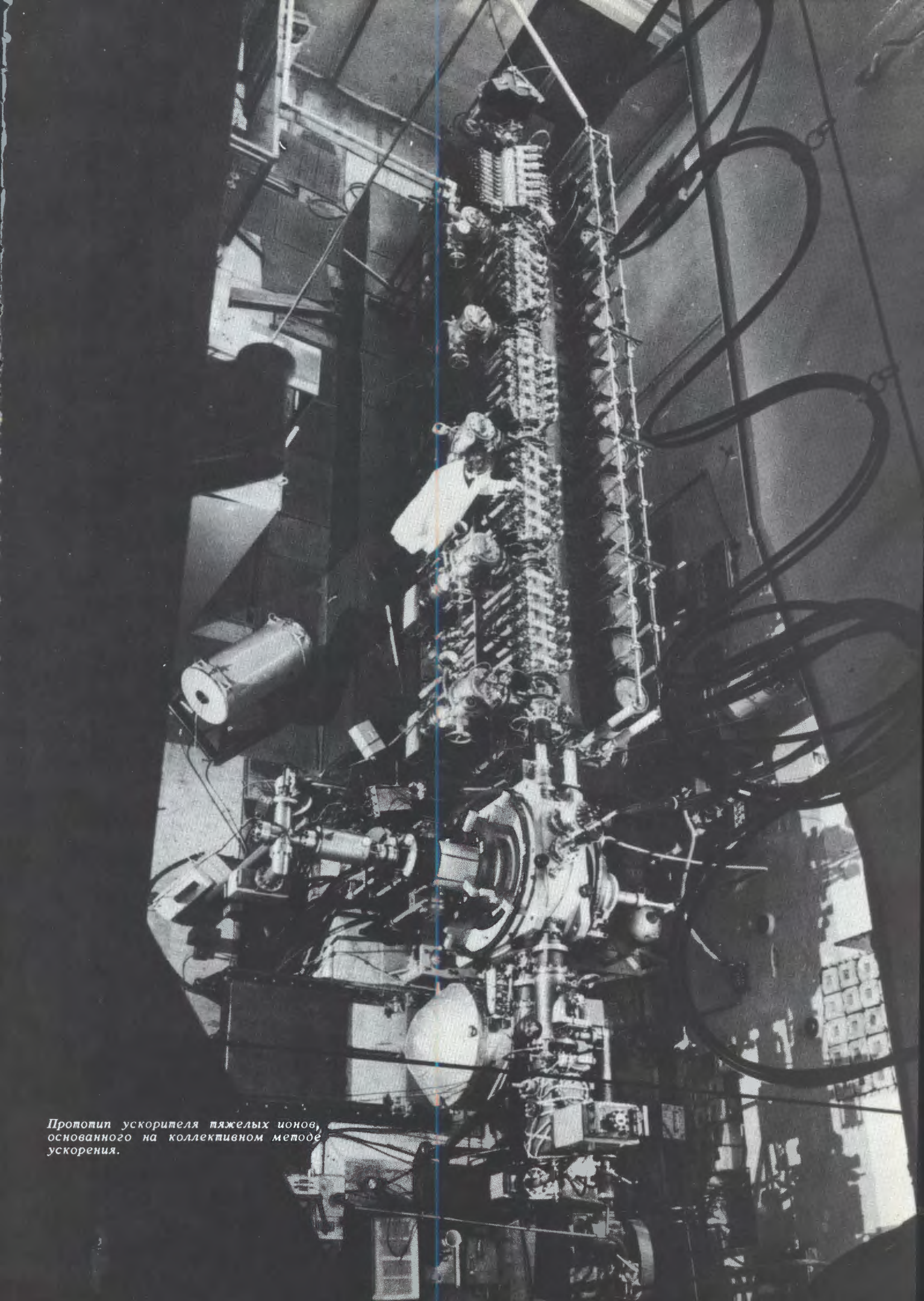
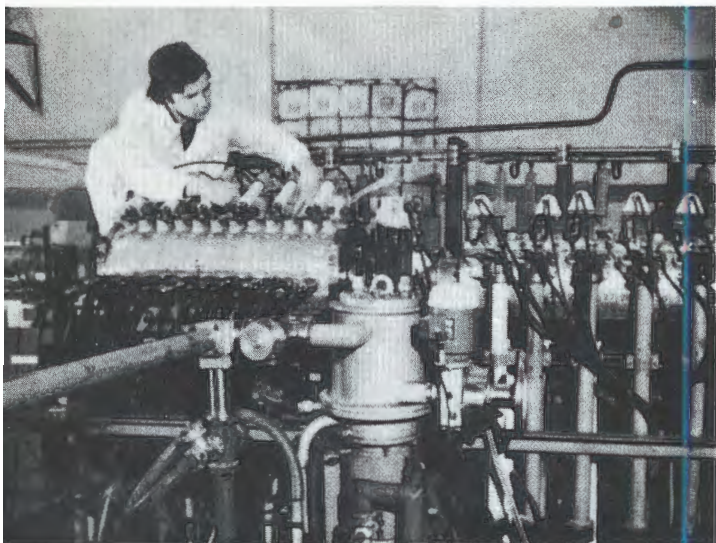


Рис. 60. Зависимость эффективности ϵ от длительности стробирующего импульса, в течение которого считывается информация с проволочек.

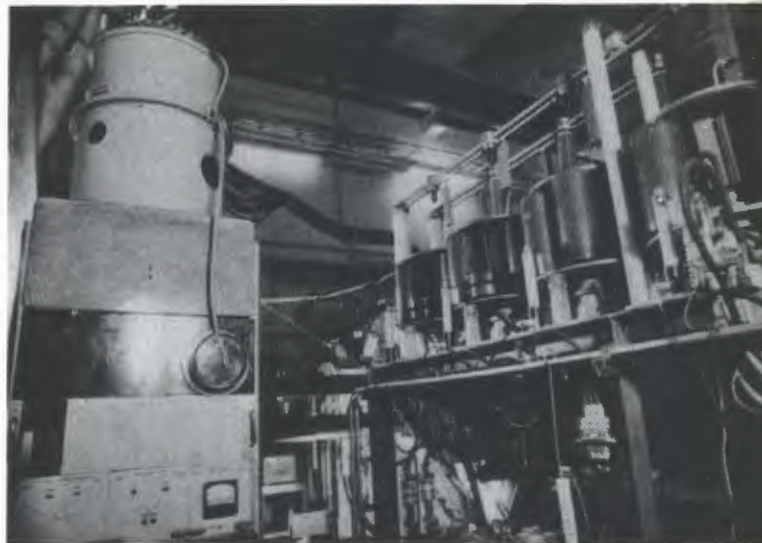
оснастки и специального оборудования изготовлен совместно с Опытным производством ОИЯИ. Технологический цикл включает изготовление камер, промежуточные испытания и измерения, а также исследование камер на пучке электронов. В 1977 году завершено изготовление, испытание и измерение характеристик 39 пропорциональных камер и достигнут ритм изготовления 3 камеры в неделю. Созданная научно-методическая база может служить основой для создания крупных экспериментальных установок для физических исследований.



*Прототип ускорителя тяжелых ионов,
основанного на коллективном методе
ускорения.*

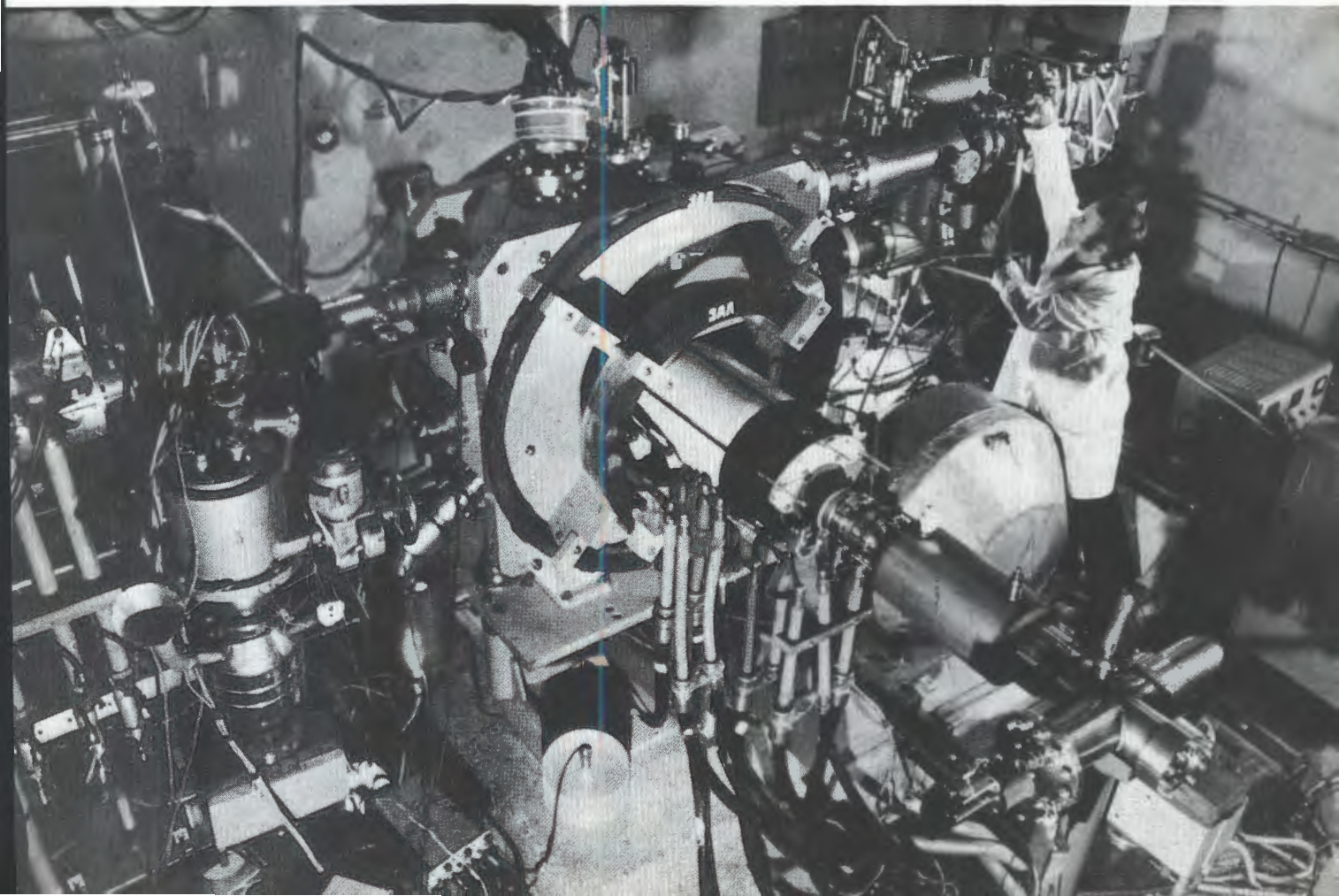


Профилактическая работа на головной части СИ-ЛУНДа - инжектора электронов УТИ.



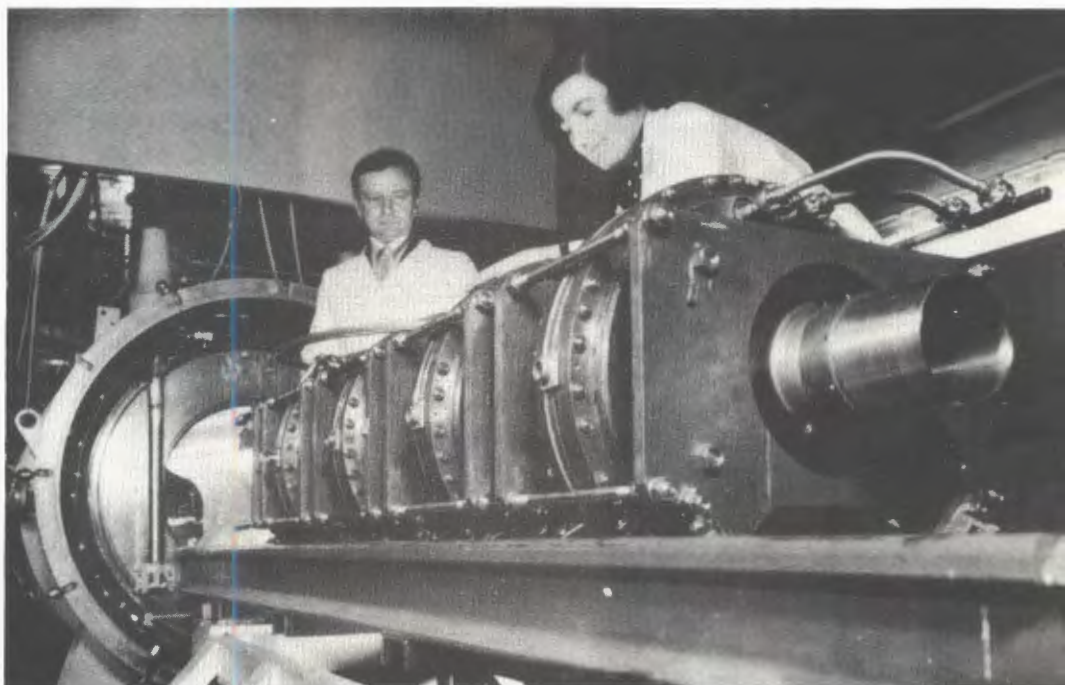
Новый генератор инфлектора адгезатора УТИ.

Адгезатор УТИ сегодня. На переднем плане справа - труба дрейфа и камера анализа ускоренных ионов.

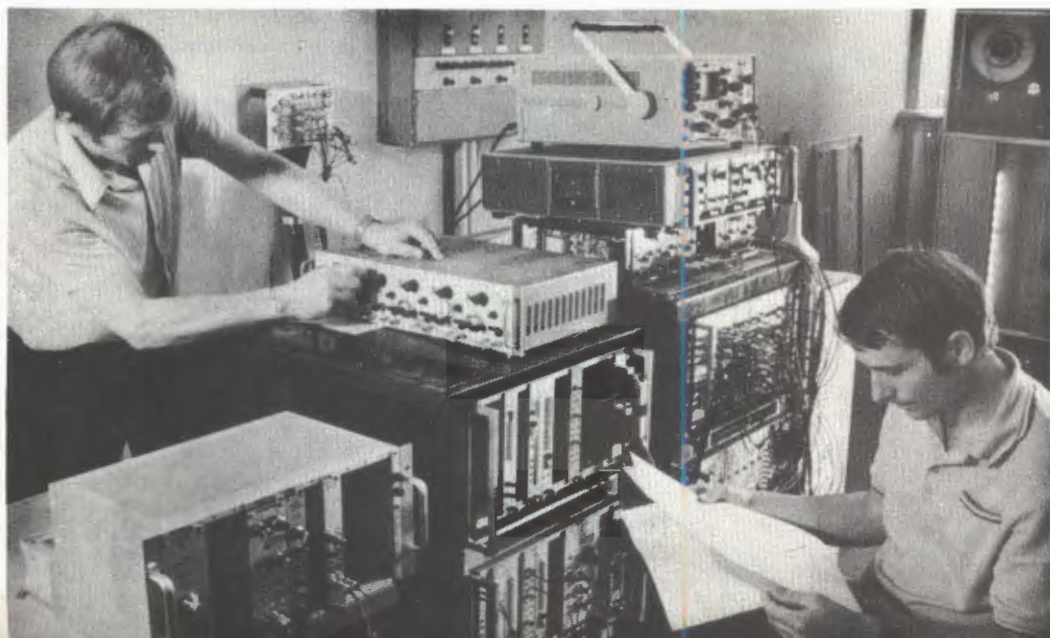




Монтаж системы быстрого поля в новом адгезаторе модели коллективного ускорителя.



Подготовка резонаторно-модульной системы к экспериментам в "Кольцевоне".



Настраиваются электронные блоки прецизионного γ -спектрометра для диагностики процесса ионизации атомов в электронном кольце.

Отдел радиационной безопасности и радиационных исследований

Дозиметрический контроль радиационной обстановки сотрудники отдела выполняли вблизи действующих ускорителей, импульсного реактора ИБР-30 и в помещениях, где проводятся работы с открытыми радиоактивными веществами и ампулированными источниками ионизирующих излучений. Результаты контроля, зафиксированные более чем в тысяче измерений уровней излучений, позволили организовать безопасную работу персонала.

Особое внимание было уделено дозиметрическому контролю при проведении работ, связанных с подготовкой и физическим пуском реактора ИБР-2, а также с вводимым в эксплуатацию новым экспериментальным корпусом ЛВЭ.

Выполнен значительный объем монтажных и наладочных работ по системе стационарного дозиметрического контроля ИБР-2. Внедрены в практику новые средства контроля доз излучений на основе активационных, трековых и термолюминесцентных детекторов.

Измерения концентрации радиоактивных веществ в воздухе рабочих помещений и сбрасываемых водах показали, что среднегодовые их величины не превышают допустимых уровней. Концентрации радиоактивных веществ в окружающей ОИЯИ среде близки к минимальным.

Интегральный контроль дозы основных видов излучения, проводимый на границах контролируемых зон базовых установок Института, позволил обеспечить оптимальное время их работы с учетом возможности выполнения строительных работ вблизи корпусов этих установок.

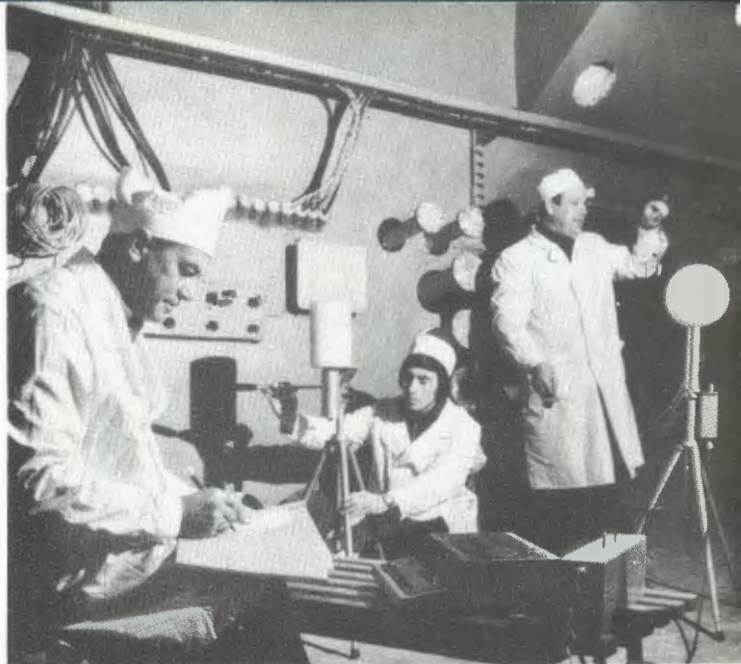
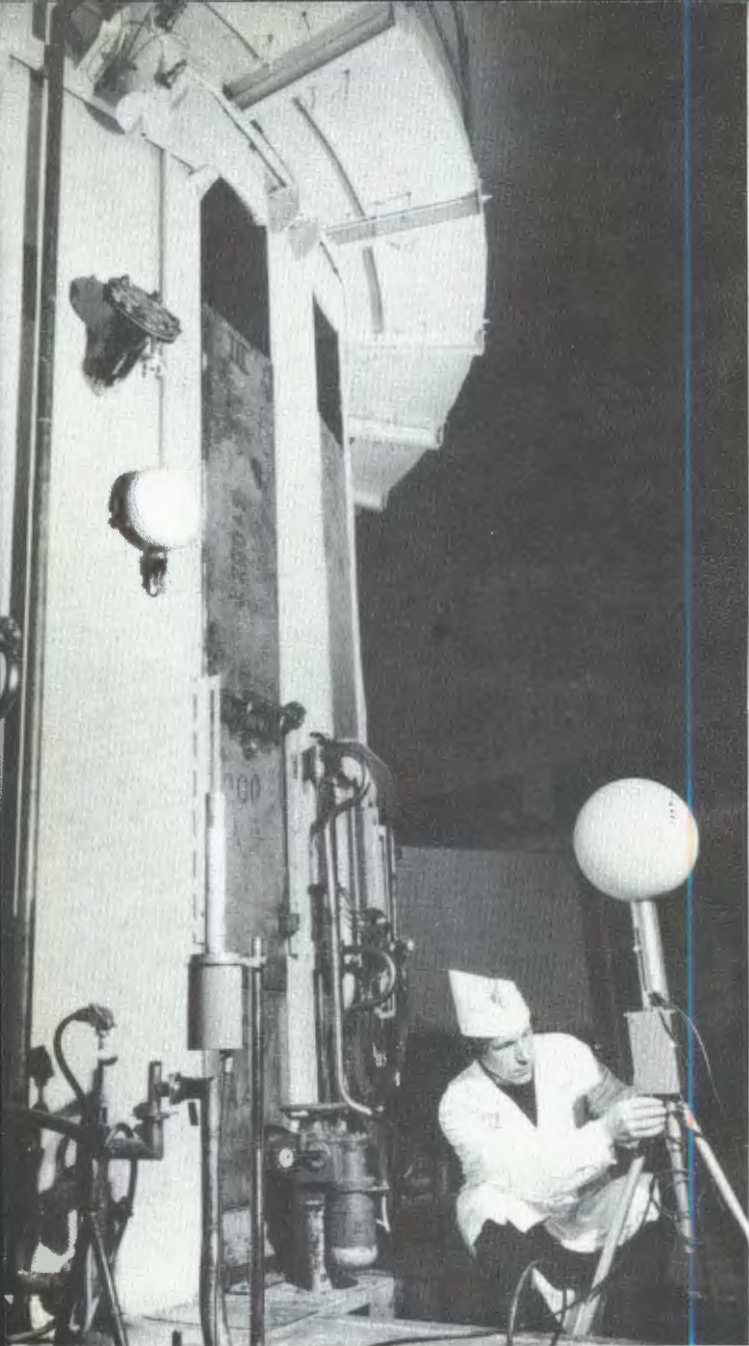
К концу 1977 года на индивидуальном дозиметрическом контроле находи-

лось 2112 сотрудников. Их групповая доза составила 728,4 бэр, причем у 93,8% контролируемого персонала индивидуальная доза облучения за год составила величину менее 1,5 бэр.

Научно-методические работы проводились с целью исследования характеристик полей излучения ядерно-физических установок и проверки адекватности показаний детекторов излучений эквивалентной дозе и спектру частиц в этих полях. Получены новые данные об энергетическом распределении флюенса и дозы нейтронов на больших расстояниях

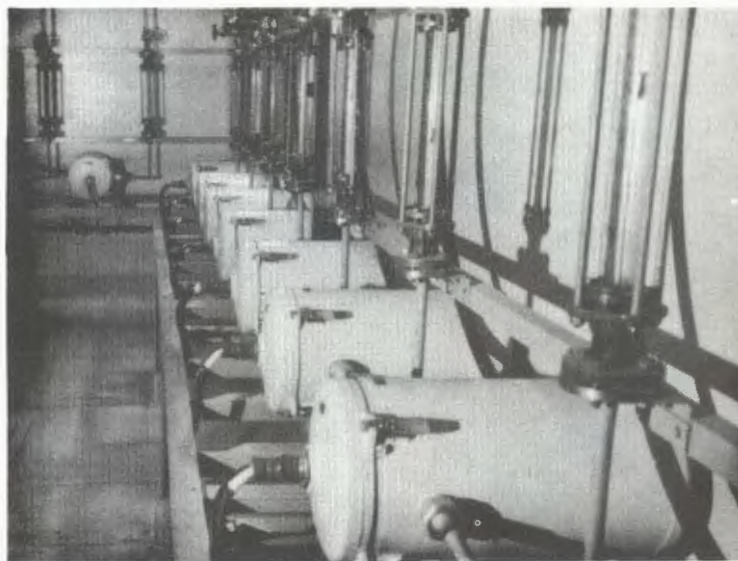
от ускорителей протонов на высокие энергии. На основе этих данных уточнена степень облучения нейтронами персонала и отдельных лиц из населения. Установлена адекватность показаний индивидуальных дозиметров нейтронов наиболее вероятной эквивалентной дозе в рассеянных полях нейтронов ИБР-30 и циклотронов ЛЯР.

Начаты исследования дифференциальных характеристик поля протонов за бетонной защитой синхроциклотрона на энергию 680 МэВ. Измерены угловые распределения флюенса протонов высокой энергии, выходящих из защиты при падении на нее протонного пучка, выведенного из ускорителя.

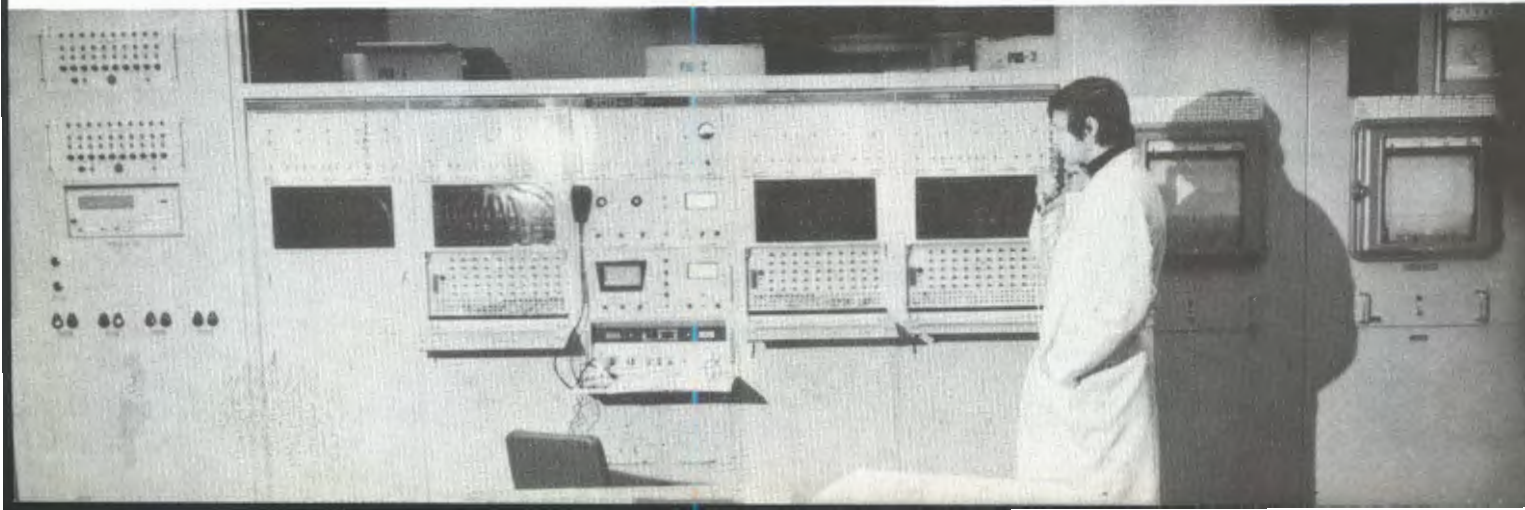


При проведении физического пуска реактора ИБР-2 большое внимание уделялось дозиметрическому контролю. На снимках: подготовка к измерению радиационных характеристик пучка нейтронов реактора.

Создана система непрерывного контроля радиоактивности воздуха, выбрасываемого в атмосферу, а также в рабочих помещениях реактора. На снимке: датчики загрязнения воздушной среды.



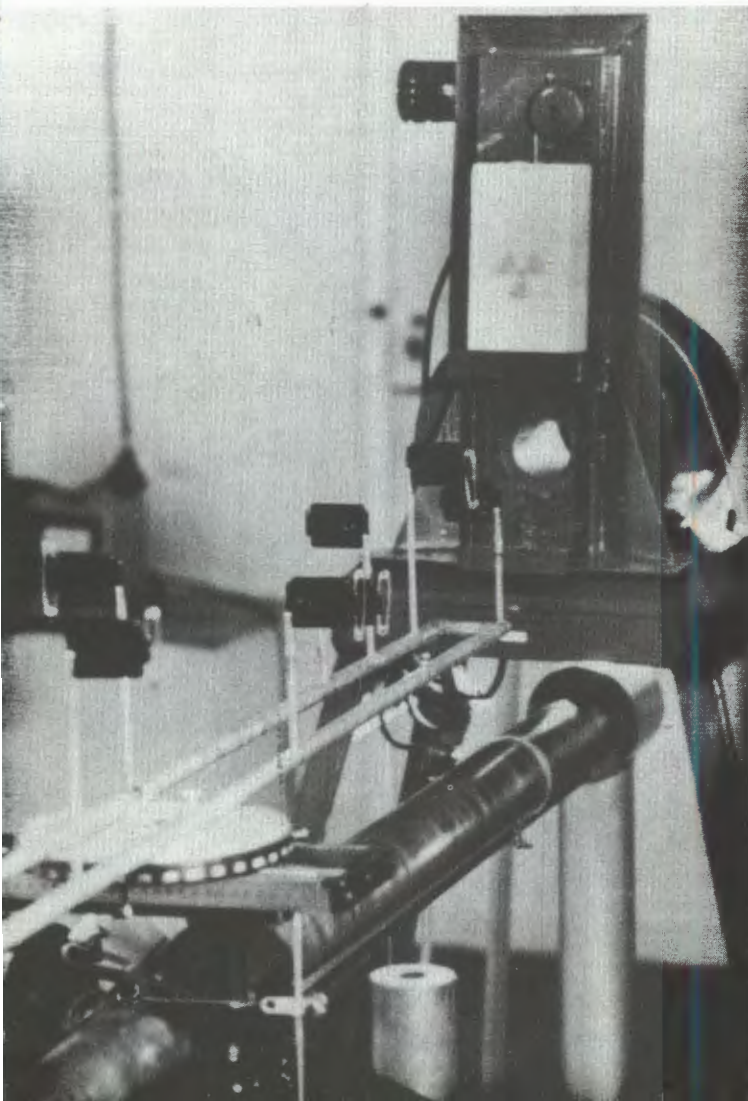
Центральный дозиметрический пульт, на который поступает информация от всех датчиков радиационного контроля реактора.



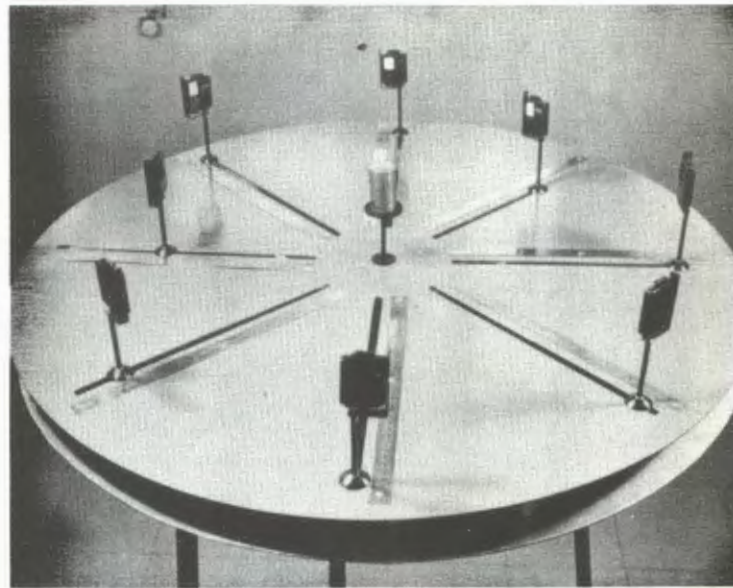


Контроль степени гамма-облучения сотрудников Института проводится с помощью поверочных установок гамма-дозиметров. На снимке: поверочная установка дозиметров с прибором ПМР-1.

Поверочная установка с кассетами ИФК.



Стенд для калибровки кассет ИФК.



Пульт управления поверочной установкой.



ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ

ОБЪЕДИНЕНИЯ

ИССЛЕДОВАНИЙ



НАУЧНЫЙ ЦЕНТР

СОЦИАЛИСТИЧЕСКИЙ

СТРАН

Руководящие
и консультативные
органы

Международные
связи



Деятельность руководящих и консультативных органов

XLI сессия Ученого совета Объединенного института ядерных исследований состоялась 11-14 января 1977 года. Члены Ученого совета заслушали доклад о выполнении решений XXXIX и XL сессий, отчеты о научно-исследовательской деятельности лабораторий в 1977 году, информацию о решениях ученых советов по теоретической физике, физике высоких и низких энергий, о международном сотрудничестве и связях ОИЯИ в 1976 году и планах на 1977 год, о кадрах специалистов из стран-участниц.

Ученый совет утвердил проблемно-тематический план научно-исследовательских работ и международного научно-технического сотрудничества ОИЯИ на 1977 год. Совет определил главные задачи Института на этот год, в числе которых - работы по созданию крупных базовых установок: физический пуск ИБР-2 и подготовка к его энергетическому пуску, сооружение циклотрона У-400.

На сессии был рассмотрен и одобрен график сооружения объектов Института на 1976-1980 годы, заслушаны информация дирекции о работе по подготовке проекта перспективного плана развития основных научных направлений ОИЯИ на 1981-1990 годы, а также доклады о научных итогах Международной конференции по избранным вопросам структуры ядра в Дубне и разработке ускорительно-накопительного комплекса ИФВЭ, предложение ИАЭ им. И.В.Курчатова о создании ускорительного комплекса тяжелых ионов.

Состоялись выборы на должности директоров и заместителей директоров лабораторий Института.

Комитет Полномочных Представителей на совещании 8-9 февраля 1977 года одобрил работу Института по выполнению плана научно-исследовательских работ и международного сотрудничества в

1976 году, решения XL и XLI сессий Ученого совета по результатам научных исследований лабораторий, утвердил план научно-исследовательских работ и международного сотрудничества на 1977 год и определил главные задачи на этот год.

Комитет утвердил графики сооружения объектов ОИЯИ на 1976-1980 годы и финансирования этих работ. Одобрены мероприятия дирекции по подготовке перспективного плана развития научных направлений ОИЯИ до 1990 года. Дирекции Института поручено принять меры по развитию в ОИЯИ работ, связанных с проектированием ускорительно-накопительного комплекса ИФВЭ и ускорительного комплекса тяжелых ионов.

Комитет Полномочных Представителей утвердил представленный дирекцией Института отчет об исполнении бюджета за 1975 год и протокол Финансового комитета от 17-18 ноября 1976 года, принял к сведению сообщение дирекции ОИЯИ об исполнении бюджета за 1976 год, утвердил бюджет и план капитального строительства на 1977 год.

XLII сессия Ученого совета /14-16 июня 1977 года/ рассмотрела проект проблемно-тематического плана научно-исследовательских работ и международного научно-технического сотрудничества лабораторий Института на 1978 год, решения ученых советов по физике высоких и низких энергий и информацию о ходе работ по проектированию УНК и УКТИ.

На сессии с докладами выступили академик К.Ланиус - "Некоторые научные и технические работы ИФВЭ АН ГДР", профессор Б.Кюн - "Обзор работ по ядерной физике и физике твердого тела ЦИЯИ", профессор Ю.Дубински - "О работе ИЭФ САН".

Совет утвердил решение жюри о при-

суждении премий ОИЯИ за лучшие работы, выполненные в 1976 году.

XI сессия Ученого совета по теоретической физике /7-9 декабря/ подвела итог научной и научно-организационной деятельности Лаборатории теоретической физики ОИЯИ за 1977 год и утвердила планы научной работы и международного сотрудничества ЛТФ ОИЯИ на 1978 год.

Члены Совета заслушали отчеты о выполнении решений X сессии Совета, участии теоретиков ОИЯИ в международных конференциях, симпозиумах, школах, семинарах и наметили научно-организационные мероприятия на 1978 год.

Ученый совет отметил большие достижения в разработке актуальных проблем атомного ядра и конденсированных состояний. Было заслушано сообщение о ходе работ по созданию проекта ускорительно-накопительного комплекса ИФВЭ.

Ученый совет по физике высоких энергий в 1977 году заседал дважды. На XXIV сессии /17-19 мая/ были заслушаны доклад о выполнении решений XXIII сессии Ученого совета и информация о решениях XLI сессии Ученого совета ОИЯИ, отчеты о деятельности специализированных комитетов, информация о сотрудничестве ОИЯИ с ИФВЭ и экспериментах, выполняемых на серпуховском ускорителе, подготовке методики установления приоритетности экспериментов, проводимых в ОИЯИ.

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

Рассмотрены вопросы научной программы и состояния дел по совместному мюонному эксперименту ОИЯИ-ЦЕРН, об ускорении ядер углерода, азота, кис-

лорода и неона на синхрофазотроне ОИЯИ с помощью источника "Крион", работах по исследованию процессов с большими переданными импульсами, обработке फिल्मовой информации в ЛВТА и ряд других.

На XXV сессии /22-25 ноября/ были представлены отчеты о выполнении научно-исследовательских работ в 1977 году и в связи с этим ряд докладов: "План использования и развития просмотрово-измерительного центра ЛВТА в текущем пятилетии", "Об исследовании $\bar{p}p$ -взаимодействий при импульсе 23 ГэВ/с", "О работах по повышению интенсивности пучков легких ядер на синхрофазотроне", "О новом режиме работы проводочных камер и работе ЛЯП по созданию дрейфовых камер большого размера", "Математическое обеспечение системы измерения снимков с МИС ОИЯИ на НРД" и др. Были внесены некоторые изменения в планы исследовательских работ на 1978 год.

Совет одобрил деятельность специализированных комитетов, обсудил состояние дел по разработке проектов ускорительного комплекса тяжелых ионов ОИЯИ и ускорительно-накопительного комплекса ИФВЭ, план международного сотрудничества ОИЯИ по физике высоких энергий на 1978 год.

Комитеты, заседания которых проходили 12-14 апреля и 18-20 октября, рассматривали проекты новых экспериментов, отчеты по проектам, вопросы, связанные с организацией сотрудничества ОИЯИ и институтов стран-участниц.

Камерный комитет рассмотрел планы использования просмотрового и измерительного оборудования в текущем пятилетии, заслушал отчет о выполнении плана обработки फिल्मовой информации в 1977 году. На заседаниях комитета обсуждалось состояние программ обработки फिल्मовой информации, ряд ме-

тодических вопросов, связанных с эксплуатацией НРД. Были заслушаны доклады о состоянии дел на крупных трековых установках ОИЯИ: двухметровой пропановой камере, камере "Людмила", МИС, РИСК и др.

Комитет по электронным экспериментам, в ряде случаев совместно с Камерным и Фотоземльсионным комитетами, осуществлял экспертизу новых проектов.

Комитет заслушал ряд докладов о подготовке и ходе электронных экспериментов на установках: НА-4, БИС-2, "Диск", "Гиперон", "Позитроний" и других.

Фотоземльсионный комитет обсуждал состояние дел с производством ядерных фотоземльсий и специальных микроскопов, заслушал доклады о состоянии дел по подготовке нейтринного эксперимента, об исследованиях взаимодействий релятивистских ядер. На заседаниях комитета обсуждались работы по поиску новых частиц.

Ученый совет по физике низких энергий в 1977 году провел две сессии, на которых одобрил отчеты председателя Совета о выполнении решений предыдущих сессий, а также отчеты председателей специализированных комитетов о работе и решениях комитетов. На сессиях детально обсуждалось состояние работ по сооружению базовых установок ИБР-2 и У-400, была заслушана информация об итогах работы международных конференций и совещаний по тематике Совета с участием делегаций стран-участниц ОИЯИ, а также организованных ОИЯИ в 1977 году.

На XXIV сессии /24-26 мая/ были рассмотрены научная программа и результаты выполнения проблемно-тематического плана ОНМУ, а также обсуждены предложения руководства отдела

об изменениях проблемно-тематического плана на 1978 год в области физики низких энергий и структуры ядра.

На XXV сессии /29 ноября - 2 декабря/ члены Совета обсудили решение совещания экспертов по рассмотрению предложений о проектах УТИ, заслушали научные доклады об итогах выполнения проблемно-тематического плана ЛНФ.

Дирекция ЛНФ информировала Совет о достижении критической массы при сборке активной зоны реактора ИБР-2. На сессии были обсуждены отчеты дирекции лаборатории о выполнении проблемно-тематического плана за 1977 год и предложениях об изменениях в плане на 1978 год, а также проект плана международного сотрудничества и связей на 1978 год.

Комитеты по структуре ядра, нейтронной физике и физике тяжелых ионов собирались на свои заседания дважды /5-7 апреля и 26-28 октября/.

Комитет по структуре ядра обсудил ход выполнения планов исследований и международного сотрудничества по тематике Комитета. На заседаниях были заслушаны научные доклады о наиболее важных результатах в исследованиях по программам ЯСНАПП и СУШ, в изучении ядерных реакций при средних и низких энергиях, в работах по медико-биологическому использованию отрицательных мюонов и применению в медицине некоторых нейтронодефицитных изотопов. Комитет отметил успешное развитие сотрудничества ЛЯП ОИЯИ с ЛИЯФ АН СССР по программе ИРИС-ЯСНАПП, с ЦЕРН и СИН по исследованию структуры ядра. Были обсуждены проекты пусковых минимумов реконструкции синхроциклотрона и установки ЯСНАПП-2. Комитет ознакомился с ходом исследований по релятивистской ядерной физике на синхрофазотроне ОИЯИ, заслу-

шал также сообщения об успешном развитии работ по коллективному методу ускорения и запуску изохронного ускорителя У-240 /ИЯИ АН УССР, Киев/. Была обсуждена информация о ряде конференций и совещаний по тематике Комитета, в работе которых принимали участие представители ОИЯИ.

Комитет по нейтронной физике заслушал информацию дирекции ЛНФ о текущей деятельности лаборатории, о подготовке к физическому пуску и ходе пусковых работ на ИБР-2, обсуждал состояние дел по подготовке первоочередных экспериментов на ИБР-2. Члены комитета обсудили проект проблемно-тематического плана ЛНФ на 1978 год и одобрили внесенные изменения и уточнения, заслушали ряд научных докладов по тематике ЛНФ и обсудили наиболее интересные результаты работ по нейтронной физике, выполненных в институтах стран-участниц. С сообщением об этих работах выступили представители стран-участниц.

Комитет по физике тяжелых ионов обсудил доклады об основных научных направлениях Лаборатории ядерных реакций. Комитет ознакомился с результатами экспериментов по изучению свойств нового природного спонтанно делящегося нуклида, перспективами исследования свойств ядер, ядерных реакций и атомных столкновений в экспериментах на пучке тяжелых ионов, одобрил программу ЛЯР по подготовке первоочередных экспериментов на У-400 и развитию измерительного центра.

Были рассмотрены изменения в проблемно-тематических планах ЛЯР и ОНМУ. На заседаниях Комитета была заслушана информация об итогах ряда конференций и совещаний по тематике комитета.

Комитет заслушал и обсудил доклады о развитии ускорительной базы для исследований по физике тяжелых ионов в ОИЯИ, отметил успехи работ по сооружению основных узлов ускорителя У-400 и большой вклад стран-участниц в эти работы. Отмечена большая проведенная работа по улучшению параметров ускорителя У-200.

На совместном заседании трех комитетов /27 октября/ были заслушаны сообщения о необходимости создания координационной комиссии по обработке спектрометрической и ядерной информации, о состоянии дел по проектированию ускорительного комплекса тяжелых ионов ОИЯИ, а также информация о ряде рабочих совещаний и конференций.

Премии ОИЯИ за 1976 год

На соискание премий Объединенного института ядерных исследований за 1976 год были выдвинуты лучшие научно-исследовательские теоретические и экспериментальные, а также научно-мето-

дические и научно-технические работы, выполненные сотрудниками Института.

Решением Ученого совета ОИЯИ от 14-16 июля 1977 года присуждены следующие премии:

Первая премия:

“Процессы с большими переданными импульсами и метод кваркового счета”.

Авторы: С.В.Голоскоков, С.П.Кулешов, В.А.Матвеев, Р.М.Мурадян,

По научно-исследовательским теоретическим работам

М.А.Смондырев, А.Н.Тавхелидзе.

Вторая премия:

“Метод суперпропагатора в существенно нелинейных теориях поля”.

Автор: М.К.Волков.

Первая премия:

“Осцилляции нейтрино и смешивание лептонов”.

Авторы: С.М.Биленький и Б.М.Понтекорво.

По научно-исследовательским экспериментальным работам
редач и определение этим методом факторов нуклона и пиона”.

Авторы: С.Ф.Бережнев, Т.Д.Блохинцева, А.В.Демьянов, А.В.Купцов, В.П.Курочкин, Л.Л.Неменов, Г.И.Смирнов, Ю.С.Суровцев, Ф.Г.Ткебучава, Д.М.Хазинс.

Две вторые премии:

1. “Экспериментальное и теоретическое обоснование нового метода исследования электромагнитной структуры адронов во времениподобной области пе-

2. “Исследование свойств He-II”.

Авторы: Л.Александров, Е.Б.Докукин, В.А.Загребнов, Ж.А.Козлов, В.А.Парфенов, В.Б.Приезжев, В.А.Пучков.

По научно-методическим
и научно-техническим
работам

Первая премия:

“Протонная поляризованная “замороженная” мишень”.

Авторы: Н.С.Борисов, Э.И.Бунятова, Ю.Ф.Киселев, В.Н.Матафонов, Б.С.Неганов, Ю.А.Усов.

Две вторые премии:

1. “Установка “Людмила” для экспериментов в Институте физики высоких энергий в Протвино”.

Авторы: Н.М.Вилясов, С.Высочил, Л.Б.Голованов, Е.И.Дьячков, А.Г.Зель-

дович, Ю.Д.Зернин, Э.В.Козубский, В.А.Русаков, В.Т.Толмачев, Е.П.Устенко.

2. “Создание мощного источника многозарядных ионов твердофазных веществ и получение интенсивных пучков редких изотопов металлов на 300-сантиметровом циклотроне ОИЯИ”.

Авторы: Ю.Ц.Оганесян, Ю.П.Третьяков, В.М.Плотко, А.А.Плеве, Б.Н.Марков, Н.В.Пронин, Г.М.Соловьева, А.И.Иваненко, Ю.С.Короткин, С.Г.Чебо-
ненко.

Итоги конкурса научных работ молодых ученых и специалистов за 1977 год

Первая премия:

“Применение метода Н.Н.Боголюбова /мл./ для исследования квантово-статистических моделей и его обобщения”.

Авторы: И.Г.Бранков, В.А.Загребнов, А.М.Курбатов, Н.С.Тончев, А.Н.Ермилов.

Вторая премия:

“Расчет ускоряющей системы коллективного ускорителя тяжелых ионов ОИЯИ”.

Авторы: В.С.Александров, Ю.И.Алексахин, Н.Ю.Казаринов, В.Ф.Шевцов.

“Цикл работ по методике проволочных камер”.

Авторы: Г.Д.Алексеев, Н.А.Калинина, В.В.Карпунин, В.В.Круглов.

Третья премия:

“Дисперсия энергетических распределений осколков деления слабо возбужденных ядер: экспериментальные данные и теоретические предсказания”.

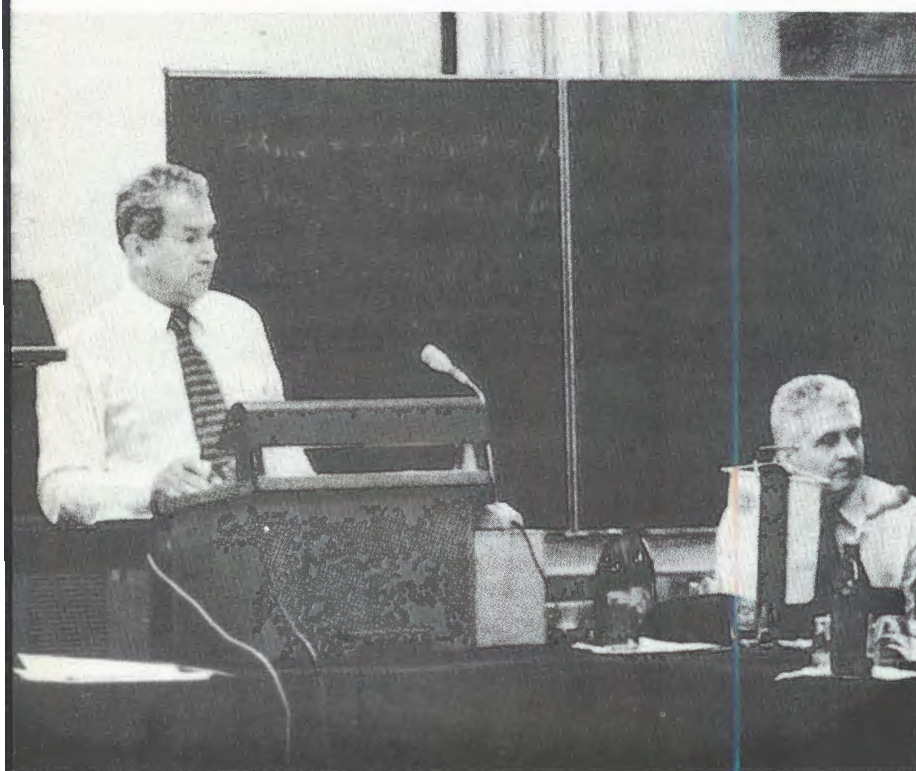
Автор: Ю.А.Лазарев.

“Линейные и нелинейные реализации динамических симметрий”.

Автор: Е.А.Иванов.



В июле 1977 г. приступил к обязанностям вице-директора ОИЯИ польский ученый профессор М.Совински. На снимке - дирекция Института: профессор Д.Киш, академик Н.Н.Боголюбов, профессор М.Совински.



На 42 сессии Ученого совета. С докладом "О работе Института экспериментальной физики Словацкой академии наук выступает профессор Ю.Дубински /ЧССР/.





Комитет Полномочных Представителей на совещании 8-9 февраля утвердил бюджет Института, план научно-исследовательских работ на 1977 год и главные задачи года. На снимках: докладывает главный инженер ОИЯИ доктор технических наук Ю.Н.Денисов /вверху/; Полномочный Представитель ГДР академик К.Ланиус подписывает протокол совещания /справа/.



Сотрудники Института тепло проводили на родину чехословацкого ученого профессора Ч.Шимане /на снимке слева/. Он один из ветеранов ОИЯИ. В течение последних трех лет работал на посту вице-директора Института.

Международные связи и научное сотрудничество

В 1977 году в соответствии с Уставом Объединенного института ядерных исследований, пятилетним планом развития ОИЯИ на 1976-1980 годы и годовым проблемно-тематическим планом научно-исследовательских работ и международного сотрудничества Объединенный институт осуществлял широкое сотрудничество с научно-исследовательскими организациями стран-участниц Института и других стран, а также международными научными организациями.

Сотрудничество с научными центрами стран-участниц

Международное научно-техническое сотрудничество ОИЯИ со странами-участницами в 1977 году осуществлялось в таких формах, как:

- совместные теоретические и экспериментальные исследования и обработка данных;
- участие в разработке приборов, аппаратуры, создании новых и усовершенствовании действующих базовых установок;
- разработка и освоение программ математического обеспечения;
- взаимное участие в научных конференциях и совещаниях;
- чтение курсов лекций и оказание разносторонней научно-технической помощи и консультаций.

В совместных исследованиях по физике высоких энергий участвовало более 900 специалистов из 85 лабораторий стран-участниц. На каждой крупной физической установке ОИЯИ успешно работают большие интернациональные коллективы. Так, 16 лабораторий стран-участниц продолжали обработку и анализ взаимодействия отрицательных пионов с протонами и ядрами углерода на мате-

риалах облучения двухметровой пропановой камеры в пучке ускорителя ИФВЭ /Серпухов/. На материалах, полученных при облучении установки "Людмила" пучком антипротонов на этом же ускорителе, совместные исследования ведут ФИ ЧСАН и Карлов университет /Прага/, ИЭФ и Университет /Кошице/, ИТЭФ, ФИАН, НИИЯФ МГУ /Москва/, ТГУ /Тбилиси/, ИФВЭ /Алма-Ата/. С помощью магнитного искрового спектрометра изучались процессы дифракционной диссоциации пионов на ядрах совместно с ИЯИ /Сверк/, университетами в Варшаве, Братиславе, Москве. Программа поиска "очарованных" частиц осуществлялась с помощью установки БИС-2 на ускорителе ИФВЭ /Серпухов/ в сотрудничестве с учеными из ИЯИЯЭ и ВХТИ /София/, ЦИФИ /Будапешт/, ИФВЭ /Цойтен/, ФИ /Прага/, ФИАН /Москва/ и Тбилисского госуниверситета.

Ученые ОИЯИ, Варшавского и Тбилисского университетов и ФИАН /Москва/ продолжали изучение взаимодействия дейтронов с протонами в экспериментах на синхрофазотроне с помощью метровой жидководородной камеры. В области релятивистской ядерной физики в университетах Саратова, Москвы, Варшавы проводился анализ материалов взаимодействия альфа-частиц с ядрами, полученных с установки СКМ-200. На метровой водородной камере физики ФИАН /Москва/, ТГУ /Тбилиси/, университета в Кошице, ИЯИ /Варшава/ изучали двухлучевые взаимодействия гелия-4 с протонами. Для работы с материалами, получаемыми на двухметровой пропановой камере в пучках релятивистских ядер, организовано сотрудничество ученых 18 лабораторий: НРБ, ВНР, МНР, ПНР, ЧССР, СССР. 8 лабораторий Дубны, Москвы, Ленинграда, Ташкента, Бухареста, Варшавы и Ко-

шице проводили обработку фотоэмульсий, облученных пучком ядер углерода на синхрофазотроне.

В ходе выполнения совместных работ получены новые результаты по рождению резонансов и интерференции тождественных частиц, которые вызвали большой интерес на Международной конференции по физике высоких энергий и элементарных частиц в Будапеште.

Исследование рассеяния пионов в гелии с помощью стримерного спектрометра на синхроциклотроне проводилось Объединенным институтом совместно с ИЯИЯЭ /София/, Университетом в Пловдиве, ИАФ /Бухарест/, ИЯФ ЧСАН /Ржеж/, университетами в Тбилиси и Ташкенте. Научные центры Болгарии, Монголии, Румынии, Советского Союза участвовали в исследованиях реакций двойной перезарядки, захвата мезонов ядрами и радиационного рассеяния пионов. В ходе исследования свойств нейтронодефицитных изотопов, удаленных от линии бета-стабильности, осуществлялась поставка изотопов почти во все страны-участницы, а исследования проводились по общей программе. Радиохимические исследования осуществлялись совместно с институтами и университетами НРБ, ВНР, ГДР, МНР, ПНР, СРР, ЧССР.

В области синтеза на ускорителях и поиска в природе сверхтяжелых ядер и атомов эффективно развивалось сотрудничество с группой химиков из ЦИЯИ /Россендорф/ по разработке методик выделения фракций сверхтяжелых элементов из облученных мишеней. В работах по поиску сверхтяжелых элементов в природе с использованием диэлектрических детекторов осуществлялось сотрудничество с Монгольским государственным университетом. Просмотрено 500 мм³

оливинов из различных метеоритов. Получена верхняя граница распространенности ядер с $Z \geq 108$ на уровне $\sim 2 \cdot 10^{-9}$ от распространенности ядер группы железа. По результатам исследований представлен ряд совместных докладов на международных конференциях в Дубне, Москве, Пловдиве и Кембридже. Научные центры Польши, Румынии, Советского Союза участвовали в совместных исследованиях взаимодействия тяжелых ионов с ядрами.

На основе широкого сотрудничества с лабораториями НРБ, ВНР, ГДР, ПНР, СССР, ЧССР в институте проводилось изучение свойств ядер с помощью резонансных и поляризованных нейтронов. Исследования альфа- и гамма-распадов компаунд-состояний ядер осуществлялось лабораториями ОИЯИ совместно с университетами в Софии, Пловдиве, Улан-Баторе, Лодзи, Братиславе, Праге, ЦИЯИ /Россендорф/, ИАФ /Бухарест/, ИЯФ /Ржеж/, ФИ САН /Братислава/, ИЯИ /Ржеж/, ИЯИ /Киев/, ИЯФ /Ташкент/. Институты и университеты НРБ, ГДР, ПНР, СРР, СССР, ЧССР активно сотрудничали с ОИЯИ в исследованиях по физике конденсированных сред и молекулярной биологии с помощью ядерных методов. На реакторе ИЯФ ЧСАН /Ржеж/ проведены совместные работы по детальному исследованию дифракции медленных нейтронов на монокристаллах вольфрама.

Эффективно осуществлялось международное научно-техническое сотрудничество ОИЯИ со странами-участницами и в области разработки и создания новых установок и аппаратуры, а также совершенствования методики эксперимента. В течение последних пяти лет в ОИЯИ создается уникальная установка - пятиметровый магнитный спектрометр РИСК на базе стримерной камеры, позволяющий измерять первичную ионизацию ре-

лятивистских частиц. Работы ведутся силами большого международного коллектива ученых и инженеров ОИЯИ, а также шести исследовательских центров стран-участниц. Начался комплексный монтаж спектрометра на пучке ускорителя в ИФВЭ /Серпухов/.

Объединение ядерного приборостроения "Полон" на основе технической документации ОИЯИ поставило аппаратуру для регистрации сигналов с пропорциональных камер на 2500 каналов и спектрометрическую аппаратуру на 80 каналов для установок БИС-2, СЯО, "Людмила".

Большим международным коллективом ученых и инженеров Дубны, Болгарии, Румынии, ГДР и СССР ведутся работы по созданию водородной стримерной камеры высокого давления /ГОДЕСК/. Получены важные результаты в области создания высоковольтных импульсных источников питания, которые могут найти применение в различных отраслях науки и народного хозяйства стран-участниц. Сооружаемый в ОИЯИ спектрометр АРЕС для реализации широкой программы исследований фундаментальных свойств процессов слабых взаимодействий на базовой установке "Ф" /реконструированный синхроциклотрон/ по своим параметрам и возможностям открывает также широкую перспективу и для изучения адрон-адронных взаимодействий. В его создании участвуют специалисты ЦИФИ /Будапешт/, университетов в Братиславе и Варшаве.

Работы по созданию установки "Спин" и проведению исследований с ориентированными радиоактивными ядрами ведутся Объединенным институтом в тесном сотрудничестве с рядом научных коллективов НРБ, ПНР, СРР, СССР, ЧССР.

В ИЯФ в Кракове разработан проект и идет изготовление реакционной камеры для работы на У-400. Разработанный также в ИЯФ комплект электронной аппаратуры для работы на У-300 отправлен в Дубну. В Варшавском университете завершается изготовление координатно-чувствительной ионизационной камеры, существенно повышающей эффективность магнитного анализатора - крупной установки, работающей на У-300. Опыт эксплуатации этой камеры послужит основой для проектирования соответствующей системы на магнитном спектрометре для У-400. Совместно с физиками из ГДР разработано два типа новых быстрых детекторов для регистрации рассеянных ионов, которые были испытаны на пучке У-300.

Одно из важных направлений сотрудничества ОИЯИ - развитие измерительно-вычислительного комплекса, создание и развитие автоматических и полуматематических систем обработки камерных снимков, развитие методов использования ЭВМ на линии с экспериментальными установками. Организации государств-членов активно участвуют в разработке системы вычислительных машин, создании и развитии математического обеспечения для базовых вычислительных машин. Институты Венгрии, ГДР, Польши, Советского Союза эффективно сотрудничали с ОИЯИ в исследовании и создании измерительного комплекса для обработки камерных снимков на базе сканирующих устройств "Спиральный измеритель".

В связи с участием ОИЯИ в проектах УНК и УКТИ большое значение имеют совместные работы по исследованию явления сверхпроводимости и созданию сверхпроводящих магнитов. Для изучения

потерь в мелкодисперсных проводниках при пропускании переменного тока в ИФТТ /София/ создан оригинальный калориметрический прибор. На предоставленных Объединенным институтом образцах в ИФНТСИ /Вроцлав/ проводились измерения, связанные с изучением резистивных свойств сверхпроводника. В ОИЯИ проведены испытания электрической прочности при гелиевых температурах образцов электрической изоляции, изготовленных в ЭТИ САН /Братислава/. Из ЭТИ САН получены данные по измерениям потерь в образцах сверхпроводящего кабеля. Для измерения потерь энергии в импульсных сверхпроводящих магнитах электрическим способом используется полученная из ЧССР и усовершенствованная в ОИЯИ аппаратура. Созданные в ЭТИ САН холловские магнитометры /более 30/ для измерения импульсных магнитных полей с точностью 10^{-3} и постоянных полей с точностью до $2 \cdot 10^{-4}$ с успехом использовались при измерениях в ОНМУ и передаются в ИФВЭ для измерений на стендах УНК.

В использовании различных полимерных материалов как основы для ядерных фильтров, а также в исследовании радиационного воздействия тяжелых ионов на различные материалы с целью изменения их физико-химических свойств ведутся совместные работы с ЦИЯИ в Россендорфе, с ЦИРРИ в Лейпциге и ИЯФТ в Бухаресте. Возможности гамма- и нейтронной активации на микротроне исследовались Объединенным институтом совместно с Политехническим институтом в Праге и ИФ САН в Братиславе. Произведено согласование чертежей на совместное изготовление микротрона для Политехнического института. В работах по рентгенофлюоресцентному анализу участвовали представители университета в Улан-Баторе, ИЯИ в Дебрецене

и ИЯИЯЭ в Софии. Проводились совместные с ИФИН /Бухарест/ работы по анализу геологических объектов на золото с помощью гамма- и нейтронной активации на микротроне.

При участии сотрудников ИИВТ ВАН /Будапешт/ создан комплекс аппаратуры для автоматизированного производства печатных плат, разрабатывается вариант цеховой машины, которая полностью автоматизирует процесс изготовления и контроль печатных плат.

Сотрудничество со странами-участницами ОИЯИ в 1977 году осуществлялось по линии как совершенствования действующих ускорителей тяжелых ионов, так и создания ускорителей У-400 и У-200П. Сотрудники ИЯИ /Сверк/ принимали активное участие в работах по шиммированию секторов магнита У-400, в измерениях магнитного поля циклотрона. В разработке конструкций токовых пробников для У-400 принимали участие специалисты ЦИЯИ /Россендорф/. Институт ядерной физики и техники /Бухарест/ участвовал в разработке отдельных узлов У-400 и системы мониторинга внешних пучков. В Баршавском университете разрабатывались различные системы и узлы циклотрона, создаваемого с помощью ОИЯИ. Проводилась совместная с ИЯФ /Варшава/ и ИЯИ /Сверк/ разработка магнитных анализаторов для монохроматизации пучков тяжелых ионов на циклотронах У-400 и У-200П. Рассмотрены проекты и расчеты магнитных монохроматоров пучков ускоренных тяжелых ионов, выполненные в линейном приближении в ОИЯИ и ИЯИ, соответственно для ионных циклотронов У-400 и У-200П.

В предыдущие годы в ОИЯИ выполнен комплекс работ по улучшению параметров циклотрона У-120 для Института

ядерной физики ЧСАН в Ржеже. Фактически создан новый ускоритель для ускорения легких заряженных частиц до энергии в несколько десятков МэВ, отвечающий требованиям современной экспериментальной ядерной физики. В 1977 году большая группа сотрудников ОИЯИ вместе со специалистами ЧССР участвовала в работах по монтажу циклотрона, настройке систем ускорителя, пуско-наладочных работах. 26 октября 1977 года произведен запуск и получены проектные параметры ускорителя. Создание современного ускорителя на базе циклотрона У-120 позволяет чехословацким, а вместе с ними и физикам других стран-участниц ОИЯИ проводить широкий круг актуальных исследований по физике атомного ядра. Этот ускоритель может служить образцом для проведения реконструкции серийного ускорителя У-120, имеющегося в ряде институтов стран-участниц ОИЯИ.

Сотрудниками ОИЯИ выполнена работа по наладке нейтронного генератора в Улан-Баторе для исследований спонтанно делящихся изомеров /повышена интенсивность нейтронов, сделана модуляция пучка/. В Государственном НИИ стекла ЧССР разрабатывается и создается неметаллическая камера адгезатора. В здании АСУ для ускорителя тяжелых ионов с использованием современных средств вычислительной техники и аппаратуры в стандарте КАМАК принимают участие специалисты из ВНР и ГДР. Аппаратурная часть системы создана на основе проекта, разработанного в ИИВТ /Будапешт/ по техническому заданию ОИЯИ. Программное обеспечение АСУ построено с применением дисковой операционной системы, разработанной в ЦВТ /Цойтен/ и адаптированной к АСУ УТИ. При участии сотрудников ТУ /Дрезден/ создана экспериментальная установка

для измерения степени ионизации атомов в электронном кольце УТИ.

В области нейтронной физики осуществлялось широкое сотрудничество со всеми странами-участницами ОИЯИ. Организации этих стран участвовали в работах по созданию некоторых узлов для строящегося в ОИЯИ реактора ИБР-2 и физической аппаратуры для экспериментов на нем. Сдано в эксплуатацию изготовленное в ПНР электронное оборудование системы управления и защиты ИБР-2. Для исследования атомной и магнитной динамики конденсированных сред в Институте ядерной физики /Краков/ изготовлен быстрый прерыватель нейтронного пучка. При участии ОИЯИ реализована система обработки в Институте ядерных исследований /Ржев/ экспериментальной информации о реакциях захвата нейтронов ядрами. В Лодзинском университете разработан новый вариант альфа-детектора для исследования альфа-распада ядер после захвата нейтронов.

Научные совещания ОИЯИ

В числе проведенных Объединенным институтом в 1977 году 46 совещаний: 6 крупных научных, 18 рабочих и 22 научно-организационных совещания, в которых приняли участие 1905 специалистов, в том числе 475 ученых из стран-участниц и 65 ученых из других стран.

Наиболее важными мероприятиями ОИЯИ были Симпозиум по избранным проблемам статистической механики, Международный симпозиум по ядерной электронике, Международный симпозиум по проблемам мезохимии, Международная школа молодых ученых по физике высоких энергий и релятивистской ядерной физике, Совещание по программированию и математическим методам реше-

ния физических задач, Международное совещание по взаимодействию тяжелых ионов с ядрами и синтезу новых элементов, а также совместная Международная школа ОИЯИ-ЦЕРН.

На Симпозиуме по избранным проблемам статистической механики видные ученые ОИЯИ и научных центров стран-участниц, США, Бельгии, ФРГ, Италии и других стран, возглавляющие научные школы как в фундаментальных, так и прикладных направлениях статистической механики, обсудили основные проблемы этой фундаментальной области теоретической и математической физики.

Очередной, IX Международный симпозиум по ядерной электронике, проведенный Объединенным институтом совместно с ИИЯЭ и ИЭ БАН в мае в Варне /НРБ/, определил основное направление дальнейшего развития системы КАМАК: внедрение микропроцессоров в модули и контроллеры системы КАМАК и создание системы с распределенным управлением и распределенными вычислительными мощностями. Из 80 докладов на симпозиуме 22 было представлено от ОИЯИ.

В июне в Дубне проходило первое международное совещание - Симпозиум по проблемам мезонной химии и мезомолекулярных процессов в веществе, посвященное новому научному направлению, которое возникло в ОИЯИ как развитие исследований по физике элементарных частиц и атомного ядра. Оно подвело итоги исследований последних лет в ОИЯИ, ЛИЯФ, ЦЕРН, СИН, в центрах США и Канады, стимулировало обсуждение, обмен информацией и объединение усилий различных центров и лабораторий в решении задач мезохимии и мезомолекулярной физики.

В сентябре в Дубне было проведено Совещание по программированию и математическим методам решения физических задач, на котором было представлено 115 докладов /почти 50% от ОИЯИ/, посвященных математическим методам решения физических задач, программированию и математическому обеспечению ЭВМ, модульной системе программ обработки экспериментальных данных.

Частью большой работы ОИЯИ по подготовке научных кадров стран-участниц является проведение ежегодных школ по актуальным проблемам физики элементарных частиц и высоких энергий. Такие школы способствуют активному росту профессионального уровня молодых сотрудников, широко и всесторонне информируют их о последних достижениях и актуальных задачах физики высоких энергий.

Очередная, XI Международная школа молодых ученых по физике высоких энергий и релятивистской ядерной физике была организована ОИЯИ в сентябре в Гомеле совместно с ИФ АН БССР, Гомельским университетом и Институтом механики металлополимерных систем АН БССР. Слушателями школы были 111 молодых ученых из научных центров стран-участниц. В качестве лекторов были приглашены ведущие ученые крупнейших советских научных центров, а также НУЛ и Пенсильванского университета /США/, ДЕЗИ /Гамбург, ФРГ/ и ЦЕРНа. Для глубокого изучения, с учетом перспектив развития физики высоких энергий, в научную программу были включены наиболее актуальные и учебно-информативные темы.

В октябре в Дубне было организовано Совещание экспертов стран-участниц по проектам ускорительного комплекса тяжелых ионов, на котором были обсуждены 3 варианта УКТИ.

Участие ОИЯИ в научных совещаниях других физических центров

В 1977 году сотрудники Объединенного института /531 чел./ участвовали в 79 конференциях, симпозиумах и школах, проведенных в странах-участницах, 58 сотрудников ОИЯИ приняли участие в 20 конференциях, симпозиумах и школах в странах-неучастницах.

Большая делегация ученых ОИЯИ участвовала в Европейской конференции по физике частиц в Будапеште. На конференции отмечены успешные результаты работ, выполненных ОИЯИ в сотрудничестве с физиками Батавии и ЦЕРНа.

С интересом были приняты доклады от ОИЯИ на XX Международном спектроскопическом коллоквиуме - VII Международной конференции по атомной спектроскопии в Праге. Кроме оригинальных результатов были продемонстрированы хорошие возможности в ОИЯИ для выполнения экспериментальных работ в области ядерной спектроскопии.

Сотрудники Института вместе с болгарскими учеными прочитали основные курсы лекций, получившие высокую оценку, на III Школе по физике атомного ядра, нейтронной физике и ядерной энергетике в Варне.

Все члены делегации ОИЯИ выступили с докладами и приняли активное участие в дискуссиях на конференции "Структура адронов-77" в Штрбске-Плесо в ЧССР.

Весьма важное значение для научной программы ОИЯИ в области релятивистской ядерной физики имеют теоретические и экспериментальные работы по взаимодействиям адрон-ядро и ядро-ядро при высоких энергиях, составлявшие тематику XV Международной конференции по космическим лучам в Пловдиве.

В докладах ОИЯИ были рассмотрены актуальные проблемы извлечения физической информации из данных по адрон-ядерным взаимодействиям и продемонстрировано преимущество нового направления исследования тяжелой и сверхтяжелой компоненты галактических космических ядер.

Крупнейшим мероприятием в области ядерной физики явилась Международная конференция по структуре ядра в Токио, на которую была направлена представительная делегация ОИЯИ. Учет основных результатов конференции позволяет скорректировать исследовательские программы.

VII Международная конференция по физике высоких энергий и структуре ядра в Цюрихе подвела итоги развития физики высоких энергий за два года, определила приоритеты проводимых в различных центрах исследований, ознакомила участников с новейшими достижениями, дала возможность скоординировать направления исследований. Делегаты ОИЯИ сделали обзорные доклады по релятивистской ядерной физике и мезохимии, а также выступили с 6 докладами на секционных заседаниях.

На Конференции европейских пользователей ЭВМ фирмы CDC сотрудники ОИЯИ приняли участие в обсуждении данных о развитии крупных вычислительных центров, математического обеспечения, разработок новых устройств внешней памяти с повышенной плотностью записи.

Тематика II Международной летней школы по применению ЭВМ в физике в Либице /ЧССР/ включала систематизированное изложение опыта крупнейших европейских физических центров. Лекторы ОИЯИ прочитали на школе лекции по математическому обеспечению графических диалоговых систем и их приме-

нию, а также по аппаратуре в стандарте КАМАК.

Сотрудничество и связи
с научными центрами стран,
не являющихся участницами ОИЯИ

В 1977 году ОИЯИ поддерживал и развивал широкое сотрудничество с ЦЕРНом и научными центрами США, Швейцарии, Франции, Италии, Дании, Финляндии, Англии, ФРГ, Индии, Югославии в форме взаимного участия в экспериментах и обработке физических данных, создания аппаратуры, обмена материалами и проведения консультаций, участия в научных конференциях и семинарах.

Сотрудничество с ЦЕРНом развивалось в таких формах, как командирование на короткие и длительные сроки, обмен публикациями, взаимное участие в научных конференциях и проведение совместных школ для молодых ученых.

В течение предыдущих трех лет велась подготовка совместных экспериментов на мюонном пучке ускорителя ЦЕРНа с энергией протонов 400 ГэВ с целью получения новых сведений о структуре нуклонов, поиска новых частиц, проверки современных теорий структуры материи и унифицированных теорий взаимодействия частиц. В 1977 году в соответствии с соглашением о сооружении узлов установки НА-4 в ОИЯИ досрочно были изготовлены и отправлены в ЦЕРН 80 модулей сердечника электромагнита общим весом 1640 т. Налажено и успешно идет изготовление 80 пропорциональных камер.

Завершен набор большого экспериментального материала в совместном с ЦЕРНом эксперименте по исследованию

процессов дифракционной диссоциации π -мезонов и K -мезонов на ускорителе ИФВЭ /Серпухов/ с помощью установки МИС ОИЯИ. Половина данных будет измерена и обработана в итальянских научных центрах.

Успешно продолжалось сотрудничество ученых Объединенного института и Национальной ускорительной лаборатории им. Э.Ферми. Был завершен набор экспериментального материала и производились обработка и анализ данных нескольких совместных экспериментов. Результаты этих работ докладывались на национальных и международных конференциях и получили высокую оценку. Вопросы сотрудничества двух крупнейших научных центров были обсуждены во время визита директора НУЛ профессора Р.Вильсона в Дубну в октябре 1975 года и ответного визита в мае 1977 года директора ОИЯИ академика Н.Н.Боголюбова в Батавию.

В области физики высоких энергий научно-техническое сотрудничество и связи с научными центрами стран-участниц осуществлялись также в форме совместной обработки экспериментальной информации, полученной на установках ОИЯИ /метровая жидководородная камера, двухметровая пропановая и жидководородная пузырьковые камеры, ядерные фотоэмульсии/. В обработке снимков с метровой жидководородной камеры полезным было участие французских специалистов, которые отладили и ввели в эксплуатацию систему программ обработки Гидра-Геокин на ЭВМ ЕС-1040, что позволило эффективно проводить анализ экспериментального материала в Дубне и Кошице.

Специалисты Финляндии участвуют в обработке и анализе экспериментального материала с двухметровой жидководородной камеры "Людмила". Сотрудничество с институтом Лауэ-Ланжевена

в Гренобле осуществлялось путем обмена специалистами в области нейтронной физики.

Основные результаты научно-технического сотрудничества ОИЯИ за 1977 г. отражены в следующих итоговых данных:

- из общего числа 156 научных тем совместно с научно-исследовательскими организациями стран-участниц выполнялось 147 тем /почти 95%/, с научными центрами других стран и международными организациями - 19 тем;

- по вопросам научно-технического сотрудничества и для участия в научных совещаниях в страны-участницы командировано 525 специалистов /370 - с целью выполнения совместных работ и 155 - для участия в научных конференциях, совещаниях и школах/;

- из стран-участниц /кроме СССР/ принято 1078 ученых и специалистов для выполнения совместных работ, а также с целью обмена опытом и консультаций;

- проведено 46 научных совещаний;

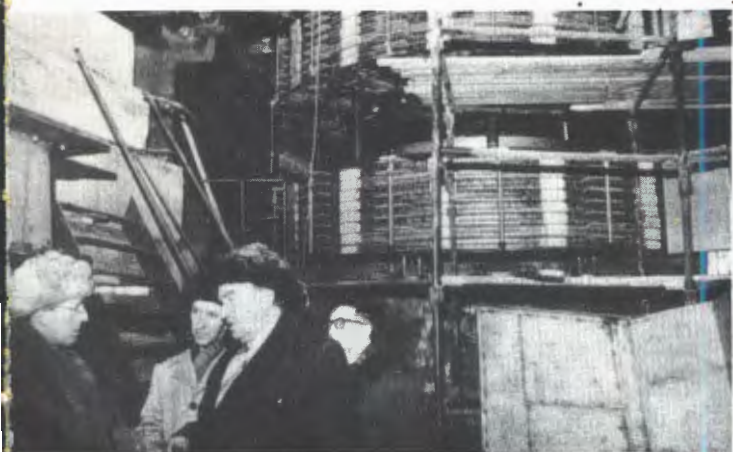
- в научные центры и на международные конференции в странах-неучастницах направлено 135 сотрудников ОИЯИ; из научно-исследовательских центров и международных организаций в этих странах принято 235 ученых и специалистов, в том числе 9 стипендиатов из Финляндии, Югославии, Австрии, АРЕ и других стран.

Экскурсии в ОИЯИ

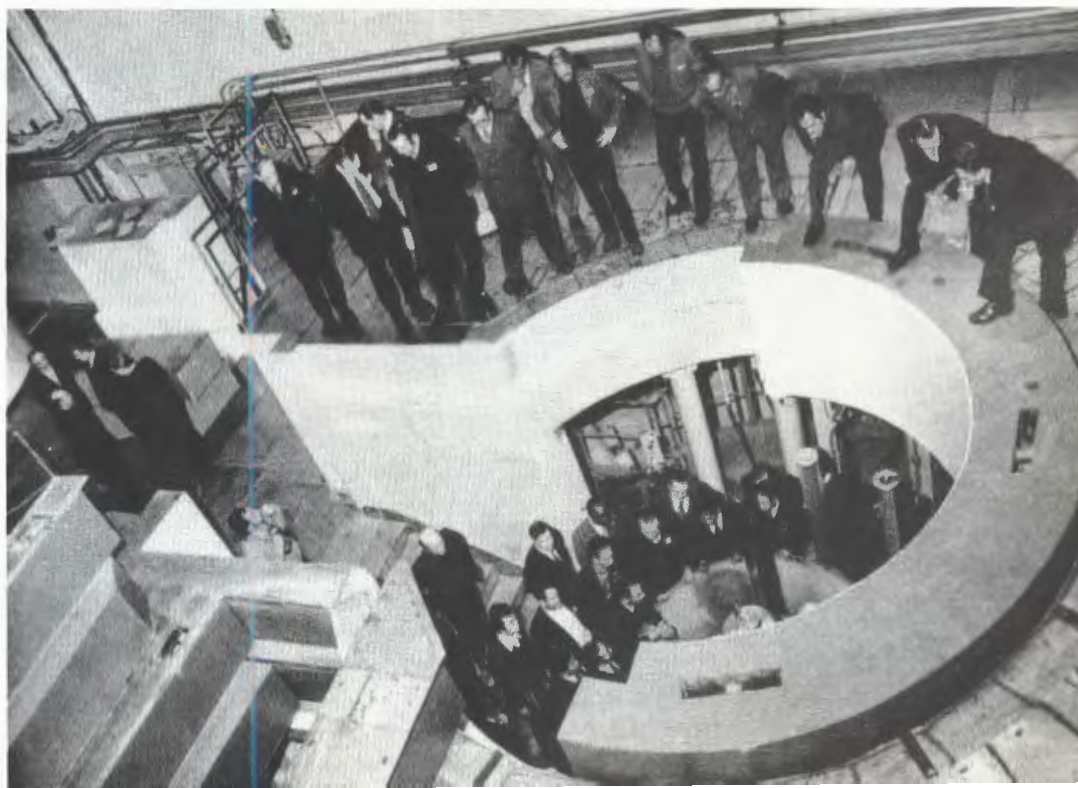
В 1977 году продолжался прием в ОИЯИ делегаций и экскурсионных групп. Всего было принято 66 делегаций /1472 человека/, из них 62 группы /1441 человек/ - из стран-участниц, 4 группы /31 человек/ - из других стран. Экскурсанты знакомились с основными направлениями исследований и экспериментальными установками Института.



IX Международный симпозиум по ядерной электронике состоялся в Варне. В нем приняли участие специалисты ОИЯИ, а также многих институтов стран-участниц и ряда других стран. Симпозиум был организован Объединенным институтом ядерных исследований совместно с Институтом ядерных исследований и ядерной энергетики и Институтом электроники БАН.



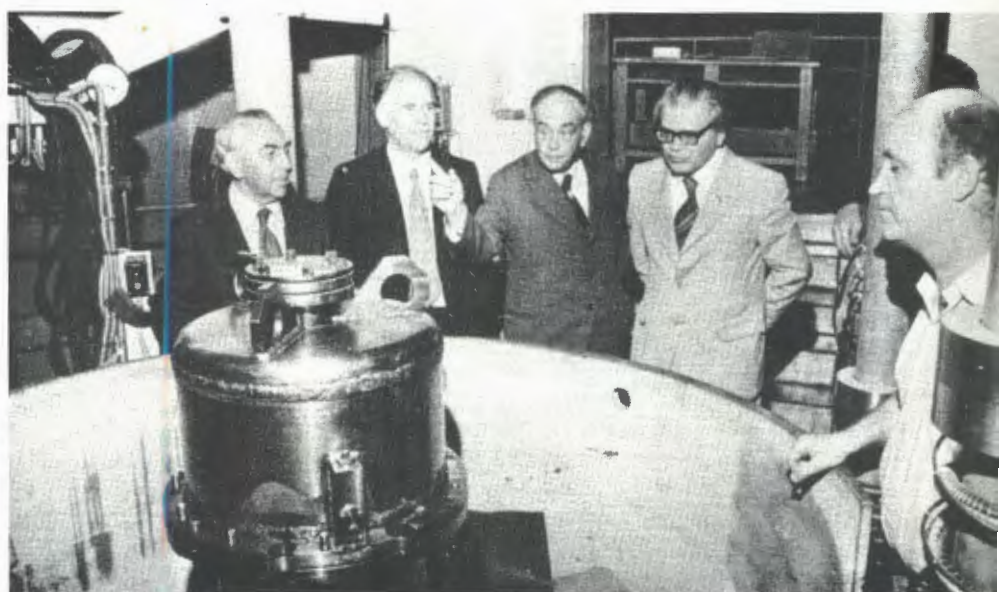
Во время сессии Комитета Полномочных Представителей участники совещания посетили лаборатории Института и познакомились с работами по созданию новых установок. На снимках: Полномочный Представитель ВНР академик Д.Островски в зале ускорителя У-400 /слева/; Полномочный Представитель ЧССР академик Я.Кожешник осматривает узлы установки РИСК.



Члены Ученого совета ОИЯИ в Лаборатории нейтронной физики у шахты реактора ИБР-2.



20 сентября в Варшавском университете состоялось вручение диплома почетного доктора директору Объединенного института ядерных исследований академику Н.Н.Боголюбову.



В ОИЯИ побывали вице-президент Академии наук СССР академик А.А.Логгунов и начальник управления Государственного Комитета по использованию атомной энергии профессор А.А.Васильев. Директор Лаборатории нейтронной физики академик И.М.Франк познакомил гостей с ходом работ по сооружению реактора ИБР-2.



Дубну вновь посетил Чрезвычайный и Полномочный посол ЧССР в СССР Ян Гавелка.



Многолетнее научное сотрудничество связывает физиков ОИЯИ и ИФВЭ. Во время очередной встречи в Протвино вице-директор ОИЯИ профессор Д.Киш и заместитель директора ИФВЭ профессор В.А.Ярба обсудили вопросы этого сотрудничества.

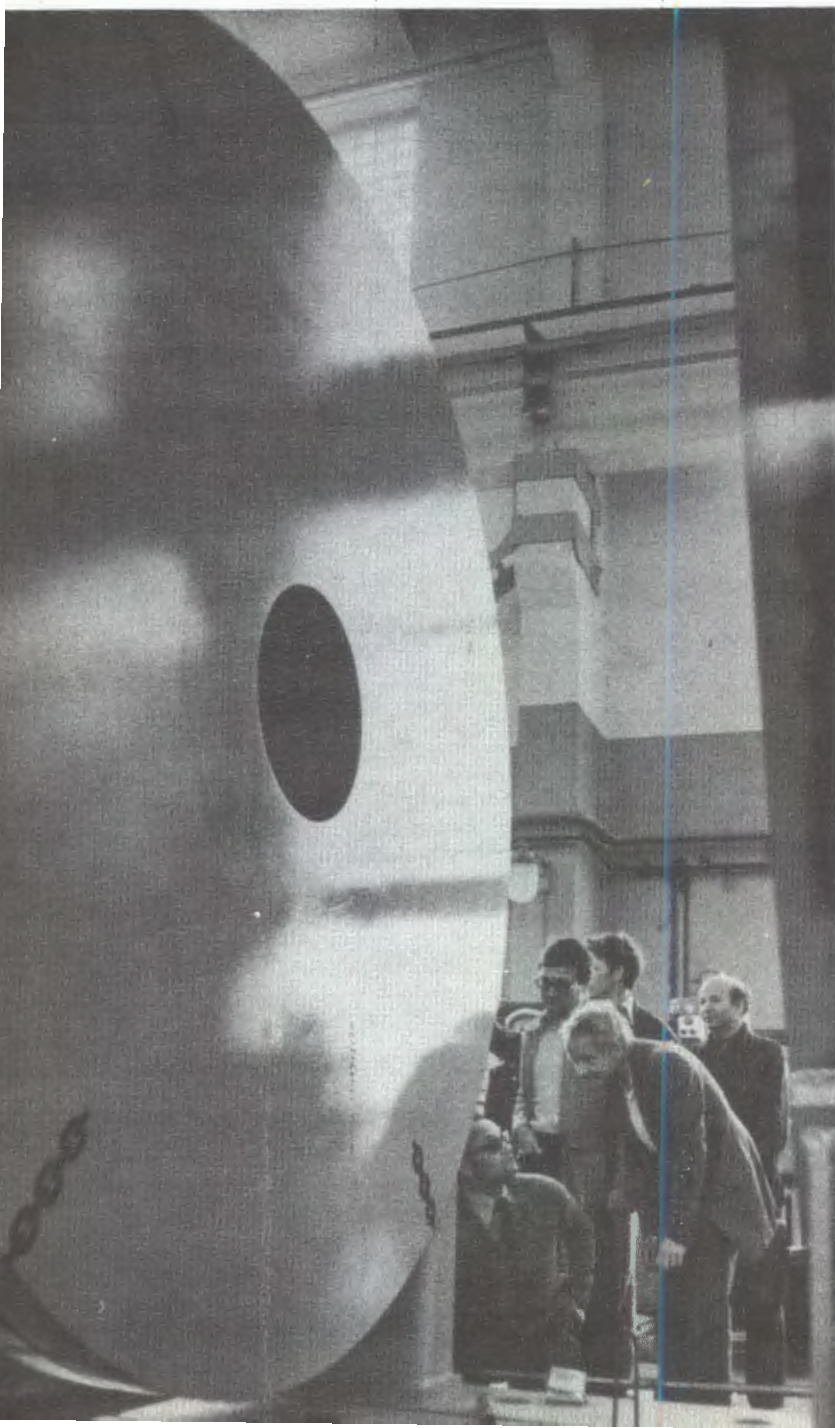
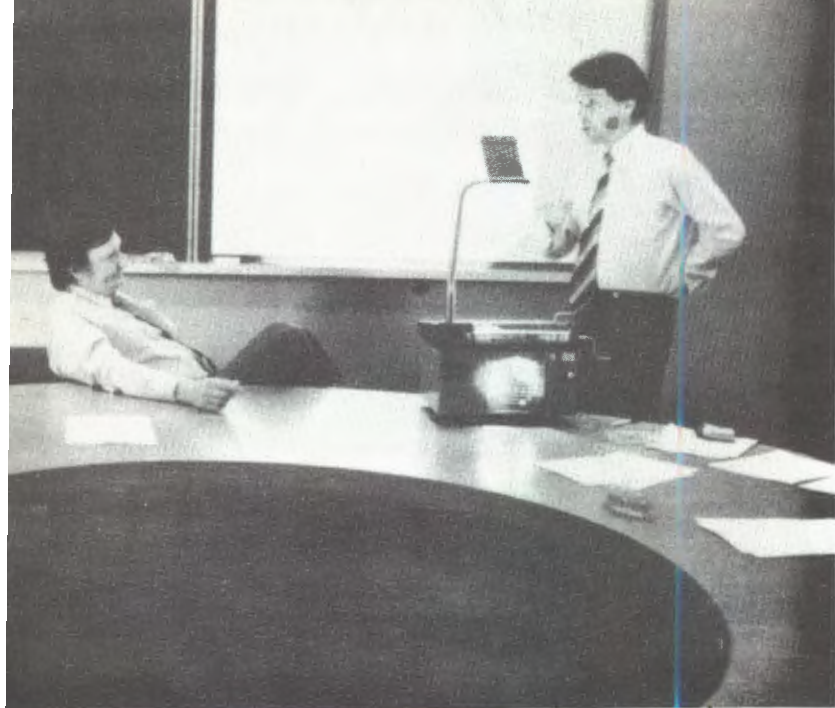
Второй год страной-участницей ОИЯИ является Республика Куба. На снимке: Полномочный Представитель Кубы Р.Франко Пареллада /второй слева/ знакомится с работами, проводимыми в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации.

Профессор Н.Содном вручает почетную грамоту АН МНР и Почетную грамоту Комиссии по атомной энергии при Совете Министров МНР главному бухгалтеру ОИЯИ К.И.Угробину.



От имени правительства Польской Народной Республики заместитель посла ПНР в СССР Е.Шишко вручает "Орден Заслуги Командорской степени" профессору В.П.Дмириевскому.



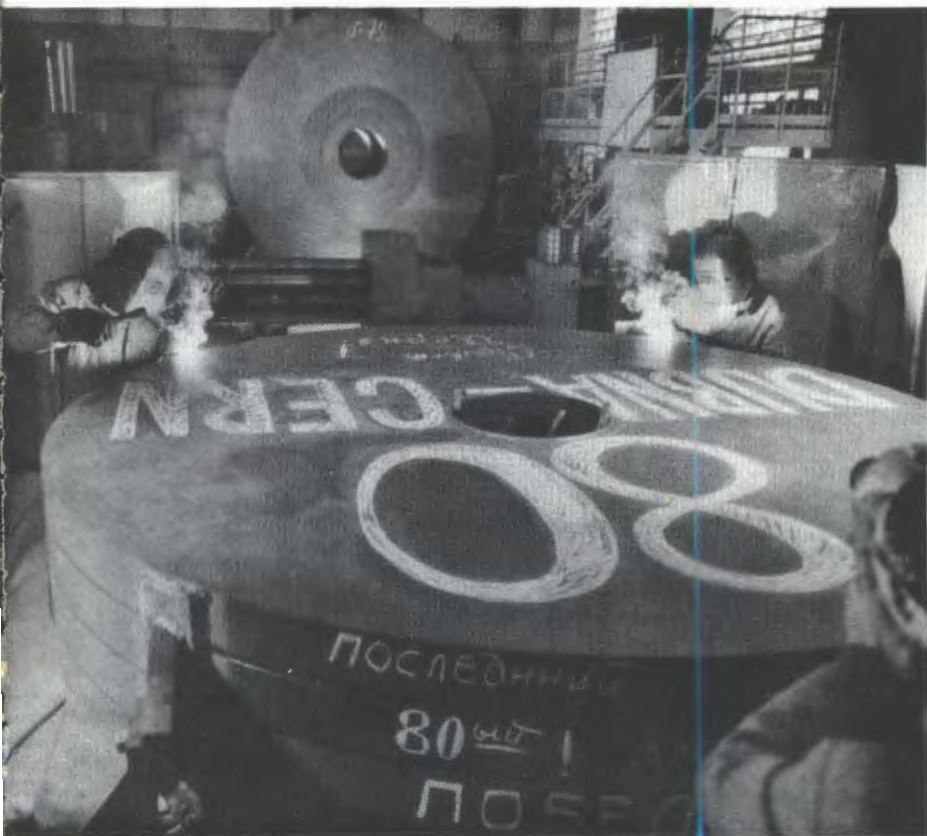


Объединенный институт ядерных исследований совместно с Европейским центром ядерных исследований, Институтом физики Мюнхенского университета и Центром ядерных исследований в Сакле подготовил экспериментальную установку - тороидальный спектрометр для совместных исследований на пучке мюонов ускорителя на 400 ГэВ. На рабочем совещании в июне участники совместного эксперимента познакомились с ходом работ по изготовлению узлов спектрометра.

Участники совещания осматривают модули сердечника тороидального магнита в мастерских опытного производства ОИЯИ.

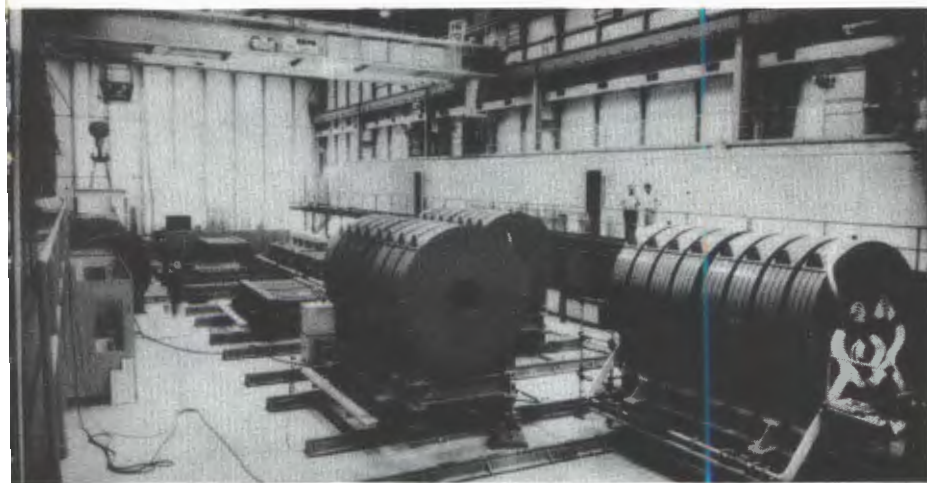


Станок для автоматизированной намотки рабочих проволок больших пропорциональных камер.



Идут завершающие работы по изготовлению последнего, 80-го модуля магнита.

Монтаж модулей на мюонном пучке ускорителя ЦЕРН /снимок ЦЕРН/.

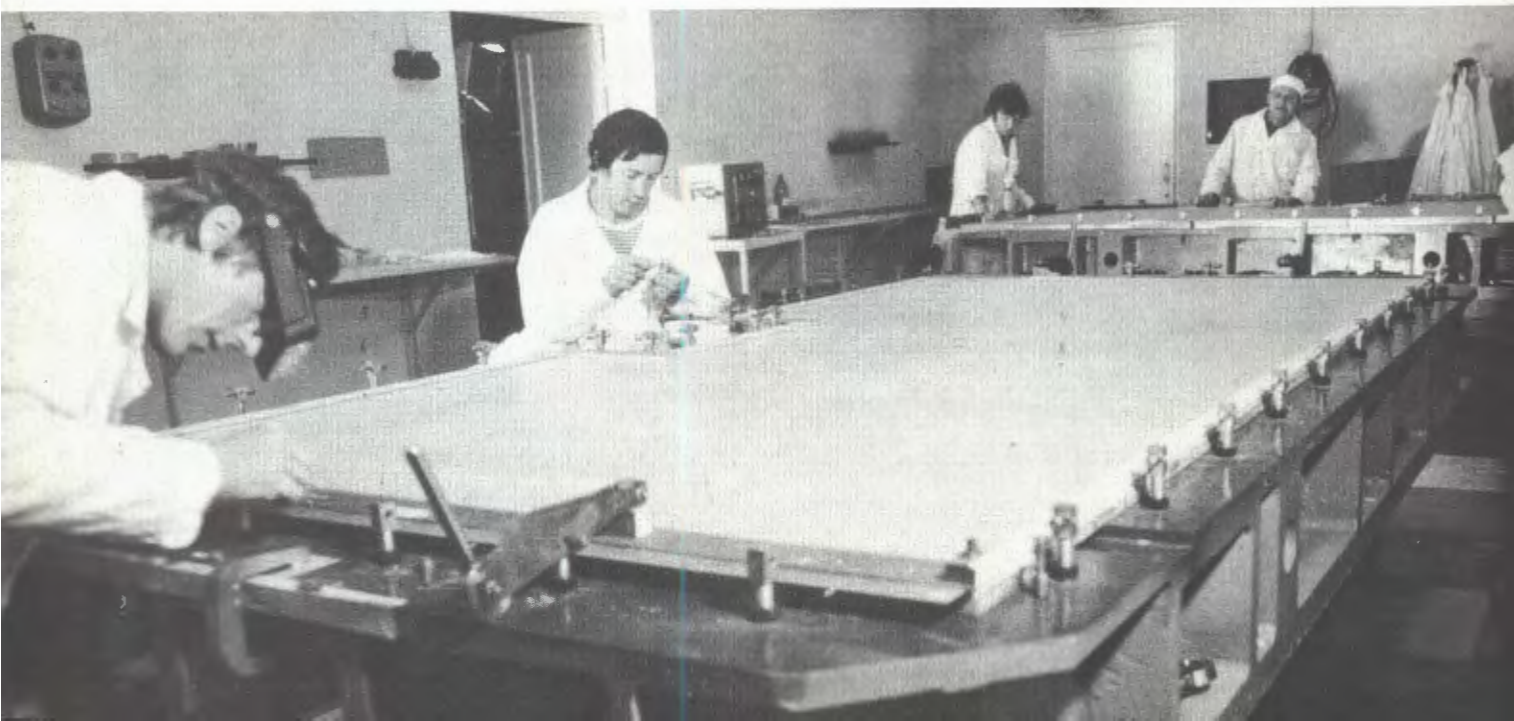




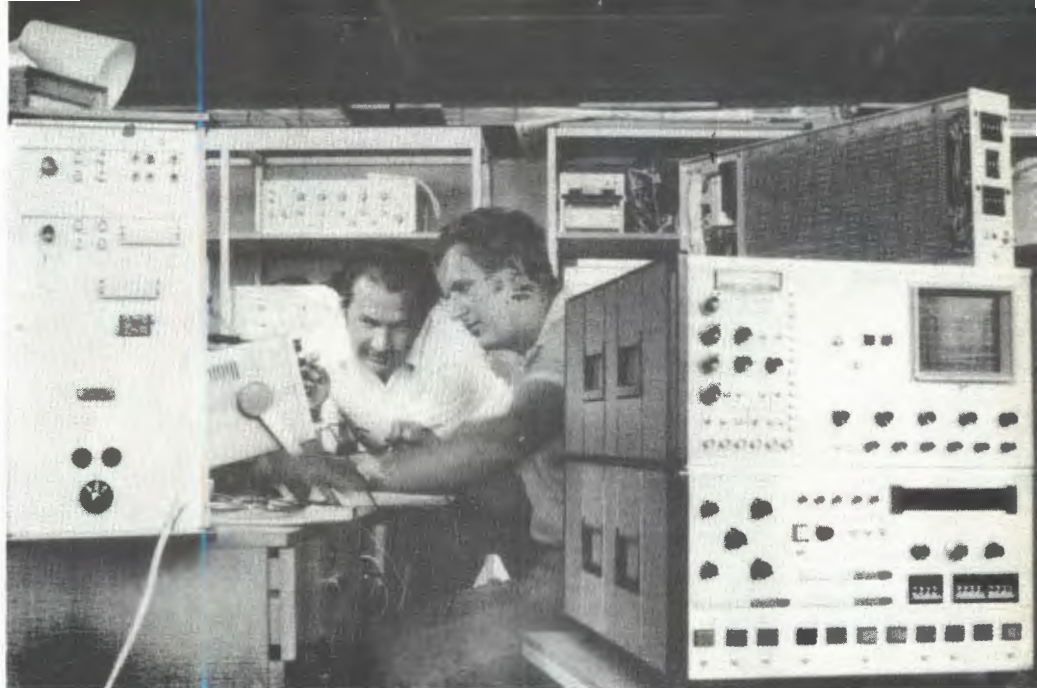
В Отделе новых методов ускорения Института создан научно-методический комплекс по изготовлению, испытанию и измерению характеристик больших координатных детекторов. На снимках: автоматизированный стенд для испытаний и снятия характеристик больших координатных детекторов /внизу/; обсуждение результатов испытаний камеры /слева/.



В зале сборки больших пропорциональных камер для совместного эксперимента ЦЕРН-ОИЯИ.



В Дубне создана производственная база филиала Международного хозяйственного объединения по ядерному приборостроению "Интератоминструмент". Здесь производится техническое обслуживание ядерной аппаратуры и приборов, выпускаемых в Венгрии, ГДР, Польше, СССР и Чехословакии.



Доклады сотрудников комбината "Роботрон" /ГДР/, производящего ЭВМ, вызвали оживленное обсуждение на совместном совещании в Дубне.

Посол Франции в СССР Брюно де Лесс посетил в мае Дубну и ознакомился с лабораториями Института и совместными работами ученых ОИЯИ и Франции.



В связи с празднованием национального праздника болгарского народа - Дня свободы состоялся визит в ОИЯИ Чрезвычайного и Полномочного Посла НРБ в СССР Димитра Жулева. Посол участвовал в торжествах по случаю этого праздника и осмотрел лаборатории Института.

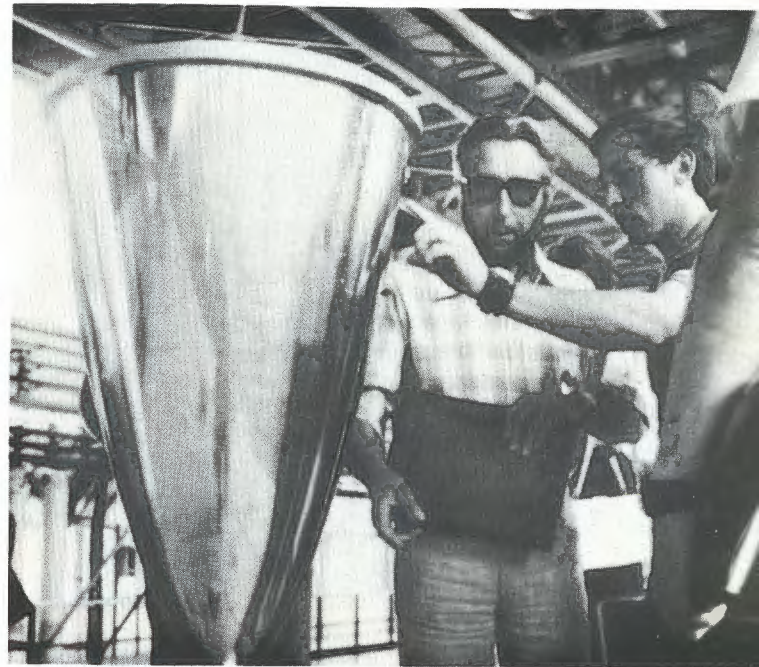
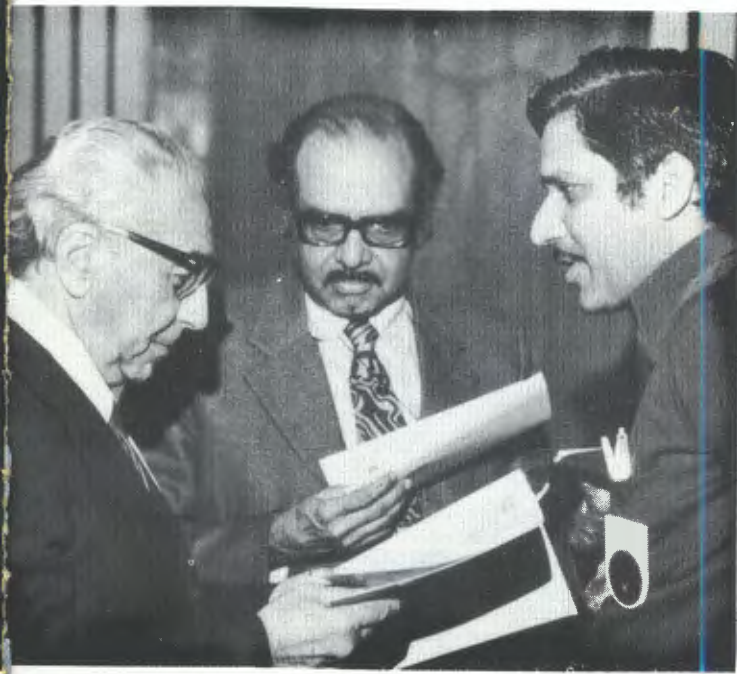


Известный итальянский физик профессор Г. Пираджино вновь приехал в Дубну для продолжения совместных исследований.



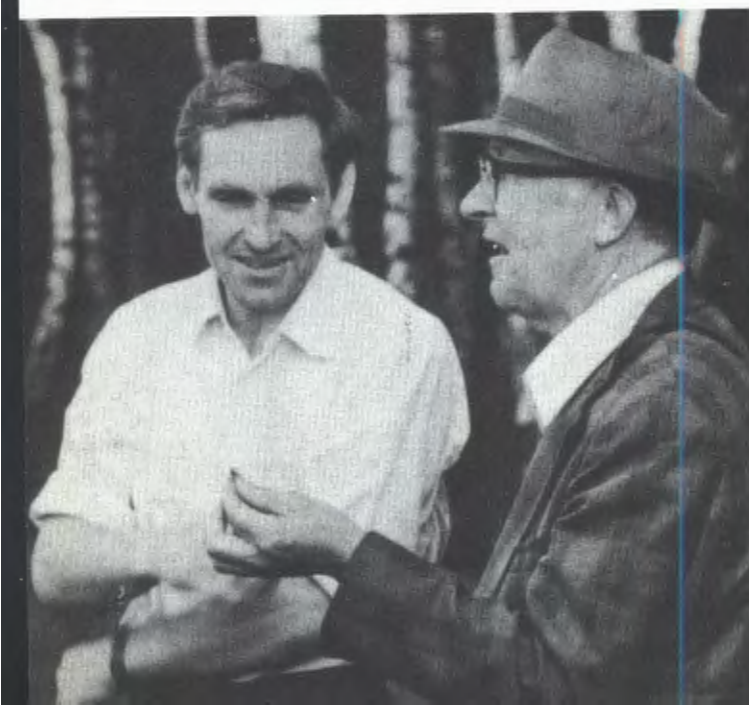
Ведущие специалисты ОИЯИ в области ускорительной техники приняли участие в очередной, X Международной конференции по ускорителям, состоявшейся в Институте физики высоких энергий /Серпухов/ в июле 1977 г. Участники конференции представляли 60 научных центров из 18 стран мира. Научная программа конференции включала ряд важнейших вопросов развития и использования ускорителей заряженных частиц. Были обсуждены новые идеи в области ускорительной техники: электронное охлаждение, коллективные методы ускорения и т.д.







В июне 1977 года в Дубне состоялся Международный симпозиум по проблемам мезонной химии и мезомолекулярных процессов в веществе. Это первое международное совещание, посвященное новому научному направлению, подвело итоги исследований последних лет в ОИЯИ, ЛИЯФ, ЦЕРН, СИН, в центрах США и Канады.

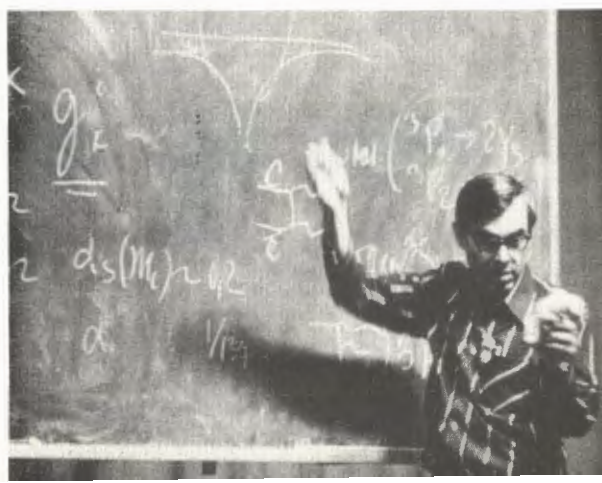




На проходившем в Дубне рабочем совещании экспертов Совета экономической взаимопомощи по проблеме "Злокачественные новообразования" была отмечена большая роль ядерно-физических методов в решении ряда вопросов медицины и биологии.



Молодые ученые ОИЯИ приняли участие в работе Зимней школы по физике ядра и элементарных частиц, состоявшейся в Зеленогорске /под Ленинградом/. Среди профессоров школы был ряд ведущих ученых ОИЯИ.



СПРАВКА

о развитии международного сотрудничества и связей
Объединенного института ядерных исследований
за период 1972-1977 гг.

№№ пп	Вид сотрудничества	1972	1973	1974	1975	1976	1977
1.	Количество совместных работ	285	290	290	167	172	150*
2.	Количество командировок специали- стов из стран-участниц в Дубну /без совещаний/	503	684	896	1026	1079	1078
3.	Количество командировок специали- стов ОИЯИ в страны-участницы	431	417	426	474	508	525
4.	Количество научных, методических и научно-организационных совещаний	29	39	38	42	39	46
5.	Количество командировок на между- народные конференции и в научные центры стран-неучастниц	132	140	112	131	310	135
6.	Количество приездов специалистов из стран-неучастниц	226	157	206	250	321	226
7.	Количество стипендиатов ОИЯИ	15	17	8	11	13	9

Примечание:* В связи с переходом на тематическое планирование научно-исследовательских работ и международных связей в 1975-1977 гг. указано количество тем, по которым выполняются совместные работы.

ПЕРЕЧЕНЬ

научных совещаний,
 проведенных Объединенным институтом ядерных исследований
 в 1977 году

№№	Наименование	Время проведения	Место проведения	Количество участников
<i>I. Конференции, симпозиумы, школы</i>				
1.	Симпозиум по избранным проблемам статистической механики	19-22 апреля	Дубна	60
2.	IX Международный симпозиум по ядерной электронике	5-9 мая	Варна, НРБ	100
3.	Международный симпозиум по проблемам мезохимии	7-10 июня	Дубна	75
4.	XI Международная школа молодых ученых по физике высоких энергий и релятивистской ядерной физике	12-23 сентября	Гомель, СССР	100
5.	Совещание по программированию и математическим методам решения физических задач	20-23 сентября	Дубна	120
6.	Международное совещание по взаимодействию тяжелых ионов с ядрами и синтезу новых элементов	13-16 декабря	Дубна	100
<i>II. Рабочие совещания</i>				
7.	Совещание по совместному ОИЯИ-ЦЕРН мюонному эксперименту	3-4 марта	Дубна	30
8.	Совещание по исследованию взаимодействий быстрых адронов с ядрами	15-17 февраля	Дубна	20

№№	Наименование	Время проведения	Место проведения	Количество участников
9.	Совещание по обработке снимков с установки "Людмила"	1-4 марта	Дубна	30
10.	Совещание по установке РИСК	15-17 марта	Дубна	40
11.	Совещание по экспериментам с нейтральными каонами на установке БИС	6-8 апреля	Дубна	40
12.	Совещание по обработке снимков с метровой водородной пузырьковой камеры	11-13 мая	Дубна	30
13.	Совещание по исследованиям на двухметровой пропановой камере	17-19 мая	Дубна	40
14.	Совещание по совместному ОИЯИ-ЦЕРН мюонному эксперименту	1-4 июня	Дубна	30
15.	Совещание по исследованию взаимодействия релятивистских ядер с ядрами	14-16 июня	Дубна	15
16.	Совещание по установке СПИН	6-9 сентября	Прага, ЧССР	40
17.	Совещание по установке РИСК	13-15 сентября	Дубна	40
18.	Совещание по экспериментам с нейтральными каонами на установке БИС	27-30 сентября	Дубна	40
19.	Совещание по исследованиям на двухметровой пропановой камере	4-6 октября	Дубна	40
20.	Совещание по созданию сверхпроводящих элементов магнитной оптики для формирования пучков частиц	4-6 октября	Дубна	15

№№	Наименование	Время проведения	Место проведения	Количество участников
21.	Совещание экспертов стран-участниц ОИЯИ по проектам многозарядного ускорительного комплекса	11-14 октября	Дубна	50
22.	Совещание по совместному ОИЯИ-ЦЕРН мюонному эксперименту	12-15 октября	Дубна	30
23.	Совещание по обработке снимков с установки "Людмила"	1-3 ноября	Дубна	30
24.	Совещание по обработке снимков с метровой водородной пузырьковой камеры	15-17 ноября	Дубна	15

III. Научно-организационные совещания

25.	XLI сессия Ученого совета ОИЯИ	11-14 января	Дубна	60
26.	Комитет Полномочных Представителей стран-участниц ОИЯИ	8-10 февраля	Дубна	60
27.	Комитет по структуре ядра	5-7 апреля	Дубна	30
28.	Комитет по нейтронной физике	5-7 апреля	Дубна	25
29.	Комитет по физике тяжелых ионов	5-7 апреля	Дубна	25
30.	Камерный комитет	12-14 апреля	Дубна	25
31.	Комитет по электронным экспериментам	12-14 апреля	Дубна	25

№№	Наименование	Время проведения	Место проведения	Количество участников
32.	Фотоэмульсионный комитет	12-14 апреля	Дубна	25
33.	Сессия Ученого совета по физике высоких энергий	17-19 мая	Дубна	50
34.	Сессия Ученого совета по физике низких энергий	24-26 мая	Дубна	50
35.	Контрольная комиссия Финансового комитета	7-10 июня	Дубна	20
36.	XLI Сессия Ученого совета ОИЯИ	14-16 июня	Дубна	60
37.	Камерный комитет	18-20 октября	Дубна	30
38.	Фотоэмульсионный комитет	18-20 октября	Дубна	25
39.	Комитет по электронным экспери- ментам	18-20 октября	Дубна	25
40.	Комитет по структуре ядра	25-27 октября	Дубна	25
41.	Комитет по нейтронной физике	25-27 октября	Дубна	25
42.	Комитет по физике тяжелых ионов	25-27 октября	Дубна	25
43.	Финансовый комитет	16-19 ноября	Дубна	25
44.	Сессия Ученого совета по физике высоких энергий	22-24 ноября	Дубна	50
45.	Сессия Ученого совета по физике низких энергий	29 ноября - 1 декабря	Дубна	50
46.	Сессия Ученого совета по теорети- ческой физике	7-9 декабря	Дубна	40

ПЕРЕЧЕНЬ
международных и национальных конференций,
симпозиумов, совещаний и школ,
в которых принимали участие специалисты Объединенного института
ядерных исследований в 1977 году

№№	Наименование	Время проведения	Место проведения
<i>А. В странах - участницах Института</i>			
1.	Совещание по автоматизации	16-21 января	Будапешт, ВНР
2.	V Всесоюзная школа по неупругим взаимодействиям при высоких энергиях	25 января - 5 февраля	Бакуриани, СССР
3.	XV Международная зимняя школа по ядерной физике	6-20 февраля	Закопане, ПНР
4.	Республиканский семинар "Автоматизация научных исследований"	15-20 февраля	Тбилиси, СССР
5.	Школа по методическим вопросам радиационной физики металлов и сплавов	21 февраля - 2 марта	Бакуриани, СССР
6.	Зимняя школа по теоретической физике	5-20 марта	Карпач, ПНР
7.	XXVII Совещание по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра	22-25 марта	Ташкент, СССР
8.	Симпозиум стран СЭВ "Исследования в области переработки облученного топлива"	23 марта - 2 апреля	Карловы-Вары, ЧССР
9.	Школа ЦИЯИ по рассеянию нейтронов	28 марта - 11 апреля	Клейнхеннерсдорф, ГДР
10.	Симпозиум по молекулярной биологии иммуноглобулинов	4-8 апреля	Прага, ЧССР

№№	Наименование	Время проведения	Место проведения
11.	II Всесоюзная конференция по мембранным методам разделения смесей	12-14 апреля	Суздаль, СССР
12.	IV Конференция по нейтронной физике	18-22 апреля	Киев, СССР
13.	Совещание по диагностике поверхности ионными пучками	18-27 апреля	Ужгород, СССР
14.	Конференция молодых ученых по физике атомного ядра, элементарных частиц и конденсированного состояния	21-22 апреля	Гатчина, СССР
15.	Совещание специалистов стран - членов СЭВ "Техническое использование сверхпроводимости"	3-6 мая	Дубна, СССР
16.	Международный симпозиум по переходному излучению частиц высоких энергий	12-17 мая	Ереван, СССР
17.	III Всесоюзное совещание "Сплавы редких металлов с особыми физическими свойствами"	16-18 мая	Москва, СССР
18.	Международный симпозиум по ядерной медицине	16-21 мая	Карловы-Вары, ЧССР
19.	XVII Метеоритная конференция	24-27 мая	Звенигород, СССР
20.	I Всесоюзный симпозиум по модульным информационно-вычислительным системам	30 мая - 1 июня	Москва, СССР
21.	Совещание по теории многих частиц с сильным взаимодействием	2-5 июня	Вильнюс, СССР
22.	Международный конгресс математиков	2-12 июня	Варна, НРБ
23.	V Всесоюзный семинар по линейным ускорителям	2-6 июня	Харьков, СССР

№№	Наименование	Время проведения	Место проведения
24.	Совещание-семинар "R-технология программирования и средства ее автоматизации RTKЕС ЭВМ и RTK БЭСМ-6"	7-11 июня	Киев, СССР
25.	Сессия Научного совета "Электромагнитные взаимодействия адронов в резонансной области энергий"	8-10 июня	Харьков, СССР
26.	Конференция по автоматизации научных исследований на основе применения ЭВМ	9-11 июня	Новосибирск, СССР
27.	Международная конференция "Нейтрино-77"	18-24 июня	Приэльбрусье, СССР
28.	Всемирный электротехнический конгресс "Настоящее и будущее электротехники"	21-25 июня	Москва, СССР
29.	II Всесоюзная конференция по переходу "металл-диэлектрик"	22-25 июня	Львов, СССР
30.	II Венгерская конференция по вычислительной технике	26 июня - 3 июля	Будапешт, ВНР
31.	Международная конференция по ядерным реакциям	26 июня - 3 июля	Балатонфюред, ВНР
32.	Международная конференция по физике элементарных частиц	3-10 июля	Будапешт, ВНР
33.	Конференция стран СЭВ по физике и технике низких температур	5-12 июля	Бухарест, СРР
34.	X Международная конференция по ускорителям заряженных частиц высоких энергий	11-17 июля	Серпухов, СССР
35.	Международная конференция по космическим лучам	13-27 августа	Пловдив, НРБ
36.	Летняя школа по использованию ЭВМ в физике	19-29 августа	Либлице, ЧССР

№№	Наименование	Время проведения	Место проведения
37.	8 Заседание комиссии СЭВ по исследовательским реакторам	28 августа-3 сентября	Дрезден, ГДР
38.	Международный конгресс по атомной спектроскопии	29 августа-8 сентября	Прага, ЧССР
39.	Международная конференция по магнитной технологии	29 августа-5 сентября	Братислава, ЧССР
40.	Летняя школа по ядерной физике	30 августа-13 сентября	Миколайки, ПНР
41.	Всесоюзная конференция "Перспективы и проблемы развития вычислительной техники"	2-10 сентября	Киев, СССР
42.	Осенняя школа по элементарным частицам	4-15 сентября	Матрафюред, ВНР
43.	Конференция по мессбауэровской спектроскопии	5-10 сентября	Бухарест, СРР
44.	II Всесоюзный симпозиум по обработке физической информации	9-16 сентября	Ереван, СССР
45.	Всесоюзный семинар "Каон-ядерное взаимодействие и гиперядра"	12-15 сентября	Звенигород, СССР
46.	IV Международная конференция по сегнетоэлектричеству	18-23 сентября	Ленинград, СССР
47.	Международный симпозиум по высокоспиновым состояниям и структуре ядра	18-26 сентября	Дрезден, ГДР
48.	Симпозиум по взаимодействию ионизирующих излучений	19-23 сентября	Гера, ГДР
49.	XXV Съезд польских физиков	19-23 сентября	Вроцлав, ПНР
50.	IV Всесоюзная конференция по использованию вычислительных машин в спектроскопии молекул	19-21 сентября	Новосибирск, СССР

№№	Наименование	Время проведения	Место проведения
51.	VII Международная конференция по атомным столкновениям в твердом теле	19-23 сентября	Москва, СССР
52.	Всесоюзная конференция по физике магнитных явлений	20-23 сентября	Донецк, СССР
53.	Конференция по аналитической химии радиоактивных материалов	26-28 сентября	Москва, СССР
54.	Школа по физике радиационных повреждений твердого тела	26 сентября- 7 октября	Алушта, СССР
55.	V Всесоюзная научно-техническая конференция по проблемам магнитных измерений и магнито-измерительной аппаратуры	27-29 сентября	Ленинград, СССР
56.	Конференция молодых ученых по физике атомного ядра, элементарных частиц и биофизике	27-30 сентября	Ереван, СССР
57.	Международный семинар-выставка "Мини ЭВМ и приборы для ядерных исследований"	4-6 октября	Москва, СССР
58.	Школа по физике элементарных частиц	5-7 октября	Приморско, НРБ
59.	XI Всесоюзная школа по автоматизации научных исследований	7-18 октября	Минск, СССР
60.	Международный симпозиум по структуре адронов	8-18 октября	Штрбске-Плесо, ЧССР
61.	Международный симпозиум по проблеме трех тел	10-15 октября	Потсдам, ГДР
62.	Семинар по повышению эффективности ЭВМ БЭСМ-6	10-20 октября	Бад-Штур, ГДР
63.	Школа по физике ядра	17-27 октября	Варна, НРБ

№№	Наименование	Время проведения	Место проведения
64.	Рабочее совещание по технологии пропорциональных камер	17-19 октября	Звенигород, СССР
65.	Научно-технический семинар по многопроцессорным вычислительным машинам	20-22 октября	Москва, СССР
66.	Всесоюзная конференция "Совершенствование процессов, машин и аппаратов холодильной и криогенной техники и кондиционирования воздуха"	25-27 октября	Ташкент, СССР
67.	Совещание по использованию ЭВМ ЕС-1010	26-30 октября	Ростов-на-Дону, СССР
68.	Международный семинар по магнетизму	6-12 ноября	Себниц, ГДР
69.	II Конференция по модульным системам для сбора и обработки информации	7-14 ноября	Прага, ЧССР
70.	Конференция молодых ученых по систематическому программированию	11-13 ноября	Новосибирск, СССР
71.	VI Всесоюзное совещание по физике поверхностных явлений в полупроводниках	15-17 ноября	Киев, СССР
72.	Международный симпозиум по взаимодействию быстрых нейтронов с ядрами	20-27 ноября	Гауссиг, ГДР
73.	Семинар по функциям Уолша	21-24 ноября	Рига, СССР
74.	Семинар по криогенной вакуумной технике	22-24 ноября	Харьков, СССР
75.	IV Семинар "Проблемы планирования и управления научными исследованиями"	23-27 ноября	Москва, СССР
76.	II Всесоюзная конференция по поверхностным явлениям в жидкостях	29 ноября - 6 декабря	Ленинград, СССР

№№	Наименование	Время проведения	Место проведения
77.	Семинар на тему "Программа экспериментальных исследований на мезонной фабрике"	6-9 декабря	Звенигород, СССР
78.	Первый международный семинар по использованию протонных пучков в лучевой терапии	6-13 декабря	Москва, СССР
79.	IV Семинар "Электромагнитные взаимодействия ядер при малых и средних энергиях"	13-15 декабря	Москва, СССР

Б. В странах - участницах Института

1.	Заседание оргкомитета Школы ЦЕРН-ОИЯИ	7-12 марта	Афины, Греция
2.	Национальная конференция по ускорителям частиц	15-23 марта	Чикаго, США
3.	IV Международный конгресс ассоциации радиационной защиты	23-30 апреля	Париж, Франция
4.	Международная конференция по ядерной энергетике и ее топливному циклу	27 апреля - 16 мая	Зальцбург, Австрия
5.	Международная школа ЦЕРН-ОИЯИ по физике	21 мая - 4 июня	Нафплион, Греция
6.	Международный симпозиум по микрохимической технике	22-29 мая	Давос, Швейцария
7.	Международная конференция по ядерным реакциям с тяжелыми ионами	29 мая - 8 июня	Хвар, Югославия
8.	V Международный семинар по ионно-атомным столкновениям	10-25 июля	Дармштадт, ФРГ

№№	Наименование	Время проведения	Место проведения
9.	IV Международная конференция по спектроскопии и аналитической химии	17-28 июля	Бирмингем, Англия
10.	VI Конференция по вопросам организации автоматизированных информационно-поисковых систем	20-30 июля	Лондон, Англия
11.	Симпозиум по основаниям современной физики	11-20 августа	Лома-Коли, Финляндия
12.	Международный симпозиум по лептонным и фотонным взаимодействиям	24 августа-2 сентября	Гамбург, ФРГ
13.	VII Международная конференция по физике высоких энергий и структуре ядра	28 августа-7 сентября	Цюрих, Швейцария
14.	Международная конференция по структуре ядра	3-14 сентября	Токио, Япония
15.	VII Международный конгресс по вакуумной технике	11-18 сентября	Вена, Австрия
16.	Международная школа по физике элементарных частиц	18 сентября-2 октября	Купари, Югославия
17.	Конференция пользователей ЭВМ фирмы CDC	24 сентября-5 октября	Монтре, Швейцария
18.	Генеральная конференция МАГАТЭ	25 сентября-1 октября	Вена, Австрия
19.	Совещание комитета ЦЕРН-СССР по сотрудничеству	3-8 октября	Женева, Швейцария
20.	Международный симпозиум по неупругому рассеянию нейтронов	16-23 октября	Вена, Австрия

Научная информация



Издательский отдел

В 1977 году издательским отделом выпущено 830 препринтов и сообщений. Количество служебных материалов составляет 272 наименования. Общий объем всех изданий - 1350 уч.-издательских листов.

Издано 6 крупноформатных сборников материалов различных конференций, школ и совещаний. Среди них наибольший интерес вызвали сборники трудов Международного симпозиума по мезонной химии, XVIII Международной конференции по физике высоких энергий, Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий.

В течение года в редакции научных журналов, на конференции, совещания, симпозиумы и школы направлено 1158 статей и докладов, содержащих результаты выполненных в Объединенном институте научных и научно-методических исследований. Статьи сотрудников Института направлялись преимущественно в следующие журналы стран-участниц: "Известия АН СССР /серия физическая/, ЯФ, ПТЭ, АЭ, ЖЭТФ, ЖТФ, Nucleonica, а из журналов стран, не являющихся членами ОИЯИ, - в такие, как Nuclear Physics, Nuclear Instruments and Methods.

Публикации Института регулярно рассылаются в институты, университеты, библиотеки 56 стран мира по 825 адресам. В 1977 году отправлено по отдельным запросам 1619 брошюр.

Интерес к публикациям Института продолжает расти, о чем свидетельствуют 42 новых адреса научных учреждений, включенных в список рассылки препринтов и сообщений Института, из которых 21 адрес находится в странах-участницах и 21 - в других странах.

В обмен на публикации ОИЯИ научно-техническая библиотека получила 8138 препринтов, около 130 наименований журналов и 380 монографий.

Регулярно издавались экспресс-бюллетени научно-технической библиотеки и патентного отдела. Выпущен ежегодный библиографический указатель работ сотрудников ОИЯИ.

Помимо публикации препринтов, сообщений, сборников, а также материалов Комитета Полномочных Представителей и ученых советов издательским отделом

выполнены многочисленные заказы на ксерокопирование. За год изготовлено около 250 тыс. копий.

Выполнялись заказы на переплетные работы - переплетено почти 5 тыс. томов. По заказам лабораторий изготовлено около миллиона различных бланков - для обработки экспериментальной информации и других целей.

Научно- техническая библиотека

В 1977 году число читателей научно-технической библиотеки и ее филиалов составило 5760 человек, в том числе около 800 - прибывших в командировки. По сравнению с 1976 годом число читателей увеличилось на 110 человек. Объем литературы, выданной за год и просмотренной на выставках новых поступлений, превысил 580 тысяч печатных единиц.

По заказам читателей получено по межбиблиотечному абонементу /МБА/ 1890 названий книг и журналов. В свою очередь, библиотека ОИЯИ обслужила по МБА свыше 100 библиотек Советского Союза, выполнено 402 читательских заявки.

По всем источникам комплектования /покупка, подписка, книгообмен/ в 1977 г. получено около 19 тысяч печатных единиц, в том числе 7666 на иностранных языках.

На 31 декабря 1977 года библиотечный фонд составил 360 тысяч печатных единиц, из них около 150 тысяч на иностранных языках.

Все поступившие издания своевременно обрабатывались и отражались в сводных каталогах центральной библиотеки и ее филиалов. Картотека публикаций сотрудников ОИЯИ пополнилась 5080 карточками, из них 3967 - на вновь опубликованные работы. Подготовлен и издан Указатель работ сотрудников Института за 1976 год. Проведена работа по очистке фонда от устаревшей и мало используемой литературы.

Еженедельно выпускалась экспресс-информация о новых поступлениях: "Книги", "Препринты", "Статьи". Всего за прошедший год выпущено 156 номеров таких экспресс-бюллетеней, включивших свыше 22 тыс. названий. Напечатано 88 списков на новые журналы, поступившие в библиотеку. Еженедельно обновлялись выставки новых поступлений.

В 1977 году библиографический отдел библиотеки подготовил библиографию трудов Д.И.Блохинцева к семидесятилетию со дня его рождения.

Было организовано 8 тематических выставок литературы к совещаниям и школам, проходившим в Институте.

Обмен изданиями

Всего за 1977 г. в научно-техническую библиотеку ОИЯИ в порядке обмена поступило 8138 публикаций из 41 страны.

Кроме того, в порядке обмена в библиотеку бесплатно поступают научные журналы из 23 стран /130 названий/.

Количество поступлений из советских и зарубежных учреждений показывает следующая таблица:

Наименование страны	Пре-принты	Оттиски	Журналы	Книги
1	2	3	4	5

Страны-участницы ОИЯИ

Болгария	3		8	
Венгрия	92		5	3
ГДР	52		4	2
КНДР			2	
Польша	115	205	7	5
Румыния	63		13	20
СССР	1751	31	31	219
Чехословакия	31		9	2
Всего:	2107	236	79	251

Другие страны и международные организации

Австралия	59		1	
Австрия	22		5	35

1	2	3	4	5
Бельгия	24		6	
Бразилия	67			
Великобритания	270		1	1
Венесуэла	1			
Греция	5			
Дания	41		1	
Евратом	16		2	4
Западный Берлин	35			3
Израиль	6			
Индия	92	5	4	8
Иран	1			
Ирландия	7			
Испания	9			
Италия	330	14	1	2
Канада	85	30		1
Мексика	31	-		
Нидерланды	31			
Новая Зеландия	2			
Норвегия	15			
Пакистан	4			
Португалия	5			
Сингапур	2			
США	1530	122	6	56
Турция	5		1	
Финляндия	49		1	
Франция	558	48	2	3
ФРГ	723	121	9	1
Швейцария	41		1	
ЦЕРН	956		3	8
Швеция	60			
Югославия	5			2
Япония	398		7	6
Всего:	5485	310	51	129
Общее количество:	7592	546	130	380

Патентный отдел

Правовая
охрана
открытий

За период	1977	1976- 1977	1958- 1977
Зарегистри- ровано в СССР открытий	1	4	20

Защита
и использование
изобретений

За период	1977	1976- 1977	1958- 1977
Получено положитель- ных решений	51	126	566
Использовано изобретений	22	55	268

За 1977 год выпущено 4 номера бюллетеня "Заявки и изобретения", в которых помещены аннотации 84 первичных заявок на изобретения.

Рационализаторские
предложения

За период	1977	1976	1958- 1976
Исполь- зовано рацио- нализа- торских предло- жений	574	588	6989

За период	1977	1976	1958- 1976
Экономический эффект от ис- пользования изоб- ретений и рациона- лизаторских предложений /в тыс. руб./	75,0	86,7	1567,1

Перечень
открытий
сотрудников ОИЯИ

№№	Наименование	Ф.И.О.	Место работы авторов	Страна- участница	№ диплома
1.	Явление образования радиоактивного изотопа элемента с атомным номером 106	Ю. Ц. Оганесян Г. Н. Флеров Ю. П. Третьяков А. С. Ильинов А. Г. Демин А. А. Плеве С. П. Третьякова Ю. Э. Пенионжкевич В. М. Плотко М. Н. Иванов Н. А. Данилов Ю. С. Короткин	ОИЯИ, ЛЯР	СССР	194

Итоги конкурса "Изобретения и рационализаторские предложения ОИЯИ-76"

А. Использованные изобретения

Вторая премия:

"Устройство для измерений критических токов в коротких образцах сверхпроводника", авторское свидетельство № 511784.

Авторы: А.Г.Зельдович, Ю.А.Шишов.

"Закорачивающий механизм резонатора циклотрона", авторское свидетельство № 489457.

Авторы: А.Т.Василенко, В.М.Сороко.

Поощрительные премии:

"Устройство для регистрации каскадных γ -переходов", авторское свидетельство № 518070.

Авторы: С.И.Орманджиев, В.И.Фоминных, В.М.Цупко-Ситников, М.И.Фоминных.

"Линия для формирования перепадов напряжения", авторское свидетельство № 539372.

Авторы: Р.В.Харьюзов, В.А.Швец.

Б. Изобретения

Первая премия:

"Устройство для изучения распадов и взаимодействий частиц", авторское свидетельство № 502350.

Автор: С.М.Коренченко.

Вторая премия:

"Система вывода заряженных частиц из циклического ускорителя", авторское свидетельство № 511802.

Авторы: С.Б.Ворожцов, В.В.Кольга.

Поощрительные премии:

"Устройство возбуждения резонатора линейного ускорителя ионов", авторское свидетельство № 536628.

Автор: В.А.Попов.

"Способ определения профиля и распределения плотности пучка ускоренных частиц", авторское свидетельство № 535014.

Авторы: В.Г.Зинов, В.С.Роганов.

В. Рационализаторские предложения

Две первые премии:

"Имплантированные германий-литиевые детекторы малых объемов".

Авторы: В.Г.Сандуковский, Я.Юрковски.

Авторы: А.И.Агеев, В.Ф.Буринов, Ю.В.Муратов, В.И.Пряничников.

Вторая премия:

Приспособление для резки стекла".

Авторы: В.В.Корнилов, В.П.Сысоев.

Поощрительная премия:

"Устройство изготовления управляющих лент для автомата "АДМАП".

Автор: В.Т.Сидоров.

"Улучшение эксплуатационных характеристик криогенной установки ХГУ-250/4,5".

**Административно-
хозяйственная
деятельность**



Административно- хозяйственная деятельность

Кадры

Численность сотрудников Объединенного института ядерных исследований на 31 декабря 1977 года составила 6600 человек. Распределение по категориям показано в таблице:

Категория работников	Численность		
	в лабора- ториях и управле- нии	в произ- водствен- ных под- разделе- ниях	Всего
Научные сотрудники	923	-	923
Инженеры	1371	170	1541
Техники и мастера	302	136	438
Рабочие	1720	1285	3005
Служащие	265	210	475
Младший обслуживающий персонал	3	181	184
Ученики	22	12	34
Итого:	4606	1994	6600

В Объединенном институте ядерных исследований работают 4 академика и 9 членов-корреспондентов академий наук, 110 докторов наук и 432 кандидата наук.

В 1977 году принято 676 человек:

научных сотрудников	- 159
инженеров	- 94
техников и мастеров	- 27
рабочих	- 253
учеников	- 41
служащих	- 51
младшего обслуживающего персонала	- 51

Уволено из ОИЯИ за этот же период в связи с окончанием срока работы и по другим причинам - 572 человека.

В течение года учеными и научно-техническими советами ОИЯИ избраны на должности на новые сроки 115 научных сотрудников. Присвоены ученые звания профессора 3 сотрудникам, младшего научного сотрудника - 36 и старшего научного сотрудника - 5 сотрудникам.

В течение 1977 года защитили кандидатские диссертации 27 сотрудников, докторские - 5.

Финансовая деятельность

Для проведения научно-исследовательских работ, капитального строительства научно-исследовательских и других объектов Комитет Полномочных Представителей правительств государств-членов Объединенного института ядерных исследований на 1977 год ассигновал 41 657 тыс. руб.

Фактические расходы за 1977 год составили 40 418 тыс. руб. или 97,0% по отношению к годовым ассигнованиям.

Распределение по разделам бюджета приводится в таблице:

Наименование разделов	Годовые ассигнования	Фактическое выполнение	В % к плану
/в тыс. руб./			
1. Расходы на научно-исследовательскую деятельность	21871	19974	91,3
2. Капитальные вложения на строительство научно-исследовательских и других объектов	14757	15506	105,0
3. Административно-управленческие и хозяйственные расходы	5029	4938	98,2
Итого:	41657	40418	97,0

План научно-исследовательских работ /сметная стоимость установлена в размере 26900 тыс. руб./ выполнен на 100,0%. Фактические затраты составили 24912 тыс. руб., или 92,7% от сметной стоимости, достигнута экономия 1988 тыс. руб.

Капитальное строительство

Затраты на капитальное строительство научно-исследовательских и других объектов планировались на 1977 год в сумме 14757 тыс. руб. Выполнение годового плана по отдельным разделам капитального строительства отражено в таблице:

Структура капиталь- ного строи-	Годовой план /в тыс. руб./	Факти- ческое выпол- нение	% вы- полне- ния
Всего капи- тальных вложений	14757	15506	105,0
В том числе:			
1. Строитель- но-монтаж- ные работы	5090	4371	85,9
2. Оборудова- ние и инвен- тарь	9120	10607	116,3
3. Прочие ка- питальные работы и за- траты /в т.ч. проектно- изыскатель- ские рабо- ты/	547	528	96,5
Ввод в дей- ствие основ- ных средств /фондов/	15544	16039	103,0

Производственная деятельность

Деятельность производственных и других вспомогательных подразделений, обслуживающих лаборатории Института, характеризуется за 1977 год следующими основными показателями, приведенными в таблице:

Показатели	Годовой план	Факти- ческое выпол- нение	% вы- пол- нения
1. Объем готовой продукции, выпол- ненных работ и оказанных услуг /в тыс. руб./	9436	9594	101,7
2. Результаты финансово- хозяйствен- ной деятель- ности /при- быль/ /в тыс. руб./	221	1168	
3. Затраты на один рубль готовой продукции, вы- полненных работ и оказанных услуг в копейках, в % к объему	97,7 2,3	87,8 12,2	
4. Численность работающих	1947	1825	



Заканчиваются общестроительные работы по корпусу 134 ЛВТА.



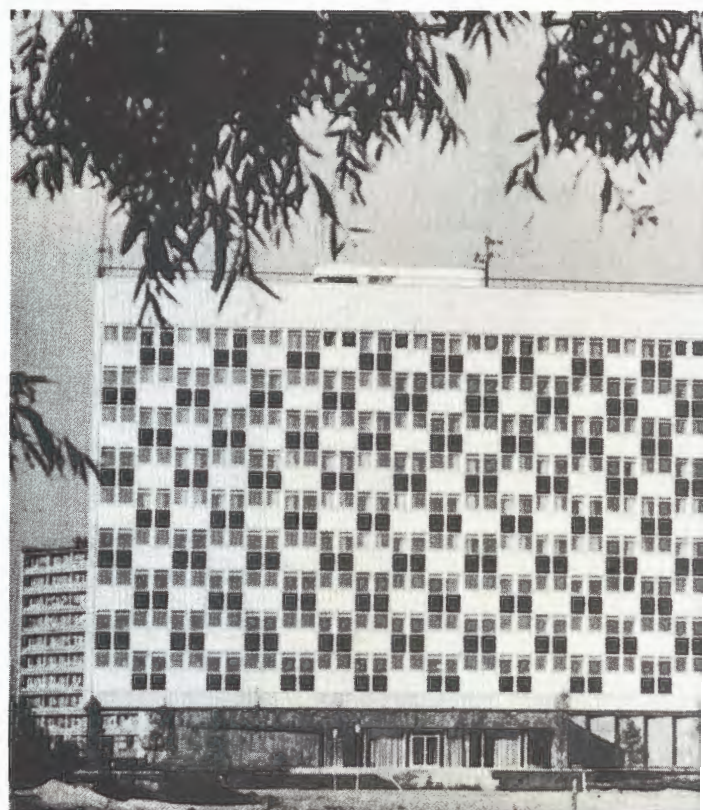
Здание 205 ЛВЭ подготовлено к монтажу каналов выведенных пучков релятивистских ядер.

Ускоритель У-400 монтируется в новом здании ЛЯР, начаты работы по отделке здания.





С каждым годом растет число жителей Дубны, получивших новые квартиры. На снимке: новый квартал города.



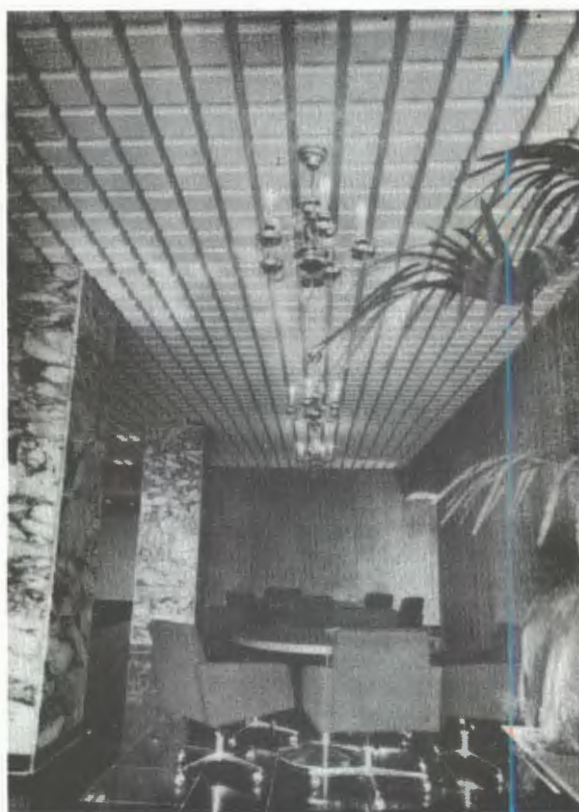
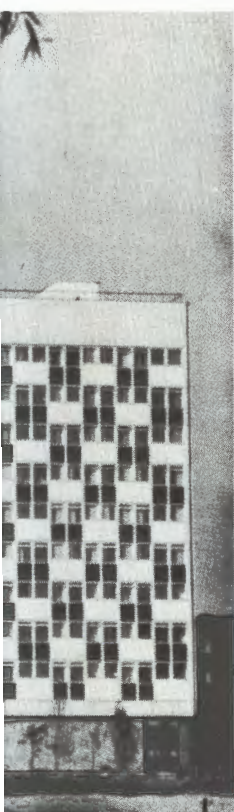
Введена в эксплуатацию новая комфортабельная гостиница-общежитие для сотрудников Института.

Центральный вход.



Кафе.



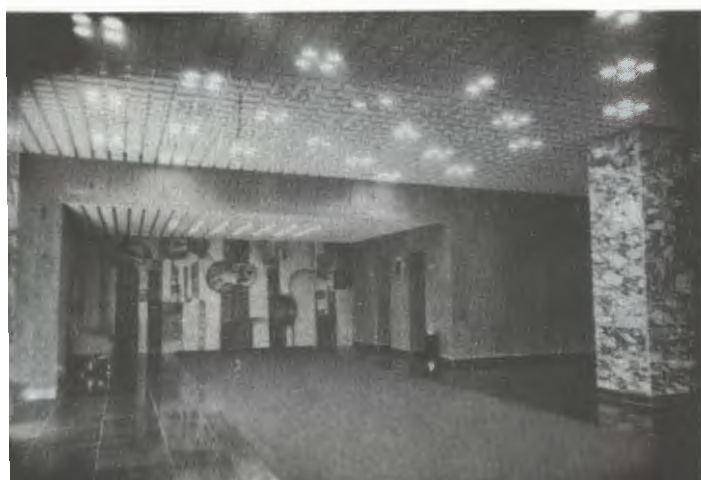


Холл первого этажа.



Интерьер одноместного номера.

Центральный вестибюль.



Интерьер двухместного номера.

