

ДУБНА·1978

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

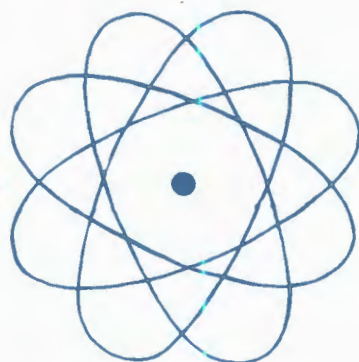
3627/1-79



JOINT INSTITUTE FOR NUCLEAR RESEARCH

1978 · 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 1978 год	18
Научно-исследовательские работы, выполненные лабораториями ОИЯИ в 1978 году	
Лаборатория теоретической физики	24
Лаборатория высоких энергий	32
Лаборатория ядерных проблем	50
Лаборатория ядерных реакций	68
Лаборатория нейтронной физики	90
Лаборатория вычислительной техники и автоматизации	108
Общеинститутские отделы	
Отдел новых методов ускорения	124
Отдел радиационной безопасности и радиационных исследований	134
Руководящие и консультативные органы	
Международные связи	
Деятельность руководящих и консультативных органов	138
Премии ОИЯИ за 1977 год	148
Международные связи и научное сотрудничество	150
Научная информация	
Издательский отдел	182
Патентный отдел	182
Научно-техническая библиотека	184
Административно-хозяйственная деятельность	188

Цели и задачи Объединенного института ядерных исследований

Объединенный институт ядерных исследований имеет своей целью:

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

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

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

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

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

Устав ОИЯИ, глава II

Лаборатории и основные установки ОИЯИ

Лаборатория теоретической физики

Лаборатория высоких энергий
Синхрофазотрон для ускорения протонов до энергии 10 ГэВ

Лаборатория ядерных проблем
Синхроциклотрон для ускорения протонов до энергии 680 МэВ

Лаборатория ядерных реакций
Циклотроны для ускорения многозарядных ионов

Лаборатория нейтронной физики
Импульсный реактор на быстрых нейтронах

Лаборатория вычислительной техники
и автоматизации

Введение

В 1978 году Объединенный институт ядерных исследований успешно выполнил план научно-исследовательских работ. Получены новые важные результаты в области физики элементарных частиц, атомного ядра и конденсированных сред, в создании новой физической аппаратуры, а также в использовании результатов этих исследований в смежных областях науки и техники. Значительным событием в жизни Института явился пуск нового ускорителя тяжелых ионов - изохронного циклотрона У-400.

Большая работа проводилась по подготовке проекта Генерального плана развития ОИЯИ до 1990 г. и основных направлений новой пятилетки /1981-1985 гг./.

Теоретиками Института на основе квазипотенциального подхода в квантовой теории поля изучены неавтомодельные поправки к амплитуде высокоэнергетического рассеяния на большие углы. В квантовой хромодинамике получена партонная картина эксклюзивных процессов, оказавшаяся не фейнмановского типа. Проанализировано степенное поведение сечений образования адронов при больших поперечных импульсах. На основе предположений о глобальной дуальности кварковых петель и резонансных вкладов в спектральные правила сумм вычислены электромагнитные радиусы заряженных и нейтральных каонов и структурные параметры их полуплептонных распадов. Результаты согласуются с экспериментом. На основе киральной квантовой теории поля завершено описание всех основных распадов мезонного октета.

Вычислены лептонные и полуплептонные распады D- и F-мезонов.

Построен вариант квантовой электродинамики, в котором калибровочные преобразования зависят от фундаментальной длины.

Создана программа для ЭВМ по выполнению R-операции в скалярных теориях, то есть по построению перенормировочных коэффициентных функций диаграмм Фейнмана в виде интегралов по параметрам. Вычислены радиационные поправки к процессам глубоконеупругого рассеяния мю-мезона на нуклоне для совместного ОИЯИ-ЦЕРН-эксперимента.

В теории атомного ядра на основе квазичастично-фононной модели изучены гигантские резонансы и показано, что учет их влияния на радиационные ширины нейтронных резонансов в сферических ядрах приводит к хорошему согласию с экспериментом по E1- и M1-переходам. Развита микроскопический подход к исследованию взаимодействия тяжелых ионов. Рассмотрен механизм диссипации энергии относительного движения на внутренние возбуждения одночастичного и коллективного типа.

В области теории конденсированных сред рассмотрено взаимодействие электрона с фононным и внешним электрическим полями, и впервые получены точные соотношения для функций от электронных переменных. На их основе после применения разработанной аппроксимационной процедуры получены кинетические уравнения для электрон-фононной системы.

На синхрофазотроне осуществлялась широкая программа научных исследований в области релятивистской ядерной физики. С помощью установки Диск-2 на пучке протонов с импульсом 8,6 ГэВ/с продолжались исследования кумулятивного образования пионов, протонов, дейтронов и ядер трития при больших порядках кумулятивности. Найдено, что энергетические спектры кумулятивных частиц при углах испускания 180° на различных ядрах имеют экспоненциальный характер и подобны между собой.

В nC -взаимодействиях при 7 ГэВ/с и в π^-C -взаимодействиях при 4,0 ГэВ/с исследовано 17 мультибарионных систем и только в трех с гиперзарядом $Y \leq 1$ обнаружены пики. Измеренные значения масс в этих пиках хорошо согласуются с предсказаниями модели "мешка MIT" для двух- и трехбарионных систем. Мультибарионные резонансы интерпретируются как мультикварковые сверхплотные и сверхтонкие состояния. С помощью метровой пропановой камеры изучено явление двойной перезарядки пионов 5 ГэВ/с на ядрах углерода и ассоциативная множественность в реакциях с образованием π^0 -мезонов.

На синхроциклотроне завершены исследования нового явления - резонансного механизма образования дейтрон-дейтрон- μ -мезомолекулы. С помощью нового метода, обеспечившего высокую точность, измерена энергия связи дейтрона, что позволило уточнить массу покоя нейтрона и разность масс нейтрона и протона. Проведены опыты по измерению поляризации протонов в реакции рассеяния протонов на углероде. Сделан вывод о том, что механизм, связанный с возможным существованием в ядре ^{12}C высокоимпульсной компоненты движения нуклонов, не может объяснить импульсную и угловую зависимость. Завершено исследование реакции $\pi^- p \rightarrow \pi^0 \pi^0 n$ при энергии 270 МэВ, экспериментально подтверждена теория взаимодействия пионов с пионами, основанная на нарушенной киральной симметрии сильных взаимодействий.

В исследованиях по мезонной физике твердого тела экспериментально определены доли сверхпроводящей и несверхпроводящей фаз в сплаве V_3Ga по прецессии спина положительных мюонов.

В опытах по программе ЯСНАПШ выполнен комплекс исследований нейтроно-

дефицитных изотопов ядер. Продолжены систематические исследования на установке "Спин" свойств ядер переходной области методом ядерной ориентации при сверхнизких температурах.

Продолжалась обработка информации, полученной в экспериментах на ускорителе Института физики высоких энергий в Провинце с помощью установок БИС-2, "Людмила", двухметровой пропановой камеры. Определены верхние границы парциальных сечений для образования очарованных частиц с распадом их на 2 или 3 заряженные частицы. Оценки сделаны на уровне 0,1-0,3 мкб. Изучались инклюзивные образования нейтральных частиц, инвариантных сечений и средней множественности π -мезонов и протонов, легкой изобары и антиизобары в столкновениях антипротонов с протонами при импульсе 23 ГэВ/с. Проведены проверка выполнения масштабной инвариантности по множественности (KNO) и зависимости Врублевского для многонуклонных взаимодействий π -мезонов с углеродом, изучение структурных функций для π -мезонов и лидирующих частиц в π^-C -взаимодействиях при 40 ГэВ/с.

В результате обработки данных, полученных на установке МИС, определено сечение полугогерентного упругого рассеяния пионов с импульсом 40 ГэВ/с на ядрах углерода.

На ускорителе ФНАЛ в Батавии /США/ продолжались совместные исследования ученых ОИЯИ и ФНАЛ по прямому рассеянию π^- -мезонов и K^- -мезонов на электронах жидководородной мишени при энергии 250 ГэВ. Определена величина электромагнитного радиуса K^- -мезона, которая хорошо согласуется с теорией.

Завершено исследование упругого pp - и pd -рассеяния. Найдено, что отношение реальной части амплитуды к ее мнимой

части упругого pn -рассеяния, полученное из данных по pd -рассеянию на основе модели Глаубера, близко к величине аналогичного отношения ρ_{pp} для pp -рассеяния в области 40-400 ГэВ. Исследование упругого pHe -рассеяния показало, что параметр наклона b_{pHe} дифференциального сечения $d\sigma/dt$ растет с энергией в два раза быстрее, чем параметр наклона b_{pp} для pp -рассеяния.

На ускорителе тяжелых ионов подробно изучены различные характеристики деления атомных ядер, в том числе массовые распределения осколков деления, образующихся при взаимодействии трансурановых ядер с альфа-частицами с энергией вблизи кулоновского барьера. Выделены вклады симметричного и асимметричного способов деления, сделан вывод о влиянии оболочечных эффектов на процесс деления слабо возбужденных тяжелых ядер. Получены новые данные о спонтанном делении ряда изотопов 105 и 106 элементов, исследовано запаздывающее деление изотопов берклия и эйнштейния. В опытах по синтезу 108 элемента в реакциях $^{226}Ra + ^{48}Ca$ и $^{208}Pb + ^{58}Fe$ получены верхние границы сечений. Проведены эксперименты по изучению глубоко неупругих реакций передач, показана доминирующая роль канала с вылетом альфа-частиц. Продолжалось изучение квази-молекулярных спектров тяжелых квази-атомов.

В работах по поиску сверхтяжелых элементов в природе достигнут уровень концентрирования природного спонтанно делящегося излучателя, приближающийся к необходимому, позволяющий провести детальные исследования его массы и свойств радиоактивного распада с использованием высокочувствительных физических установок. Проведены экспедиционные работы по поиску наиболее благоприятных объектов для выделения

и концентрирования сверхтяжелых элементов.

На импульсном реакторе ИБР-30 с использованием мишени жидкого гелия-3 удалось обнаружить радиационный захват нейтронов в интервале энергий 1-70 кэВ. Наиболее вероятной интерпретацией результатов является механизм р-волнового прямого захвата нейтронов. Осуществлены первые эксперименты по определению изомерного сдвига нейтронного резонанса урана-238 в разных химических соединениях. Это позволило определить изменение среднеквадратичного радиуса ядра при возбуждении до энергии порядка 6 МэВ.

Продолжались эксперименты с ультрахолодными нейтронами /УХН/. Ученые подтвердили на опыте слабое влияние температуры и изотопного замещения водорода на время хранения ультрахолодных нейтронов. Эксперимент выполнен в Гренобле. Полученные результаты свидетельствуют против гипотезы водородного загрязнения как основной причины аномалии во временах хранения УХН.

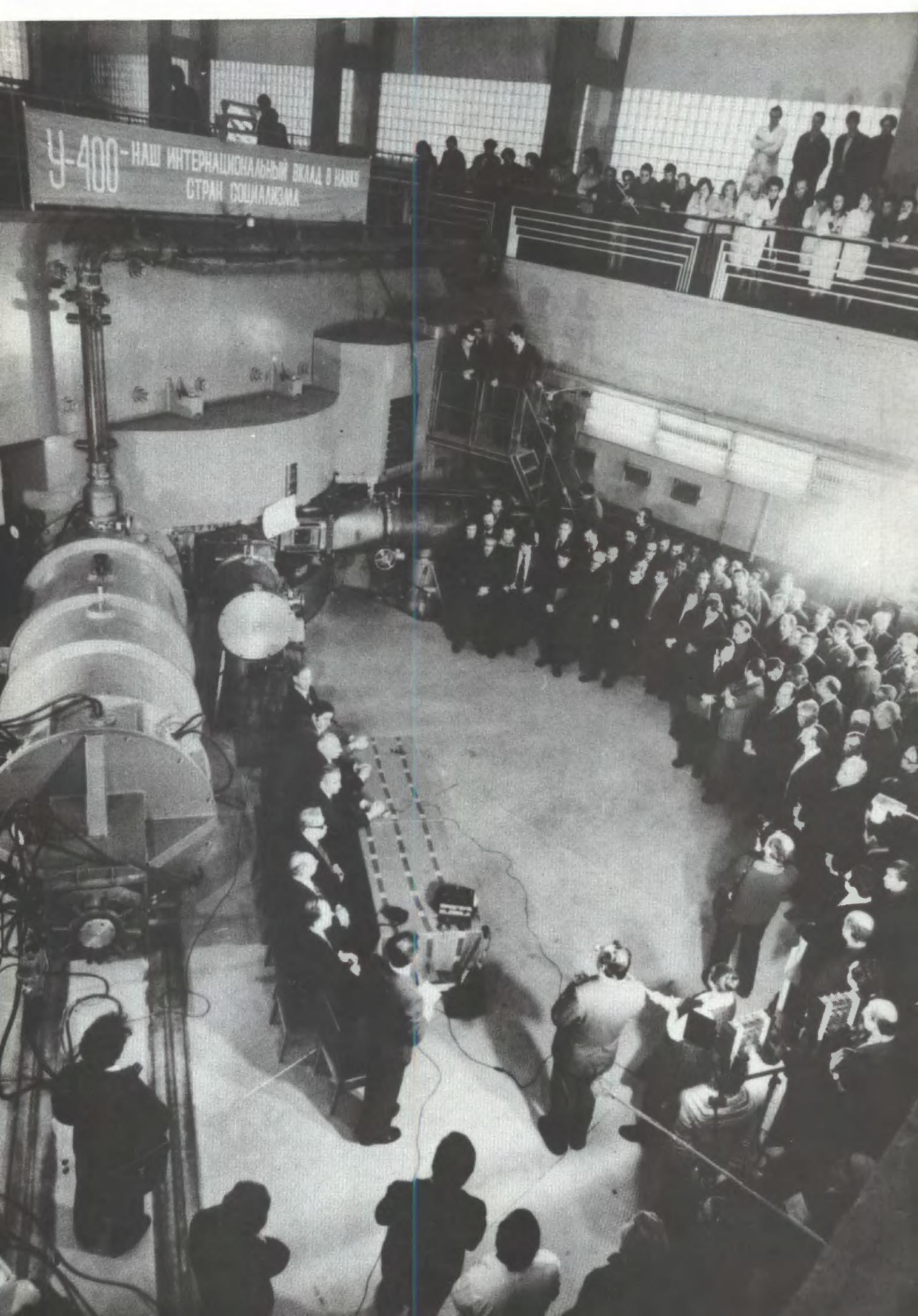
В эксперименте с поляризованными нейтронами и поляризованными ядрами измерена спиновая зависимость полного сечения эрбия-167, определены спины 40 резонансов с энергией до 230 эВ.

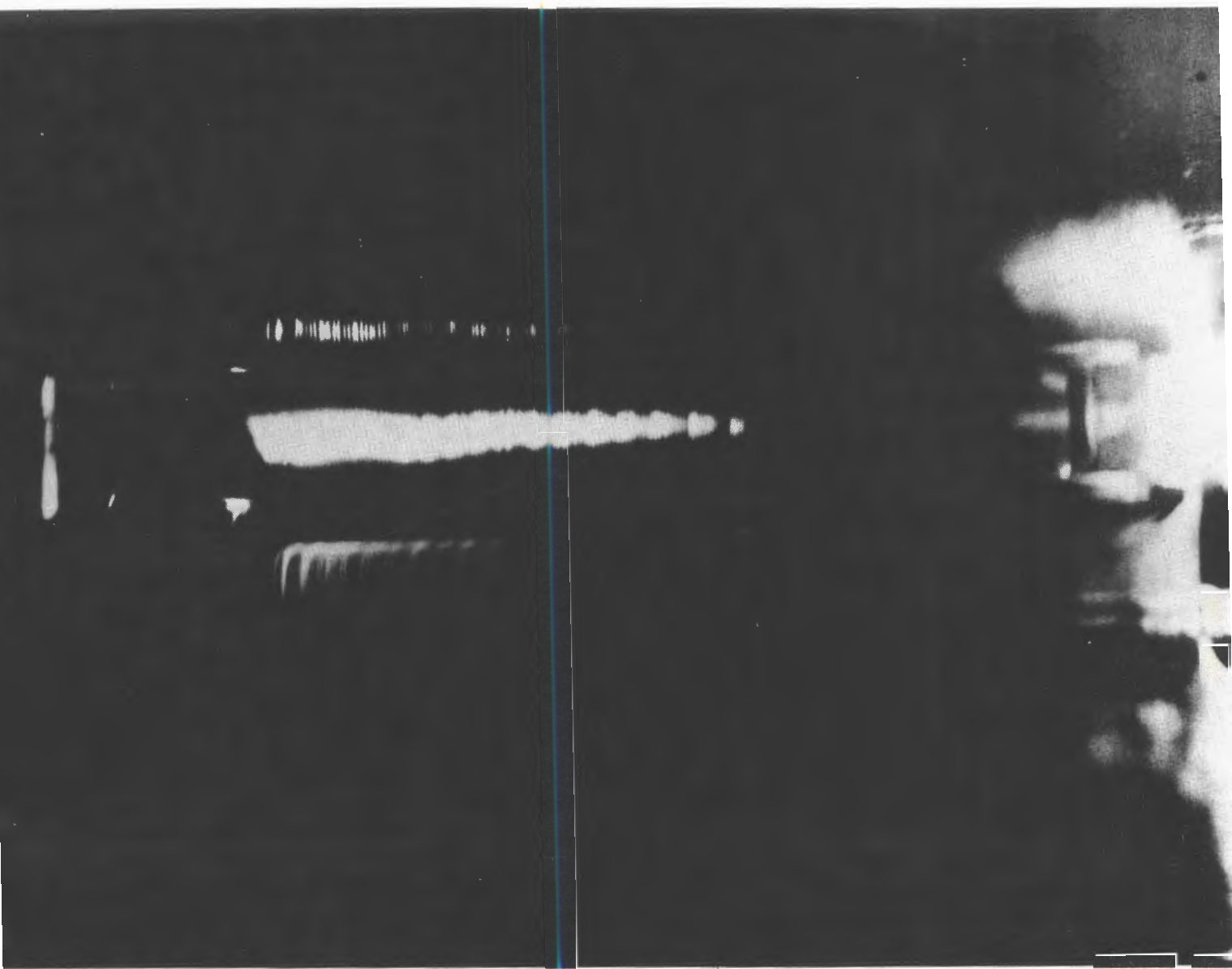
В работах по созданию и совершенствованию базовых установок наиболее крупным достижением был пуск ускорителя тяжелых ионов У-400. На конечном радиусе получен интенсивный пучок ионов аргона с энергией 5 МэВ/нукл. Создание нового ускорителя в очень короткий срок - за три года - стало возможным, в первую очередь, благодаря самоотверженному труду и большой концентрации усилий международного коллектива Лаборатории ядерных реакций, Опытного производства и других подразделений Инсти-

тута. Осуществлен физический пуск реактора ИБР-2 в импульсном режиме. Проведены тщательные экспериментальные исследования всех его параметров и сравнение их с расчетами, что позволило внести полезные коррективы в конструкцию отдельных узлов реактора. Продолжаются работы по созданию натриевой системы охлаждения реактора, необходимой для его энергетического пуска. Значительный прогресс достигнут в создании инжектора ЛИУ-30. Завершены исследования по ускорению на прототипе коллективного ускорителя тяжелых ионов /УКТИ/ электронно-ионных колец с ионами азота, аргона и ксенона. Интенсивность легких ионов составляет $5 \cdot 10^{11}$, а тяжелых $2 \cdot 10^{11}$ ионов в одном кольце при энергии 2 МэВ/нукл. на длине 0,5 м. Разработана и смонтирована индукционная система ускорения электронно-ионных колец на базе элементов ускорителя ЛИУ-3000.

На синхрофазотроне проведены работы по повышению эффективности его использования для физических экспериментов. Получена максимальная интенсивность пучка протонов - до $4 \cdot 10^{12}$ част./имп., дейтронов - до $4 \cdot 10^{11}$ част./имп., ядер углерода - до $2 \cdot 10^6$ ядер/имп., что обеспечило одновременную работу двух установок. Осуществлен второй медленный вывод пучка ядер с энергией 200-400 МэВ/нукл. Выполнен большой объем работ по реконструкции синхроциклотрона.

Продолжались проектные и исследовательские работы по ускорительно-накопительному комплексу и ускорительному комплексу тяжелых ионов в сотрудничестве в ИФВЭ и ИАЭ им. Курчатова. Проведены измерения потерь в созданной в ИФВЭ модели сверхпроводящего магнита МО-09. Измерены потери в коротких образцах сверхпроводящих проводов и кабеля, применяющегося в ИФВЭ для моделей магнитных элементов УНК.





Из мощного ионного источника дугового типа получен, доведен до конечного радиуса и выведен из камеры ускорителя интенсивный пучок ионов аргона.

26 декабря 1978 года осуществлен физический пуск нового ускорителя тяжелых ионов - четырехметрового изохронного циклотрона У-400.

Ввод в строй этого уникального ускорителя открывает новые возможности в синтезе новых элементов, в изучении физических процессов при взаимодействии тяжелых ионов с ядрами, в развитии прикладных исследований.

Ведутся исследования радиационного разогрева сверхпроводников. Разработан комплект из четырех магнитометров для магнитных измерений на стендах. Изготовлены возбудитель и некоторые другие узлы ускоряющей станции для перезахвата пучка в синхротроне У-70. Начата разработка физического обоснования коллективного ускорителя-инжектора для УКТИ.

Важные результаты получены в области создания новой физической аппаратуры. Завершен монтаж установки для совместного эксперимента ОИЯИ-ЦЕРН на ускорителе 400 ГэВ. Проведены комплексная наладка и запуск установки. Получены первые методические результаты. Смонтированные в составе спектрометра 85 больших пропорциональных камер, изготовленных в ОИЯИ, показали высокую идентичность и надежность, подтвержденную полугодовым опытом работы. Изготовлена и введена в эксплуатацию на пучке синхрофазотрона установка "Кристалл" для проведения исследований эффекта каналирования заряженных частиц в монокристаллах. Осуществлен физический запуск на пучке 70-ГэВ ускорителя крупнейшего спектрометра со стримерными камерами - установки РИСК для изучения адрон-адронных взаимодействий. Создана аппаратура для исследования поляризованных явлений в обменном пион-протонном рассеянии, в том числе введена в действие крупнейшая в мире поляризованная "замороженная" протонная мишень для исследования поляризационных явлений при высоких энергиях. На пучке серпуховского ускорителя выполнены испытания первой очереди спектрометрического комплекса "Гиперон", предназначенного для исследований гиперзарядовообменных процессов на пучках π^- и К-мезонов. Изготовлены цилиндрические пропорцио-

нальные камеры детектора заряженных частиц установки АРЕС, в том числе камера нового типа - геликоидальная. Продолжались работы по созданию физических установок для исследований на реакторе ИБР-2 и аппаратуры измерительного центра.

Дальнейшее развитие получили работы, связанные с применением ядерно-физических методов для прикладных целей. Введено в эксплуатацию новое высокопроизводительное оборудование для изготовления ядерных фильтров из широкой полимерной пленки. Проводились работы по определению радиационных воздействий и изменений свойств различных материалов при облучении их тяжелыми ионами, исследовалось изменение механической прочности и термо-ЭДС. Использование тяжелых ионов позволяет моделировать радиационные повреждения, вызываемые высокоинтенсивными потоками нейтронов и гамма-квантов без активации образцов. На микротроне ЛЯР разработаны методики массового анализа различных образцов, содержащих следовые количества редких элементов.

С помощью малоуглового рассеяния нейтронов удалось решить актуальную задачу в области молекулярной биологии - определить геометрическую структуру иммуноглобулина и связанных с ним антигенов. Завершен эксперимент по определению с помощью μ -мезорентгеновского излучения элементного состава организма животных. На пучке ионов гелия 200 МэВ/нукл. на синхрофазотроне проведены исследования по ионной радиографии.

Продолжалось развитие измерительно-вычислительного комплекса Института. Завершены работы по подключению к ЭВМ БЭСМ-6 восьми устройств ЕС-5061 и проведена комплексная отладка созданного математического обес-

печения для работы с этими устройствами. Сдана в опытную эксплуатацию первая очередь сети терминальных устройств на базе малой ЭВМ ЕС-1010 и БЭСМ-6. Разработан дисплейный процессор на основе микро-ЭВМ и внедрены в опытное производство графические дисплеи на запоминающей ЭЛТ.

Продолжались работы по развитию автоматических и полуавтоматических систем обработки камерных снимков. Введена в опытную эксплуатацию новая электронная аппаратура автомата НРД и шести столов САМЕТ в режиме программного автосопровождения. Завершена разработка систем фильтрации в реальном времени на спиральном измерителе. Создан комплекс базовых программ для калибровки и управления автоматом АЭЛТ-2/160 и реализована связь автомата с ЭВМ CDC-6500, проведены методические измерения снимков с установки МИС и пробные измерения снимков с РИСК.

Большой объем работ был связан с развитием методов расчета и созданием систем обработки экспериментальных данных.

Международное сотрудничество является одним из важнейших условий успешного решения научно-технических задач, поставленных перед Институтом правительствами стран - участниц ОИЯИ.

Сотрудничество со 180 институтами, университетами и другими организациями

стран-участниц проводилось по 143 темам проблемно-тематического плана Института, что составляет 96% всей научной программы ОИЯИ.

Одной из важных форм сотрудничества является совместная обработка научной информации, полученной в экспериментах на базовых установках в Дубне и Серпухове. Эффективно проводились совместные работы по созданию новых экспериментальных установок. В Институте ядерной физики ЧСАН в Ржеже совместно с чехословацкими специалистами выполнены работы по выводу пучка при полной энергии из ускорителя У-120М, изготовленного в ОИЯИ. Осуществляется сотрудничество с Политехническим институтом в ЧССР по созданию микротрона на 24 МэВ. Ведется подготовка к совместным экспериментам на новых базовых установках ОИЯИ ИБР-2 и У-400.

Поддерживалось и развивалось сотрудничество по 20 темам с Европейским центром ядерных исследований, Национальной ускорительной лабораторией им. Ферми в Батавии, научными центрами Франции, Италии, ФРГ, Великобритании и др.

Институт был организатором 8 больших научных конференций и школ, 18 рабочих совещаний. Ученые ОИЯИ приняли участие в 107 научных конференциях, симпозиумах, школах, состоявшихся в различных странах.

Н. Н. Боголюбов

Н.Н. Боголюбов
Директор Объединенного института
ядерных исследований

**ОРГАНЫ УПРАВЛЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

КОМИТЕТ ПОЛНОМОЧНЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ

Академик Х.Христов (Народная Республика Болгария)
 Академик Д.Островски (Венгерская Народная Республика)
 Профессор Нгуен Ван Хью (Социалистическая Республика Вьетнам)
 Доктор Ф.Гильберт (Германская Демократическая Республика)
 Профессор Пак Гван О (Корейская Народно-Демократическая Республика)
 Доктор Р.Карленас (Республика Куба)

Доцент Б.Далхурэн (Монгольская Народная Республика)
 Профессор Я.Фелички (Польская Народная Республика)
 Доктор-инженер Э.Ропеан (Социалистическая Республика Румыния)
 Профессор А.М.Петросьян (Союз Советских Социалистических Республик)
 Профессор Ю.Дубински (Чехословацкая Социалистическая Республика)

финансовый комитет
 По одному представителю от
 каждой страны-участницы
 ОИЯИ

УЧЕННЫЙ СОВЕТ ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

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

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

Народная Республика Болгария	Венгерская Народная Республика	Социалистическая Республика Вьетнам	Германская Демократическая Республика	Корейская Народно-Демократическая Республика	Республика Куба	Монгольская Народная Республика	Польская Народная Республика	Социалистическая Республика Румыния	Союз Советских Социалистических Республик	Чехословацкая Социалистическая Республика
академик Х.Христов доктор Ж.Желев доцент Ц.Боянчев	чл.-корр. ВАН Д.Берени профессор Н.Кроо кандидат физ.-мат. наук К.Сеге	профессор Нгуен Ван Хью доктор Дао Вонг Дык фам Зуй Хлен	академик К.Лянуис профессор Б.Кюн профессор Г.Музиоль	профессор Пак Гван О Ке Ен Сун Ким Сын Нам	М.Леонгард А.Т.Эрианлес	академик Н.Солдом член-корр. АН МНР Б.Чадраа профессор Д.Чултэм	чл.-корр. ПАН А.Хрынкевич чл.-корр. ПАН Е.Яник чл.-корр. ПАН Р.Сосновски	доктор М.Ивашку доктор И.Брандуш академик Ш.Щацейка	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 И.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 М.Совински
 Ученый секретарь - доктор физико-математических наук Ю.П.Попов

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

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

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

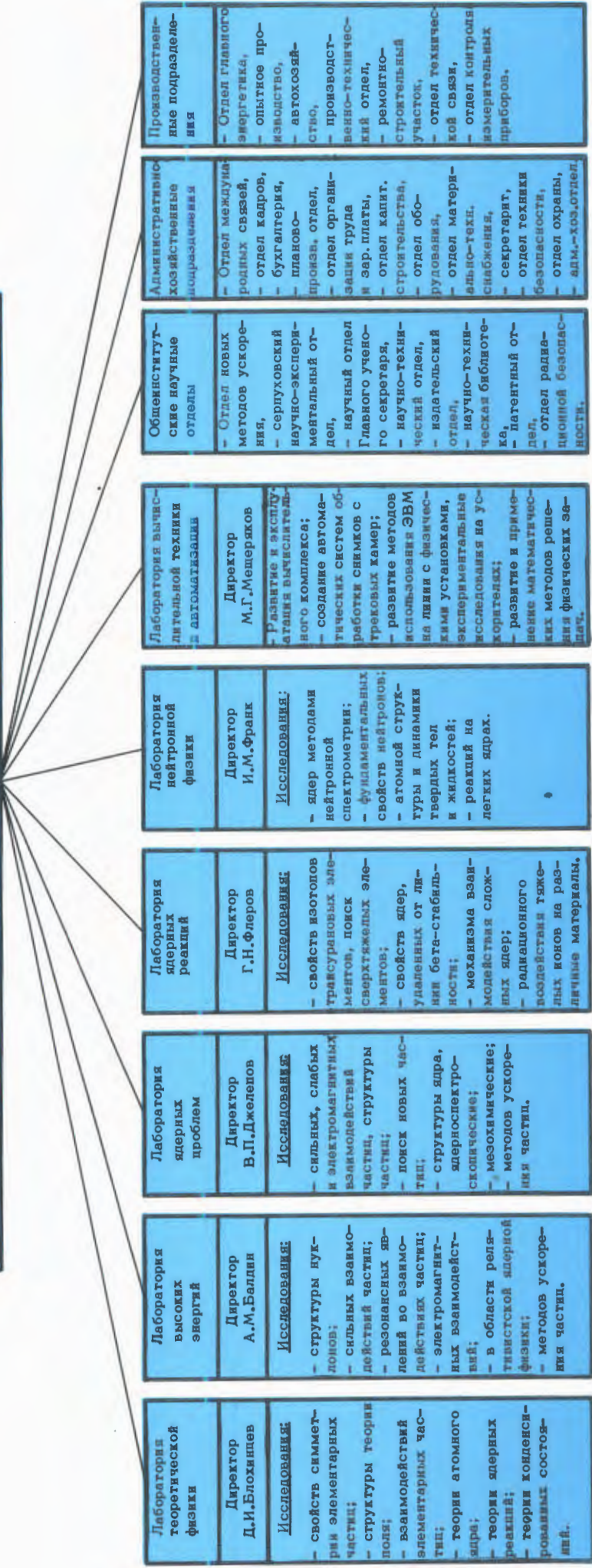
Комитет по нейтронной физике
 Председатель - доктор физ.-мат. наук К.Хенниг

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

Комитет по физике тяжелых ионов
 Председатель - доктор Н.Вылков

**СТРУКТУРА
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

ДИРЕКЦИЯ			
Директор	Н.Н.Боголюбов	Главный инженер	Ю.Н.Денисов
Вице-директор	Д.К.Каш	Помощник директора	Н.П.Терехин
Вице-директор	М.Совински	Помощник директора	А.И.Романов
Административный директор	В.Л.Карповский	Главный ученый секретарь	С.П.Кулешов



Проблемно-
тематический план
Объединенного
института
ядерных исследований
на 1978 год



Проблемно- тематический план Объединенного института ядерных исследований на 1978 год

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

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

Лаборатория
теоретической физики

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

- исследование процессов взаимодействия частиц при высоких энергиях и больших передаваемых импульсах на основе кварковой структуры адронов и квазипотенциального подхода;
- изучение структуры элементарных частиц, в том числе новых, на основе составных кварковых моделей;
- развитие методов аналитических вычислений на ЭВМ;
- развитие теории слабых взаимодействий.

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

- изучение структуры нейтронных и гигантских мультипольных резонансов;
- изучение высокоспиновых состояний;
- исследования по релятивистской ядерной физике и взаимодействиям тяжелых ионов с ядрами.

3. В области теории конденсированных сред:

- изучение взаимодействия нейтронов с твердыми телами.

Лаборатория
высоких энергий

Лаборатория
ядерных проблем

1. Физические исследования на ускорителях:

- исследования закономерностей множественного образования частиц на основе данных, полученных с помощью двухметровой пропановой пузырьковой камеры, двухметровой жидководородной камеры "Людмила", метровой жидководородной камеры; поиск новых частиц с помощью установки БИС-2;

- исследования поведения амплитуд бинарных реакций на основе данных по π^-p^- , pp^- , pd^- и pHe^- -рассеянию в широкой области энергий от 4 до 500 ГэВ, полученных с помощью установки "Фотон" на синхрофазотроне и в экспериментах на ускорителе ФНАЛ /Батавия/;

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

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

2. Методические и технические работы:

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

- улучшение качества пучков синхрофазотрона и источников многозарядных ионов, развитие каналов частиц в корпусе №205 на основе медленного вывода;

- проведение проектных и исследовательских работ по тяжелоионному синхротрону;

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

- разработка и внедрение в эксперимент современной электроники и детекторов.

1. Физические исследования на ускорителях:

- исследование фундаментальных свойств симметрии и структуры элементарных частиц, в том числе в экспериментах по глубоконеупругому рассеянию мюонов на протонах и дейтронах на ускорителе 400 ГэВ/ЦЕРН/;

- изучение процессов рассеяния адронов на нуклонах и ядрах;

- исследование на пучках синхроциклотрона мезоатомных систем;

- изучение структуры возбужденных состояний ядер, удаленных от полосы бета-стабильности;

- обработка экспериментального материала с установки МИС и получение первых результатов по дифракционной диссоциации пионов на ядрах;

- запуск установки РИСК и проведение первых экспериментов;

- поиск новых нестабильных частиц при взаимодействии нейтрино высоких энергий с фотоэмульсией;

- исследование поляризационных явлений в обменном пион-протонном рассеянии при энергии 40 ГэВ.

2. Методические исследования:

- продолжение работ по созданию новых установок и аппаратуры для ядерно-физических и медико-биологических исследований на установке "Ф";

- создание центральной части установки АРЕС - детектора заряженных частиц;

- развитие математического обеспечения лабораторного центра накопления и обработки информации и создание электронной аппаратуры, управляемой ЭВМ;

- выполнение работ по изготовлению детекторов и созданию математического обеспечения для установки "Гиперон";

- выполнение работ по созданию установок "Поляриметр" и "Позитроний".

3. Разработки в области ускорительной техники:

- продолжение работ по созданию установки "Ф";

- выполнение подготовительных работ и испытание отдельных узлов установки "Ф", включая вариатор частоты;
- моделирование вывода частиц из суперциклотрона.

Лаборатория ядерных реакций

1. Работы по физическому пуску ускорителя тяжелых ионов У-400 и подготовке первоочередных экспериментов на выведенном пучке ионов У-400.

2. Работы по синтезу и изучению физических и химических свойств сверхтяжелых элементов $Z = 110-116$ на пучках ионов кальция-48.

3. Синтез и изучение свойств тяжелых изотопов трансураниевых элементов с $Z > 104$.

4. Поиск сверхтяжелых элементов в природе.

5. Работы по синтезу и изучению свойств ядер, удаленных от линии бета-стабильности.

6. Работы по изучению механизма взаимодействия сложных ядер.

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

8. Работы по практическому использованию тяжелых ионов для решения важных научно-технических задач с учетом интересов стран-участниц ОИЯИ.

9. Работы, связанные с созданием ускорителя У-200П Варшавского университета.

Лаборатория нейтронной физики

1. Осуществление физического пуска реактора ИБР-2 в импульсном режиме; завершение работ по натриевому контуру охлаждения реактора; начало энергетического пуска реактора ИБР-2; проведение экспериментально-конструкторских разработок по комплексу ИБР-2 с инжектором ЛИУ-30; курирование строительно-монтажных работ.

2. Проектирование, макетирование, экспериментальная проверка, изготовление и наладка отдельных систем ускорителя ЛИУ-30.

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

4. Завершение разработки и создание двухмашинной системы сбора и обработки информации в измерительном центре ЛНФ с целью обеспечения первоочередных экспериментов на ИБР-2.

5. Изучение свойств ультрахолодных нейтронов и фундаментальных свойств нейтрона.

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

7. Изучение конденсированных сред, в том числе сложных соединений и биологических объектов, с помощью нейтронов.

8. Разработка методик и проведение прикладных исследований на нейтронах и заряженных частицах.

Лаборатория
вычислительной техники
и автоматизации

1. Развитие и эффективное использование центрального вычислительного комплекса:

- завершение технических работ по увеличению памяти на магнитных дисках ЕС-5061 для ЭВМ БЭСМ-6;
- пробная эксплуатация первой очереди сети терминальных устройств и соответствующего математического обеспечения на базе малой ЭВМ и БЭСМ-6;
- разработка системы связи ЭВМ БЭСМ-6 и ИЦ ЛНФ;
- обеспечение ресурса времени на основных ЭВМ не менее:

БЭСМ-6	- 5900 часов,
CDC-6500	- 6400 часов.

2. Развитие и эффективное использование автоматических и полуавтоматических систем измерения камерных снимков на НРД, АЭЛТ, СИ, ПУОС-САМЕТ-БЭСМ-4;

- продолжение разработки режима фильтрации данных на спиральных измерителях в реальном времени;
- проведение разработок лазерного сканатора;
- проведение на АЭЛТ-2/160 методических измерений снимков с установки МИС и пробных измерений снимков с РИСК.

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

- развитие математического обеспечения для установок БИС-2, "Фотон", "Альфа", а также совместного эксперимента ОИЯИ-ЦЕРН;
- продолжение работ по созданию и развитию системы программ модульной структуры для трековых камер;
- развитие математического обеспечения системы обработки спектрометрической информации;
- развитие новых методов численного решения нелинейных и квазистационарных физических задач и использование их в разработках УНК и УКТИ;
- разработка новых алгоритмов и развитие библиотеки программ для решения задач, связанных с исследованиями, проводимыми в ЛТФ.

4. Изучение ядерных процессов при релятивистских энергиях с помощью магнитного спектрометра с искровыми камерами и установки СКМ-200.

Отдел
новых методов
ускорения

1. Исследование прототипа коллективного ускорителя тяжелых ионов.

2. Работы, связанные с созданием УНК, по согласованному с ИФВЭ программ.

3. Работы по мюонному эксперименту.

Научно-
исследовательские
работы,
выполненные
лабораториями ОИЯИ
в 1978 году



Лаборатория теоретической физики

В истекшем году исследования в лаборатории теоретической физики в соответствии с проблемно-тематическим планом проводились по трем основным направлениям: физике элементарных частиц, физике ядра и физике конденсированных сред.

Структура теории поля

В нелокальной квантовой теории поля представлено доказательство нетривиальной S -матрицы, получен предел при $g \rightarrow \infty$ для плотности энергии вакуума $E(g)$.

В модели $g\phi^4$ локальной теории проведены исследования по аналитическому продолжению результатов теории возмущений в область $g < 1$. Показано, что асимптотика функции Гелл-Манна-Лоу при $g \rightarrow \infty$ приводит к наличию внутренней противоречивости этой теории.

Завершена программа по применению эйконального метода к рассеянию адронов при высоких энергиях.

Завершено создание программы для ЭВМ (SCHOONSCHIP), выполняющей R -операцию Боголюбова для скалярных теорий, которая строит перенормированные коэффициентные функции в виде интегралов по параметрам.

Дана последовательная формулировка теории возмущений в квантовой теории поля с пространством импульсов постоянной кривизны. В рассматриваемом подходе не возникает произведений сингулярных функций с неинтегрируемыми особенностями.

На основе анализа квантовой теории поля с фундаментальной длиной выдвинута новая концепция калибровочных векторных полей. Электромагнитное поле рассмотрено детально, и предсказаны новые эффекты в электромагнитных явлениях; вычислены электрические дипольные моменты, аномальный магнитный мо-

мент заряженных частиц, а также сечения $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-$, $\mu \rightarrow 3e$, $\mu \rightarrow e\gamma$ и др. как функции фундаментальной длины.

Проведено исследование структур различных топологических алгебр с точки зрения их применения в статической физике. Для модели БКШ-Боголюбова показано, что с помощью этих топологий можно получить пополнение алгебры локальных наблюдаемых, на котором динамика описывается однопараметрической группой преобразований.

Изучена модель нерелятивистской частицы в потенциальном поле, учитывающая квантовые флуктуации координаты частицы, обусловленные ее взаимодействием с облаком виртуальных квантов. Учет флуктуации приводит к появлению дифракционного фактора в амплитуде рассеяния, что соответствует учету радиационных поправок.

Изучена модель релятивистской струны - нелинейной системы. Показана существенность солитонных решений.

В геометрическом подходе непосредственно проявляется тесная связь релятивистской струны с теорией гравитации Эйнштейна в двумерном пространстве-времени и с нелинейной теорией поля Борна-Инфельда.

Получено описание вполне интегрируемых канонических систем, связанных с одномерным оператором Дирака.

Рассмотрены два точечных тела, взаимодействие между которыми передается по двумерной мировой поверхности, ограниченной мировыми траекториями тел. Закон движения такого объекта представляется в виде краевой задачи для минимальной поверхности общего вида. В случае, когда выражения для длины и площади согласованы с группой Лоренца, получается релятивистский аналог задачи Ньютона для двух частиц с потенциалом, пропорциональным рассеянию между ними.

В трехмерной калибровочной теории построено решение уравнения Шредингера, обладающее свойствами классического инстантона. Это решение отражает периодическую структуру всего конфигурационного пространства полей Янга-Миллса.

Свойства симметрии элементарных частиц и их структура

Установлена структура группы супергравитации как прямого произведения общековариантных групп в двух комплексно сопряженных - правом и левом - суперпространствах. При этом возникла простая и неожиданная картина: непосредственная геометрическая связь гравитационного суперполя с мнимой частью комплексной координаты.

Проводились исследования по квантованию парастатистик.

На основе нелинейного кирального лагранжиана предложена единая калибровочная модель слабых и электромагнитных взаимодействий мезонов и барионов группы $SU(4)$. Модель применима в области низких энергий. Вычисление полулептонных распадов очарованных D- и F-мезонов дает результаты, которые близки к расчетам кварковой модели. Закончен расчет распадов октета векторных мезонов.

Дальнейшее развитие получили исследования по спектроскопии мезонов и кварков. Существенным результатом здесь является теоретическое описание смешивания в псевдоскалярном нонете, хорошо согласующееся с экспериментом.

Взаимодействие элементарных частиц

В рамках квазипотенциального подхода Логунова-Тавхелидзе развит метод вычисления поправок первого и второго порядков по $1/\sqrt{s}$ к амплитуде высокоэнергетического рассеяния на большие углы для аналитических квазипотенциалов. Поправки приводят к заметному отклонению от правил кваркового счета вплоть до энергий $E_{\perp} = 40 \text{ ГэВ}$ в случае $\pi^{\pm} p$ -рассеяния. Результаты хорошо согласуются с экспериментом.

Правила кваркового счета, оправдывающие себя при анализе процессов упругого рассеяния на большие углы и формфакторов адронов, приводят в случае инклюзивных реакций с большими P_{\perp} к за-

кону степенного падения $E \frac{d\sigma}{dp} \sim \frac{1}{P_{\perp}^4}$,

что соответствует картине жесткого рассеяния составляющих адронов. Проведен анализ степенного закона убывания одночастичных инклюзивных спектров при больших поперечных импульсах с использованием совокупности экспериментальных данных.

Показано, что более сложная, экспериментальная зависимость эффективного показателя степенного поведения от энергии и угла вылета частицы в с.ц.и. в рамках кварк-партонной картины может быть количественно объяснена исходя из экспериментальных данных по глубоконеупругому лептон-адронному рассеянию с учетом нарушения скейлинга.

Совместно с ЛВЭ и ЛЯП проведено описание зарядовых распределений и зарядово-нейтральных корреляций на основе многокомпонентной модели, основанной на предположении о статистически независимом рождении нейтральных кластеров в центральной области. При больших энергиях модель предска-

зывает рост корреляций в связи с рождением более тяжелых кластеров. Дано объяснение появившимся недавно данным по "вперед-назад"-корреляциям.

На основе предложенной ранее модели жестких соударений исследована поляризация кумулятивных частиц. Показано, что она имеет то же поведение, что в адронных процессах при больших P_{\perp} . Это является аргументом в пользу флуктонной гипотезы.

Выполнена работа по кумулятивному образованию векторных мезонов в ядерных соударениях. Предсказано значительное усиление относительного выхода векторных ω -мезонов в области фрагментации ядер. Данное исследование является теоретическим обоснованием возможного эксперимента.

На основе предположений о глобальной дуальности кварковых петлевых диаграмм и резонансных вкладов в спектральные правила сумм вычислены электромагнитные радиусы заряженных и нейтральных каонов и структурные параметры полулептонных распадов K -мезонов. Результаты согласуются с новыми экспериментальными данными.

Представлено полное доказательство того, что квантовая хромодинамика приводит к модифицированной партонной модели не только для глубоконеупругого рассеяния, но и для рождения тяжелых лептонных пар и рождения струй с большими P_{\perp} . Впервые получена партонная картина эксклюзивных процессов, которая оказалась нефейнмановского типа. Рассчитанный формфактор пиона говорит о том, что либо он должен ускорить свое падение по сравнению с тем, что наблюдается сейчас, либо асимптотическая свобода в КХД сомнительна.

В нелокальной модели кварков при простейшем выборе лагранжиана взаимодействия, инвариантного относительно $SU(3) - SU^c(3) \times U(1)$ группы, рассмотрены

поправки к массам; основные сильные, слабые и электромагнитные распады псевдоскалярных и векторных мезонов. Исследована поляризуемость пиона и поправки к массам барионов. Результаты расчетов находятся в удовлетворительном согласии с экспериментальными данными.

Выдвинута идея о том, что все "близкодействие" в ядре, в том числе слабое (W, Z), должно эффективно происходить за счет флюктуонов. Вычислена величина циркулярной поляризации квантов в $np \rightarrow dy$.

Исследовалась кинематика системы трех частиц. Получен явный вид базисных функций с определенными свойствами перестановочной симметрии, что интересно в связи с кварковыми моделями.

Получено обоснование способа проверки теории Вайнберга-Салама по соотношению между пространственно-нечетными эффектами в процессах упругого $e^{\pm}N$ -рассеяния.

Продолжена работа по программному обеспечению мюонного эксперимента /ОИЯИ-ЦЕРН, NA-4/. Созданы программы для вычисления структурных функций нуклонов и радиационных поправок к процессам глубоконеупругого рассеяния нейтрино на нуклоне.

Предложена кварк-партонная модель с нарушенным скейлингом. Проведено сравнение предсказаний модели с экспериментом по глубоконеупругому ep -рассеянию.

Продолжалось изучение мезоатомных процессов в веществе. Показано, что в смеси трития с дейтерием на один мю-мезон идет 100 реакций $d, t + \mu^{-} \rightarrow dt\mu \rightarrow {}^4\text{He} + n + \mu^{-} + 17,7 \text{ МэВ}$.

Структура атомного ядра

Продолжено развитие квазичастично-фонной модели ядра, сформулированной для описания структуры сферических и

деформированных ядер в широкой области энергий возбуждения. Разработана теория коллективных вибрационных состояний с учетом принципа Паули. Новые результаты получены в описании магнитных гигантских резонансов в сферических и деформированных ядрах. Рассчитана фрагментация M1- и M2-гигантских резонансов в сферических ядрах. Показано, что для M1-резонансов картина существенно не меняется по сравнению с однофононным приближением. Для M2-резонансов в области энергий возбуждения $\sim 20 \text{ МэВ}$ двухфононные конфигурации являются существенными и приводят к размытию этих резонансов. Учет двухфононных конфигураций в структуре гигантских резонансов позволил правильно описать E1-резонансные силовые функции для парциальных переходов с нейтронных резонансов в сферических ядрах и отношение вероятностей E1- и M1-переходов.

Удалось объяснить экспериментальные особенности поведения силовых функций. Исследована фрагментация глубоких дырочных нейтронных состояний в изотопах олова.

Показано, что влияние изовекторных сил и двухфононных конфигураций на свойства низколежащих вибрационных состояний в деформированных ядрах, как правило, мало и сводится, главным образом, к увеличению вероятностей переходов в 1,5-2 раза. Исключения составляют ядра, вибрационные состояния которых имеют очень низкие энергии возбуждения. В этих случаях однофононное приближение для описания низколежащих состояний является слишком грубым. В четно-четных ядрах gross-структура гигантских резонансов слабо меняется при учете эффектов ангармоничности. Показана важность учета фрагментации квазичастичных состояний для описания реакций (n, α) на деформированных ядрах. Проведены рас-

четы неупругого рассеяния нейтронов на изотопах самария.

Интенсивно развивались исследования влияния углового момента на структуру ядра. Изучены основные изменения ядерной структуры, ожидающиеся при увеличении углового момента и статистической энергии возбуждения атомных ядер. Развита методика расчета параметров, характеризующих форму и спектр возбуждений быстровращающихся нагретых ядер.

Продолжались исследования структуры ядер в рамках метода, использующего принципы инвариантности для построения эффективных остаточных взаимодействий. Проведено изучение смешивания ядерных состояний по изоспиному, вызываемого кулоновским взаимодействием протонов, а также влияния статистического возбуждения ядер на свойства состояний дипольного гигантского резонанса.

В рамках микроскопического подхода к проблеме диссипации энергии при глубоконеупругом взаимодействии ядер построена модель, в которой диссипация энергии связана с возбуждением объемных колебаний в ядрах /гигантских мультипольных резонансов/.

Продолжены исследования процесса деления атомных ядер. Изучены статистические свойства ядер вблизи разрыва ядра. Выполнены предварительные расчеты влияния энергии возбуждения на высоту барьера деления сверхтяжелых элементов.

Продолжено развитие метода оценки снизу энергии основного состояния многофермионной системы.

С помощью методов теории поля объяснен аномальный вибрационный спектр изотопов кадмия.

Теория ядерных реакций

Проводилось дальнейшее исследование разложения волновых функций, ам-

плитуд рассеяния и функций Грина по резонансным состояниям. Рассмотрена возможность обобщения классических ядерно-физических методов /модель оболочек, метод случайных фаз/ на основе учета непрерывного спектра путем дискретного разложения по резонансным состояниям.

С помощью комбинации вариационного принципа Швингера с сепарабилизацией определенной части гамильтониана успешно описаны атомные ($e + H^+$) и мезоатомные ($p + (d\mu)$) процессы рассеяния.

Предложено новое одноуровневое приближение в адиабатическом подходе к задаче трех тел, правильно учитывающее сохранение полного углового момента системы. Для ядра ${}^9\text{Be}$ полученные этим методом результаты согласуются с экспериментом лучше, чем в случае вариационных расчетов.

В области физики тяжелых ионов изучались различные аспекты диссипации энергии, т.е. передачи кинетической энергии сталкивающихся ядер на возбуждение внутренних степеней свободы. Предложена точно решаемая трехтельная модель.

На основе теории линейного отклика построена динамическая модель реакций глубоконеупругих столкновений тяжелых ионов и объяснен целый ряд экспериментальных фактов. Оценен выход сверхтяжелых элементов в реакции ${}^{238}\text{U} + {}^{238}\text{U}$, который оказался значительным в первичных продуктах, но во вторичных отсутствует из-за конкуренции канала деления.

На основе каскадной модели изучено образование быстрых протонов в кинематической области, запрещенной для свободного рассеяния частиц /реакция $p + A \rightarrow p + \dots$, $E_p \sim 1 \text{ ГэВ}$ /. Совместно с Лабораторией ядерных проблем проанализированы импульсные спектры и двухчастичные корреляции. Определен

вклад в реакцию рассеяния падающей частицы на двухнуклонном кластере ядра, который составил в ^{12}C около 20% при вылете протонов с энергией $80 \div 150 \text{ МэВ}$ под углом $\sim 150^\circ$.

Проведен цикл исследований в области реакций при промежуточных энергиях пионов, мюонов и электронов. Выявлена глубокая аналогия радиационного захвата π -мезонов, захвата μ -мезонов и неупругого рассеяния электронов назад в легких ядрах, обусловленная возбуждением в этих процессах гигантского резонанса. Совместно с Лабораторией ядерных проблем проанализированы эксперименты по упругому и квазиупругому рассеянию π -мезонов. Предложен способ обнаружения по рассеянию поляризованных электронов аксиальной изоскалярной компоненты в нейтральном адронном токе.

Рассчитаны фазы низкоэнергетического /до порога развала/ $(\pi + d)$ - и $(\pi + {}^3\text{He})$ - рассеяния. Результаты указывают на значительную роль возбужденных состояний ядра-мишени в низкоэнергетических процессах.

Продолжались исследования в области релятивистской ядерной физики. Изучение кварковой структуры атомных ядер показало, что цветные кварк-глюонные взаимодействия обуславливают многочастичный характер ядерных сил. Это может привести как к появлению новых ядерных состояний многобарионной структуры, так и к возможности объяснения ряда наблюдаемых явлений с участием легких ядер, в частности их формфакторов.

Совместно с Лабораторией высоких энергий выполнена работа по кумулятивному образованию векторных мезонов в ядерных соударениях. Предсказано увеличение выхода векторных ω -мезонов в области фрагментации ядер исходя из универсальности векторных взаимодействий и возможной роли многобарионных

кластеров и кварковых "мешков" в реакциях кумулятивного образования частиц.

На основе предложенной ранее модели жестких соударений исследована поляризация кумулятивных частиц. Предсказана независимость поляризации кумулятивных частиц от энергии в модели жестких соударений и большой асимметрии при рождении частиц с большими поперечными импульсами на поляризованной мишени.

Теория конденсированного состояния

Разработан метод получения кинетических уравнений для систем с электрон-фононным взаимодействием, и получены уравнения для величин, относящихся к электронной подсистеме. На базе метода аппроксимирующих гамильтонианов предложено исследование моделей с неполиномиальным взаимодействием, построенным на интенсивных операторах. На основе известного метода Боголюбова, позволяющего исследовать взаимодействие малой подсистемы с термостатом, начато изучение особенностей распространения быстрых частиц в кристалле /туннелирование/. Интересные общие результаты получены для широкого класса одномерных моделей статистической механики. Показано, что в континуальном приближении шредингеровские амплитуды вероятности удовлетворяют нелинейным дифференциальным уравнениям, имеющим солитонные и солитоноподобные решения. Получены оценки остаточной энтропии в модели распределения на квадратной решетке прямолинейных отрезков произвольной длины в предельном случае плотной упаковки, представляющие интерес для физики полимеров.

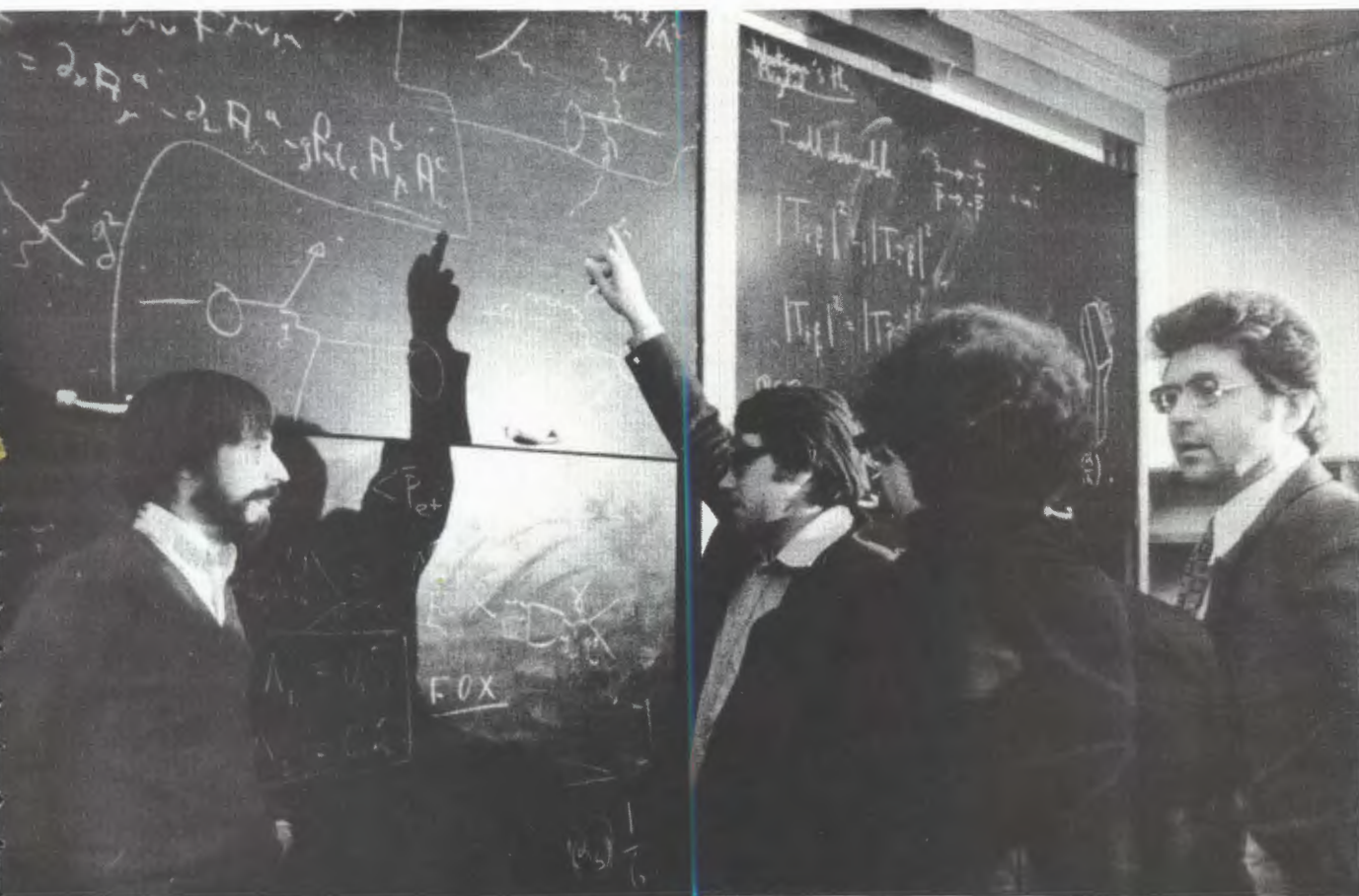
Ряд результатов получен в тех областях теории конденсированного состояния, которые моделируются различными вариантами решеточных теорий /бинарные сплавы, поверхностные явления, классические жидкости/.

Велись исследования по тематике фазовых превращений. Рассмотрены особенности структурных фазовых превращений, обусловленные совместным учетом эффектов появления мягкой моды /неустойчивости на соответствующей частоте колебания/ и туннелирования.

Применительно к возможностям ИБР-2 проведено количественное обсуждение особенностей рассеяния нейтронов кристаллами, претерпевающими структурный фазовый переход, сегнетоэлектриками с водородными связями, переходными металлами. В последнем случае оценки привели к выводу, что при интенсивностях нейтронов, вполне достижимых на ИБР-2, за предельное время измерений в "оптическом" диапазоне спектра удастся решить вопрос выбора реалистической модели для описания свойств ферромагнитных переходных металлов.



Семинар сектора Д.И.Блохинцева. Выступает доктор физико-математических наук М.К.Волков.



Кандидат физико-математических наук Н.Б.Скачков дискутирует с испанским ученым Альваро де Рухула.

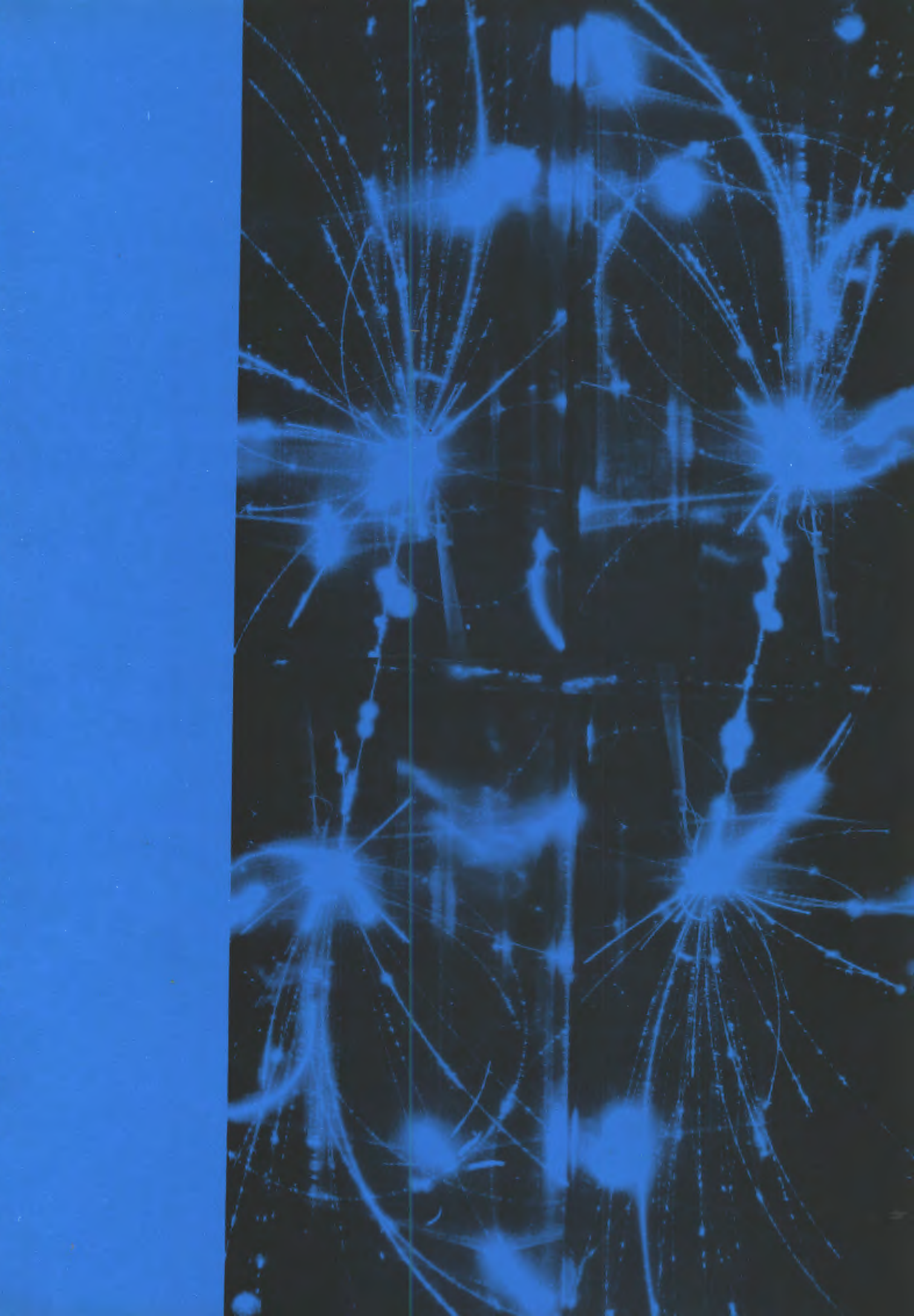
Лаборатория высоких энергий

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 ускорителя релятивистских 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

Завершена обработка данных по упругому π^-p -рассеянию при энергии 40 ГэВ в области кулон-ядерной интерференции. Эксперимент проведен на серпуховском ускорителе с помощью двухплечевого спектрометра с детектором отдачи и запускаящей системой на основе быстрого процессора. Определено отношение реальной части амплитуды к ее мнимой части при рассеянии вперед, равное $\rho = -0,037 \pm 0,017$, что хорошо согласуется с расчетами по дисперсионным соотношениям /рис. 1/.



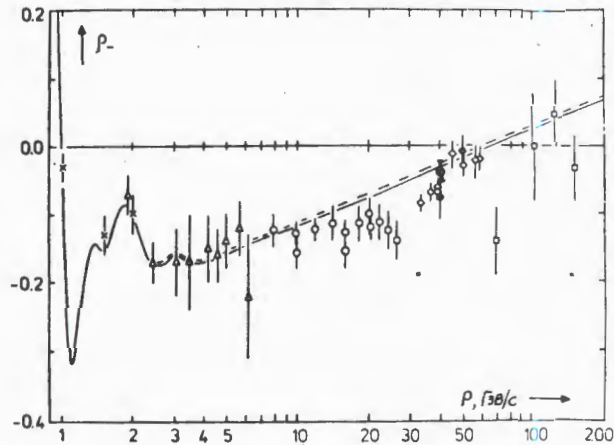


Рис. 1. Энергетическая зависимость величины отношения ρ реальной части $\text{Re}f(0)$ амплитуды рассеяния к ее мнимой части $\text{Im}f(0)$ для упругого π^-p -рассеяния. Кривая - результат расчета по дисперсионным соотношениям /Хеллер и др./ Экспериментальные точки: \times - ЦЕРН, Байллон и др. /1974/; Δ - Дубна, Номофилов и др. /1966, 1967/; Δ - Дубна, Воробьев и др. /1969, 1974/; \circ - Брукхейвен, Фолей и др. /1969/; \diamond - Серпухов, Апокин и др. /1975, 1976/; \square - Батавия, Анкенбрайт и др. /1975/; \circ - Серпухов, Аблеев и др. /1978/ - настоящие данные.

Проведена обработка результатов исследования упругого pp -, pD - и pHe -рассеяния в области интерференции кулоновского и ядерного рассеяний при энергиях 40-400 ГэВ, полученных на ускорителе 500 ГэВ /Батавия/. Исследования проведены в области малых переданных импульсов $|t|$:

$$\begin{aligned} &\text{для } pp\text{-рассеяния} \\ &|t| = 0,0005-0,03 / \text{ГэВ}/c / ^2, \\ &\text{для } pD\text{-рассеяния} \\ &|t| = 0,0008-0,08 / \text{ГэВ}/c / ^2, \\ &\text{для } pHe\text{-рассеяния} \\ &|t| = 0,003-0,52 / \text{ГэВ}/c / ^2. \end{aligned}$$

Величины отношения реальной части амплитуды к ее мнимой части для pp - и pD -рассеяния меняют знак /с минуса

на плюс/ при $E = 335$ ГэВ и имеют зависимость от энергии в виде:

$$\rho_{pp} = /-0,490 \pm 0,034 / + /0,076 \pm 0,006 / \ln S_{pp},$$

$$\rho_{pN} = /-0,450 \pm 0,035 / + /0,070 \pm 0,006 / \ln S_{pp} \quad - \text{из данных } pD\text{-рассеяния.}$$

Для ρ_{pN} из данных pHe -рассеяния получено

$$\rho_{pN} = /-0,450 \pm 0,100 / + /0,067 \pm 0,017 / \ln S_{pp}.$$

Для величины коэффициента наклона b_1 из выражения для энергетической зависимости

$$b = b_0 + b_1 \ln S$$

получено

$$b_1 = 0,556 \pm 0,025 \text{ для } pp\text{-рассеяния,}$$

$$b_1 = 0,92 \pm 0,09 \text{ для } pD\text{-рассеяния,}$$

$$b_1 = 0,98 \pm 0,08 \text{ для } pHe\text{-рассеяния}$$

/в области $|t| < 0,07$ (ГэВ/с)²/.

Рост величины интеграла Глаубера при изменении энергий от 50 до 400 ГэВ для процессов упругого pD -рассеяния свидетельствует о доминирующем вкладе промежуточных состояний в эффект взаимного экранирования нуклонов в дейтроне.

Исследование упругого pHe -рассеяния показало, что параметр наклона $b_1(pHe)$ растет в два раза быстрее с ростом энергии, чем аналогичный параметр в упругом pp -рассеянии. Проведено сравнение функций b_{pN} , полученных в опытах по pp -, pD - и pHe -рассеянию /рис. 2/. Аномальное сужение конусов pD - и pHe -рассеяний может быть объяснено по модели Глаубера только качественно, а вклады перерассеяний на нуклонах ядра гелия должны быть увеличены по сравнению с простой моделью Глаубера.

Проведен анализ структуры дифференциальных сечений реакции $\pi^-p \rightarrow p\eta^0$ с распадом $\eta^0 \rightarrow 2\gamma$ в области малых

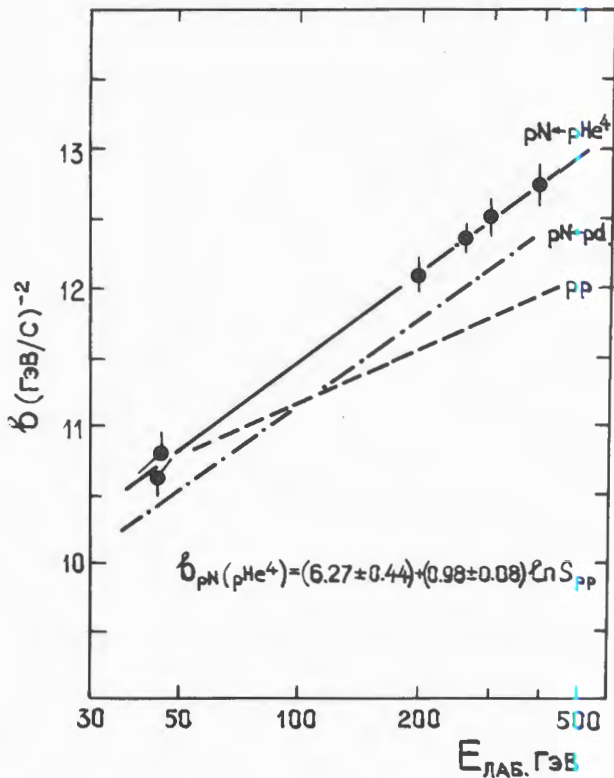


Рис. 2. Сравнение величин параметра наклона для дифференциальных сечений упругого pp -, pD - и pHe -рассеяния в зависимости от энергии налетающего протона.

переданных импульсов $|t| = t_{\min} \div 0,3 / \text{ГэВ}/\text{с}^2$ при импульсе 3,3 и 4,75 $\text{ГэВ}/\text{с}$. Эксперимент проведен с помощью 90-канального черенковского масс-спектрометра электронов и гамма-квантов на синхрофазотроне ОИЯИ. На основе анализа ~7000 событий обнаружен заметный минимум в области $|t| \approx 0$, указывающий на существенную долю амплитуды с переворотом спина, равную при 3,3 $\text{ГэВ}/\text{с}$ величине $85,9 \pm 1,2\%$ и при 4,75 - величине $83,3 \pm 3\%$ /рис. 3/.

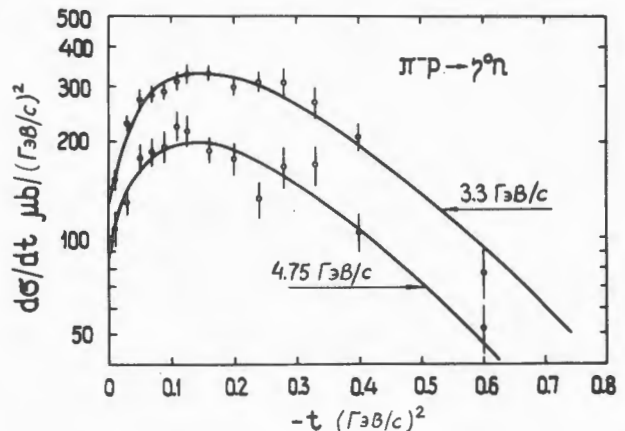


Рис. 3. Зависимость дифференциального сечения от величины переданного 4-импульса для реакции $\pi^- p \rightarrow \pi^0 n$ при импульсе 3,3 и 4,75 $\text{ГэВ}/\text{с}$.

Механизм рождения
и распада частиц
и резонансов

Изучена дифракционная диссоциация протонов на протонах ($pp \rightarrow P_x$) на ускорителе ФНАЛ /Батавия/ с помощью газовой струйной мишени и набора кремниевых полупроводниковых детекторов. Найлены двойные дифференциальные сечения $d^2\sigma / (dt dM_x^2)$ при энергиях пучка 160, 270, 340 и 400 ГэВ для малых значений $|t| = 0,0014 \div 0,0145 / \text{ГэВ}/\text{с}^2$ и величин недостающей массы M_x^2 в диапазоне $M_p^2 \div 4 \text{ГэВ}^2$.

При $M_x^2 = 1,50; 1,94; 2,85$ имеются аномалии, причем в двух последних случаях они связываются с изобарами $N^*(1400)$

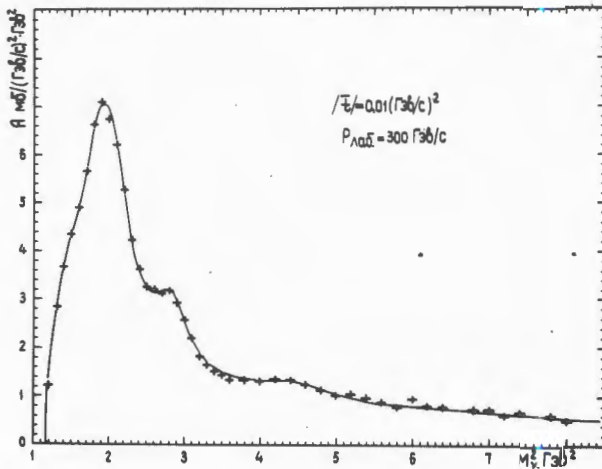


Рис. 4. Зависимость двойного дифференциального сечения $d^2\sigma/(dt dM_x^2)$ от величины M_x^2 для дифракционного рассеяния протона на протоне при энергии 160-400 ГэВ.

и с $N^*(1680)$ /рис. 4/. Из описания максимума $M_x^2 = 1,94$ по формуле $d\sigma/dt = A \exp(bt)$ следует, что величины A и b с точностью 5% от энергии пучка не зависят, а $d\sigma/dt$ имеет экспоненциальную зависимость от $|t|$.

Продолжался набор экспериментальной информации с помощью установки БИС-2 на серпуховском ускорителе по программе поиска очарованных частиц. В пучке нейтронов с энергией 45 ГэВ набрана информация, содержащая более 1,6 млн. событий. Определены верхние границы парциальных сечений для образования очарованных мезонов D и F и барiona C , распадающихся на 2 или 3 заряженные частицы /табл. 1/.

Таблица 1

Частица	$\sigma \times BR$ мкб	Частица	$\sigma \times BR \times BR(\mu)$ мкб
$D^0 \rightarrow K^- \pi^+$	< 0,38		
$\bar{D}^0 \rightarrow K^+ \pi^-$	< 0,32		
$D^+ \rightarrow K^- \pi^+ \pi^+$	< 1,26		
$D^- \rightarrow K^+ \pi^- \pi^-$	< 1,06	$(D^0 \rightarrow K^- \pi^+) \mu^-$	< 0,15
$F^+ \rightarrow K^+ K^- \pi^+$	< 0,59	$(\bar{D}^0 \rightarrow K^+ \pi^-) \mu^+$	< 0,075
$F^- \rightarrow K^+ K^- \pi^-$	< 0,48	$(D^+ \rightarrow K^- \pi^+ \pi^+) \mu^-$	< 0,23
$C^+ \rightarrow p K^- \pi^+$	< 1,29		
$C^+ \rightarrow p \bar{K}^0$	< 0,23	$(D^- \rightarrow K^+ \pi^- \pi^-) \mu^+$	< 0,14
$C^+ \rightarrow \Lambda \pi^+$	< 0,20	$(F^+ \rightarrow K^+ K^- \pi^+) \mu^-$	< 0,23
$D^\pm \rightarrow K^0 \pi^\pm$	< 0,25		
Выбросы			
$GY(2090) \rightarrow \Lambda \pi^+ \pi^-$	1,5	$(F^- \rightarrow K^+ K^- \pi^-) \mu^+$	< 0,16
$BA(2790) \rightarrow \Lambda K^+ K^-$	1,0	$(C^+ \rightarrow p K^- \pi^+) \mu^-$	< 0,16

Определена верхняя граница парциального сечения для предполагаемого очарованного бариона с распадом $C^+ \rightarrow \Lambda \mu^+ \nu \dots$, которая оказалась равной $\sigma(C^+) \times BR(C^+ \rightarrow \Lambda \mu^+ \nu) < 9$ мб/нукл.

Сотрудники 16 лабораторий стран-участниц продолжали вести анализ результатов и обработку снимков взаимодействий отрицательных пионов при импульсе 40 ГэВ/с с ядрами углерода, полученных с помощью двухметровой пропановой камеры на серпуховском ускорителе. Определены характеристики многонуклонных π^-C -взаимодействий, доля которых составляет 20%. В центральной области $\langle n_{\pm} \rangle$ растет пропорционально числу провзаимодействовавших нуклонов ν , а в области фрагментации ядра - пропорционально ν^2 . Процессы излучения разного числа протонов в заднюю полусферу оказались независимыми, а характеристики заряженных пионов в таких событиях не отличаются от обычных π^-C -взаимодействий. Найдено, что Λ -гипероны образуются преимущественно в области фрагментации протона-мишени, а K^0 -мезоны и $\bar{\Lambda}$ -гипероны - в основном в центральной области. Структурные функции K^0 -мезонов и $\bar{\Lambda}$ -гиперонов не имеют свойств масштабной инвариантности в центральной области и в области фрагментации сталкивающихся частиц /рис. 5/. Вероятность полного развала ядер углерода оказалась равной $7,0 \pm 0,3\%$. События с полным развалом по основным характеристикам не отличаются от обычных π^-C -взаимодействий.

Продолжалась обработка снимков, полученных при облучении жидководородной камеры "Людмила" в пучке антипротонов с импульсом 23 ГэВ/с на серпуховском ускорителе. Изучена интерферен-

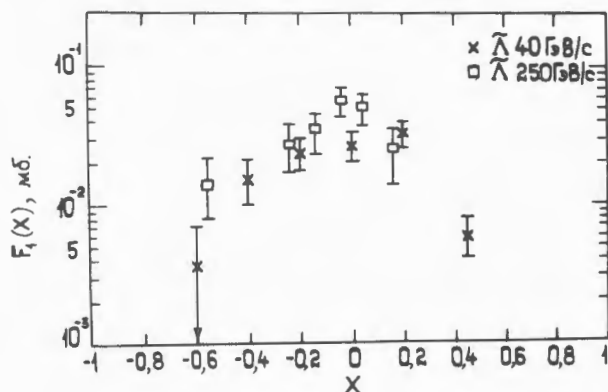


Рис. 5. Поведение структурной функции для $\bar{\Lambda}$ -гиперонов, образованных в π^-C -взаимодействиях при 40 ГэВ/с и ее сравнение с аналогичными данными при 250 ГэВ/с.

ция тождественных пионов, и найдено, что область испускания пионов вытянута вдоль оси взаимодействия, распределение по быстрой $d\sigma/dy^*$ при $y^*=0$ для $\bar{p}p$ -взаимодействий слабо зависит от энергии в области от 5,7 до 100 ГэВ/с. По анализу разности спектров для $\bar{p}p$ - и pp -взаимодействий получена информация о спектрах пионов в аннигиляционных каналах.

Сечение рождения ρ^0 -мезона оказалось равным $\sigma = 8,1 \pm 2,0$ мб, что совпадает с расчетами по модели кварков. Для пионов от распада ρ^0 -мезона отмечено существенное отклонение от изотропии в угловом распределении в системе Готфрида-Джексона, что указывает на возможную выстроенность спина ρ^0 вдоль оси Z_t . Показано, что основные характеристики реакции $\bar{p}p \rightarrow p\pi + X$, т.е. распределения по массам, по переменным X , P_t^2 , $|t|$ и угловые распределения удовлетворительно описываются моделью Готфрида-Джексона.

Получены инклюзивные сечения образования нейтральных частиц:

$$\begin{aligned} \sigma(\pi^0) &= 72,7 \pm 3,0 \text{ мб}, \\ \sigma(K^0) &= 2,3 \pm 0,1 \text{ мб}, \\ \sigma(\Lambda) &= 1,15 \pm 0,10 \text{ мб}, \\ \sigma(\bar{\Lambda}) &= 0,94 \pm 0,10 \text{ мб}. \end{aligned}$$

Для π^0 и K^0 -мезонов в интервале энергий от 22 до 100 ГэВ KNO-скейлинг выполняется /рис. 6/, а для Λ -гиперонов не выполняется. Поляризация Λ -гиперонов из $\bar{p}p$ -взаимодействий оказалась равной $P = -0,414 \pm 0,206$.

Для реакций $\bar{p}p \rightarrow \pi^- X$ и $\bar{p}p \rightarrow \Lambda^- X$ в области фрагментации протона-мишени установлено, что гипотеза факториза-

ции выполняется для π -мезона и Λ -гиперонов на уровне статистической точности.

Продолжалось исследование мультибарионных резонансов, образованных в nC -взаимодействиях при импульсе 7,0 ГэВ/с и в $\pi^- C$ -взаимодействиях при импульсе пионов 4,0 ГэВ/с на синхрофазотроне. Из семнадцати мультибарионных систем с гиперзарядом $Y = 0 \div 6$, барионным числом $B = 0 \div 6$ и странностью от -2 до +1 только в трех системах с $Y \leq 1$ обнаружены резонансные пики /рис. 7/. Измеренные значения масс в

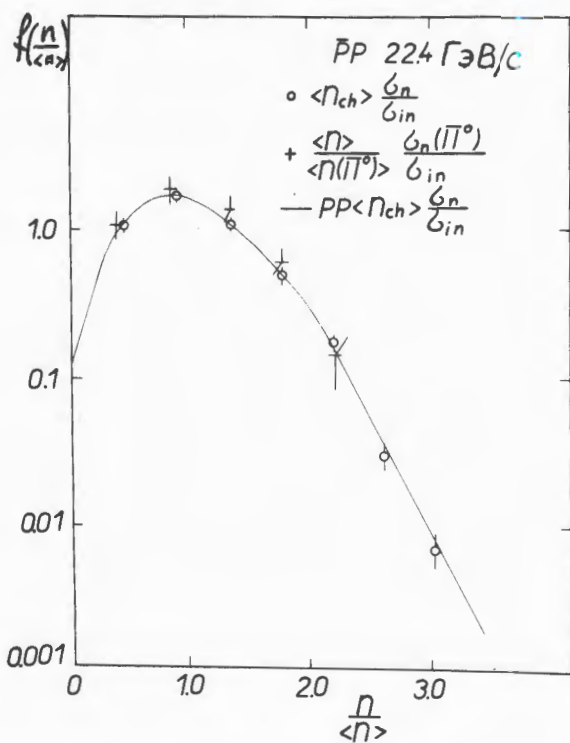


Рис. 6. Выполнение гипотезы KNO-скейлинга /в зависимости $\langle n_{ch} \rangle \frac{\sigma_n}{\sigma_{in}}$ от $\frac{n}{\langle n \rangle}$ и $\frac{\langle n \rangle}{\langle n(\pi^0) \rangle} \frac{\sigma_n(\pi^0)}{\sigma_{in}}$ от $\frac{n}{\langle n \rangle}$ / для заряженных частиц, K_s^0 - и π^0 -мезонов в $\bar{p}p$ - и pp -взаимодействиях.

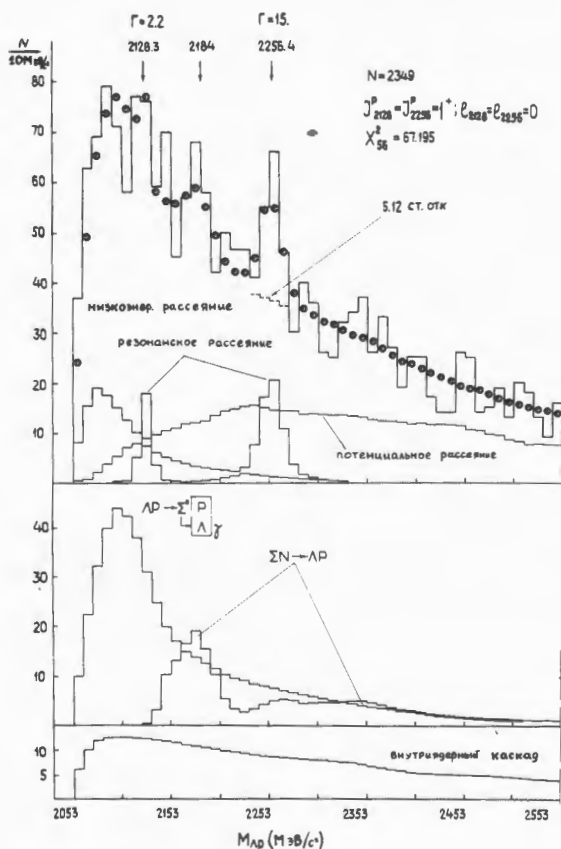


Рис. 7а. Распределение по эффективным массам системы Λp .

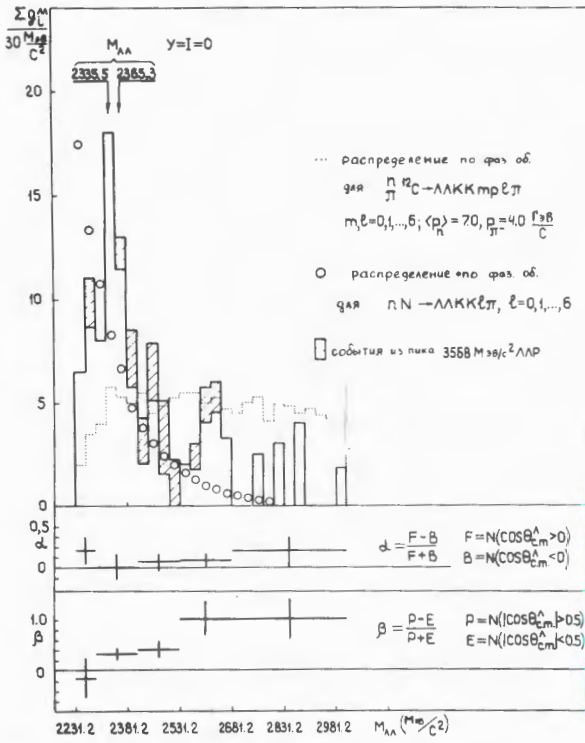


Рис. 76. Распределение по эффективным массам системы $\Lambda\Lambda$.

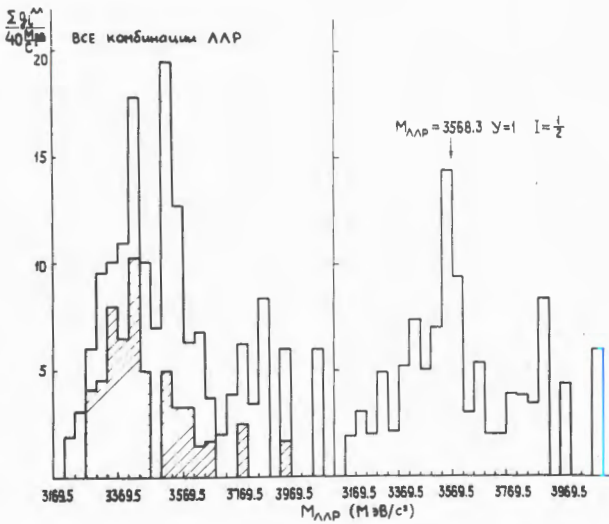


Рис. 7а. Распределение по эффективным массам системы $\Lambda\Lambda P$. С правой стороны приведен спектр без событий из пика с $M(\Lambda\Lambda) = 2365 \text{ МэВ}/c^2$.

этих пиках хорошо согласуются с предсказаниями по модели "массачусетского мешка" для двух- и трехбарионных систем /табл. 2/.

Для Λp -системы спин $J^{P_{\Lambda p}} = 0^{+}$ отвергается, а спины $1^{+}, 2^{+}, 3^{+}$ не противоречат.

Мультибарионные резонансы интерпретируются как мультикварковые сверхплотные и сверхстранные состояния.

Проведено экспериментальное исследование кумулятивного образования Λ -гиперонов и протонов. Показано, что в согласии с кварк-партоновой моделью поляризация Λ -гиперонов не зависит от природы и энергии налетающих частиц и достигает максимальной величины при углах вылета, близких к 90° /рис. 8/.

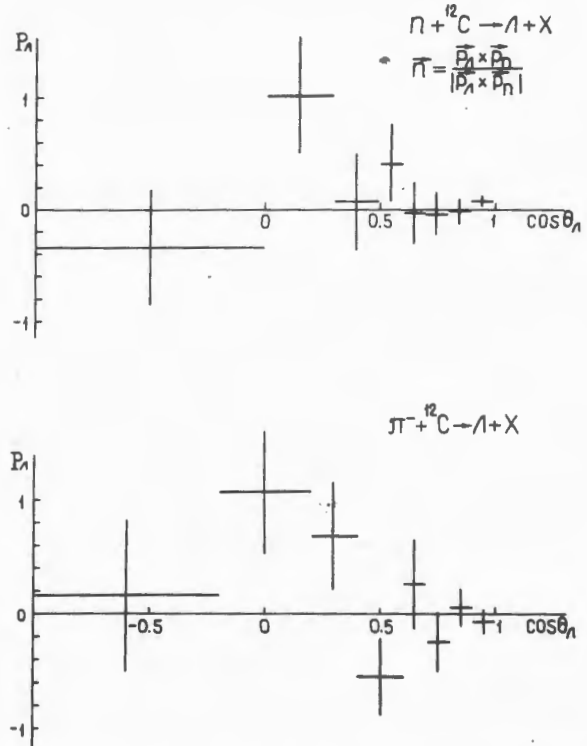


Рис. 8. Поляризация Λ -гиперонов в зависимости от угла образования в лаб. системе для πC -взаимодействий при $7,0 \text{ ГэВ}/c$ и для $\pi^- C$ -взаимодействий при импульсе $4,0 \text{ ГэВ}/c$.

Таблица 2

	Λp-резонанс			ΛΛ-резонанс			ΛΛp-резонанс		
	М	Γ	σ _{обр}	М	Γ	σ _{обр}	М	Γ	σ _{обр}
	МэВ	МэВ	мкб	МэВ	МэВ	мкб	МэВ	МэВ	мкб
Опыт	2256,5	10,8	85,3	2365,3	47,2	24,2	3568,3		16,1
	+0,9	+1,2	+9,6	+9,6	+15,1	+7,0	+10,0	<60	+5,2
Теория	2220÷2230			2357			3570		

Электромагнитная структура элементарных частиц

На ускорителе СПС-400 ЦЕРНа смонтирована установка НА-4 для изучения глубоконеупругого рассеяния мюонов на Н-, D-, C-мишенях, проведена ее комплексная настройка на пучке, включая получение магнитных лент с рабочими событиями глубоконеупругого рассеяния мюонов на ядрах углерода.

В ОИЯИ и ЦЕРНе проводится обработка полученных лент с целью изучения характеристик аппаратуры, выработки критериев отбора полезных событий и подавления фона.

Проведен анализ экспериментальных данных рассеяния K^- -мезонов на электронах в жидководородной мишени при энер-

гии 250 ГэВ на 500-ГэВ ускорителе в Батавни. Получено предварительное значение величины электромагнитного радиуса K^- -мезона, равное $0,51 \pm 0,07$ Фм. /рис. 9/, что находится в хорошем согласии с предсказаниями теории.

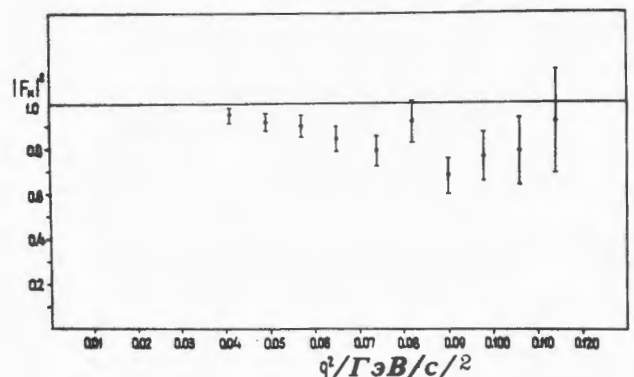


Рис. 9. Зависимость величины функции формфактора для K^- -мезона от величины переданного q^2 -импульса.

Релятивистская ядерная физика

На синхрофазотроне ОИЯИ осуществляется широкая программа научных исследований в области релятивистской ядерной физики, которые ведутся в 11 группах физиков.

С помощью установки "Диск-2", облученной в пучке протонов с импульсом 8,9 ГэВ/с на синхрофазотроне, продолжалось исследование кумулятивного образования пионов, протонов, дейтронов и ядер трития при больших порядках кумулятивности ($Q \gg 2$). Кумулятивное образование частиц наиболее чисто проявляется в области предельной фрагментации ядер, среди которых в качестве мишеней были использованы 23 ядра-изотопа Li, Be, C, Al, Si, Fe, Ni, Cu, Zn, Sn, Sm, W, Pb, U. Экспериментальные данные получены для вторичных пионов до импульсов 1150 МэВ/с при углах испускания пионов около 180° . Найдено, что энергетические спектры для всех частиц и на различных ядрах имеют экспоненциальный характер и подобны между собой. Величины сечений образования пионов и легких барионных систем могут быть описаны единой аналитической функцией от кумулятивного числа в диапазоне 0,3-3,0, причем величина сечения изменяется на 9 порядков /рис. 10/. Зависимость инвариантных сечений от заряда ядра имеет регулярный характер, что является следствием независимости сечения образования протонов и, по-видимому, дейтронов от нейтронного избытка в ядрах. Зависимость от атомного номера ядер /рис. 11/ имеет сложный характер, особенно для легких ядер D, He, Li, Be. Сечение образования пионов и протонов на ядре гелия в расчете на один нуклон превышает аналогичное сечение для ядер лития.

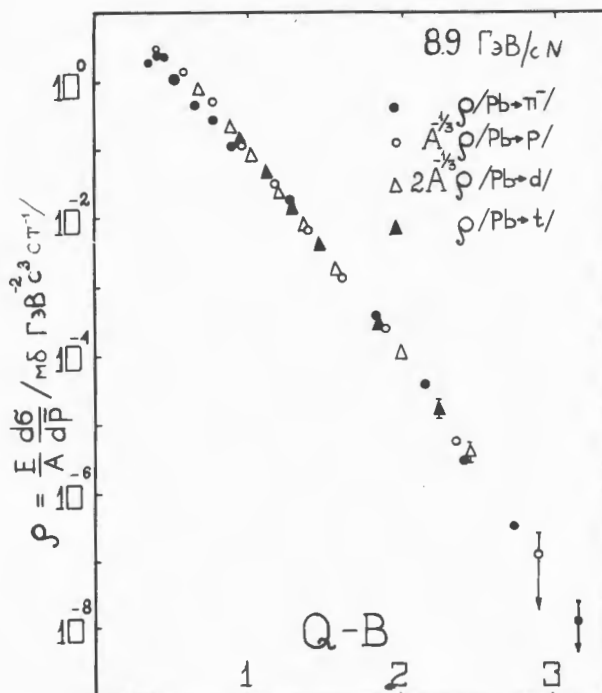


Рис. 10. Зависимость инвариантного сечения образования кумулятивных пионов, протонов, ядер дейтерия и трития от кумулятивного числа Q .

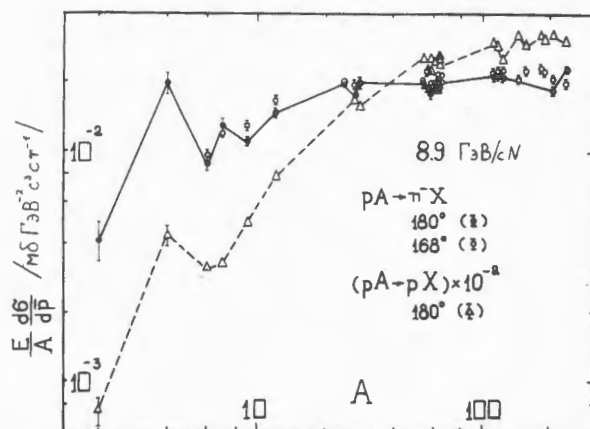


Рис. 11. Зависимость нормированных на атомный вес сечений образования кумулятивных пионов и протонов от атомного веса ядра.

С ростом атомного номера ядра выход протонов растет быстрее по сравнению с выходом пионов.

Завершен анализ характеристик множественности пионов, образованных при взаимодействии альфа-частиц с энергией

4,5 ГэВ/нукл. с ядрами Ni, C, Ne, Al, Cu, Pb в стримерной камере СКМ-200 на синхрофазотроне. Сравнение зависимости $\langle n_{\pi^+} \rangle = f(A_{\text{ядра}})$ с предсказаниями различных моделей показало, что наилучшее согласие с опытом имеют расчеты по простой геометрической модели независимых взаимодействий /рис. 12/. Определена зависимость множественного образования пионов от типа расщепления налетающей альфа-частицы и прицельного параметра. Найдено, что $\langle n_{\pi^+} \rangle$ существенно выше для центральных взаимодействий, но средние поперечные импульсы пионов не зависят в пределах ошибок от параметра удара.

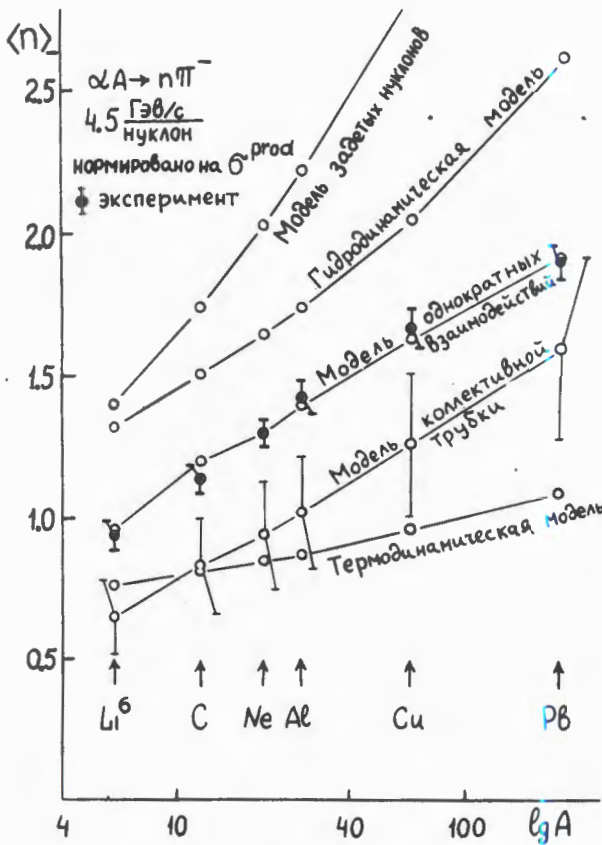


Рис. 12. Сравнение зависимости средней множественности заряженных частиц от атомного веса ядра-мишени с теоретическими моделями для αA -взаимодействий при 4,5 ГэВ/нукл.

Продолжалась обработка экспериментального материала, набранного с помощью двухметровой пропановой камеры на синхрофазотроне в пучках p, D, He, C энергией от 2 до 5 ГэВ/нукл. Определено неупругое сечение взаимодействия при 4,2 ГэВ/нукл. в барнах /табл. 3/.

Согласно модели мягкой сферы с $R_0 = 1,45 \text{ Фм}$ и $b = 1,25$ удалось хорошо описать данные по сечениям формулой

$$\sigma_{in} = \pi R^2 (A_i^{1/3} + A_t^{1/3} - b)^2$$

Найдены зависимости средней множественности положительных частиц, "серых" частиц, быстрых протонов /импульс боль-

Таблица 3

$A_T \backslash A_i$	p	D	He	C
C	0,250±0,015	0,38±0,02	0,44±0,02	0,79±0,05
Ta	1,67±0,11	1,94±0,11	2,34±0,12	3,67±0,22

ше 700 МэВ/с/ и отрицательных пионов от атомного номера и числа ν_i взаимодействующих нуклонов налетающего ядра. Множественность π^- -мезонов и быстрых протонов растет пропорционально числу ν_i , а число "серых" частиц выходит на плато. В качестве мишени было использовано ядро тантала. Среднее число нуклонов налетающего ядра, которые взаимодействуют с ядром мишени-тантала, для дейтерия равно $1,60 \pm 0,05$, для гелия $2,74 \pm 0,10$ и для ядра углерода $6,0 \pm 0,6$.

С помощью фотоземлюсий, облученных ядрами углерода с энергией 4,5 ГэВ/нукл. на синхрофазотроне, исследовались с применением аппарата корреляционных функций двухчастичные корреляции между пространственными углами вылета вторичных частиц. В пределах статистической точности не обнаружено какой-либо тенденции к преимущественному испусканию фрагментов ядра-мишени под определенным углом θ , ожидавшейся при реализации механизма образования ядерных ударных волн. Аналогичного эффекта для ливневых s-частиц также не обнаружено.

Анализ углового распределения частиц в плоскости, поперечной пучку, показал практическое отсутствие азимутальных корреляций для s-частиц. Этот факт указывает на возможность образования s-частиц в нескольких соударениях в ядре. Но между ливневыми s-частицами и сильноионизирующими h-частицами проявляется корреляция, указывающая на ядро-ядерные взаимодействия как на проявление наложений более элементарных h-ядро /или h-нуклон/-столкновений или на возможное существование углового момента у ядер-остатков, образующихся при взаимодействии ядро-ядро.

Совершенствование действующих и разработка новых физических приборов и установок

На пучке ионов гелия с энергией 200 МэВ/нукл. на синхрофазотроне проведены радиографические исследования с помощью созданной в Лаборатории установки. В состав установки входят 3 многопроволочные пропорциональные камеры, работающие на линии с ЭВМ HP2116B, сцинтилляционные счетчики, детектор остановок частиц, поглотители из оргстекла и цветной телевизионный монитор. Аппаратура позволяла передавать в ЭВМ до 1000 полезных событий за время вывода пучка, равное 250 мс. Исследование набора объектов показало высокое разрешение по плотности в объекте / 0,1% / с одновременным хорошим пространственным разрешением / 2 мм/. Доза облучения тестовых объектов при этом составляла 1 мрад при статистике около 100 событий на ячейку 2×2 мм².

В области вычислительной техники завершен в основном этап внедрения микропроцессоров, что означает еще более высокую степень использования вычислительной техники в эксперименте. На основе микропроцессора Intel-8080 разработаны и налажены блоки памяти, интерфейсы перфоратора, фотосчитывателя и клавишного устройства с набором математических программ.

Для установок БИС-2, "Тау", "Альфа", "Кристалл", "Спектрометр ядер отдачи" разработаны и изготовлены блоки, обес-

печивающие дальнейшее развитие установок и их быстроедействие. Проведены работы по дальнейшей автоматизации на основе ЭВМ ТРА-70 системы измерений параметров образцов сверхпроводящих магнитов, включая динамику их температурного режима.

Для синхрофазотрона осуществлена наладка и запуск 24-канальной системы измерения малых интенсивностей пучков релятивистских ядер на линии с микропроцессорным контроллером, налажена электроника магнитных измерений на линии с ЭВМ.

В области разработок по быстрой электронике созданы опытные образцы специализированной гибридной интегральной схемы, разработано 7 новых блоков, в том числе 12-разрядный амплитудно-цифровой преобразователь с дифференциальным входом, приемный блок для считывания данных с пропорциональных камер, генератор наносекундных импульсов точной амплитуды, а также изготовлены блоки регистрирующей электроники для физических установок БИС-2, "Кристалл", "Тау", Спектрометр ядер отдачи", "Фотон", "Альфа".

Изготовлена и введена в эксплуатацию в корп. 205 установка "Кристалл" для проведения исследований по каналированию частиц в монокристаллах на пучках частиц синхрофазотрона. В состав установки входят три секции ионопроводов, сцинтилляционные счетчики, дрейфовые камеры, гониометр и электронная аппаратура для обеспечения работы установки и ее связи с ЕС-1040. В работе участвуют физики ОИЯИ и научных центров США.

Для обеспечения физических экспериментов криогенными устройствами разработана конструкция неметаллических горловин мишеней, работающих в условиях электрических и магнитных полей.

Завершена большая программа испытаний источника "Криполь" с пучком поляризованных атомов водорода и дейтерия. Зарегистрирован ток поляризованных дейтронов 10-15 мкА.

Создана система охлаждения импульсных магнитов потоками двухфазного и однофазного гелия при нагрузке до 400 Вт. Проведенные испытания криогенного струйного насоса показали, что при использовании двухфазного гелия достигается более низкая температура по сравнению с другими вариантами аналогичных насосов.

Совершенствование синхрофазотрона

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

Создана диагностическая аппаратура для измерения параметров пучков заряженных частиц; установлен датчик для измерения интенсивности ядер углерода в ионопроводе ЛУ-20, датчик для измерения энергетических параметров ЛУ-20. Сдана в эксплуатацию система контроля пучков p, D, He, C в камере синхрофазотрона на всех этапах ускорения, создан и используется прибор для измерения интенсивности в диапазоне от 10^5 до 10^{14} элементарных зарядов. Изготовлено 2 различных градиентметра для измерения спада и абсолютной величины магнитного поля ускорителя. Увеличение тока на выходе ЛУ-20 до величины 50 мА и улучшение характеристик магнитного поля синхрофазотрона позволи-

ли довести величину максимальной интенсивности по протонам до 4×10^{12} част./имп., по дейтронам - до 4×10^{11} част./имп.

С помощью источника КРИОН-1 интенсивность ядер углерода C^{+6} поднята до величины 2×10^6 в импульсе, что позволило провести одновременно 2 эксперимента: облучение двухметровой пропановой камеры и стримерной камеры СКМ-200. Из источника КРИОН-1 были получены и ускорены ядра неона. Осуществлен второй медленный вывод из синхрофазотрона пучка ядер с энергией 200-400 МэВ/нукл. и проведен эксперимент по ионной радиографии. На первом направлении медленного вывода частиц введена в действие система на основе ЭВМ ЕС-1010, работающая в режиме сбора и анализа информации о параметрах выведенного пучка.

Отлажены каналы пучков π^- -мезонов для установок "Фотон" и "Резонанс", пучков релятивистских ядер для двухметровой пропановой и метровой жидководородной камер, проведена трассировка главного направления первичного пучка частиц в корп. 205. Введена в опытную эксплуатацию автоматизированная система на базе ЭВМ ЕС-1010 по настройке и контролю 7 параметров двух каналов частиц.

В течение года с помощью физических установок на синхрофазотроне получен обширный экспериментальный материал:

на двухметровой пропановой камере - 150 тыс. снимков в пучке ядер дейтерия и углерода,

на СКМ-200 - 70 тыс. снимков в пучке ядер углерода,

на метровой жидководородной камере - 62 тыс. снимков в пучке альфа-частиц,

на установке "Альфа" - 1,4 млн. запусков в пучке дейтронов и альфа-частиц, на установке "Фотон" - 330 тыс.

запусков по обычному и кумулятивному рождению частиц,

на установке "Диск-2" - свыше 2 млн. событий по кумулятивному образованию мезонов и нуклонных систем,

на "Спектрометре ядер отдачи" - свыше 10 млн. событий по упругим процессам и фрагментации ядер углерода.

Работы

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

Исследовано 5 образцов импульсных сверхпроводящих магнитов с однослойной обмоткой типа "оконная рама" для полей до 2,5 Т. Магниты имеют линейные размеры около 0,4 м, апертуру 5,5-7,6 см и частоту циклов 0,1-0,5 Гц. Исследования магнитов показали низкую деградацию критического тока /при скорости 1 Т/с критический ток достигал 90% величины критического тока в коротком образце/. При скорости изменения поля 0,25 Т/с и амплитуде 2,5 Т суммарные потери составили 10 Дж на метр длины магнита, неоднородность магнитного поля компенсировалась дополнительной обмоткой.

Создан стенд для измерения калориметрическим способом тепловыделения в коротких образцах сверхпроводников в переменном магнитном поле.

Проведены криогенные испытания электрической изоляции для сверхпроводящих магнитов.

Автоматизирован процесс измерения величин магнитных полей сверхпроводящих магнитов до 6 Т методом нутации. Создан магнитометр класса 0,5 для измерения магнитных полей в диапазоне 0,05-2 Т, изготовлена аппаратура для

измерения величины магнитных полей с помощью датчика Холла до температуры 4,2 К. Создана новая технология формирования сверхпроводящего кабеля прямоугольного сечения с оптимальным заполнением.

Собран стенд для исследования работы модели дублета сверхпроводящей линзы в режиме "замороженного тока" и проведены его испытания. Изготовлен источник питания сверхпроводящих линз со схемами программного управления и эвакуации энергии.

Совместно с ГКАЭ, ИАЭ им. Курчатова, НИИЭФА и РТИ подготовлено предложение по созданию синхротрона-бустера на энергию до 250-300 МэВ/нукл./по урану/, который позволит улучшить ядерные пучки синхрофазотрона, а в последующем может служить инжектором нуклотрона. Сформулированы физические предпосылки и проблематика исследований в области энергий от 0,2 до 5,0 ГэВ/нукл. Определены требования к пучкам и условиям проведения физических экспериментов. Изложены технические решения по основным узлам, эле-

ментам и режимам работы комплекса. Дана общая схема ускорительного комплекса, рассчитана магнитная структура, система питания, ввода и вывода частиц, схема управления. Рассмотрена также другая магнитная структура синхротрона, которая позволяет путем постоянной обдирки повысить среднюю зарядность пучка тяжелых ионов в процессе ускорения.

Эксплуатация синхрофазотрона

Запланированное время работы ускорителя - 4381 час.

Ускоритель работал:

а/ на экспериментальные исследования по физике элементарных частиц и физике релятивистских ядер - 3211 часов со средней интенсивностью $1,4 \times 10^{12}$ ускоренных протонов, $1,1 \times 10^{11}$ дейтронов, 5×10^9 ядер гелия, 5×10^5 ядер углерода, 1×10^5 ядер кислорода за один цикл ускорения.

б/ На совершенствование систем ускорителя - 693 часа.



Выполнена серия экспериментов по дифракционному взаимодействию протонов и легких ядер, а также фрагментации различных ядер на внутреннем пучке синхрофазотрона с использованием различных тонких мишеней. На снимках: отдельные моменты работы на спектрометре ядер ошдачи.

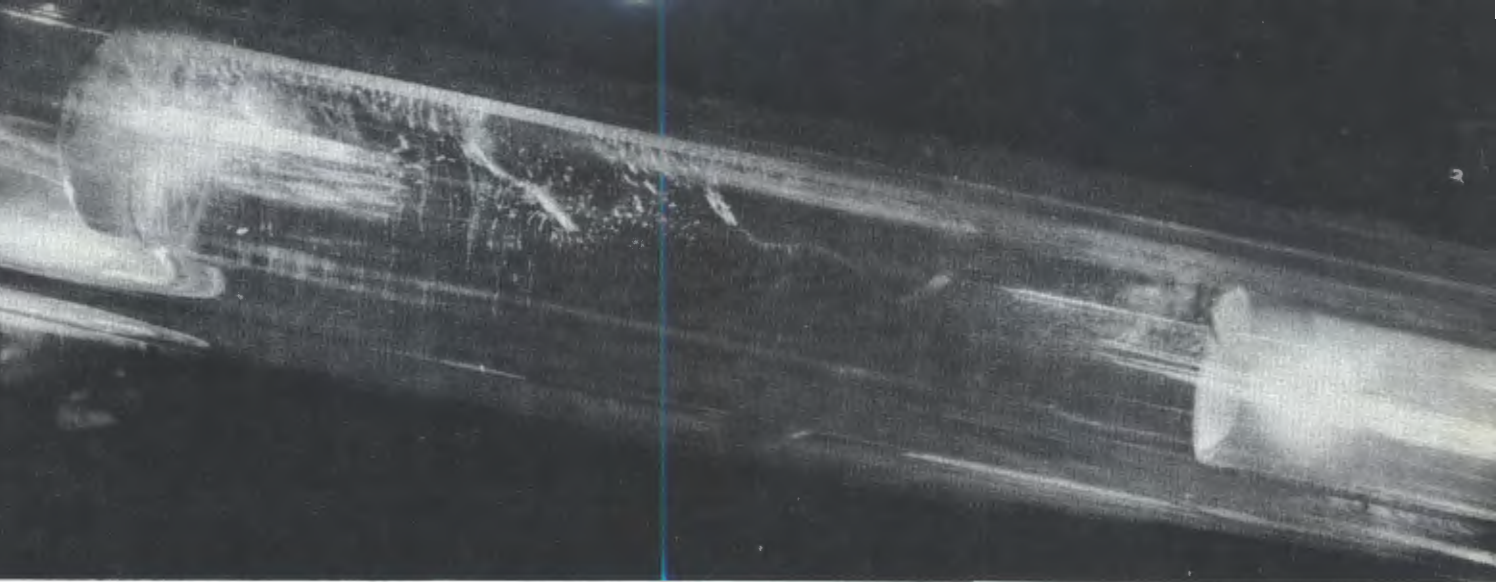


Взаимодействия антинейтронов с протонами жидководородной мишени, зарегистрированные на установке "Людмила".

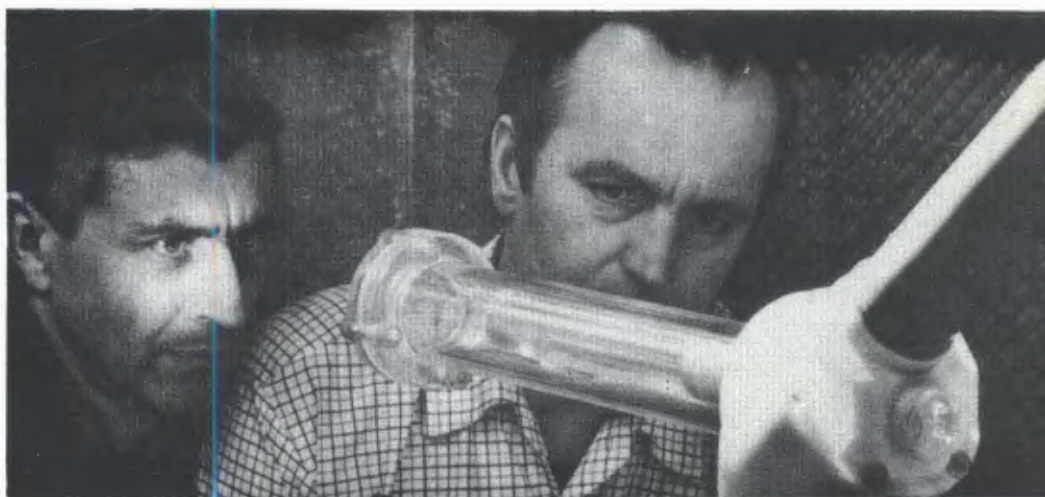


Испытания сверхпроводящего импульсного магнита с принудительным охлаждением обмотки жидким гелием. Исследования проводятся по программе "Нуклофрон".

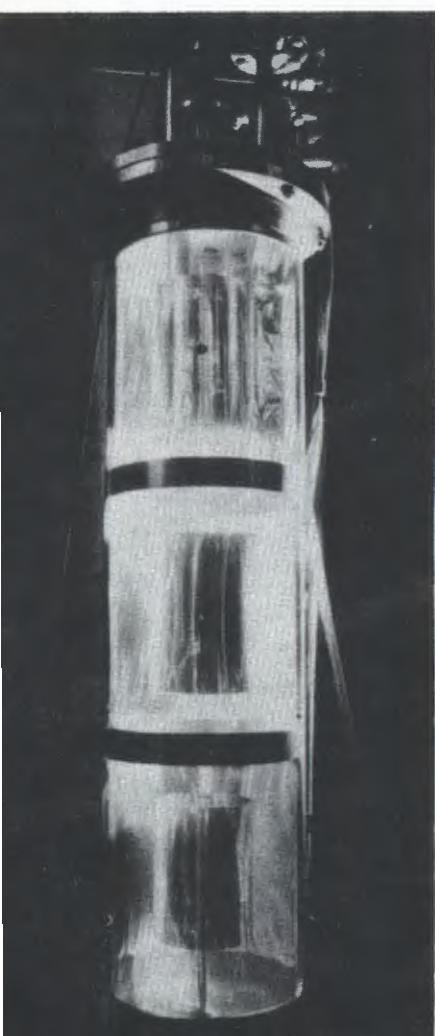
006



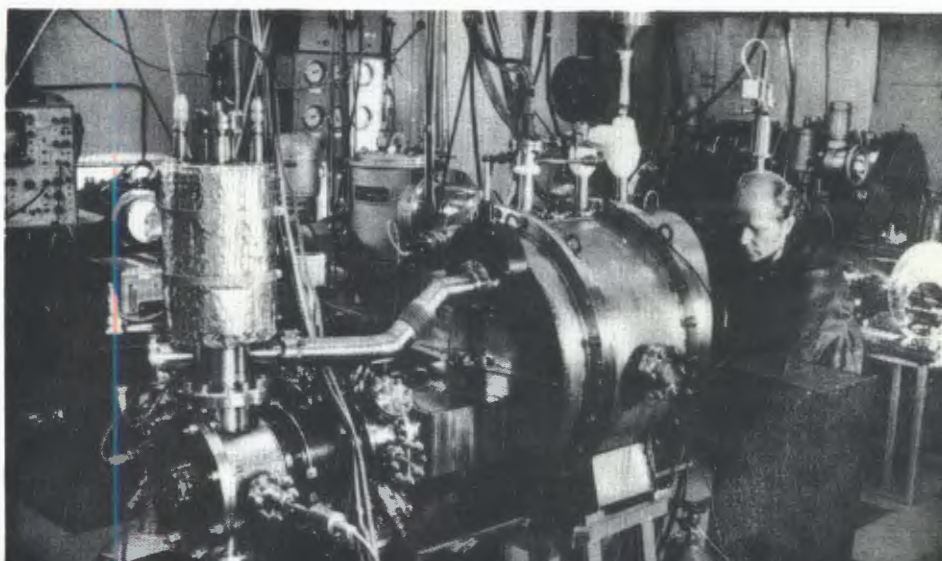
В криогенном отделе ЛВЭ освоена технология и разработаны варианты конструкций жидководородных мишеней для стримерных камер. На снимках: процесс заполнения мишени жидким водородом /вверху/, испытания мишени /справа/.



Водородно-гелиевая криогенная мишень с большой апертурой для проведения ядерных и гиперядерных экспериментов.



Для получения поляризованного пучка дейтронов на синхрофазотроне создан криогенный источник "Криполь".



Лаборатория ядерных проблем

В 1978 году научно-исследовательская и научно-методическая деятельность лаборатории велась в соответствии с планом по трем главным направлениям:

- выполнение научно-исследовательских и прикладных работ на синхроциклотроне;

- выполнение работ, связанных с реконструкцией синхроциклотрона в высокоточный фазотрон;

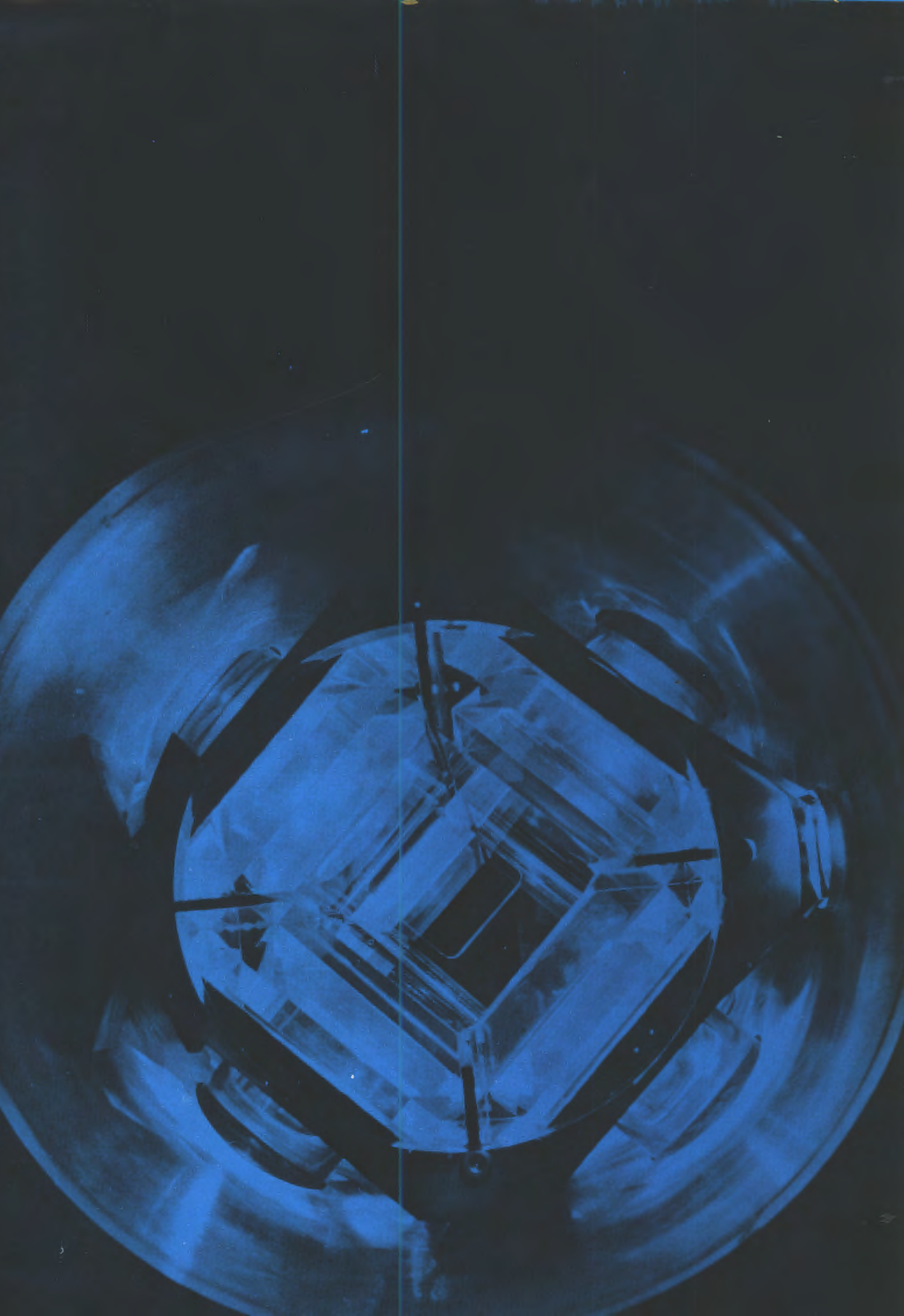
- выполнение исследований в области физики высоких энергий. Проводились работы по осуществлению 9 крупных экспериментов на синхротроне ИФВЭ. Специалисты лаборатории также приняли участие в мюонном эксперименте NA-4 на синхроциклотроне ЦЕРНа.

Лабораторией оказана помощь в оснащении институтов стран-участниц базовыми установками. Осуществлен вывод пучков частиц при полной энергии из ускорителя У-120М, разработанного в лаборатории и установленного в ИЯФ ЧСАН /Ржеж/. В Монгольском государственном университете /Улан-Батор/ на основе ЭВМ "Минск-22" введен в действие измерительный центр.

Научно-исследовательские работы

Исследование
фундаментальных свойств
и взаимодействий
элементарных частиц

По положению пика полного поглощения γ -квантов в реакции захвата нейтронов водородом измерена с наиболее высокой точностью энергия связи дейтрона. Полученное значение энергии связи



равно $/4,57 \pm 0,040/$ кэВ. Это позволило уточнить массу покоя нейтрона и разность масс нейтрона и протона. Проведен анализ ошибок более ранних измерений. Указано на систематическую ошибку, допущенную в этих работах и связанную с проведением измерений по пику двойного вылета.

Измерение проведено с помощью германиево-литиевых детекторов и с использованием набора нормалей γ -лучей, основанного на значении $E_{\gamma}(411,8 - {}^{198}\text{Au}) = /411,794 \pm 0,007/$ кэВ /рис. 13/.

При изучении зависимости ассоциативной множественности заряженных частиц от квадрата недостающей массы в реакции $\pi^- p \rightarrow \pi^+ X$ при 5 ГэВ/с в поведении параметров ассоциативной множественности наблюдались закономерности, обнаруженные ранее при значительно более высоких энергиях.

Получены зависимости средней ассоциативной множественности заряженных частиц как функции M_X^2 /рис. 14/.

С целью экспериментальной проверки варианта теории взаимодействий медленных пионов с пионами, основанной на нарушении киральной симметрии сильных взаимодействий, изучались фазы $\pi\pi$ -рассеяния в S-состоянии и полные сечения реакции $\pi^- p \rightarrow \pi^0 \pi^0 n$ вблизи порога.

Проведенный анализ экспериментальных данных по фазе δ_0^0 показал наличие подпорогового нуля в амплитуде S-волнового $\pi\pi$ -рассеяния. Учет подпорогового нуля позволил описать данные по фазе δ_0^0 в широком интервале энергий /от порога до 700 МэВ/ при следующих значениях параметров:

для канала с изотопическим спином $J = 0$:
длина рассеяния $a_0^0 = /0,23 \pm 0,05/ \text{ м } \pi_0^{-1}$,
положение подпорогового нуля $q_0^2 = /-0,8 \pm 0,3/ \text{ м } \pi^2$.

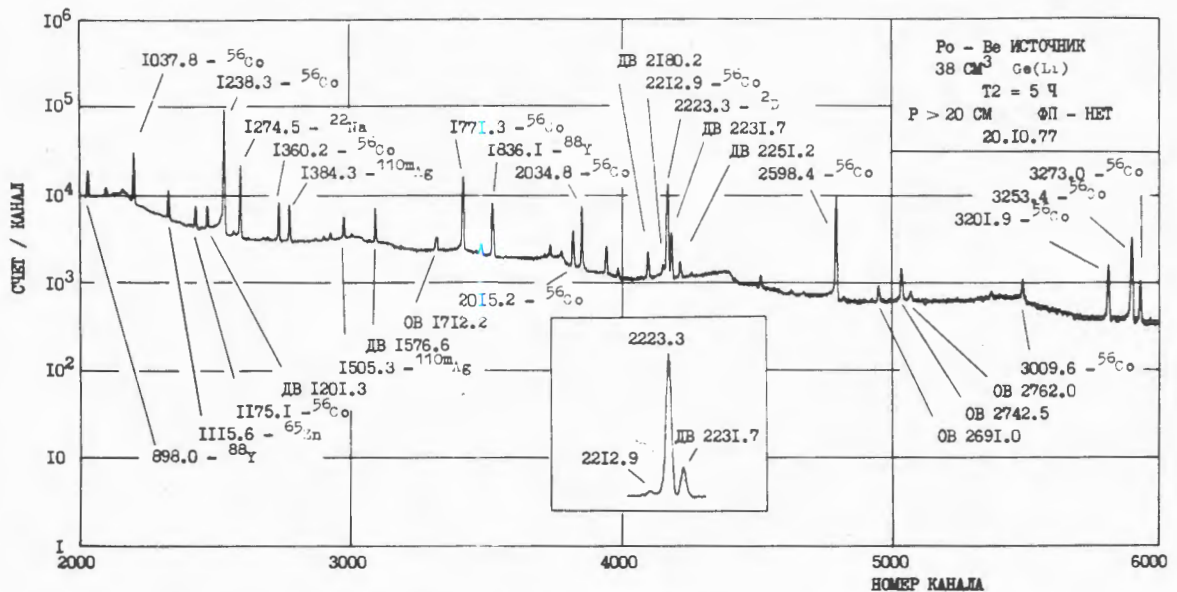


Рис. 13. Пример аппаратного спектра γ -лучей, возникающих при захвате нейтрона водородом, и γ -лучей от калибровочных источников. Используются Po-Be-источник нейтронов, Ge(Li)-детектор объемом 38 см³.

для канала с изотопическим спином $J = 2$:

$$a_{00}^2 = /-0,06 \pm 0,07/ m_{\pi}^{-1},$$

$$q_{00}^2 = /-0,7 \pm 0,9/ m_{\pi}^2.$$

Положение подпорогового нуля определено впервые. Значения длин рассеяния и положение подпорогового нуля находятся в качественном согласии с теоретическими предсказаниями.

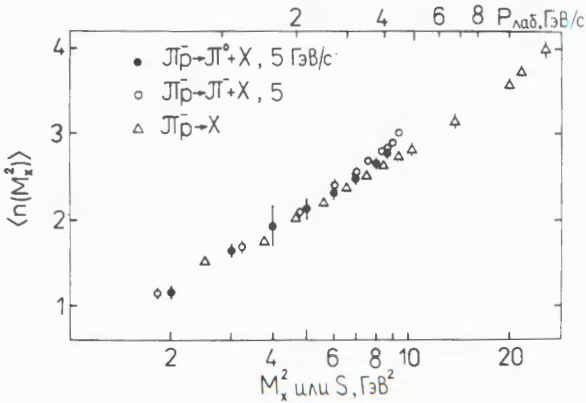


Рис. 14. Средняя ассоциативная множественность $\langle n(M_X^2) \rangle$ в зависимости от квадрата инвариантной массы M_X^2 системы частиц X.

Показано, что существование новой частицы - аксиона, предсказанной американскими теоретиками при попытке создания основ единой теории сильных, слабых и электромагнитных взаимодействий, противоречит существующим экспериментальным данным, полученным в опытах с реакторными нейтрино. Статистическая достоверность полученного результата значительно выше, чем точность эксперимента по поиску аксионов, выполненного в 1978 в ЦЕРНе.

Исследование взаимодействий частиц высоких энергий с ядрами

При обработке данных, полученных на пятиметровом магнитном искровом спектрометре МИС, определено сечение полукогерентного рассеяния пионов (40 GeV/c) ядрами углерода с возбуждением уровня $4,4 \text{ MeV}$. Полное сечение этого процесса найдено равным $1,2 \pm 0,3 / \text{мб} / \text{рис. 15/}$.

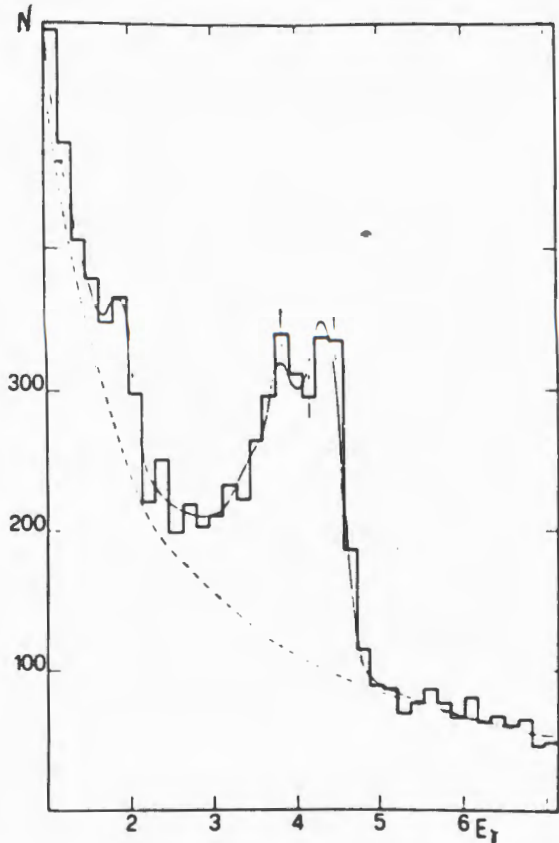


Рис. 15. Спектр гамма-квантов, полученный при изучении реакции $\pi^- + ^{12}\text{C} \rightarrow \pi^- + ^{12}\text{C}^*$ с помощью сцинтилляционного счетчика с NaI $\downarrow ^{12}\text{C} + \gamma(4,4 \text{ MeV})$ $/P_{\pi} = 40 \text{ GeV/c/}$. N - число событий, E_{γ} - энергия кванта /МэВ/.

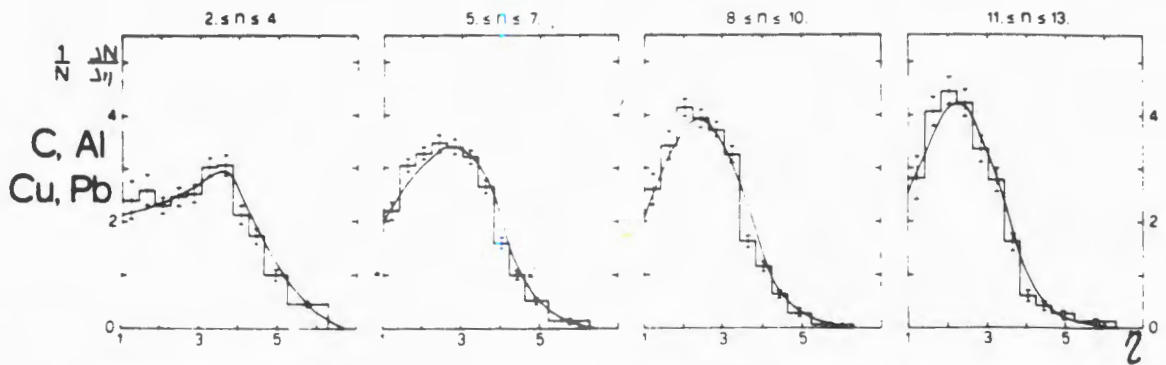


Рис. 16. Распределения по псевдобыстроте η для разных множественностей заряженных частиц /события просуммированы для ядер C, Al, Cu, Pb/, N - полное число треков в инклюзивном распределении. Сплошной кривой показаны распределения, полученные на пропановой камере при той же энергии.

Завершена обработка данных в исследовании общих характеристик процесса множественного образования заряженных частиц на ядрах пионами (40 ГэВ/с). Показано, что после вычитания медленных протонов распределения по псевдобыстротам обнаруживают слабую зависимость от атомного номера ядра. Полученные данные согласуются с теоретическими расчетами, исключаящими неупругие взаимодействия вторичных частиц в ядрах /рис. 16/.

Изучен процесс двойной перезарядки π^- -мезонов на ядрах углерода при 5 ГэВ/с $\pi^- C \rightarrow \pi^+ C$. Сечение процесса равно $3,1 \pm 0,4$ мб. Среднее число π^+ -мезонов при $P_{\pi^+} < 2$ ГэВ/с равно $1,6 \pm 0,2$. Оценено сечение "упругой" двойной перезарядки с $P_{\pi^+} > 0,9 P_{\pi^-}$. В рамках двух последовательных перезарядок описаны импульсные спектры и угловые распределения π^+ -мезонов и топологические сечения.

Обнаружено около 600 случаев образования фрагментов ${}^8\text{Li}_3$ при взаимодействии протонов 250 ГэВ с тяжелыми

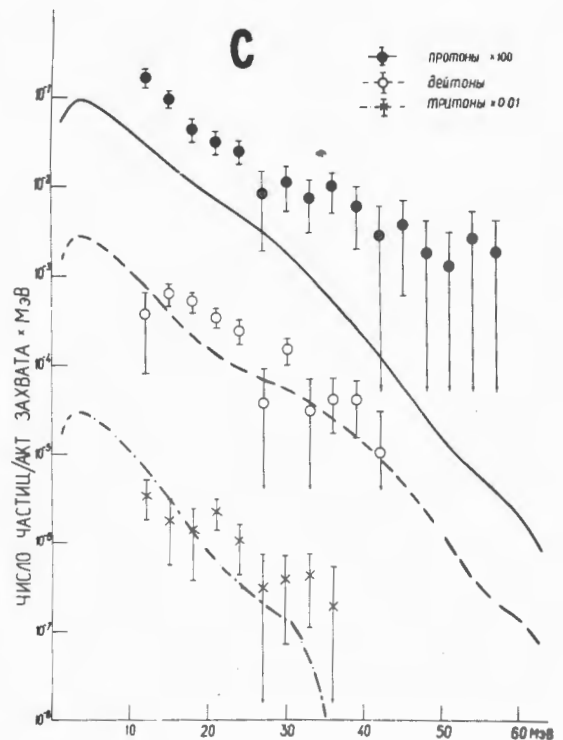


Рис. 17. Энергетические спектры протонов, дейтронов и тритонов при захвате мюонов углеродом. Нанесенные кривые - расчетные.

ядрами фотозмульсии. Получены угловые и энергетические спектры фрагментов ${}^8\text{Li}_3$. Дана оценка выхода ${}^8\text{Li}_3$. Показано, что в рамках испарительной модели не удается достигнуть количественного согласия с наблюдаемым энергетическим спектром.

Завершена обработка данных эксперимента по изучению асимметрии вылета и энергетических спектров протонов, дейтронов и тритонов при захвате отрицательных мюонов в ядрах различных элементов. Полученные спектры качественно согласуются с теоретическими расчетами /рис. 17, 18, 19/.

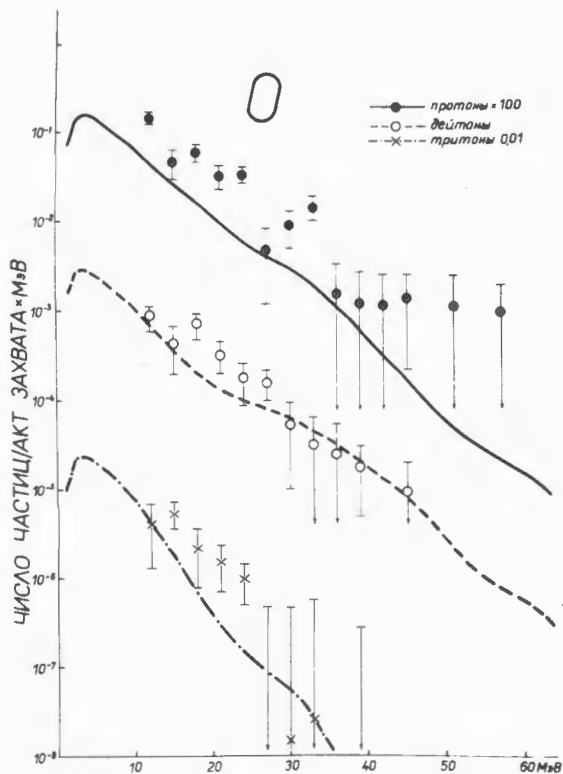


Рис. 18. Энергетические спектры протонов, дейтронов и тритонов при захвате мюонов кислородом. Нанесенные кривые - расчетные.

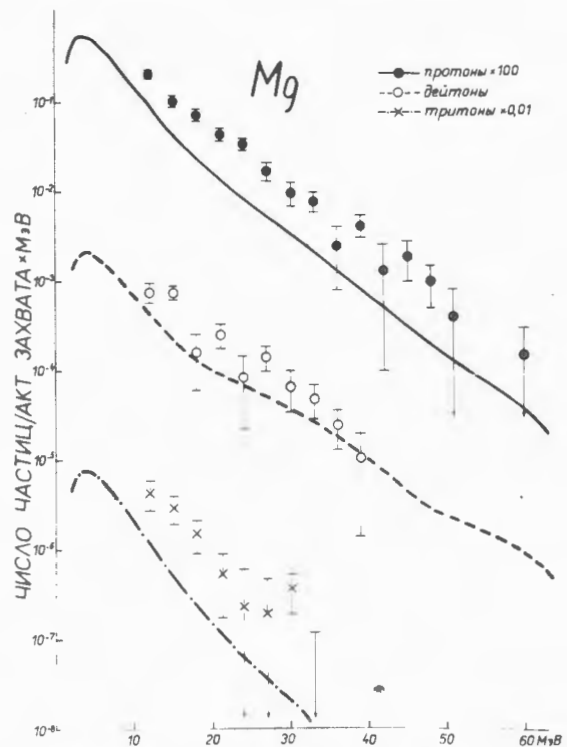


Рис. 19. Энергетические спектры протонов, дейтронов и тритонов при захвате мюонов магнием. Нанесенные кривые - расчетные.

Продолжались исследования взаимодействия пионов с ядрами гелия. Получены предварительные результаты по упругому рассеянию пионов на гелии-3 при 145, 180, 208 МэВ. Совместно с Лабораторией теоретической физики завершены расчеты по оптической модели с учетом электромагнитных формфакторов ядра ${}^3\text{He}$, которые согласуются с экспериментом. При исследовании неупругого взаимодействия положительных пионов с ядрами гелия-4 показано, что процессы квазиупругого рассеяния идут через возбуждение изобарного состояния в ядре гелия-4.

Проанализированы спектры быстрых протонов, испускаемых назад в протон-ядерных взаимодействиях при 640 МэВ. Расчеты по каскадной модели, проведенные в Лаборатории теоретической физики,

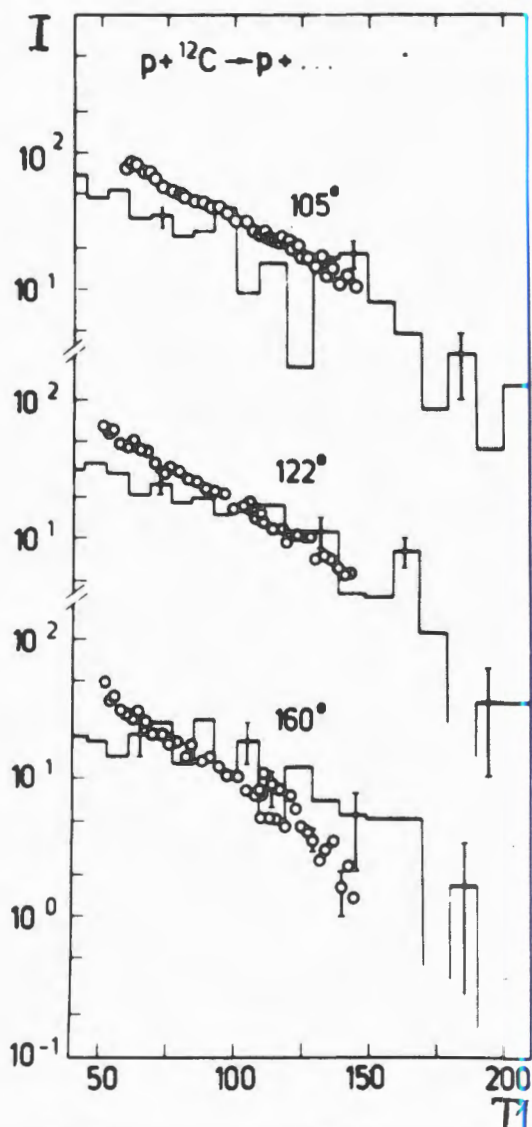


Рис. 20. Инклюзивные спектры быстрых протонов, испускаемых назад в протон-ядерных соударениях. Точки - данные эксперимента, гистограмма - каскадный расчет, I - дифференциальное сечение /мкб·МэВ⁻¹·ср⁻¹ /, T_1 - энергия протона /МэВ/.

показывают, что основная часть инклюзивной эмиссии может быть объяснена внутриядерным поглощением пионов, рождающихся в том же ядре при рассеянии налетающего протона /рис. 20/. Выделение событий, сопровождающихся испусканием вперед одного протона с энергией около 250 МэВ, позволяет непосредственно изучать процесс рассеяния на нуклонных парах. Распределения таких "двух-протонных" событий не воспроизводятся каскадным расчетом, но могут быть описаны процессом



Спектроскопия нейтронодефицитных ядер

Завершен цикл работ по исследованию нано- и субнаносекундных изомеров в нейтронодефицитных ядрах диспрозия с массовыми числами $A = 153, 154, 157, 159, 161$; эрбия с $A = 157$ и гольмия с $A = 157$. На примере этих ядер показано, что в переходных ядрах имеет место усиление кориолисова взаимодействия одноквазичастичных состояний с уменьшением квадрупольной деформации.

Закончен цикл исследований свойств деформированных ядер лютеция. Исследования велись комплексным методом: измерены спектры гамма-лучей, конверсионных электронов, спектры $\gamma\gamma$ -совпадений, позитронное излучение. Достигнуты высокие точности в определении энергий и интенсивностей γ -лучей.

Прецизионность измерений позволила существенно уточнить схемы распада исследуемых ядер и сделать физические выводы о природе смешивания возбужденных состояний.

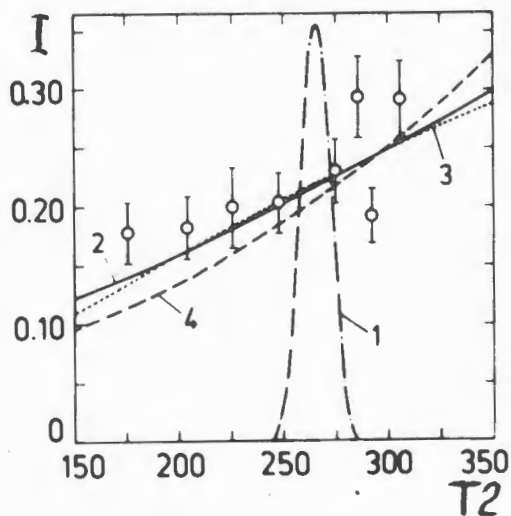
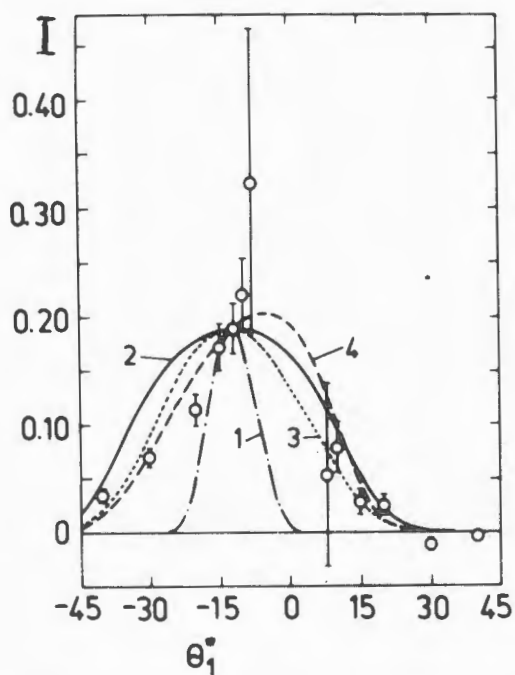


Рис. 21. Распределения сечения $I / \text{мкб} \cdot \text{МэВ}^{-2} \text{ср}^{-2}$ / двухпротонных событий в протон-углеродных взаимодействиях при 640 МэВ по углу θ_1^0 и энергии T_2 / МэВ / протона, испускаемого вперед. 1 - модель Фуджита рассеяния на коррелированных кластерах, 2-4 - модели рассеяния нуклонными парами.

Измерены времена жизни уровней ^{160}Tm с энергиями 42,02; 174,40 и 215,78 кэВ и определены приведенные вероятности электромагнитных переходов, разряжающие эти уровни. Проведено сравнение экспериментальных вероятностей переходов с теоретическими расчетами. Рассчитаны экспериментальные значения квадрупольного момента и параметра деформации ^{160}Tm . На основе анализа экспериментальных результатов предложены нильссоновские конфигурации некоторых состояний нечетно-нечетного деформированного ядра $^{160}_{69}\text{Tm}_{91}$.

С помощью Ge(Li) - детекторов измерены относительные интенсивности рентгеновских лучей К-серии для 24 элементов с $Z = 53 \div 70$, 73, 81, 82, 84, 94 и 96 и энергии K_x -лучей для $Z = 82, 83, 94$ и 96. Замечено систематическое превышение экспериментальных отношений $K_{\alpha_2}/K_{\alpha_1}$ над расчетными на 0,6%, кроме случая $Z = 82$, для которого это отношение меньше расчетного на 1,4%.

На установке "Спин" продолжались систематические исследования свойств ядер переходной области с $A = 160-150$. Закончен анализ результатов по исследованию распада изотопов тербия с $A = 150, 152, 153, 155, 156, 160, 154$ и кобальта-56.

Определены значения констант сверхтонкого взаимодействия для примесных атомов ^{160}Tb в гадолинии: $a_0 = /8,81 \pm 0,62 / \cdot 10^{-18} \text{ эрг}$ и $P = /0,79 \pm 0,14 / \cdot 10^{-18} \text{ эрг}$, которые находятся в хорошем согласии с данными, полученными методом ядерного магнитного резонанса. Получены значения параметров δ для смешанных гамма-переходов; для переходов 872 и 1251 кэВ они определены впервые. Их значения: $\delta(872) = -0,79 \pm 0,10$ (M1 + E2) и $\delta(1251) = 0,02^{+0,19}_{-0,12}$ (E1 + M2).

Определены значения констант сверхтонкого взаимодействия для примесных атомов ^{156}Tb в гадолинии: $a_0 = /9,70 \pm 1,26/ \cdot 10^{-18}$ эрг и $P = /1,02 \pm 0,33/ 10^{-18}$ эрг. Рассчитаны значения магнитного и квадрупольного моментов ^{156}Tb : $\mu = 1,9 \pm 0,3$ я.м. и $Q = 2,9 \pm 1,0$ б. Полученные данные о параметрах смешивания подтверждают наличие МЗ-примесей в переходах, разряжающих уровень $1510,5 \text{ кэВ} /4^+$ на уровни полосы основного состояния.

Для значения константы a_0 сверхтонкого взаимодействия примесных атомов ^{155}Tb в гадолинии получены пределы $1,5 \cdot 10^{-17} < a_0 < 2,4 \cdot 10^{-17}$ эрг. Для магнитного момента ^{155}Tb получено значение $\mu = 2,0 \pm 0,2$ я.м. Определены параметры смешивания 9 гамма-переходов в ^{155}Gd .

Результаты исследования ^{154}Tb позволили установить наиболее вероятные значения спинов следующих уровней: $2277,0 /I = 3/$, $2305,8 /I = 3/$, $2368,8 /I = 2/$ и $2416,3 \text{ кэВ} /I = 4/$.

Однозначно определены спины 20 уровней в ядре гадолиния-153, получены данные о величинах параметров смешивания мультипольностей ряда γ -переходов, сопровождающих распад ^{153}Tb .

Измерены асимметрии углового распределения наиболее интенсивных γ -переходов при распаде ^{150}Tb . Это позволило в ряде случаев определить параметры смешивания мультипольностей. В частности, для переходов $2_2^+ \rightarrow 2_2^+$ $\delta = 2,4^{+0,12}_{-0,7}$, а для перехода $2_3^+ \rightarrow 1_2^+$

$\delta = -7,0^{+0,3}_{-1,0}$. Однозначно установлены спины 9 уровней.

Мезоны в веществе

Выполнен комплекс исследований свойств твердых тел методом релаксации спина положительного мюона $/\mu\text{SR}$ -метод/. Исследована релаксация спина

μ^+ -мезона в полупроводниковых кристаллах CdS и ZnSe. Показано, что в отличие от Ge и Si в полупроводниках CdS и ZnSe не наблюдается долгоживущего парамагнитного состояния (μ^+e^-) . Это отличие может быть объяснено быстрым вступлением образующегося при замедлении μ^+ -мезона атома мюония в диамагнитное соединение с атомами кристаллов CdS и ZnSe.

Измерено расширение μ^+ -мезоном внутрискристаллических решеток меди, тантала и индия. Расширение междоузельной поры кристалла из-за присутствия в ней однозарядной частицы μ^+ -мезона определялось из сравнения экспериментального и расчетного значений скорости релаксации Λ спина μ^+ -мезона из-за дипольных взаимодействий магнитных моментов μ^+ -мезона и ядер кристалла. Этот метод является весьма чувствительным, так как $\Lambda \sim 1/\tau^3$, где τ - расстояние между μ^+ -мезоном и ядрами соседних атомов металла.

Измерения проводились при температурах, когда диффузия μ^+ -мезона по кристаллу отсутствует. Внешнее магнитное поле в случае меди, ванадия и ниобия $B=0$, а в случае тантала и индия $B = 65$ Гс. Результаты измерений представлены в табл. 4.

Таблица 4

Металл	L
Медь	$1,04 \pm 0,01$
Ванадий	$1,23 \pm 0,01$
Ниобий	$1,31 \pm 0,02$
Тантал	$1,38 \pm 0,03$
Индий	$1,39 \pm 0,03$

Здесь $L = \Lambda_{\text{расч.}} / \Lambda_{\text{эксп.}}$ представляет собой меру объемного расширения поры, по-

сколькx $\Lambda_{расч}$. получено для недеформированной решетки металла. Видно, что метод позволяет достигнуть весьма высокой точности в определении L .

На примере V_3Ga показана возможность измерений параметров, характеризующих сверхпроводящее состояние. Показано, что с помощью (μ SR) -метода могут быть определены доли сверхпроводящей и несверхпроводящей фаз в сверхпроводнике в смешанном состоянии.

Для ряда окислов наблюдается медленная релаксация спина отрицательного мюона, входящего в состав мезоатома кислорода. Впервые обнаружена релаксация спина отрицательного мюона в органическом стабильном азотокислом радикале и его амине, а также температурная зависимость времени релаксации. Результаты этих исследований открывают новые возможности изучения различных степеней свободы элементов кристаллической решетки.

Изучена вероятность захвата π^- -мезонов водородом воды в широком интервале температур от -120 до $+440^\circ C$. Однозначно определено направление перераспределения электронной плотности связи O-H, вызванного образованием водородной связи. Полученные результаты хорошо согласуются с моделью термического разрушения водородных связей воды.

Измерена вероятность захвата π^- -мезонов водородом воды, входящей в состав аквакомплексов /более 30 соединений/. Показано, что во всех случаях входение молекул воды в состав аквакомплекса сопровождается перераспределением электронной плотности молекул воды, приводящим к понижению электронной плотности в атомах водорода.

Указано, что большой вклад в этот эффект вносят кислородсодержащие анионы NO_3^- , SO_4^{2-} , ClO_4^- .

Медико-биологические исследования

Завершен эксперимент по исследованию с помощью мю-мезорентгеновского излучения изменений в элементном составе организма белых крыс линии Вистар, находившихся в течение трех недель на искусственных спутниках Земли "Космос-605" и "Космос-690". Анализ проводился по десяти элементам: от углерода до кальция. Показано, что элементный состав организма животных существенно не изменился после полета. Полученные данные подтверждают предположение о том, что под воздействием факторов космического полета не происходит выноса из организма таких элементов, как фосфор или кальций, имеет место лишь перераспределение их между тканями организма животных.

Выполнены измерения распределения глубинных доз и кислородного отношения на нейтронном пучке со средней энергией в несколько сот МэВ, полученном на внешней мишени синхроциклотрона. Измерения показали наличие широкого максимума в воде на глубине 10-20 см, значение дозы в котором примерно в 2 раза превышало входную дозу и составляло около 60 рад/ч. Сочетание благоприятного дозного распределения полученного нейтронного пучка, позволяющего резко уменьшить лучевую нагрузку на поверхность тела, и низкого значения кислородного отношения по всей глубине проникновения нейтронов создают новые возможности для повышения эффективности лучевой терапии.

Теоретические исследования

Разработан новый эффективный метод в теории соударений релятивистских ядер с ядрами. Установлена явная зависимость амплитуды упругого рассеяния ядра А ядром В от функции толщины $T_{A,B}$ ядер А и В в оптическом пределе и в приближении некоррелированного распределения нуклонов в ядрах. При этом показано, что знания функционала $F\{T_A, T_B\}$ достаточно для вычисления многих физических характеристик ядерного взаимодействия.

Получено замкнутое выражение для фазовой функции амплитуды рассеяния ядра ядром, которое ранее было известно в виде двойного ряда. Произведены обширные численные расчеты, позволившие достигнуть хорошего согласия экспериментальных результатов различных групп с развитой теорией.

Предложен метод собственных состояний для расчета сечений взаимодействия адронов высоких энергий с ядрами. Показано, что метод эквивалентен модели многократного рассеяния, учитывающей неупругое экранирование. В кварк-партоновой модели показано, что нестранные кварки в адроне с вероятностью около 50% находятся в пассивном состоянии, содержащем только быстрые партоны. Странные кварки проводят в пассивном состоянии 75% времени. Показано, что в асимптотике по энергии не возникает универсального адронного сечения и не существует абсолютно "черных" объектов. Проведенный анализ привел к пониманию ряда экспериментальных явлений, в том числе недавно обнаруженного в эксперименте ОИЯИ-ФНАЛ факта изменения скорости роста наклона сечений упругого рассеяния частиц высоких энергий ядрами по сравнению с нуклонами.

При изучении точных решений двумерных моделей в квантовой теории поля установлен ряд неизвестных ранее свойств симметрии и скрытых законов сохранения.

Крупные экспериментальные установки, электроника, ускорители

Осуществлен физический запуск на пучке 70-ГэВ ускорителя крупнейшего спектрометра со стримерными камерами - установки РИСК. Получены первые стереофотографии взаимодействий отрицательных π^- , К-мезонов и антипротонов с ядрами нескольких элементов.

Введена в действие поляризованная "замороженная" протонная мишень объемом 60 см³ для исследования поляризационных явлений при высоких энергиях. Мишень смонтирована на пучке серпуховского ускорителя и входит в комплекс аппаратуры для эксперимента "Проза", включающий также 80-канальный нейтронный и гамма-детекторы.

Выполнены испытания на пучке серпуховского ускорителя первой очереди спектрометрического комплекса "Гиперон", предназначенного для исследования гиперзарядообменных процессов на пучках π^- и К-мезонов.

Изготовлены цилиндрические пропорциональные камеры детектора заряженных частиц установки АРЕС, в том числе

камера нового типа - геликоидальная. Камера и электроника установки испытаны на линии с ЭВМ М-6000.

Выяснена природа "сильноточного" режима работы дрейфовых камер, использование которого обеспечивает высокую помехозащищенность камеры и позволяет упростить электронику съема информации. Получены фотографии разряда, показывающие, что режим обусловлен образованием стримеров, затухающих в неоднородном поле сигнальной проволоки /рис. 22/. С использованием нового режима изготовлен и испытан комплект 12 дрейфовых камер размером $0,5 \times 0,5 \text{ м}^2$.

Разработано 15 новых электронных блоков, в основном в стандарте КАМАК, для выполнения физических исследований; изготовлено более 400 блоков и проведено оснащение ими экспериментов; изготовлена микро-ЭВМ в стандарте КАМАК на основе контроллера с микропроцессором. Дальнейшее развитие по-

лучил лабораторный центр обработки информации.

Выполнен значительный объем работ по реконструкции синхроциклотрона в сильноточный фазотрон, в том числе изготовлен электромагнитный канал системы вывода пучка, проведены контрольные измерения топографии поля на модели магнитной системы ускорителя, проведена серия расчетов по оптимизации параметров СИ-электрода, разработан эскизный проект системы управления установкой "Ф".

На изохронном циклотроне У-120М в Институте ядерной физики ЧСАН /Ржеж/ получены пучки различных ионов в соответствии с техническими условиями. Ток ускоренных протонов составляет $I = 40 \text{ мкА}$ при скважности $Q = 2$. Осуществлен вывод пучка с эффективностью 60% при 40 МэВ и 70% при 30 МэВ. Ускорены ионы дейтерия, гелия-3, гелия-4.

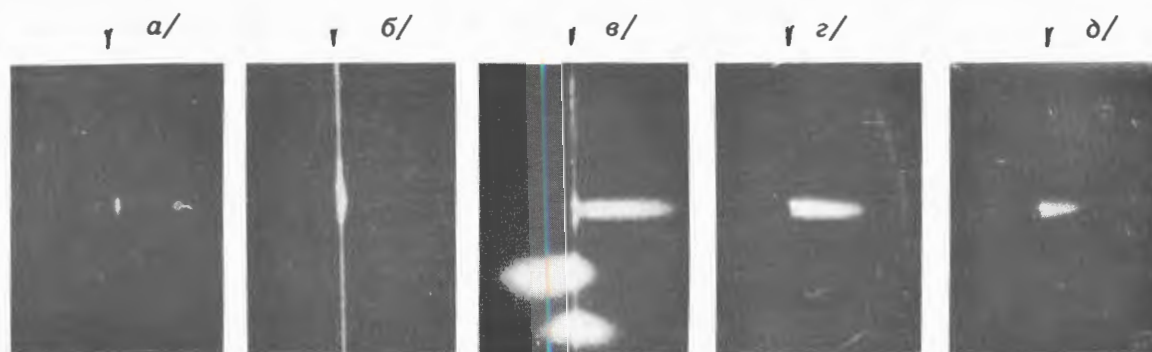


Рис. 22. Фотографии разряда в проволочной камере: а/ - пропорциональный; б/ - гейгеровский; в/ - промежуточный; г, д/ - стримерный режим работы. Стрелки на снимках указывают положение сигнальной проволоки.

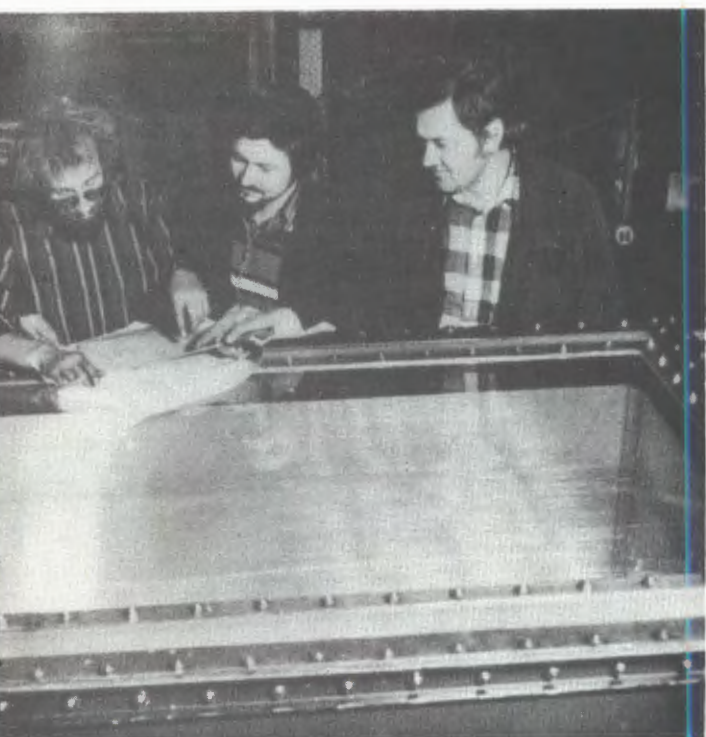
Работа синхроциклотрона

Таблица 5

№№	Вид работ	Время /в часах/	%
1.	Экспериментальные работы по физике	5597	84,4
2.	Исследования отдела синхроциклотрона	153	2,3
3.	Подготовка к работе физической аппаратуры и технологическая подготовка ускорителя	795	12,0
4.	Эксплуатационные простои	87	1,3
5.	Ремонтные и монтажно-наладочные работы	1781	
6.	Работа мезонного тракта	2041	
7.	Работа системы "магнитной растяжки"	1910	
8.	Работа системы "ВЧ-растяжки"	1455	

На 70-ГэВ ускорителе в Провино осуществлен физический запуск крупнейшего спектрометра со стримерными камерами - установки РИСК. Получены первые стереофотографии взаимодействий отрицательных π^- , K^- -мезонов и антипротонов с ядрами.

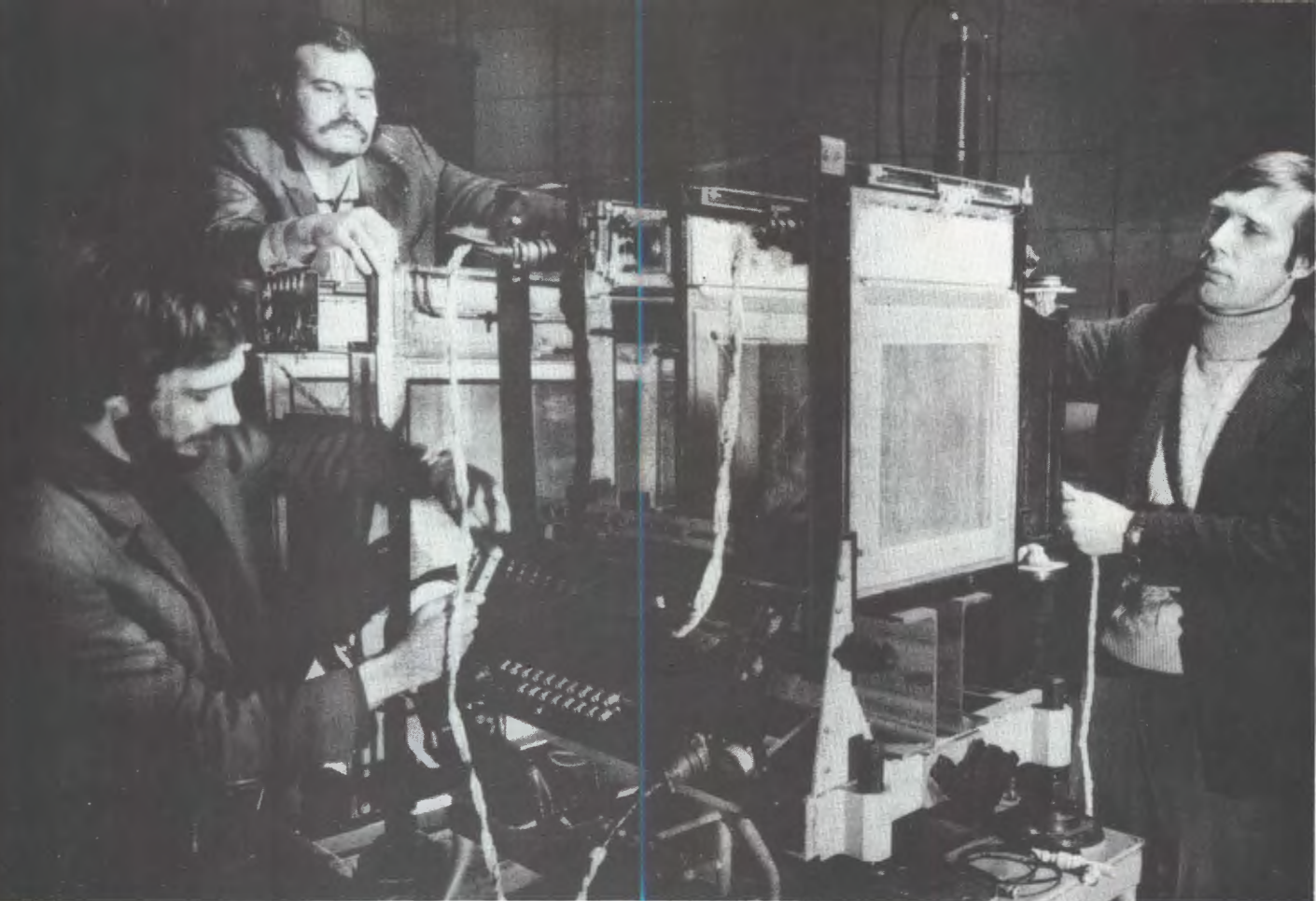
Внутри магнита установки РИСК.



Обсуждение результатов первых испытаний камеры.

Группа специалистов из ГДР ведет монтаж фоторегистраторов, изготовленных в Цойтене.



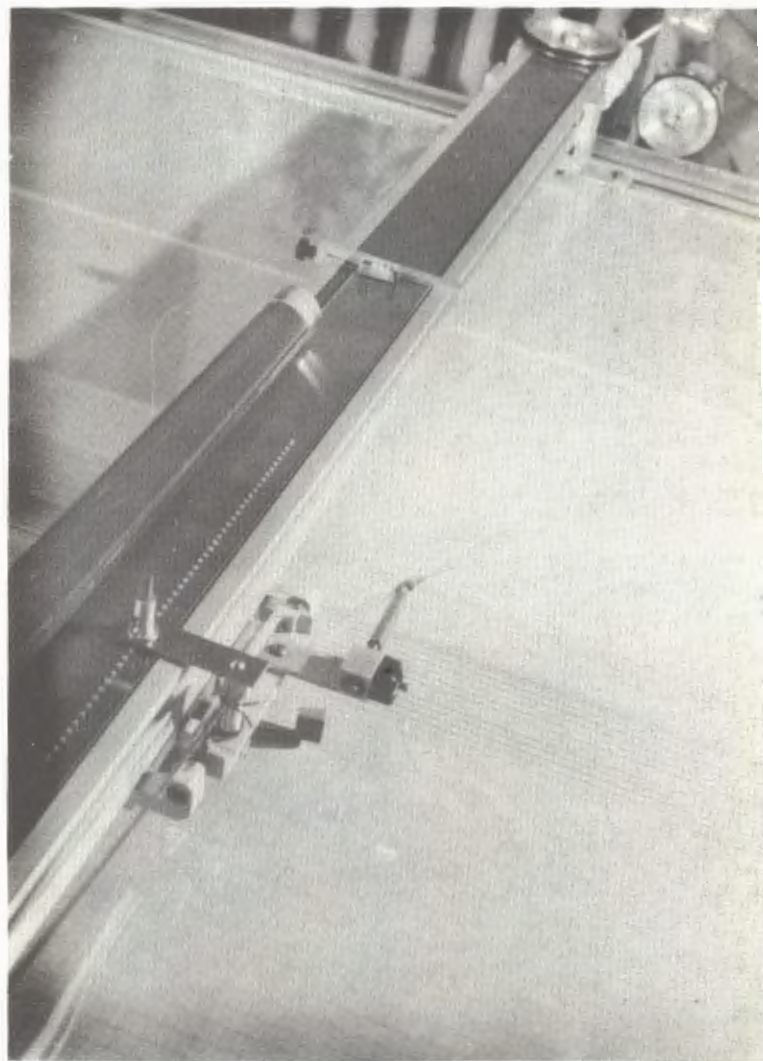
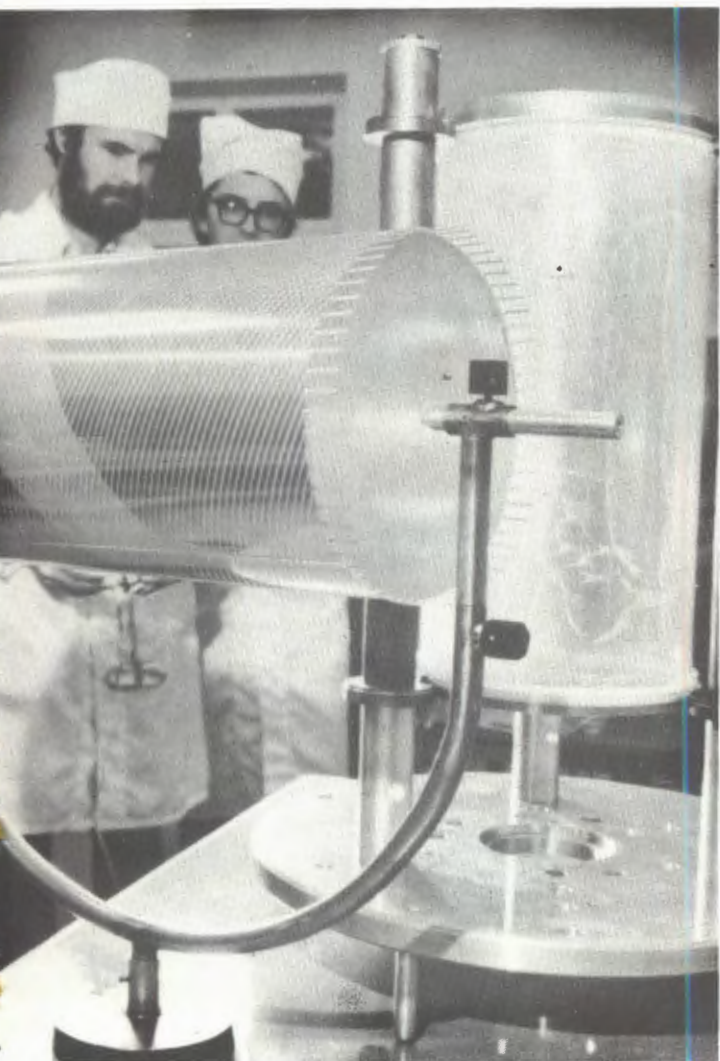


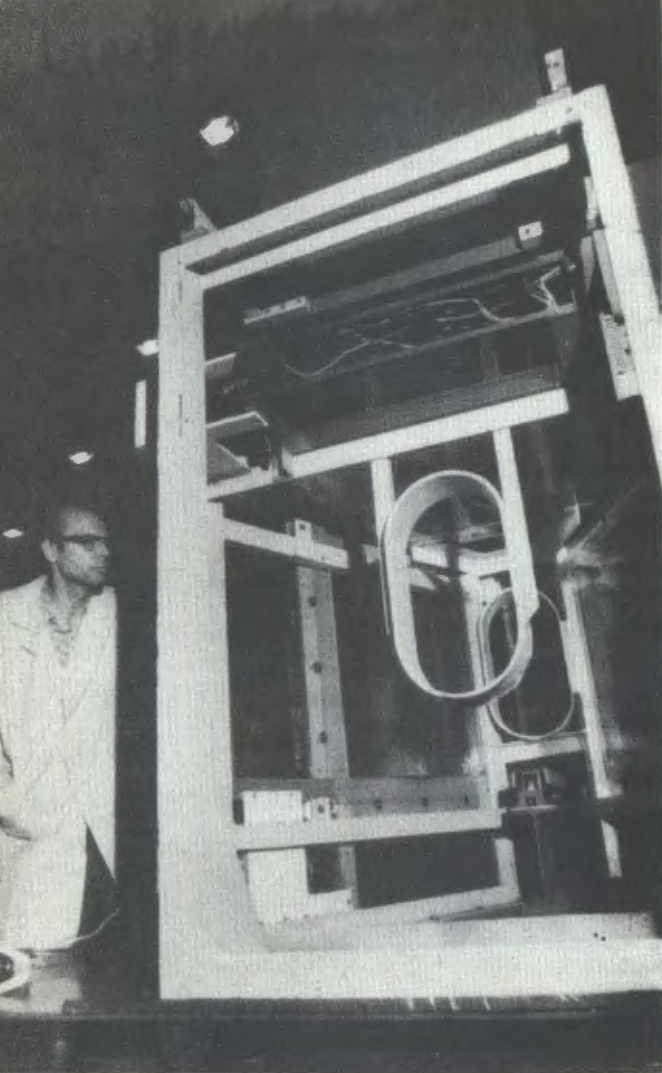
Сборка модуля из искровых камер установки "Гиперон", предназначенной для исследования гиперзарядово-обменных процессов на пучках π^- и K^- мезонов ускорителя ИФВЭ.



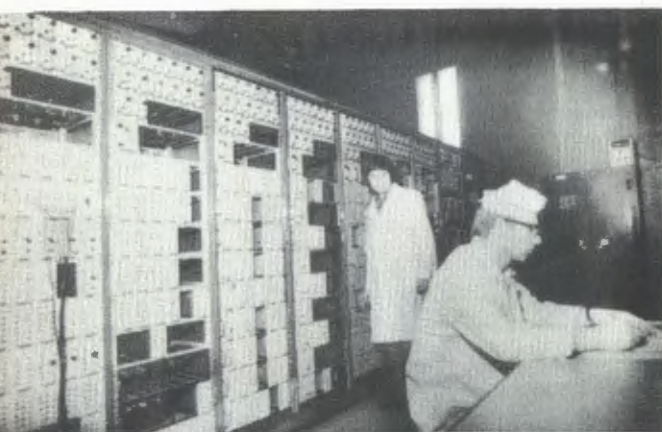
Создан комплекс аппаратуры для исследований на ускорителе ИФВЭ поляризационных явлений в обменном π^- -рассеянии. Для установки "Проза" смонтированы 80-канальные нейтронный и гамма-детекторы.

Для установки АРЕС /анализатор редких событий/ изготовлены цилиндрические пропорциональные камеры. На снимках: этап сборки камеры нового типа - геликоидальной /слева/, устройство для нанесения стрипов /справа/, стенд для испытания камер /внизу/.





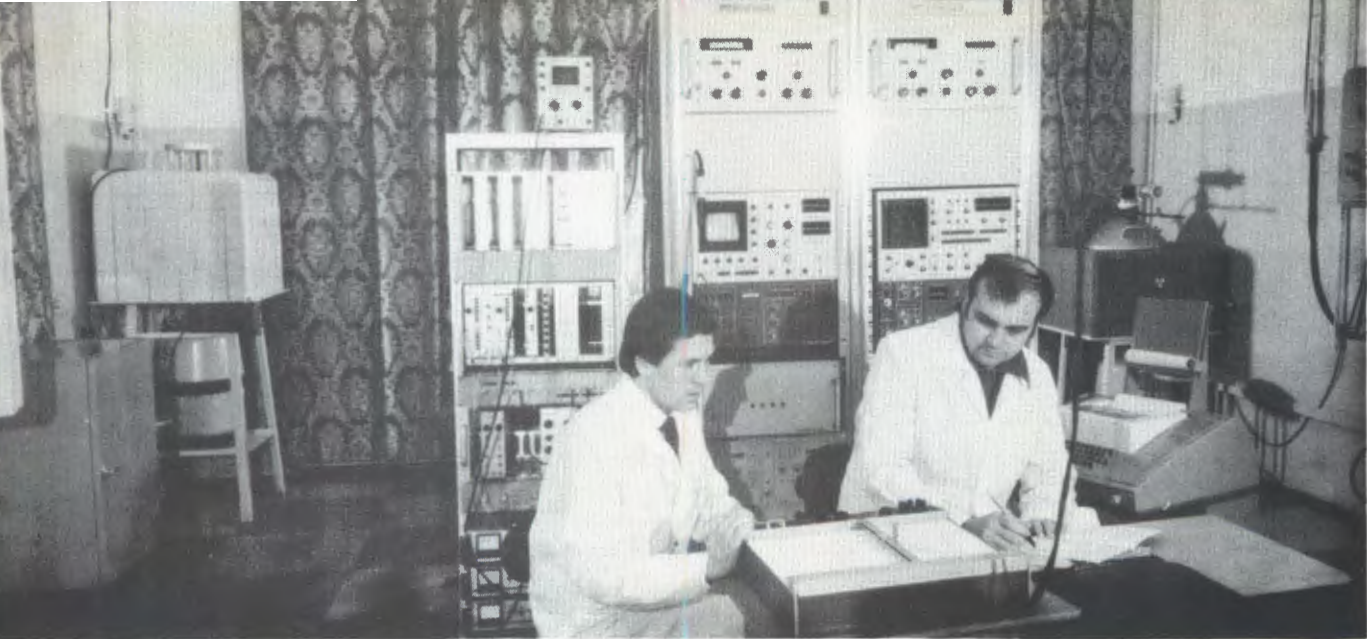
Успешно развивается сотрудничество лаборатории с Ленинградским институтом ядерной физики.



Установка для изучения обратного электроорождения пионов.

В ходе совместных экспериментов по изучению экстремально удаленных от линии стабильности ядер обнаружено 7 новых изотопов. Идет настройка ионного источника масс-сепаратора и леннопроявляющего устройства установки ИРИС-ЯСНАШ.





Прецизионный измерительный комплекс для изучения радиоактивных нуклидов позволяет проводить исследования с помощью различных полупроводниковых спектрометров на линии с ЭВМ ЕС-1010.



Лаборатория ядерных реакций

Важнейшим достижением лаборатории в истекшем году был пуск нового ускорителя - четырехметрового изохронного циклотрона тяжелых ионов - У-400. На конечном радиусе получен интенсивный пучок ионов аргона.

Новый циклотрон сооружен в предельно короткий срок - за три года. Проектирование, изготовление и монтаж ускорителя выполнены Лабораторией ядерных реакций совместно с Опытным производством и другими подразделениями ОИЯИ.

В научно-исследовательских работах основные усилия коллектива лаборатории были сконцентрированы на работах по поиску сверхтяжелых элементов в природе. Дальнейшее развитие получили работы по синтезу трансурановых элементов, изучению механизма ядерных реакций. Большое внимание уделялось работам по практическому использованию ядерно-физических методов: -созданию ядерных фильтров, радиационному материаловедению, активационному анализу.

Научно-исследовательские работы

Поиск сверхтяжелых элементов
в природных материалах

В результате экспериментов по поиску в природе сверхтяжелых элементов /СТЭ/ обнаружен неизвестный ранее спонтанно делящийся нуклид. Одним из наиболее вероятных является предположение о том, что этот нуклид принадлежит к области СТЭ. Учитывая малые концентрации нового нуклида $\sim 10^{-14}$ г/г в исходных объектах, для детального изучения его свойств необходимо применять высокочувствительные селективные методы, а также разрабатывать химические методы концентрирования СТЭ.



Наибольшее внимание уделялось экспериментам по концентрированию СТЭ из гидротерм Челекена. Были испытаны способы извлечения СТЭ из рассолов, включающие ионно-обменную хроматографию на ряде различных смол, экстракцию и осаждение гидроокисей при различных рН. Отрабатывались также методы осадительной химии, экстракции и электролиза, которые применялись в лабораторных условиях при концентрировании активности СТЭ из образцов анионно-обменной смолы и железо-марганцевых конкреций.

Хлоридные натриево-кальциевые воды на Челекене обладают некоторыми особенностями, которые затрудняют концентрирование нового нуклида; поэтому в программу работ были включены исследования термальных вод из других регионов.

Наряду с геотермальными водами исследовались также железо-марганцевые

конкреции глубоководной части Тихого океана.

Относительное содержание нового спонтанно делящегося нуклида в полученных образцах определялось по эффекту спонтанного деления, регистрируемому на нейтронных детекторах в соляной шахте. Результаты экспериментов по концентрированию СТЭ представлены на рис. 23, на котором показана удельная активность различных образцов в зависимости от концентрации урана. Уран является практически единственным источником фона спонтанного деления в данных экспериментах. Фон, который может быть обусловлен спонтанным делением юрия, калифорния или плутония, попавшими в исследуемые образцы в результате выпадения из атмосферы или в результате загрязнений в лаборатории, определялся из альфа-спектров образцов с помощью большой ионизационной камеры /рис. 24/. Во всех случаях этот источник фона был по уровню величины на несколько порядков ниже уровня фона от спонтанного деления примеси урана.

Установлено, что средний уровень активности нового спонтанно делящегося нуклида в различных природных объектах составляет 0,2-0,5 делений в сутки на килограмм. Эта оценка получена на основании измерений активности некоторых метеоритов, молодых руд, образовавшихся в результате естественного отложения в районе гидротерм Челекена, некоторых свинцово-цинковых руд и глубоководных железо-марганцевых конкреций. Для опытов выбирались образцы, в которых содержание урана не превышает $3-5 \cdot 10^{-6}$ г/г.

В результате экспериментов приблизительно установлен уровень активности спонтанного деления в исходной челекенской воде $2 \cdot 10^{-3}$ дел/кг · сутки/, фактор обогащения этой активности в смоле составляет ~100. Применение раз-

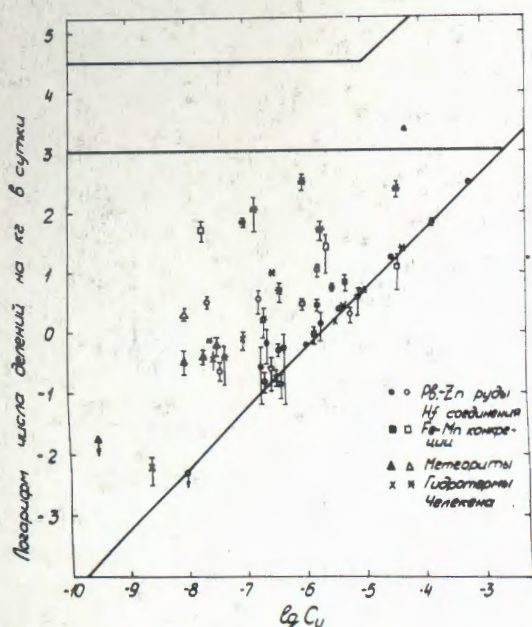


Рис. 23. Зависимость удельной активности спонтанного деления в образцах от концентрации урана.

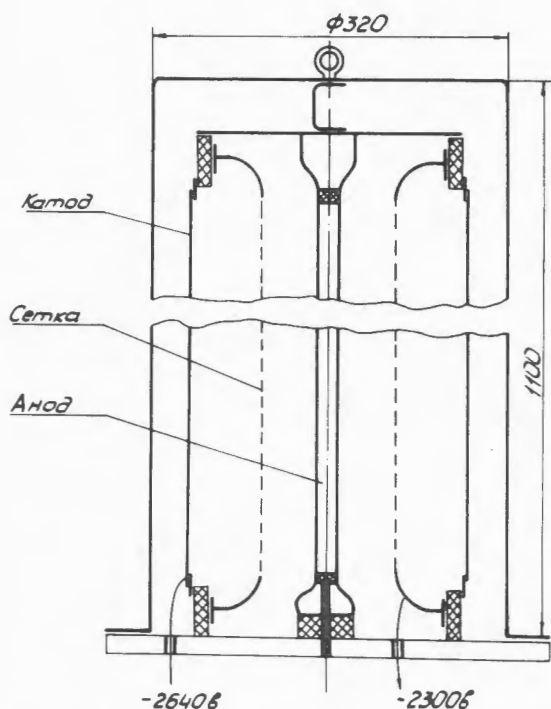


Рис. 24. Схема цилиндрической камеры с сеткой для наблюдения α -спектров образцов площадью 4000 см^2 . Размеры указаны в миллиметрах.

личных методов концентрирования позволило получить образцы, в которых удельная активность спонтанного деления в 100-200 раз выше, чем в смоле, и составляет величину $\sim 100 \text{ дел/кг}\cdot\text{сутки}$. Однако абсолютная активность этих образцов не столь высока - не более $1-2 \text{ дел/сутки}$. Существенное увеличение абсолютной активности, а следовательно и абсолютного содержания СТЭ, требует переработки больших количеств исходного сырья.

Достигнутый уровень концентрирования нового нуклида позволяет провести эксперименты по определению его массового числа, порядкового номера, по изучению особенностей спонтанного деления. Для измерения кинетической энергии осколков деления нового нуклида была

создана двойная ионизационная камера с площадью образца 4000 см^2 , позволяющая измерять в совпадении энергию обоих осколков с разрешением 3%. На рис. 23 нижняя горизонтальная линия показывает уровень удельной активности, который должен быть достигнут, для того чтобы стало возможным проводить измерения с этой камерой. Верхняя линия показывает уровень, необходимый для определения порядкового номера нового нуклида.

Создана методика для идентификации СТЭ в специально подготовленных образцах-мишенях с использованием вынуж-

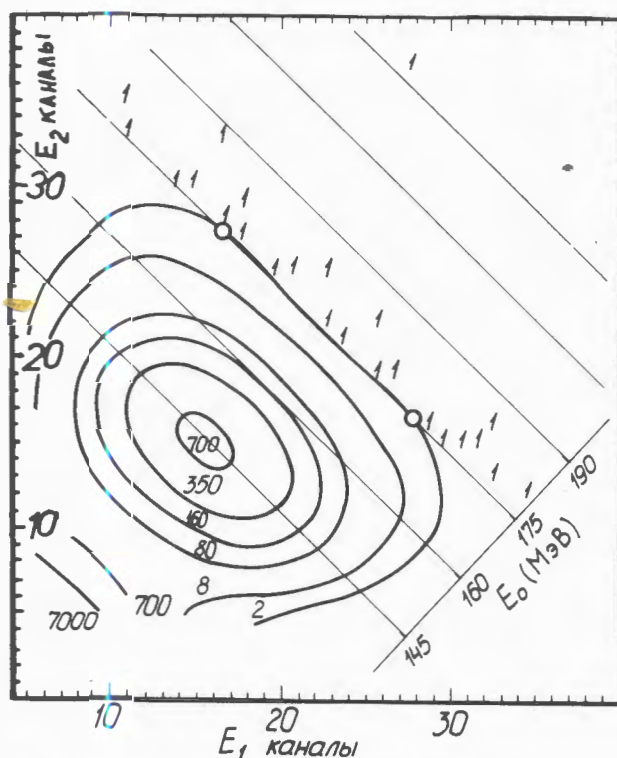


Рис. 25. Двумерный спектр осколков деления, зарегистрированный при облучении мишени /химическая переработка образцов метеорита Алленде/ ионами ${}^4\text{He}$. Указаны линии одинаковой полной кинетической энергии. Максимум при $E_{\text{кин}} = 145 \text{ МэВ}$ обусловлен делением ядер Tl-Bi . Отдельные импульсы при $E = 175 \text{ МэВ}$ вызваны делением ядер урана (-1C)⁹ атомов/.

Таблица 6

Распространенность элементов с $Z \geq 50$ в галактических космических лучах и Солнечной системе по отношению к ядрам группы железа.

Z ядер	Треки в оливинах из метеоритов		Прямая регистрация в стопках эмульсий, пластиков		Распространенность элементов в Солнечной системе
	$N_{\text{тр}}$	N_Z/N_{Fe}	$N_{\text{тр}}$	N_Z/N_{Fe}	N_Z/N_{Fe}
≥ 50	4850	$1,5 \cdot 10^{-5}$	477	$1,8 \cdot 10^{-5}$	$3,4 \cdot 10^{-5}$
≥ 70	2425	$5,6 \cdot 10^{-6}$	195	$7,5 \cdot 10^{-6}$	$8,7 \cdot 10^{-6}$
≥ 80	1094	$2,4 \cdot 10^{-6}$	-	-	-
≥ 86	420	$9 \cdot 10^{-7}$	28	$7 \cdot 10^{-7}$	$1,1 \cdot 10^{-7}$
$\geq 90^*$	110	$1,8 \cdot 10^{-7}$	-	-	$1,1 \cdot 10^{-7}$

* - В предположении, что только треки с $L \geq 710$ мкм обусловлены ядрами с атомным номером $Z \geq 90$.

денного деления под действием α -частиц циклотрона У-200. Калибровочные измерения с образцами золота и урана показали, что можно обнаружить $\geq 5 \cdot 10^7$ атомов СТЭ на фоне 10^{11} атомов урана, если полная кинетическая энергия осколков деления СТЭ превышает 220 МэВ.

Были проведены измерения /рис. 25/ на образцах, полученных методом газовой химии из метеорита Алленде и из некоторых продуктов челекенских рассолов. Достигнутый предел чувствительности составил 10^8 атомов СТЭ в мишени.

Исследована возможность проведения экспериментов по определению массового числа нового нуклида с помощью масс-сепаратора и наблюдению эффекта спонтанного деления на приемном устройстве сепаратора. Контрольные эксперименты, в которых проводилось разделение по массам легких аналогов СТЭ, показали, что эффективность сепарации составляет 5-10%. Это позволяет проводить исследования с образцами весом 2-3 г, имеющими активность спонтанного деления около 10 дел/сутки.

Измерены длины 5000 треков, создаваемых космическими ядрами с $Z \geq 50$ в оливинах некоторых метеоритов. Полученные результаты о распространенности тяжелых космических ядер согласуются с данными для распространенности элементов Солнечной системы и с результатами, полученными в опытах по прямой регистрации с помощью стопок трековых детекторов /табл. 6/.

Установлена верхняя граница распространенности сверхтяжелых ядер в космических лучах на уровне $/3-9/ 10^{-3}$ от интенсивности ядер группы урана - тория.

Синтез
и исследование свойств
трансформированных изотопов

Многочисленные эксперименты по синтезу сверхтяжелых элементов в реакциях полного слияния не внесли ясности в проблему существования гипотетических ядер в области $Z \geq 110$ и $N \sim 184$. Интерпретация результатов этих экспериментов неоднозначна и требует допол-

нительного изучения. Поэтому представляет интерес дальнейшее исследование стабильности тяжелых ядер с $Z > 100$.

Систематическое исследование спонтанного деления изотопов курчатовия $/Z = 104/$ привело к установлению иного характера зависимости периода спонтанного деления $T_{с.д.}$ от нуклонного состава ядер курчатовия по сравнению с имевшей место зависимостью $T_{с.д.}(N)$ для Cf, Fm и элемента 102. Новая зависимость находит качественное объяснение в рамках динамических расчетов проницаемости барьера деления, согласно которым скачок в свойствах при переходе от элемента 102 к курчатовию связан с исчезновением второго пика двугорбого барьера.

Как следствие появления узкого одногорбого барьера у ядер курчатовия и более тяжелых элементов теорией предсказывается плавная функция $T_{с.д.}(N)$ и скачкообразное уменьшение факторов запрета на спонтанное деление ядер с нечетным числом нуклонов /рис. 27/.

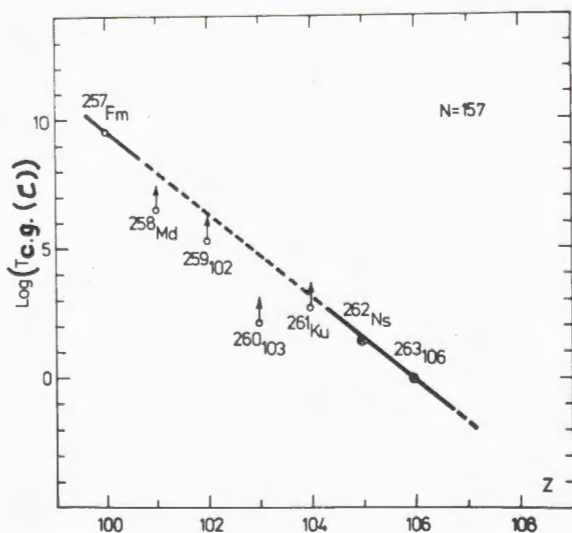


Рис. 27. Зависимость периодов спонтанного деления для изотопов с числом $N = 157$ от порядкового номера элемента.

В связи с этим определена ветвь спонтанного деления /а следовательно, и парциального значения $T_{с.д.}$ / изотопов $^{262}\text{105}$ и $^{263}\text{106}$, ранее идентифицированных по α -распаду.

Эксперименты проведены на пучке ионов ^{18}O , ускоренных на 200-сантиметровом изохронном циклотроне. Использовалась установка, работающая по принципу магнитофона, с длинной никелевой лентой - сборником атомов отдачи и трековыми детекторами осколков.

В качестве реакций синтеза были выбраны следующие:
 $^{249}\text{Bk} (^{18}\text{O}, 5n)^{262}\text{105}$ и $^{249}\text{Cf} (^{18}\text{O}, 4n)^{263}\text{106}$.

Идентификация изотопов выполнялась путем измерения периодов полураспада и функций возбуждения.

В первом случае наблюдалась спонтанно делящаяся активность с $T_{1/2} = 35_{-7}^{+10}$ с, во втором - с $T_{1/2} = 0,64_{-0,18}^{+0,32}$ с. В экспериментах было установлено, что доминирующим типом распада обоих изотопов является не α -распад, а спонтанное деление, доля которого составляет ~60% для $^{262}\text{105}$ и ~70% для $^{263}\text{106}$.

Из этих экспериментов, а также из теории следует, что времена жизни тяжелых изотопов с $Z \geq 107$ не столь катастрофически малы /рис. 26/, как это следовало из простейших экстраполяций.

Важным промежуточным этапом при переходе от известных изотопов элементов с $Z > 104$ к СТЭ является синтез 108-го элемента. Проведены эксперименты, нацеленные на синтез изотопов 108 элемента в реакциях $^{207,208}\text{Pb} + ^{58}\text{Fe}$ и $^{226}\text{Ra} + ^{48}\text{Ca}$. Для первой реакции установка регистрировала ядра, испытывающие спонтанное деление с $T_{с.д.} \geq 0,1$ мс. Получен верхний предел сечения образования изотопов 108 элемента $\sigma \leq /2 \div 3/ \cdot 10^{-35} \text{см}^2$, что примерно в 100 раз ниже оценок, основанных на данных о сечениях аналогичных реакций $^{208}\text{Pb} + ^{54}\text{Cr}$

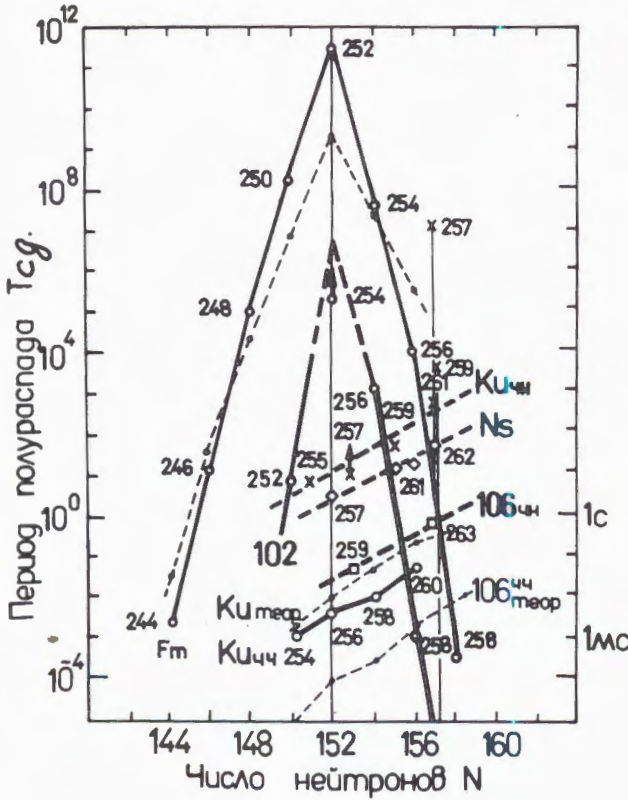


Рис. 26. Систематика периодов спонтанного деления ядер от фермия до элемента 106. $T_{с.д.} = f(N)$.

и $^{208}\text{Pb} + ^{55}\text{Mn}$, использованных для синтеза 106 и 107 элементов. Поэтому результат опытов, по всей видимости, означает, что для изотопов $^{263-265}\text{108}$ $T_{1/2} \leq 0,1$ мс.

Продуктами реакции $^{226}\text{Ra} + ^{48}\text{Ca}$ должны быть тяжелые изотопы $^{271, 272}\text{108}$, которые по оценкам имеют $T_{с.д.} \sim 10^{-1} - 10^1$ с. Однако в экспериментах не наблюдалось ни одного события спонтанного деления с $T_{1/2} \geq 1$ мс, что дает верхний предел $\sigma \leq 3 \cdot 10^{-35} \text{ см}^2$. Не наблюдался также α -распад ^{255}Fm - дочернего продукта цепочки α -распада $^{271}\text{108}$, что дает предел $\sigma \leq 10^{-34} \text{ см}^2$ /рис. 28/.

Дальнейшее повышение чувствительности и экспрессности экспериментов является важным не только для получения данных о стабильности тяжелых изотопов 108 элемента, но и для получения информации о вероятности полного слияния ионов ^{48}Ca с ^{226}Ra , что существенно для оценки возможности синтеза СТЭ в реакциях $^{248}\text{Cm} + ^{48}\text{Ca}$ и др.

Проведено исследование основных характеристик распада сильнодефицитных составных ядер, образующихся в реакциях слияния с ионами ^{48}Ca . Мишени из ^{208}Pb , ^{209}Bi и из естественной смеси изотопов Tl облучались ускоренными ионами ^{48}Ca при максимальных энергиях 224, 236 и 223 МэВ соответственно. В этих реакциях измерены интегральные выходы продуктов ^{246}Cf , ^{252}Fm , ^{254}Fm и ^{255}Fm в

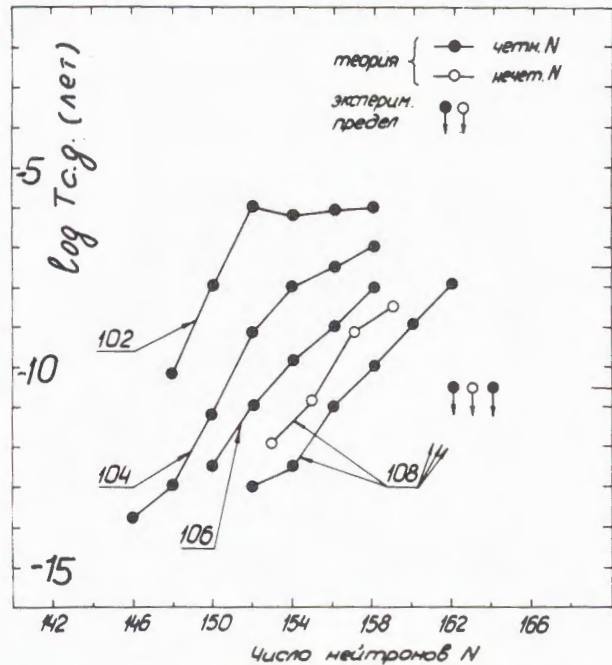


Рис. 28. Теоретические значения $T_{с.д.}$ и экспериментальные пределы, полученные в работах по синтезу изотопов 108 элемента.

интервале от максимальной энергии пучка до барьера слияния ионов ^{48}Ca с ядрами мишени. Так как эксперименты проведены вблизи кулоновского барьера слияния исследуемых ядер, то предполагалось, что весь измеренный выход изотопов связан с различными каналами девозбуждения составного ядра. Получены экспериментальные интегральные сечения, просуммированные по всем возможным испарительным каналам, ведущим к образованию данного изотопа и проведено сравнение их с расчетными /табл. 7/. Метод расчета /рис. 29/ основан на статистическом рассмотрении процесса девозбуждения составного ядра в ферми-газовом приближении для плотности уровней. На всех ступенях испарительного каскада, кроме последней, использовались жидкокапельные барьеры деления, зависящие от углового момента, на последней ступени использовалась величина барьеров для основного состояния

ядер. Результаты приведены в табл. 7. Для всех изученных ядер получено качественное согласие расчетных и экспериментальных суммарных интегральных сечений.

Измерены вероятности запаздывающего деления изотопов ^{248}Es / $Q_{\beta} = 3,0 \text{ МэВ}$ и ^{242}Bk / $Q_{\beta} = 3,1 \text{ МэВ}$ /. При столь малой энергии β -распада деление происходит в глубокоподбарьерной области. Анализ полученных значений вероятностей запаздывающего деления изотопов Es и Bk показал, что высота барьера деления нейтронодефицитных изотопов Cm и Cf составляет $6,0 \pm 0,5 \text{ МэВ}$. Таким образом установлено, что высота барьеров деления практически не меняется в широком диапазоне Z и A от Th до Cf.

Таблица 7

Реакция	Макс. $E_{\text{лаб}}$ ионов ^{48}Ca МэВ	Наблюдаемый изотоп	$\Sigma_{\text{эсп.}}$ см ² МэВ	$\Sigma_{\text{расч.}}$ см ² МэВ
$^{207}\text{Tl} + ^{48}\text{Ca}$	223	^{246}Cf	$/1,3 \pm 0,2/ \cdot 10^{-30}$	$7,8 \cdot 10^{-31}$
		^{252}Fm	$/2 \pm 0,5/ \cdot 10^{-31}$	$1,9 \cdot 10^{-31}$
$^{208}\text{Pb} + ^{48}\text{Ca}$	224	^{246}Cf	$/4,0 \pm 0,6/ \cdot 10^{-29}$	$1,4 \cdot 10^{-29}$
		^{254}Fm	$/4,2 \pm 0,3/ \cdot 10^{-30}$	$1,5 \cdot 10^{-30}$
		$^{252}\text{Fm} + ^{255}\text{Fm}$	$/1,2 \pm 0,2/ \cdot 10^{-30}$	$1,1 \cdot 10^{-30}$
$^{209}\text{Bi} + ^{48}\text{Ca}$	236	^{246}Cf	$/3,9 \pm 0,3/ \cdot 10^{-31}$	$3,2 \cdot 10^{-31}$
		$^{252}\text{Fm} + ^{255}\text{Fm}$	$/9,3 \pm 1,6/ \cdot 10^{-31}$	$1,2 \cdot 10^{-30}$

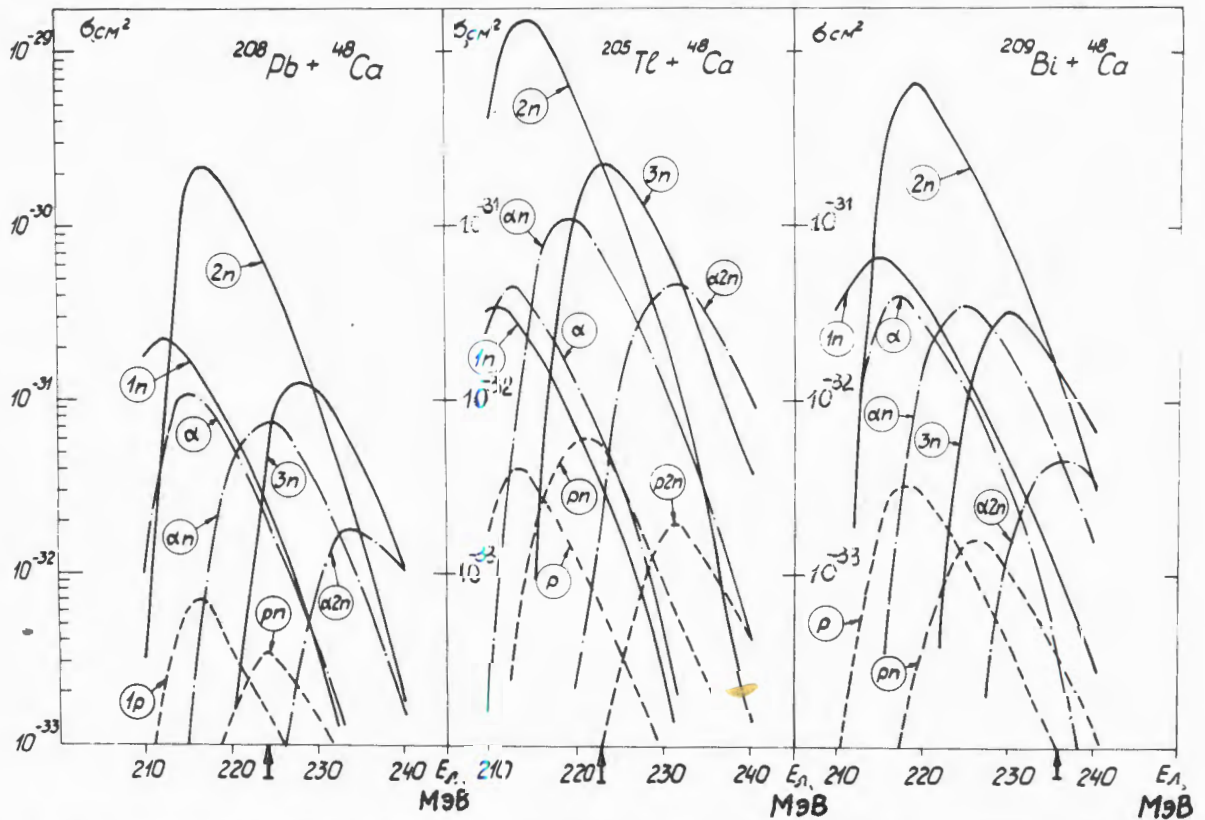


Рис. 29. Расчетные функции возбуждения для реакций $^{208}\text{Pb} + ^{48}\text{Ca}$, $^{205}\text{Tl} + ^{48}\text{Ca}$ и $^{209}\text{Bi} + ^{48}\text{Ca}$. Стрелками обозначены максимальные энергии ионов ^{48}Ca в лабораторной системе.

Механизм взаимодействия тяжелых ионов с ядрами

Изучались различные характеристики, в том числе и массовое распределение осколков деления, образующихся при делении ^{237}Np , ^{238}U , ^{242}Pu и ^{243}Am ионами ^4He в диапазоне энергий 24-36 МэВ с целью определения зависимостей вклада симметричного и асимметричного способов деления от энергии возбуждения. Для этого использовался корреляционный метод измерения энергии парных фрагментов, который позво-

ляет кинематически выделить процессы, связанные с полной передачей импульса бомбардирующей частицы ядру мишени /реакция полного слияния/. Энергетическое разрешение полупроводниковых детекторов осколков в такой постановке опыта было не хуже 5%, что позволяло определять массу с точностью не хуже $\pm 2,5$ массовых единиц. Выведенный пучок α -частиц с энергетическим разрешением не хуже 1% был получен на циклотроне У-200. Вариация энергии α -частиц осуществлялась выводом пучка с различных радиусов ускорения без ухудшения энергетического разрешения. При минимальной энергии возбуждения во всех случаях отчетливо проявляются два пи-

ка, обусловленные влиянием оболочек. С ростом энергии возбуждения составного ядра для всех ядер наблюдается увеличение вклада симметричного деления, причем в случае деления составного ядра ^{247}Bk начинает отчетливо проявляться третий пик, соответствующий симметричному делению /рис. 30/. Этот результат можно, по-видимому, рассматривать как указание на то, что при симметричном делении ^{247}Bk проявляется влияние замкнутой оболочки $Z = 50$ в такой же степени, как влияние оболочки с $Z = 82$ при асимметричном делении. В рамках диффузионной модели с учетом оболоч-

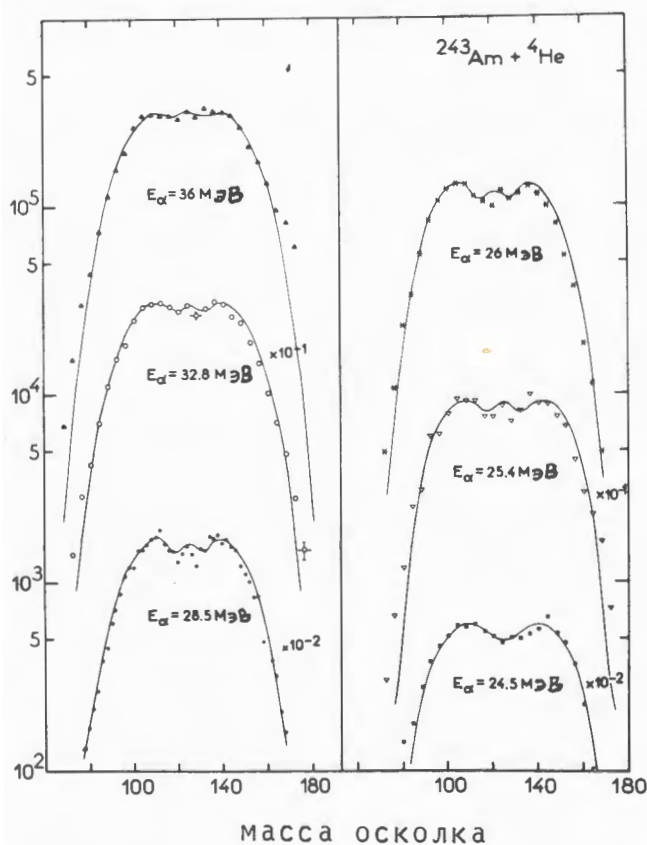


Рис. 30. Массовые распределения осколков деления, образующихся в реакции $^{243}\text{Am} + ^4\text{He}$ при различных энергиях α -частиц.

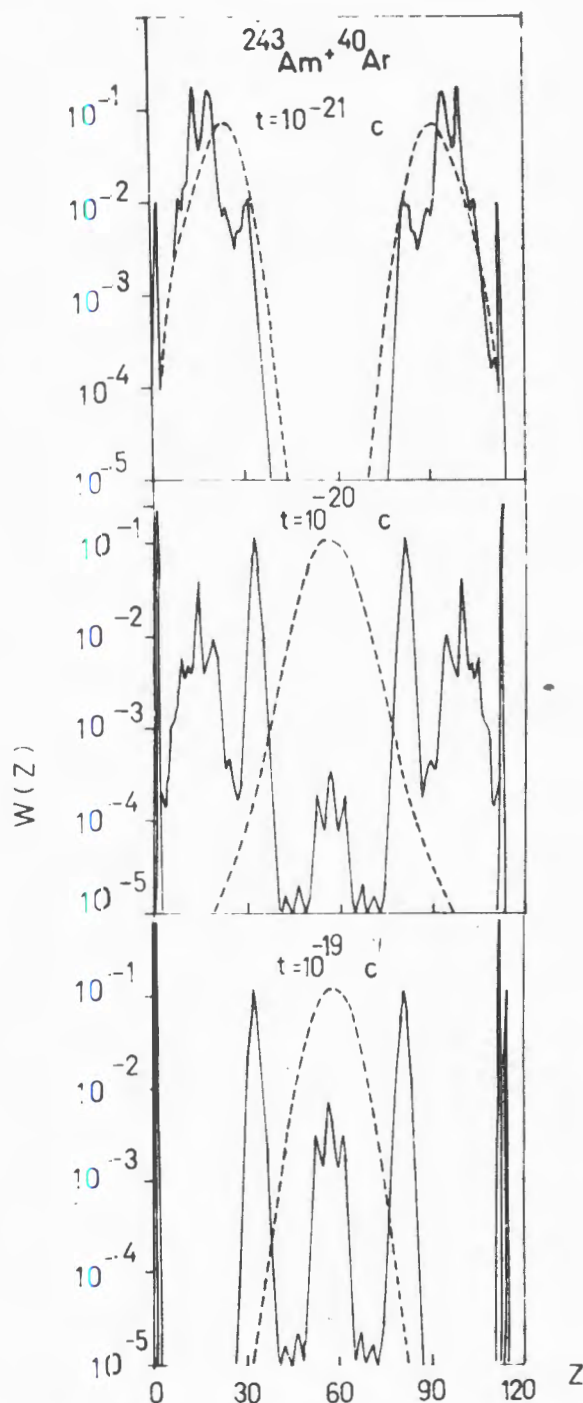


Рис. 31. Зависимость расчетных вероятностей $W(Z)$ при трех значениях времени диффузии t . Энергия ионов аргона ~ 222 МэВ.

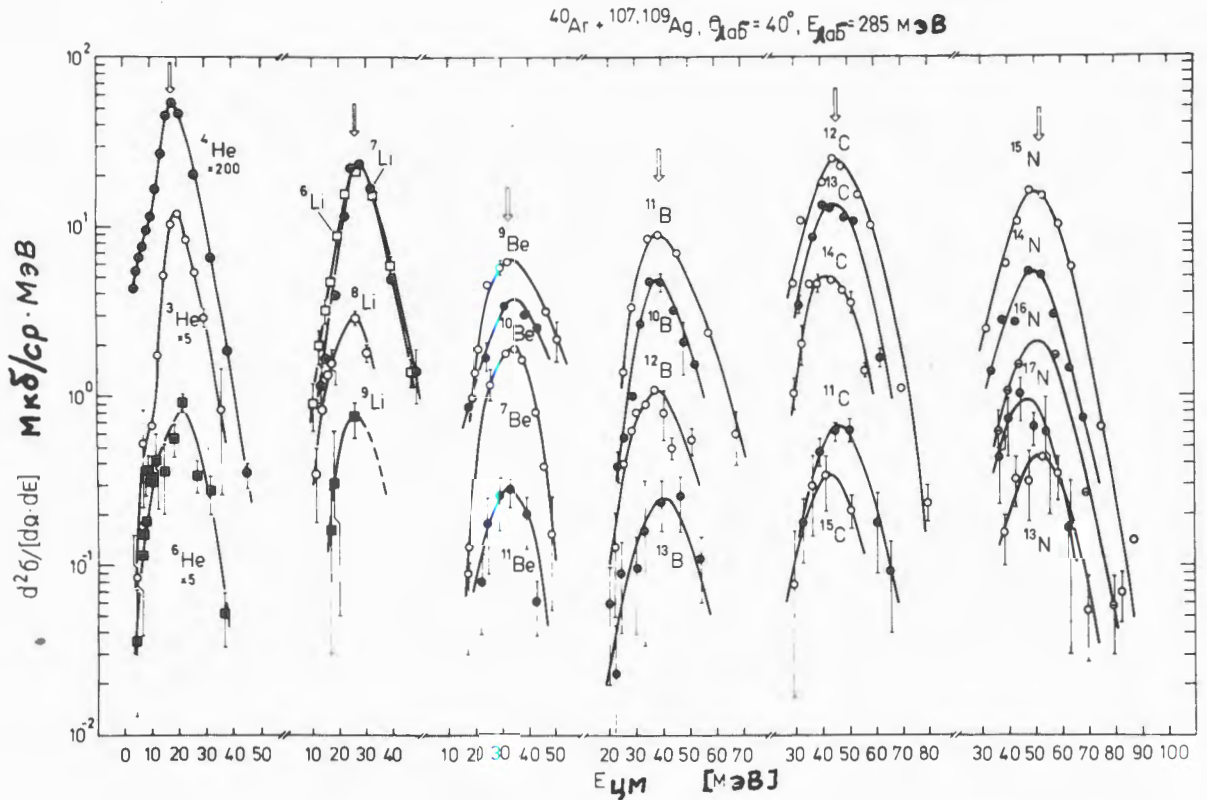


Рис. 32. Спектры полной кинетической энергии распада двойной ядерной системы в случаях, когда легкими фрагментами являются изотопы элементов от гелия до азота. Стрелки указывают выходные кулоновские барьеры для сферических фрагментов.

чечных поправок проанализированы массовые распределения продуктов распада тяжелых составных систем, образующихся при взаимодействии ядер ^{238}U и ^{243}Am с тяжелыми ионами. Полученная оценка времени жизни составной системы $\sim 10^{-19}$ с близка к той, которая требуется для статистического рассмотрения процесса деления составных ядер /рис. 31/.

Изучалась роль α -кластерной конфигурации в эволюции и распаде двойной ядерной системы /ДЯС/, формирующей-

ся в глубоконеупругих столкновениях сложных ядер. В реакции $^{107,109}\text{Ag} + ^{40}\text{Ar} /285 \text{ МэВ}/$ были измерены энергетические спектры и сечения образования изотопов гелия: ^3He , ^4He , ^6He для угла вылета 40° а также угловые распределения элементов от водорода до углерода. Установлено, что энергетические спектры изотопов гелия имеют форму, подобную энергетическим спектрам более тяжелых продуктов глубоконеупругих передач /рис. 32/, сечения их образования подчиняются Q_{qq} -систематике /рис. 33/, а угловое распределение α -

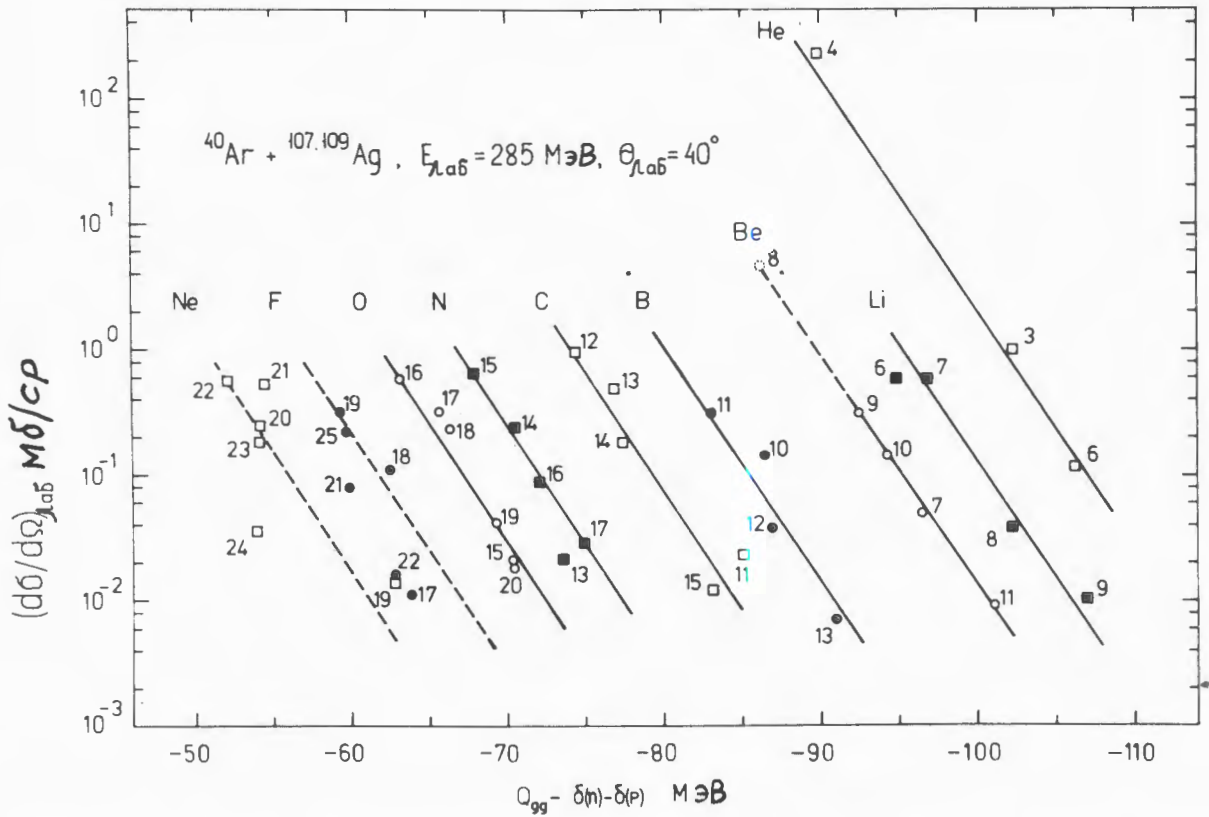


Рис. 33. Q_{qq} -систематика сечений образования изотопов элементов от гелия до неона. $\delta(n)$ и $\delta(p)$ - поправки на неспаривание для переданных в реакции нейтронов и протонов.

частиц асимметрично в с.ц.м. относительно угла 90° . Эти данные позволяют сделать вывод, что зарегистрированные α -частицы в основном являются продуктами распада α -кластерной конфигурации ДЯС. Такая конфигурация формируется в процессе эволюции исходной ДЯС. Обращает на себя внимание сильное доминирование α -канала среди других каналов реакций передачи: сечение образования α -частиц на два порядка превышает сечение образования любого другого продукта глубоконеупругих передач, несмотря на то, что по Z и A ядро

${}^4\text{He}$ наиболее удалено от исходного ядра ${}^{40}\text{Ar}$.

В статистическом подходе выполнены расчеты угловых распределений нейтронов, образующихся при распаде составных ядер при облучении мишеней от Ge до U различными тяжелыми ионами. Получено удовлетворительное согласие при использовании значений температуры, соответствующих систематике, полученной при анализе времен жизни составных ядер /рис. 34/.

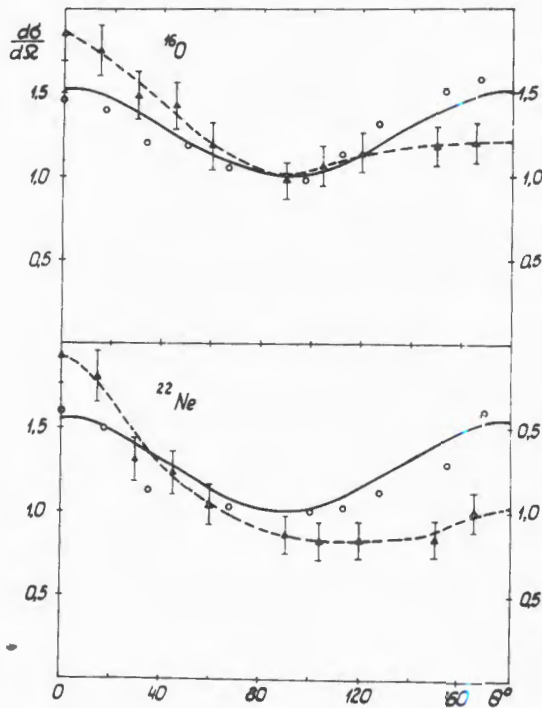


Рис. 34. Угловые распределения нейтронов, образующихся при облучении ^{209}Bi ионами ^{16}O и ^{22}Ne с энергией 137 и 174 МэВ соответственно. Δ - экспериментальные точки в лабораторной системе, \circ - экспериментальные точки в системе центра инерции.

Исследование атомных столкновений

В экспериментах с ускоренными ионами Ni, Kr, Nb, Xe и Bi /энергия ионов ~ 1 МэВ/нукл./ продолжались исследования свойств квазимолекулярного рентгеновского излучения и механизма возбуждения внутренних электронных оболочек. Установлен одноступенчатый характер образования вакансий в $2p\sigma$ -состоянии и двухступенчатый для $1s\sigma$ -состояния тяжелых квазимолекул. Изучена зависимость сечения ионизации К-оболочек от параметра столкновения при рассеянии Ni + Ni.

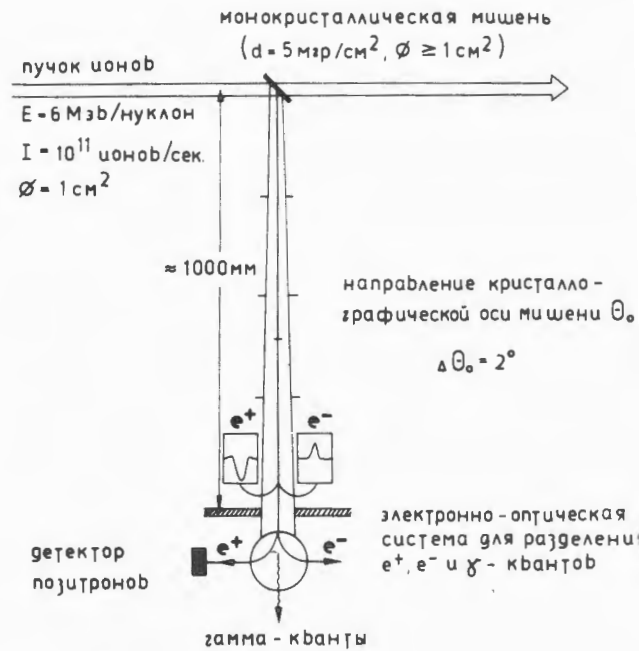


Рис. 35. Схема возможного эксперимента по разделению атомной и ядерной компонент позитронного спектра с использованием эффекта теней на монокристаллической мишени.

Для исследования процесса рождения позитронов в сверхкритическом поле двух сталкивающихся тяжелых ионов предложен оригинальный метод экспериментального разделения атомных и ядерных позитронов, основанный на возможности разделения временных компонент методом теней в экспериментах на монокристаллических мишенях /рис. 35/.

Экспериментальная аппаратура и научно-прикладные работы

Разработаны два автономных многомерных измерительных модуля, работаю-

щих на линии с ЭВМ Минск-32: модуль гамма-гамма-совпадений для двумерного амплитудного анализа и модуль ДВПМ для двухплечевого время-пролетного спектрометра. Разработан комплекс блоков КАМАК для организации многомерных измерений, позволивший осуществить проведение трех экспериментов на пучках ускорителей У-200 и У-300. Создан рентгеновский спектрометр на полупроводниковом детекторе с разрешением не хуже 180 эВ. Создана установка для поиска сверхтяжелых элементов в природе с повышенной эффективностью регистрации нейтронов и запуском от гамма-квантов. Разработан комплекс аппаратуры для ускорителя У-400: модулятор высокочастотного генератора, интегратор тока, коммутатор многоламельных пробников, регистратор - измеритель распределения интенсивности пучка по радиусу.

Создана электронная аппаратура для определения масс продуктов ядерных реакций по измерению времени пролета. Полученное временное разрешение 0,8 нс позволяет определять массы тяжелых продуктов с точностью до одной массовой единицы.

Подготовлена экспериментальная методика для измерений совпадений осколков запаздывающего деления с X-лучами, испускаемыми при К-захвате или внутренней конверсии.

Разработан новый детектор осколков деления - диэлектрический пробойный счетчик, позволяющий надежно отделять осколки деления от легких заряженных частиц.

Для измерения времени пролета продуктов ядерных реакций с тяжелыми ионами применен тонкий лавинный детектор, разработанный в ЦИЯИ /Россен-

дорф, ГДР/. Временное разрешение этого детектора на ионах Хе равно ~370 пс, энергетическое разрешение ~15%. Возможности применения лавинного детектора испытаны в экспериментах по рассеянию ионов ^{136}Xe на мишени из золота /~100 мкг/см²/, напыленного на 50 мкг/см² углеродную подложку. Рассеянные под углом 45° ионы ксенона, ядра отдачи золота и углерода, прошедшие через лавинный детектор, регистрировались полупроводниковым детектором. Проведен двумерный анализ по времени пролета и остаточной энергии продуктов реакции $^{197}\text{Au} + ^{136}\text{Xe}$ /рис. 36/.

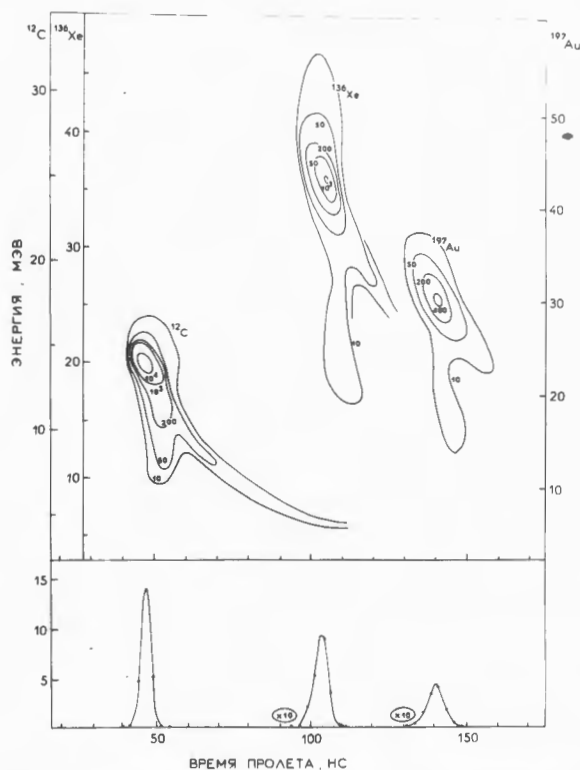


Рис. 36. Двумерный спектр рассеянных ионов ^{136}Xe и ядер отдачи ^{197}Au и ^{12}C , выбитых из подложки /по оси абсцисс представлено распределение по времени пролета, по оси ординат - остаточная энергия/. Для сравнения приведен одномерный спектр.

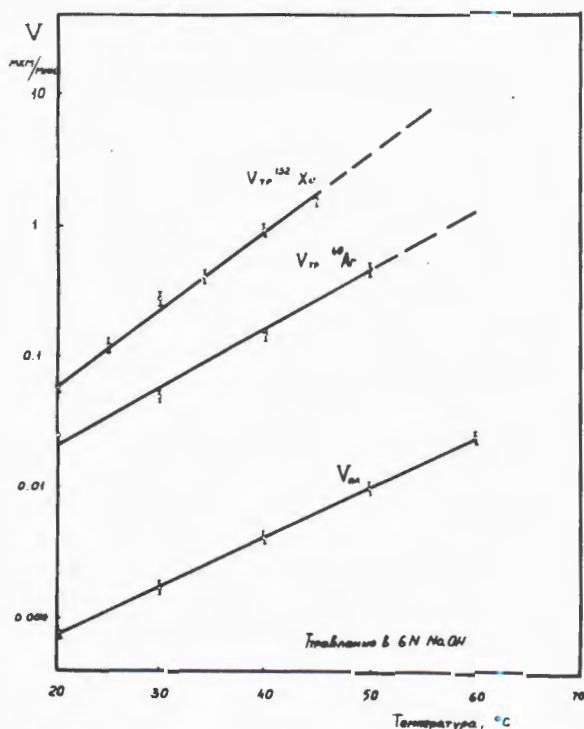


Рис. 37. Температурные зависимости скорости травления пластика $V_{(i)}$ и скорости травления разрушенных участков полимера вдоль трека тяжелых ионов $V_{тр}$ для ионов аргона и ксенона в лавсане.

Исследована возможность применения микротрона для активационного способа определения урана в объектах сложного химического состава. Плотность потока нейтронов с энергией 4,9 эВ в зоне активации образцов составляла $2 \cdot 10^7 \text{ н/см}^2 \text{ с}$.

Чувствительность определения содержания урана по изотопу ^{239}U равна $1 \cdot 10^{-7} \text{ г/г}$, по изотопу ^{239}Np - $1 \cdot 10^{-6} \text{ г/г}$ при использовании для регистрации Ge-детектора с разрешением 500 эВ для энергии $E_\gamma = 74,7 \text{ кэВ}$.

Выполнен ряд исследований, направленных на более детальное изучение механизма образования пор в ядерных фильтрах на начальной стадии их форми-

рования. С помощью электролитической методики получены данные о зависимости скорости травления разрушенных участков полимера вдоль трека тяжелых ионов от величины удельной потери энергии ионов при разных режимах травления пленки /рис. 37/. Установлено наличие дисперсии времени сквозного протравливания полимерной пленки и ее влияние на дисперсию размеров пор ядерных фильтров. Выяснены особенности образования пор малого диаметра /менее 0,1 мкм/. Выполнена экспериментальная оценка размеров области радиационных нарушений, вызываемых в лавсановой пленке ускоренными тяжелыми ионами.

Изготовлено большое число опытных образцов ядерных фильтров, предназначенных для использования при решении различных прикладных задач, а также для проверки эффективности применения ядерных фильтров в новых областях науки и техники.

Разработки в области ускорителей

Четырехметровый изохронный циклотрон тяжелых ионов /У-400/, вступивший в строй действующих установок ОИЯИ, предназначен для выполнения широкой программы научных и прикладных исследований. Основной диапазон по массовому числу ускоряемых частиц $20 \leq A \leq 140$, максимальная энергия $\sim 10 \text{ МэВ/нукл}$. Необходимые для ряда прикладных исследований энергии $\sim 1-2 \text{ МэВ/нукл}$ будут обеспечены практически для всех ионов вплоть до $A \leq 240$.

Для масс $A \sim 40-70$ интенсивность ускоренных ионов составит $10^{13} - 10^{14} \text{ част./с}$. Этот диапазон является наиболее благоприятным для синтеза сверхтяжелых элементов.

Новый ускоритель представляет со-

бой циклотрон с азимутальной вариацией магнитного поля от 17 до 27,5 кЭ при средней величине 21,3 кЭ. Изохронная форма магнитного поля обеспечивается ступенчатыми кольцевыми шиммами и 10 парами кольцевых токовых корректирующих катушек. Имеется четыре пары азимутальных токовых катушек. На рис. 38 схематически представлен общий вид магнита У-400. Созданы газоразрядные ионные источники дугового типа с радиальным вводом в циклотрон.

Для вывода пучка ускоренных ионов из камеры ускорителя У-400 применяется метод экстракции пучков с помощью обдирки на тонкой углеродной пленке $/-40-60 \text{ мкг/см}^2/$. При прохождении частиц с зарядом Z_1 тонкой мишени, расположенной на выводном радиусе вблизи

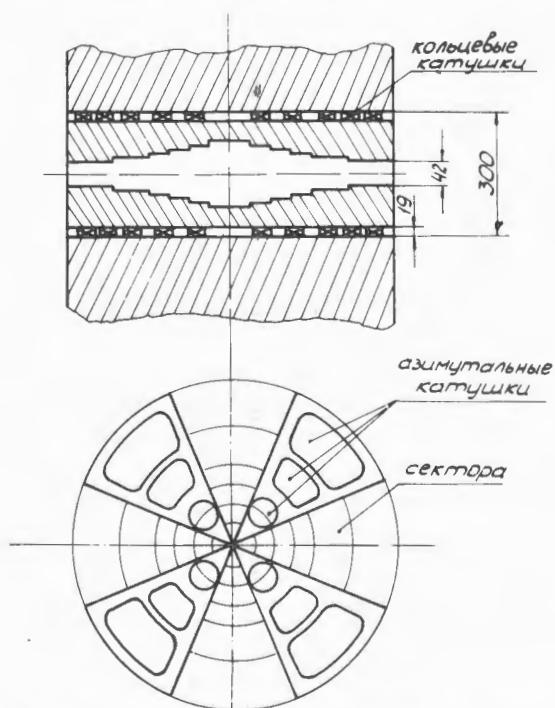


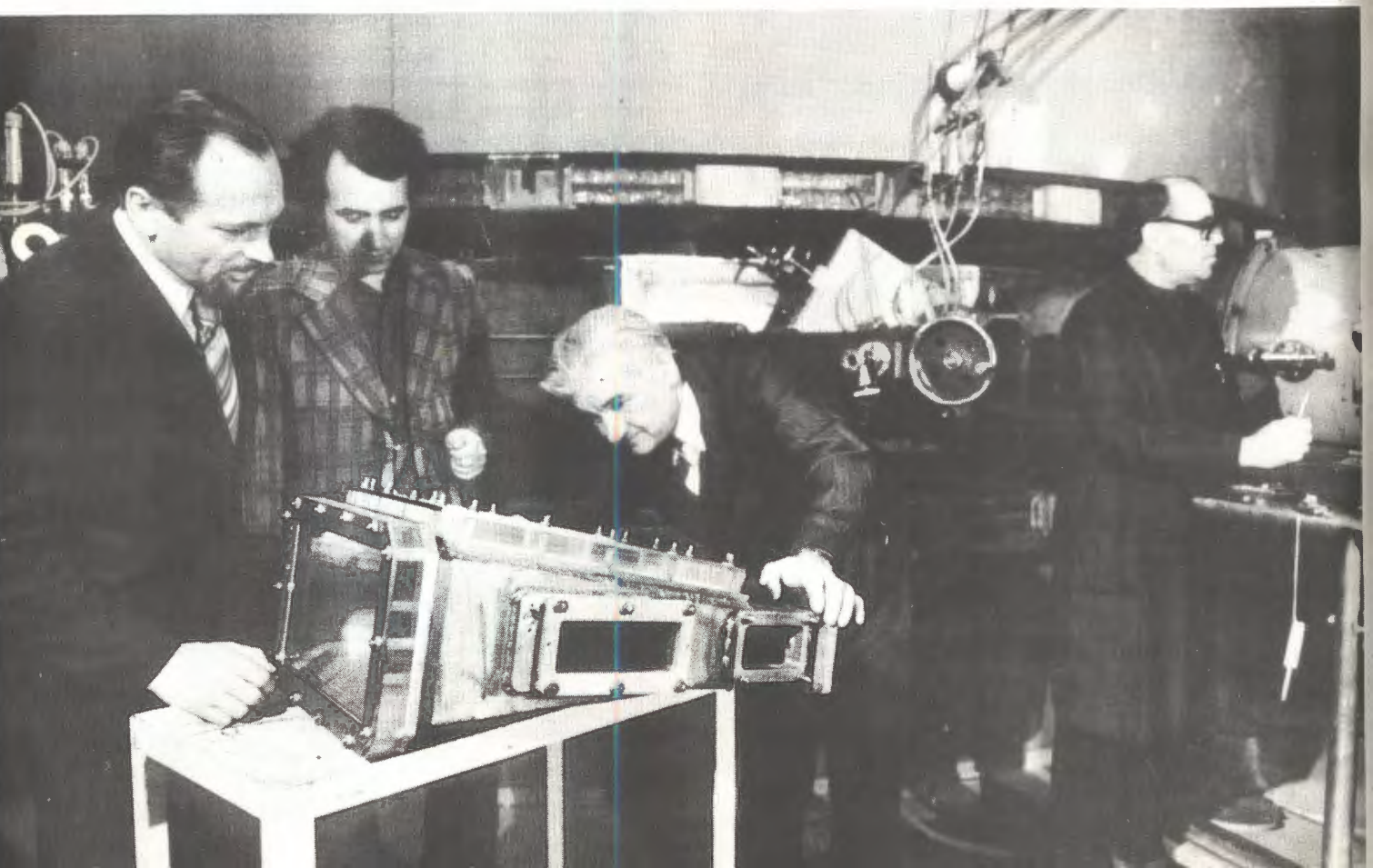
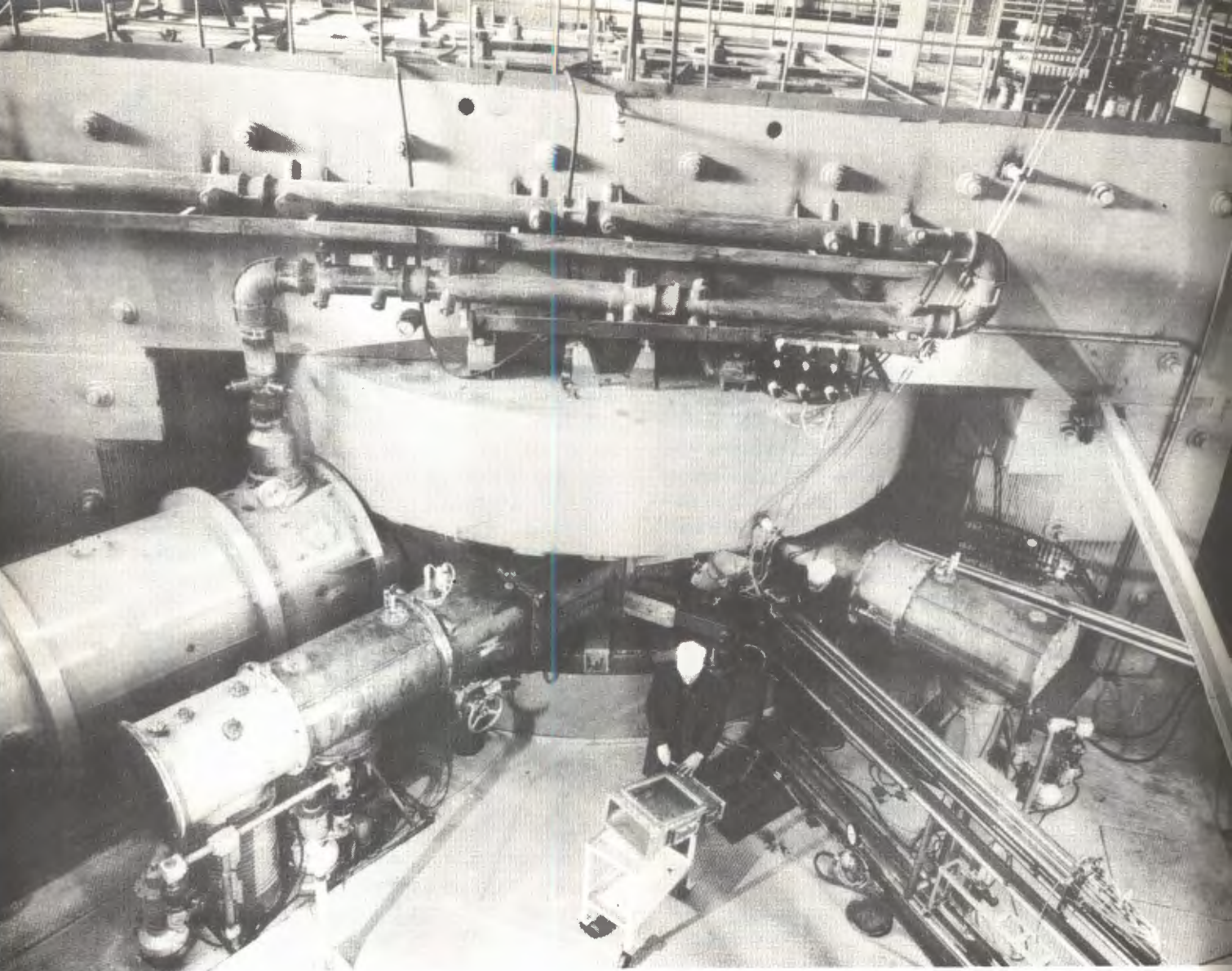
Рис. 38. Схематический вид магнита У-400. Изохронная форма магнитного поля обеспечивается ступенчатыми кольцевыми шиммами и 10 парами кольцевых токовых корректирующих катушек. Имеется четыре пары азимутальных токовых катушек.

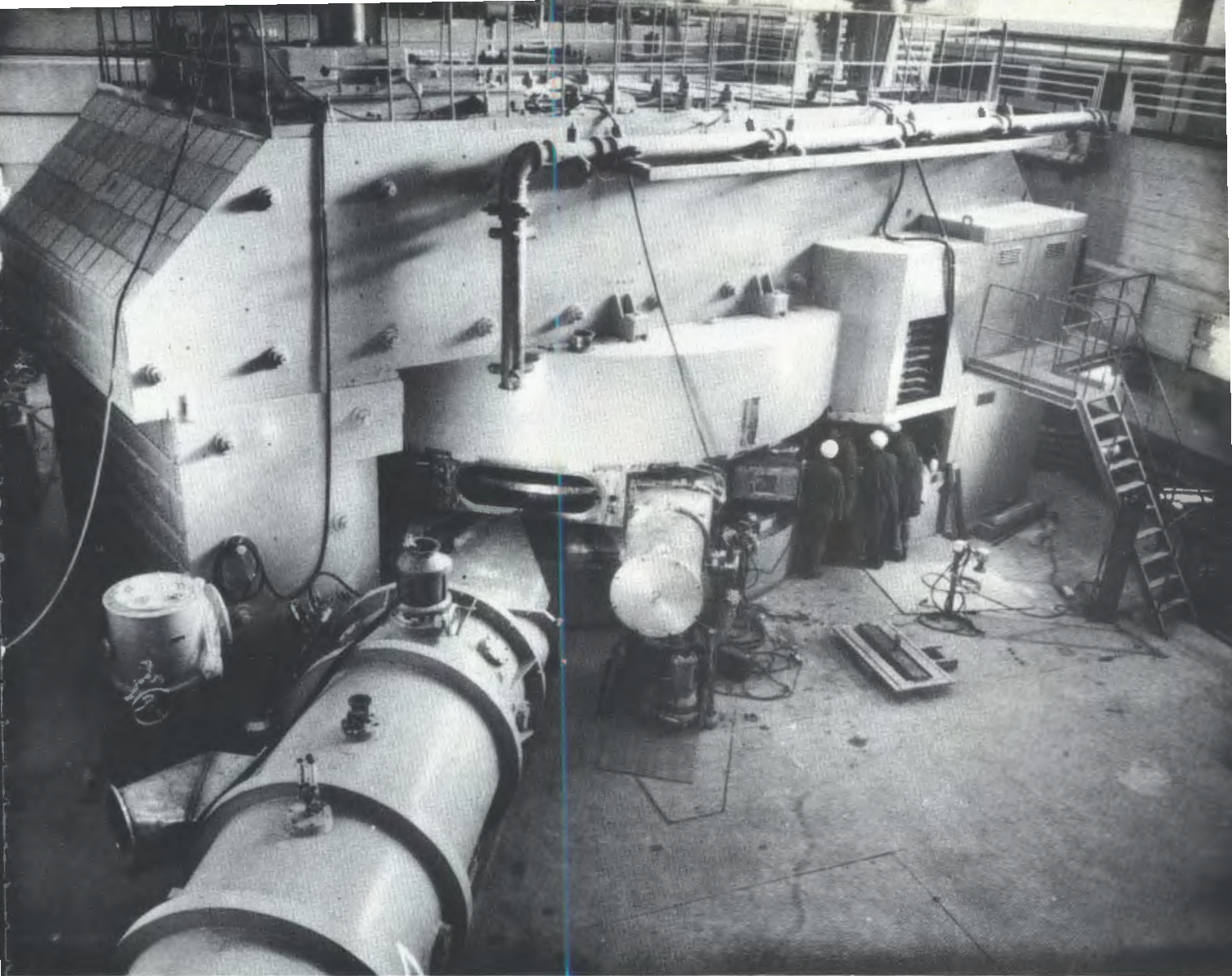
границы долина-холм, заряд иона возрастает до величины Z_2 , что приводит к радиальной неустойчивости движения пучка и выходу частиц из камеры ускорителя. Для тяжелых ионов образуется спектр частиц одинаковой энергии, но с разным зарядом, что позволяет выводить одновременно несколько пучков. Для получения хорошо сепарированных пучков используется двухоборотный вывод. Данный метод дает возможность осуществить плавное регулирование энергии выведенного пучка путем изменения углового и радиального положения мишени, что экспериментально проверено на циклотроне У-200.

Проведены эксперименты по выводу ионных пучков из У-400 в двух противоположных направлениях. Разрабатывалась система транспортировки внешних пучков, обеспечивающая их разводку на двух уровнях по 12 направлениям. Для проведения первоочередных экспериментов на У-400 проводилась работа по созданию установки для сепарации продуктов ядерных реакций /"Василиса"/, установки для измерения масс и энергий коррелированных продуктов ядерных реакций с тяжелыми ионами /двухплечевой время-пролетный спектрометр/, установки для исследования многонуклонных передач и глубоконеупругих процессов /магнитный спектрометр МС-А/.

Для обеспечения этих экспериментальных установок создается измерительный центр У-400.

Основные физические эксперименты проводились в истекшем году на циклотронах У-300 и У-200, время работы которых на экспериментальные исследования в соответствии с проблемно-тематическим планом составило 3200 и 3300 ч соответственно.

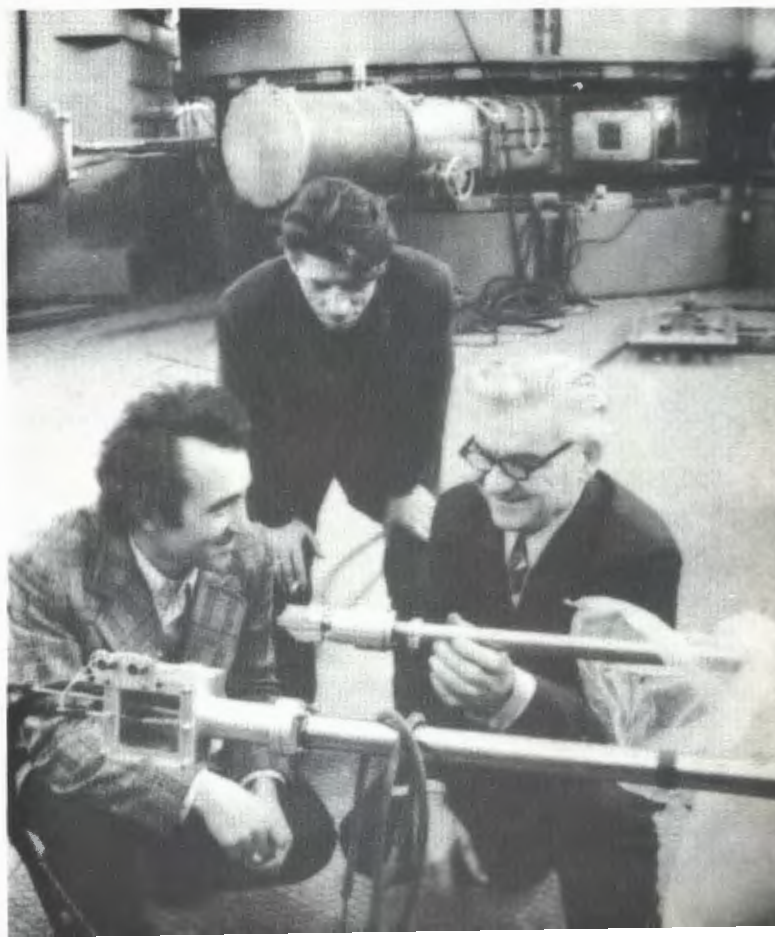




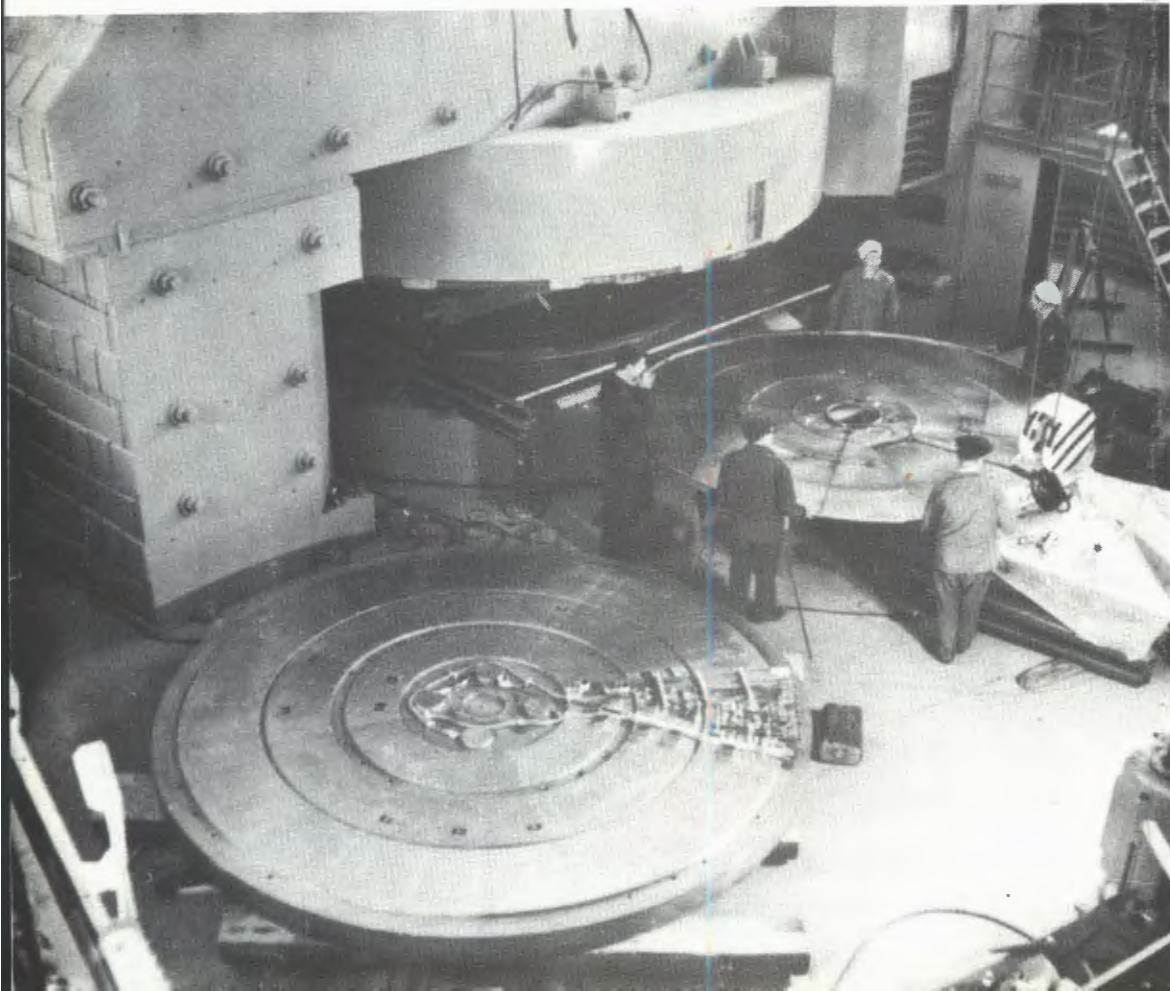
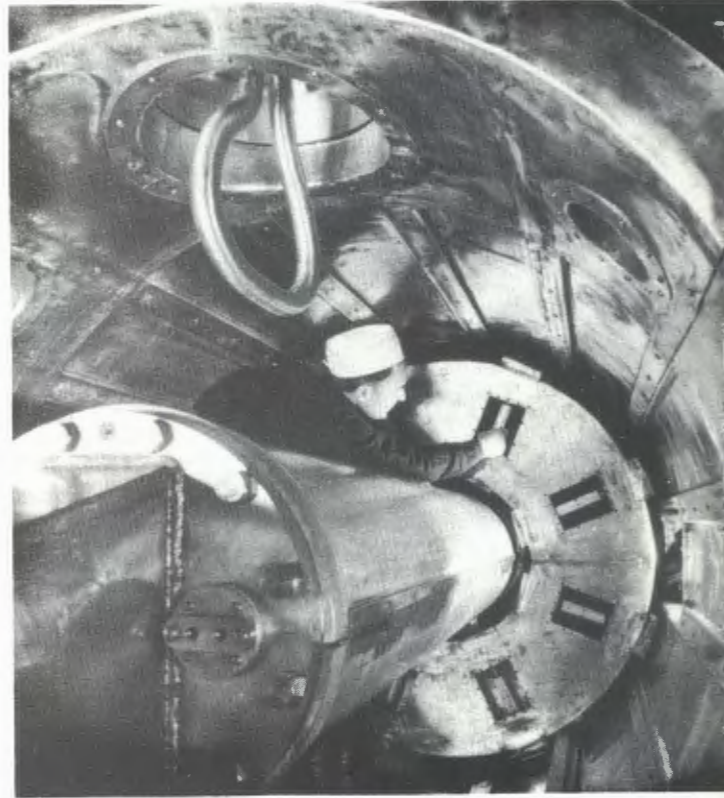
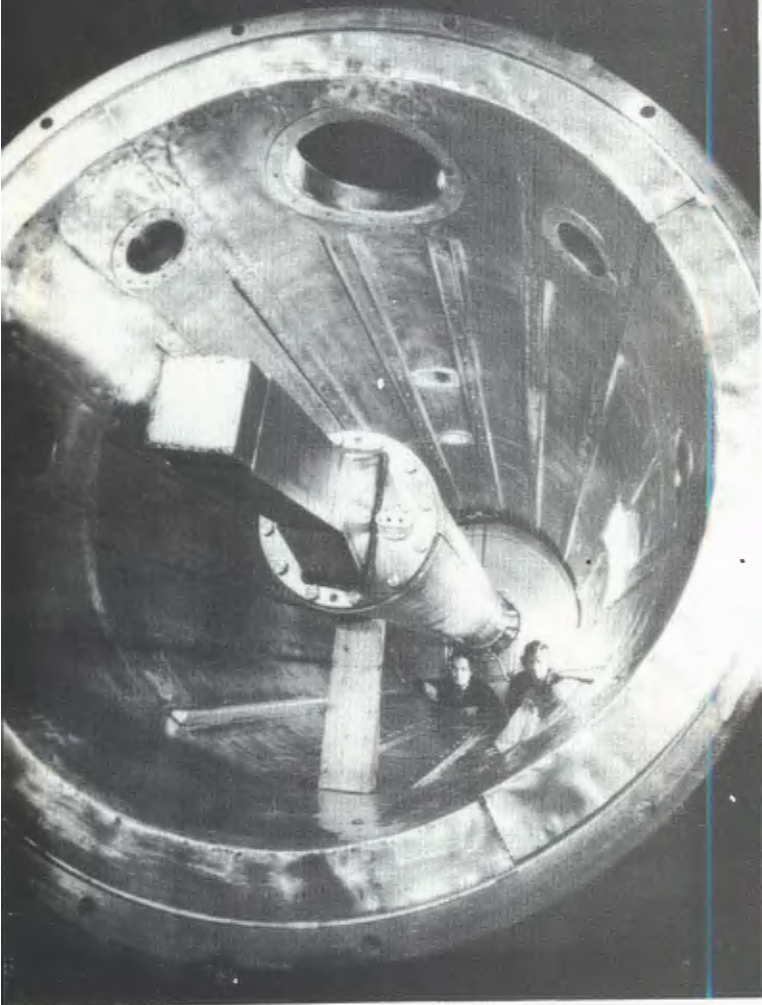
Конструкция электромагнита циклотрона У-400 позволяет получить в зазоре между полюсами высокий уровень магнитного поля. В циклотроне применяются ионные источники с радиальным вводом в ускоритель.

Пучок ускоренных ионов выводится из циклотрона в специальную камеру для визуального наблюдения.

Параметры внутреннего пучка ионов измеряются с помощью специальных токовых пробников.



Юстировка центрального штока и установка контактов закорачивающей пластины резонатора изохронного циклотрона У-400.

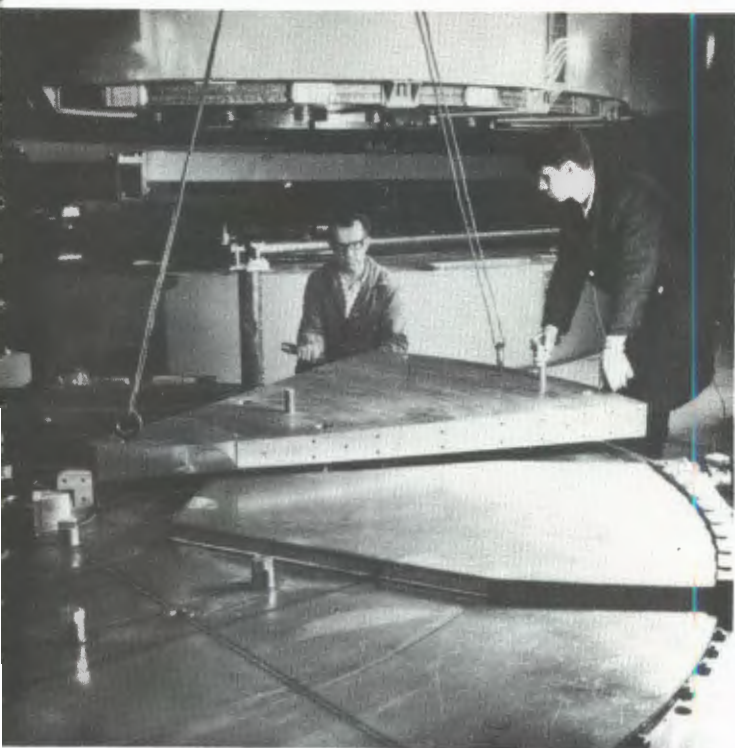


Вакуумный кожух корректирующих конденсаторов.

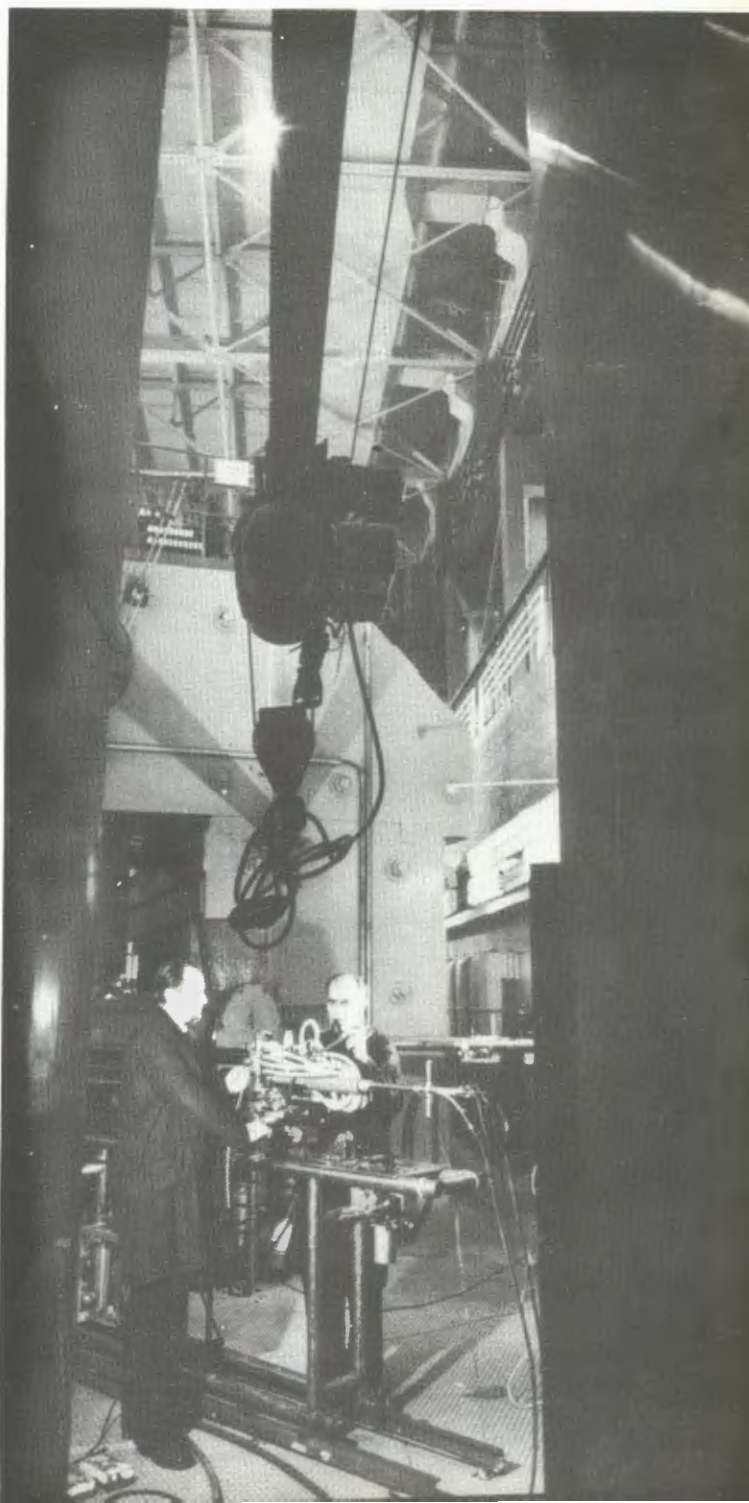


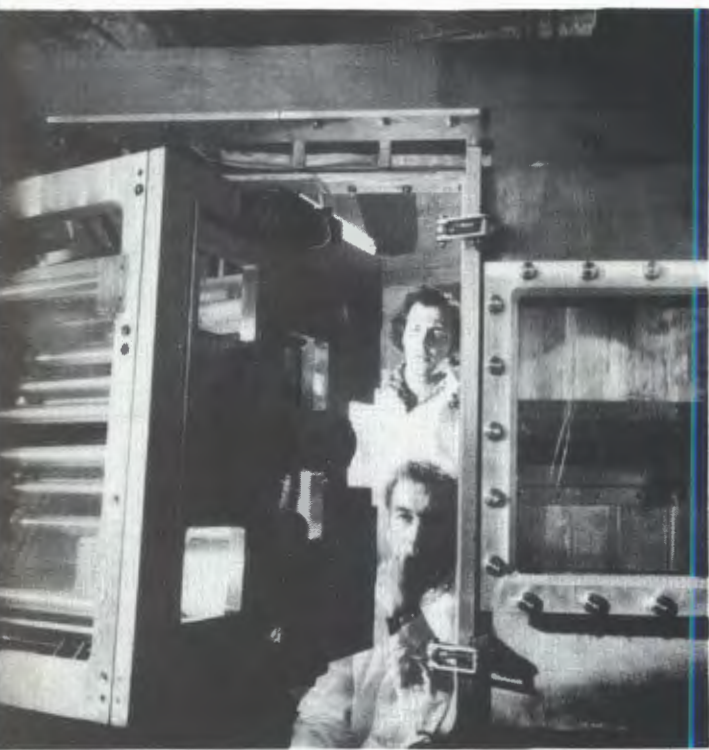
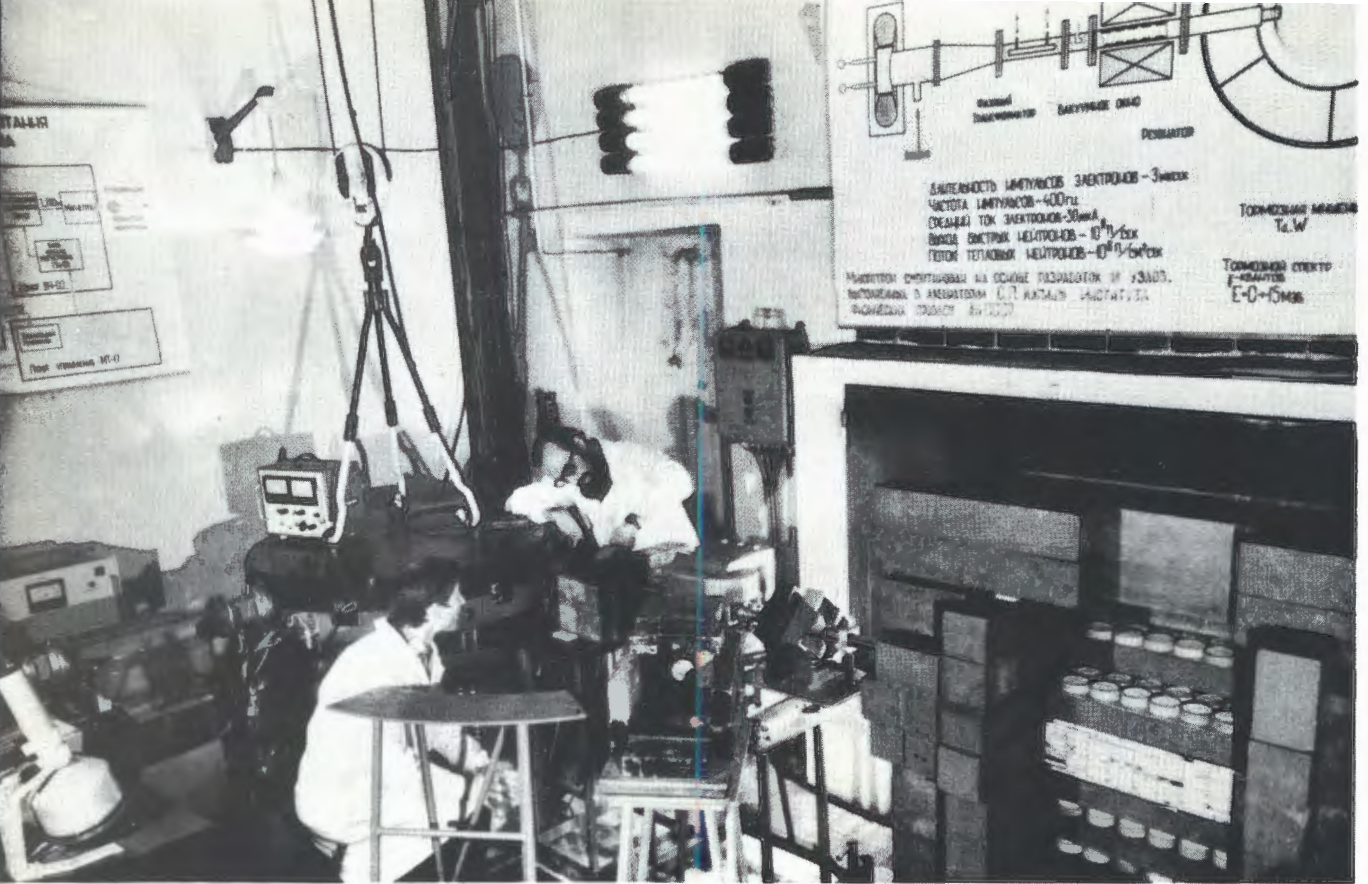
Монтаж катушек в зазоре между полюсами циклотрона.

Подготовка ионного источника к установке его в циклотрон.



Монтаж секторных накладок на полюсный диск магнита.



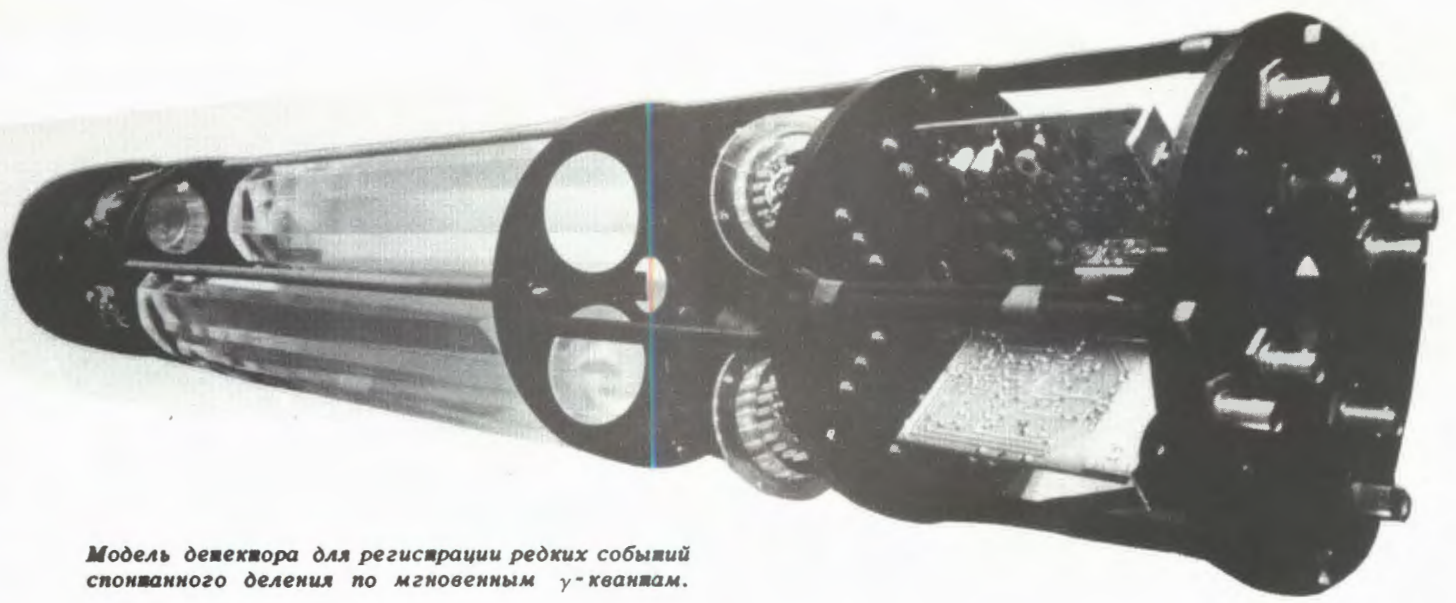


Подготовка к облучению на микротроне очередной партии геологических проб.

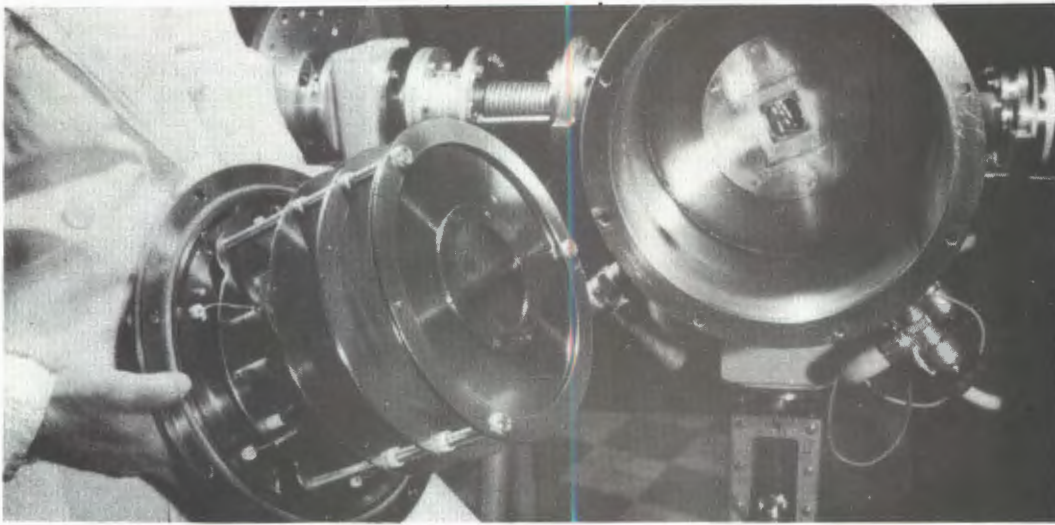
Установка для облучения полимерной пленки при производстве ядерных фильтров.

Подготовка опытов по переносу продуктов ядерных реакций методом аэрозольной струи.



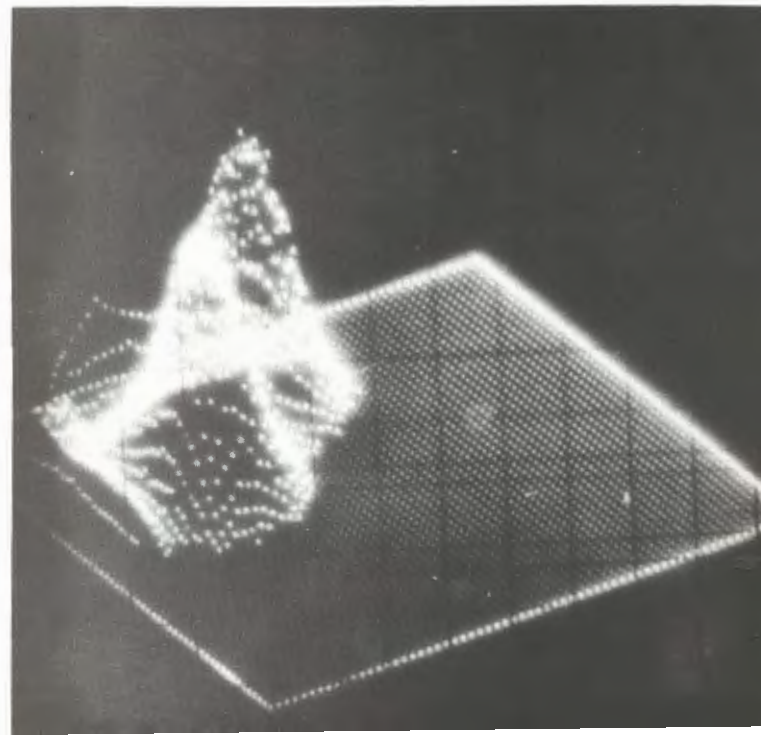
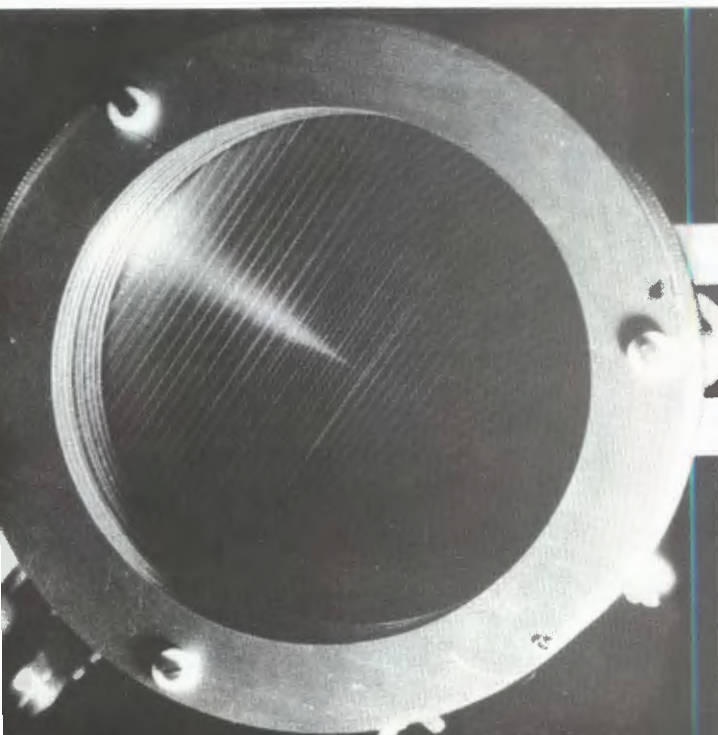


Модель детектора для регистрации редких событий спонтанного деления по мгновенным γ -квантам.



Камера для изучения реакции вынужденного деления ядер и измерения кинетической энергии осколков деления.

Двумерный спектр вынужденного деления α -частицами продуктов химической переработки в опыте по идентификации заряда сверхтяжелого элемента.



Лаборатория нейтронной физики

В 1978 г. основная деятельность коллектива лаборатории была сосредоточена на завершении физического пуска ИБР-2 без теплоносителя, подготовке к энергетическому пуску ИБР-2 и выполнении предусмотренной планом программы научных исследований. Состоялся физический пуск ИБР-2 в импульсном режиме, выполнена программа измерения параметров ИБР-2. Осуществлены первые измерения радиуса ядра при возбуждении до энергии связи нейтрона. Обнаружен радиационный захват нейтронов ядрами ${}^3\text{He}$ при энергиях 1-70 кэВ. Исследовано влияние температуры и изотопного замещения на время хранения ультрахолодных нейтронов. Изучены характерные расстояния в комплексах некоторых иммуноглобулинов. Разработан метод исследования сегнетоэлектриков с помощью дифракции нейтронов по времени пролета. Реактор ИБР-30 работал, в связи с пусковыми работами на ИБР-2, по сокращенному графику. Развивался измерительно-вычислительный центр.

Научно-исследовательские работы

Изомерный сдвиг нейтронных резонансов

Осуществлены первые эксперименты по обнаружению изменения среднеквадратичного радиуса ядра $\Delta\langle R^2 \rangle$ при возбуждении до энергии связи нейтрона. Использован предложенный в ЛНФ метод измерения изомерного сдвига нейтронного резонанса в разных химических соединениях. Искомый сдвиг ΔE возникает в результате сверхтонкого электрического взаимодействия электронов атома с ядром и описывается выражением

$$\Delta E = \frac{2\pi}{3} e^2 Z \Delta |\psi(0)|^2 \Delta \langle R^2 \rangle,$$



где $\Delta|\psi(0)|^2$ означает разность плотности электронов на месте ядра для исследуемой пары химических соединений. Статистическая теория предсказывает довольно малое изменение радиуса $\Delta\langle R^2 \rangle = -0,01 T^2 \approx -0,1 \text{ Фм}$, ведущее к ожидаемому эффекту сдвига резонанса $\sim 10^{-3}$ от его ширины. Сложность эксперимента обусловлена также маскирующими эффектами изменения формы резонанса из-за различия кристаллических решеток, что потребовало разработки процедуры отделения изомерного сдвига от эффектов кристаллической решетки.

Измерения выполнены для нескольких химических соединений ^{238}U . Один из примеров наблюдаемых сдвигов показан на рис. 40 для двух пар соединений: $\text{UO}_3 - \text{U}_{\text{мет}}$ и $\text{UF}_4 - \text{UO}_3$. Предварительный результат для величины $\Delta\langle R^2 \rangle$ составляет $-0,6 \pm 0,3 / \text{Фм}$ и соответствует уменьшению параметра деформации β на величину $0,04 / \beta = 0,24$ для основного состояния/.

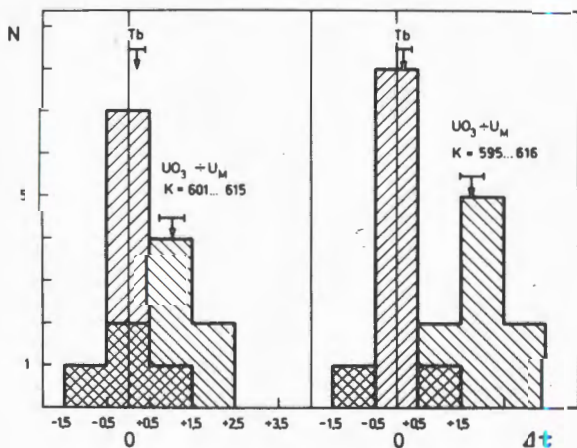


Рис. 40. Распределение экспериментальных значений сдвигов резонанса ^{238}U 6,67 эВ и реперного резонанса ^{159}Tb 11,1 эВ. Δt - в единицах 10^{-2} временного канала шириной 2,5 мкс.

Радиационный захват нейтронов ядрами ^3He

Радиационный захват нейтронов гелием-3 исследован впервые в интервале энергий 1-70 кэВ. Измерения выполнены на ИБР-30 с использованием жидкой мишени. Гелий-4, образующийся при взаимодействии нейтронов с гелием-3 и являющийся одной из простейших ядерных систем, доступных для теоретического анализа, исследовался ранее с помощью различных реакций. Однако данных о реакции (n, γ) на медленных нейтронах не было получено ввиду конкурирующего процесса поглощения, идущего с большим сечением.

На рис. 41 показан энергетический спектр гамма-лучей из реакции $^3\text{He}(n, \gamma)$ полученный с помощью детектора с кристаллом $\text{NaI}(\text{Tl})$. Энергия E гамма-квантов дана в МэВ. Величина

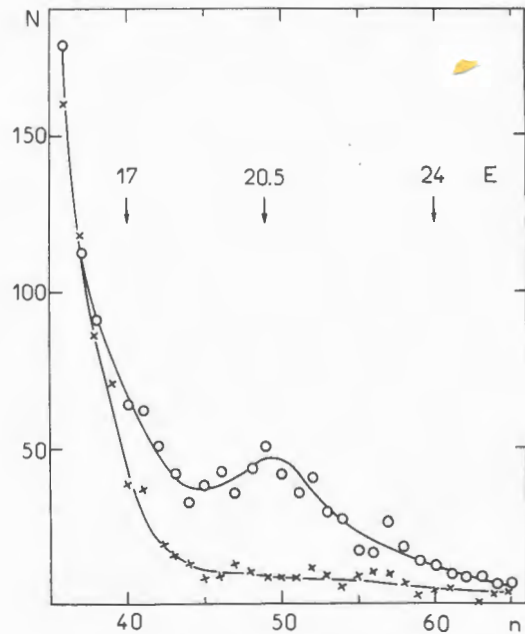


Рис. 41. Энергетический спектр гамма-лучей радиационного захвата нейтронов гелием-3.

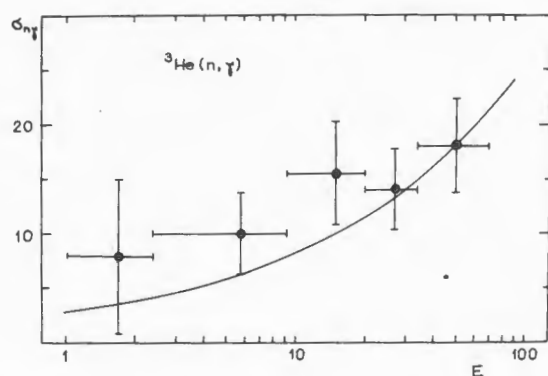


Рис. 42. Эффективное сечение реакции $\sigma(n, \gamma)$ /в микробарнах/ в зависимости от энергии нейтронов /в кэВ/. Теоретическая кривая показана сплошной линией.

20,5 МэВ соответствует энергии связи нейтрона в ${}^4\text{He}$. Нижний спектр - фоновый - получен при замене ${}^3\text{He}$ на графит, эквивалентный по рассеянию. Энергетическая зависимость эффективного сечения $\sigma(n, \gamma)$ дана на рис. 42, где также приведены результаты расчета сечения из данных по фоторасщеплению гелия-4 с использованием детального баланса. Наиболее вероятной интерпретацией результатов является механизм р-волнового прямого захвата нейтронов.

Спиновая зависимость нейтронных сечений

В эксперименте с поляризованными нейтронами и поляризованными ядрами измерена спиновая зависимость полного сечения эрбия-167. Определены спичи 40 резонансов с энергией до 230 эВ. В области энергий до 100 кэВ получено поляризационное сечение σ_{ss} , приводимое на рис. 43, и разности нейтронных силовых функций для двух спиновых состояний. Усредненное по всему исследованному интервалу энергий значение σ_{ss} составляет 70 ± 70 мб. Оценка относительной разности силовых функций

$(S^+ - S^-) / \langle S \rangle \leq 0,04$: свидетельствует, как и для ранее измеренных ядер, о слабой спиновой зависимости.

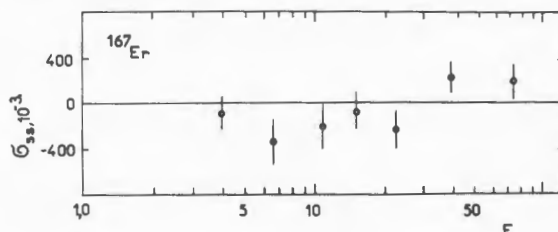


Рис. 43. Поляризационное сечение ${}^{167}\text{Er}$ /в барнах/ в области энергии нейтронов E до 100 кэВ.

Поиск сверхплотных ядер в делении

Значительно улучшена чувствительность метода поиска сверхплотных ядер в делении с использованием активной зоны реактора ИБР-30 как объекта исследований. Это достигнуто путем подавления фона космических частиц с помощью антисовпадений от двух пластических сцинтилляторов до уровня нескольких импульсов в час вместо одного импульса в секунду в обычном методе. В результате оценка выхода быстрых нейтронов снижена в 60 раз в сравнении с экспериментом прошлого года. Выход нейтронов с энергией $40 \div 200$ МэВ не обнаружен на уровне $2 \cdot 10^{-8}$ на один акт деления.

Альфа-распад резонансных состояний ядер

Совершенствование детекторной аппаратуры позволило осуществить измерения спектров α -частиц, испускаемых из резонансных состояний компаунд-ядер с малыми альфа-ширинами. В качестве спектрометра α -частиц применена цилиндрическая ионизационная камера

с сеткой. Исследовалась реакция $^{123}\text{Te}(n, \alpha)^{120}\text{Sn}$. Полученные энергетические спектры α -частиц для нескольких резонансов показаны на рис. 44. Наличие прямого перехода α_0 позволило приписать ряду резонансов значения спина $J=0$ /для резонансов с $J=1$ переход в основное состояние ^{120}Sn запрещен/. Распределение полученных α -ширин для α_0 -переходов описывается теоретическим распределением Портера-Томаса с $\nu=1$, со средним значением $\langle \Gamma_\alpha \rangle = /7,3 \pm 3,7/ \cdot 10^{-6}$ эВ.

Исследование резонанса 2,33 эВ, в котором α_0 -переход запрещен, дало новые сведения о двухступенчатой реакции $^{123}\text{Te}(n, \gamma\alpha)$. Резонанс 2,33 эВ показан на рис. 45. Амплитудный спектр в этом резонансе дан на рис. 46. Его наиболее вероятной интерпретацией является наличие вклада $(n, \gamma\alpha)$ -реакции с парциальной шириной $\Gamma_{\gamma\alpha} = /2,0 \pm 0,8/ \cdot 10^{-9}$ эВ. Соответствующая этой ширине радиационная силовая функция S_γ первичных мяг-

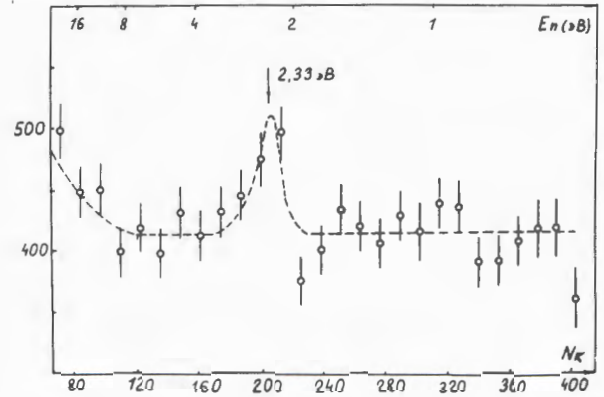


Рис. 45. Временной спектр резонанса 2,33 эВ в реакции $^{123}\text{Te}(n, \alpha)$. По оси ординат - число отсчетов в каналах временного анализатора.

ких γ -переходов, получаемая с использованием ряда соотношений статистической теории ядра, оказалась равной $/12 \pm 5/ \cdot 10^{-9}$, что в пределах ошибок согласуется с известными данными для зависимости S_γ от массового числа ядра.

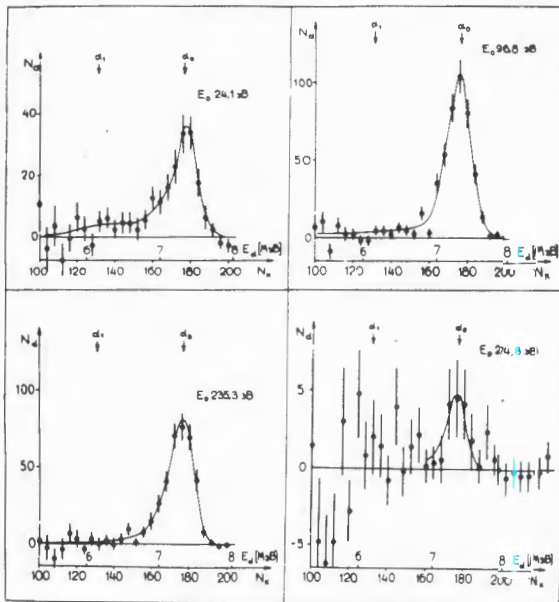


Рис. 44. Спектры α -частиц для нескольких резонансов ^{123}Te с разрешенным α_0 -переходом в основное состояние.

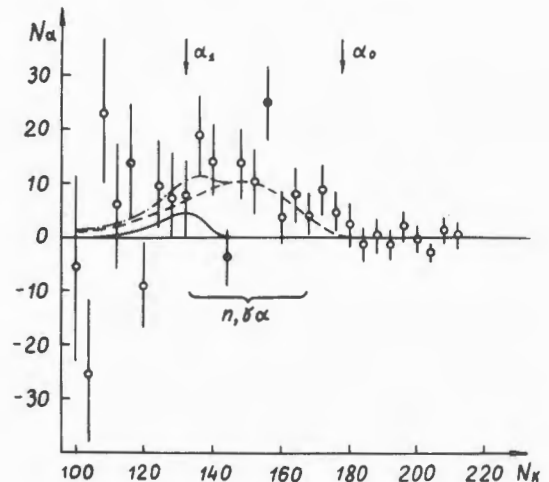


Рис. 46. Спектр α -частиц из резонанса 2,3 эВ в ^{123}Te с запрещенным α_0 -переходом. Пунктиром показана расчетная форма спектра $(n, \gamma\alpha)$ -реакции, сплошной линией - переход α_0 , штрих-пунктиром - суммарный спектр.

Нейтронная спектроскопия неделящихся ядер

Измерения пропускания образцов естественного рутения проведены с разрешением 7 нс/м. Определены параметры нейтронных резонансов ^{99}Ru и ^{101}Ru в области энергий до 1 кэВ. Изотопная идентификация нейтронных резонансов сделана с помощью измерений выхода гамма-лучей радиационного захвата нейтронов в изотопных мишенях рутения с массовыми числами 99, 100, 101, 102, 104. Средние расстояния между резонансами и силовые функции получены равными: $D = 25 \pm 2$ эВ и 18 ± 2 эВ, $S^\circ = /0,72 \pm 0,16/ \cdot 10^{-4}$ и $/0,61 \pm 0,13/ \cdot 10^{-4}$ для изотопов ^{99}Ru и ^{101}Ru соответственно. Значение S° для ^{99}Ru в 3 раза превышает ранее известное для этого изотопа.

Ультрахолодные нейтроны

Влияние температуры и изотопного замещения на время хранения ультрахолодных нейтронов /УХН/ исследовано в совместной работе с Институтом Лауэ-Ланжевена /Гренобль, Франция/. Работа предпринята для проверки гипотезы водородного загрязнения стенок сосудов УХН как главной причины малых времен хранения нейтронов. Эксперимент выполнен в Гренобле с помощью проточной камеры, изготовленной в Дубне. Измеренное время хранения УХН составляло $7 \div 10$ с в зависимости от условий эксперимента. Изменение температуры стенок от -120 до $+500^\circ\text{C}$ изменяло время хранения всего на $10 \div 12\%$. На рис. 47 показана зависимость скорости счета детектора J /величины, пропорциональной времени хранения/ от времени /в часах/,

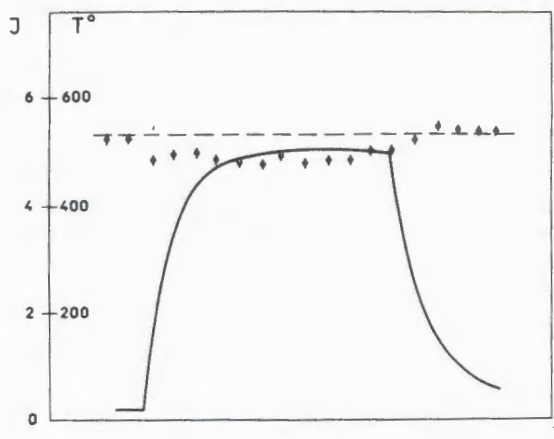


Рис. 47 Экспериментальные данные о влиянии на скорость счета детектора нагрева камеры УХН и изотопного замещения.

в течение которого накладывался "импульс" температуры и осуществлялась проточка дейтерия через камеру. Изотопное замещение не привело к заметным изменениям времени хранения УХН. Замещение в парах тяжелой воды также не дало эффекта.

Результаты эксперимента свидетельствуют против гипотезы водородного загрязнения как основной причины аномалии во временах хранения УХН.

Теория ядерных систем

На основе теории конечных ферми-систем проведены расчеты оболочечных поправок δE к полуэмпирическим формулам для масс ядер. Изучена зависимость δE от Z, N с учетом парных корреляций нуклонов. Сравнительное изучение δE для двух областей ядер: около ^{208}Pb и для $110 < Z < 120, 174 < N < 188$ показало, что в последней области нет оснований ожидать наличия дважды магического ядра, подобного ^{208}Pb . Полученная в расчетах величина поправки

$\delta E = -10 \div -8$ МэВ может служить указанием на повышенную стабильность к α -распаду в равной мере для всех ядер этой области.

Модель граничных условий, введенная Фешбахом и Ломоном как метод описания неизвестного поведения нуклон-нуклонных потенциалов на коротких расстояниях, обобщена на случай энергетической зависимости логарифмической производной двухнуклонной волновой функции и на случай тензорных взаимодействий. Получены интегральные уравнения для волновой функции трех тождественных частиц. Развитый метод позволяет продвинуться в решении ряда задач физики малонуклонных систем, таких как, например, расчет энергии связи и длины рассеяния.

Гамма-распад нейтронных резонансов

Выполнен анализ экспериментальных данных об интенсивностях вторичных гамма-переходов при радиационном захвате резонансных нейтронов. На рис. 48 показаны экспериментальные и расчетные значения величины $\Delta = \sigma / \langle R \rangle \sqrt{D}$ в функции атомного веса составных ядер. R - отношение интенсивностей двух избранных вторичных гамма-линий, σ - среднеквадратичное отклонение этой величины. Усреднение проводится по резонансам с заданным спином, которые расположены на среднем расстоянии D друг от друга. При расчетах Δ использовалась каскадная модель гамма-распада и известные схемы каскадов.

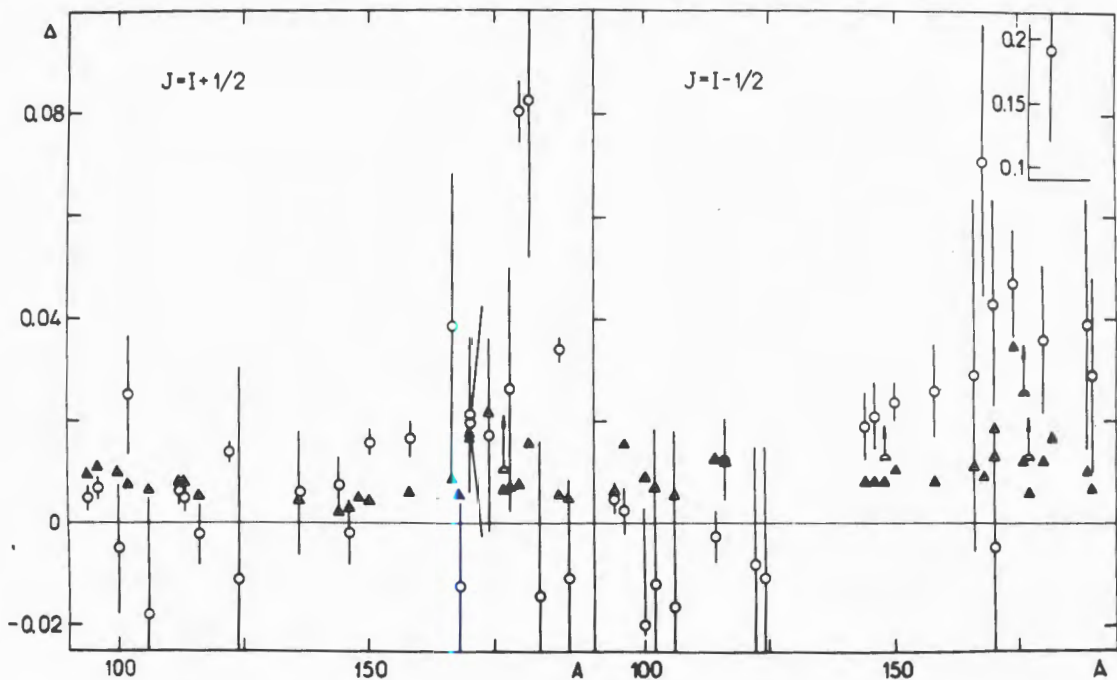


Рис. 48. Экспериментальные (○) и расчетные (▲) значения относительных флуктуаций вторичных гамма-переходов.

Обнаружено, что флуктуации вторичных гамма-переходов в ядрах вблизи 4S - максимума нейтронной силовой функции ($A \sim 160$) систематически выше значений, предсказываемых статистической теорией.

Ядерные реакции.

с заряженными частицами

Выполнен первый этап исследований по поиску слабого нейтрального тока во взаимодействиях нуклонов по смешиванию четности уровней в ядре ^{18}F . Схема низколежащих уровней ^{18}F показана на рис. 49. Предсказываемый теорией эффект смешивания уровней 1080 и 1041 кэВ усилен до экспериментально измеримого уровня, особенно с использованием модели слабого взаимодействия Вайнберга-Салама: расчетная величина возникающей из-за смешивания циркулярной поляризации /для линии $E_\gamma = 1080$ кэВ/, составляет $6 \cdot 10^{-3}$. Возбужденные ядра ^{18}F получались в реакции $^{16}\text{O} (^3\text{He}, p)$ при энергии ионов ^3He около 4 МэВ и среднем токе 10-20 мкА. Поляризация гамма-лучей измерялась

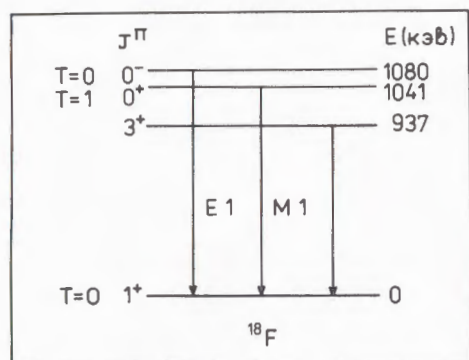


Рис. 49. Схема уровней ядра ^{18}F , выбранного для поиска слабого нейтрального тока по смешиванию четности уровней.

методом пропускания через намагниченное железо. Получен предварительный результат для величины циркулярной поляризации $P_\gamma = /3,4 \pm 3,1/ 10^{-2}$, который уступает по точности результату аналогичного эксперимента Ч.Барнеса. В этой связи осуществлены работы по повышению эффективности установки.

Завершены исследования гамма-лучей радиационного захвата протонов методом спектроскопии усредненных резонансов. При усреднении по резонансам составного ядра исчезает зависимость интенсивностей гамма-переходов на низколежащие состояния от квантовых характеристик начальных состояний, но сохраняется зависимость от параметров конечных уровней и энергии перехода. В результате может быть получена информация о спинах и четностях низколежащих уровней, о радиационной силовой функции вблизи энергии возбуждения начальных уровней и о ее зависимости от энергии гамма-переходов. Измерения велись на мишенях, содержащих разделенные изотопы. Германиевый детектор объемом 37 см^3 располагался под углом 90° к пучку протонов. Энергия протонов ускорителя ЭГ-5 изменялась в интервале 2-3,9 МэВ, в зависимости от используемой мишени. Определены спины и четности ряда уровней ^{87}Y , ^{71}As , ^{73}As , ^{75}As с энергией возбуждения до 2,6 МэВ. Для изотопов As получены данные о радиационной силовой функции, показанные на рис. 50, в области энергий гамма-квантов 6-9 МэВ. Для ^{75}As они согласуются в пределах ошибок с экстраполяцией известных данных для области 10-30 МэВ, полученных в измерениях сечений поглощения гамма-квантов. Данные для всех изотопов находятся в хорошем согласии с теоретическими результатами для гигантского дипольного резонанса.

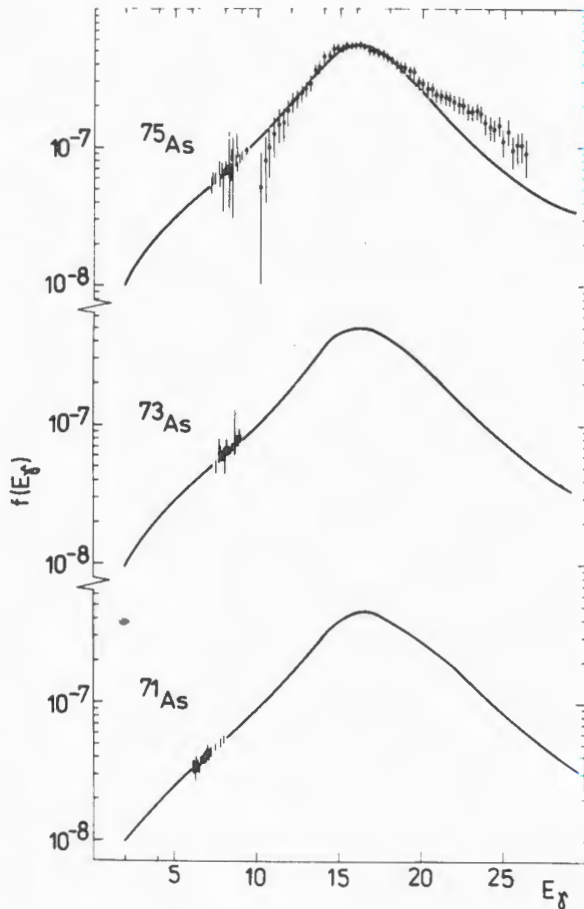


Рис. 50. Радиационная силовая функция $f(E_\gamma)$ изотопов As. Энергия E_γ - в МэВ, значения $f(E_\gamma)$ - в единицах МэВ^{-3} . Сплошные линии - теоретические результаты.

Продолжалось изучение углового распределения излучения Вавилова-Черенкова, возбуждавшегося электронами с энергией 170, 210 и 250 кэВ. В дополнение к измерениям в слюдяной мишени толщиной 1 мкм получены результаты для толщины 4,1 и 7,7 мкм. На рис. 51 показаны угловые распределения для 7,7 мкм. Экспериментальные данные не соответствуют острой теоретической направленности излучения, которую можно было бы ожидать при толщине слоя,

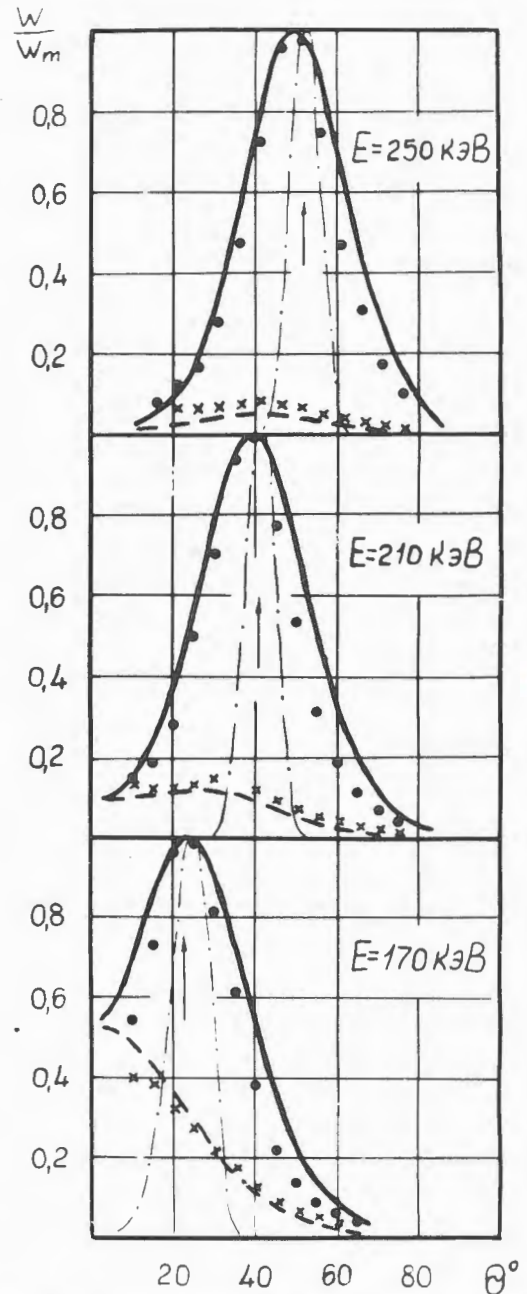


Рис. 51. Угловые распределения излучения Вавилова-Черенкова в слюде толщиной 7,7 мкм. Точки соответствуют поляризации в плоскости наблюдения, кресты - в перпендикулярной плоскости. Сплошная и штриховая линии - теоретические результаты с учетом многократного рассеяния, штрихпунктир - без учета.

в десятки раз превышающего длину волны. Экспериментальное уширение объяснено влиянием многократного рассеяния электронов.

Исследование биологических объектов

Начато изучение иммуноглобулинов с помощью малоуглового рассеяния нейтронов и использованием метода вариации контраста с растворах $H_2O - D_2O$. Измерения проводятся в новой аксиально-симметричной геометрии. Пример получаемых кривых малоуглового рассеяния нейтронов комплексами антитело-антиген приведен на рис. 52. Кривые а/ и б/ отвечают двум сортам комплексов: с ранними и поздними антителами. Для расстояния между центрами связывания в комплексах с ранними антителами получено значение $R = /27,6 \pm 1,5/ \cdot 10^{-9} \text{ м}$, для комплексов с поздними антителами обнаружено уменьшение этого расстояния: $R = /23,2 \pm 3,7/ \cdot 10^{-9} \text{ м}$. Это исследование является совместной работой ОИЯИ, Института молекулярной биологии АН СССР и Института молекулярной генетики АН ЧССР.

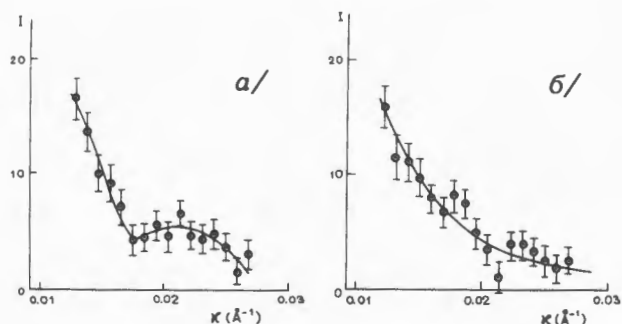


Рис. 52. Интенсивность малоуглового рассеяния нейтронов комплексами антитело-антиген для 41%-ного раствора D_2O в зависимости от обратной величины переданного импульса.

Дифракция нейтронов

Разработан метод наблюдения доменной структуры в сегнетоэлектриках с помощью дифракции нейтронов по методу времени пролета. Изучался дидейтерофосфат калия. Переход его в сегнетофазу с понижением температуры /рис. 53/ сопровождается характерным расщеплением пика в результате возникновения доменной структуры различной конфигурации. Для изучения влияния электростатического поля на эту структуру в кристате с образцом создавалось электрическое поле напряженностью E до 10 кВ/см .

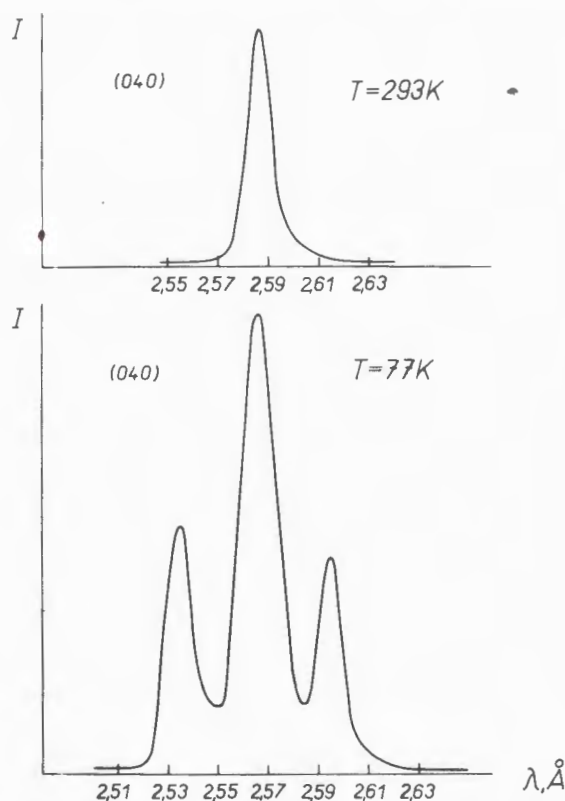


Рис. 53. Расщепление дифракционного пика /040/ при переходе дидейтерофосфата калия в сегнетоэлектрическую фазу.

Обнаруженная зависимость интенсивности основного и боковых компонент пика от поля E показана на рис. 54. Результаты демонстрируют возможность изучения перестройки доменной структуры под влиянием электрического поля. Исследования проводятся совместно с Московским химико-технологическим институтом и Институтом кристаллографии АН СССР.

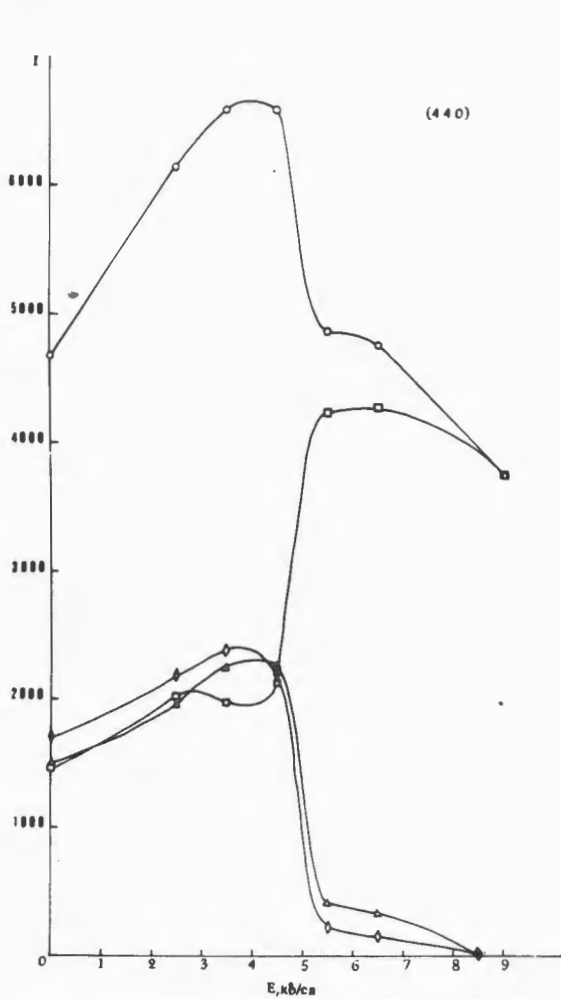


Рис. 54. Зависимость интенсивностей компонент дифракционного пика сегнетоэлектрика от напряженности электрического поля в кВ/см: Δ, \diamond - боковые компоненты, \square - центральная, \circ - суммарная интенсивность трех компонент.

Динамика

конденсированных сред

Измерения неупругого некогерентного рассеяния нейтронов с максимально доступным энергетическим разрешением выполнены на образце бензола при температуре 80°K . Участок время-пролетного спектра нейтронов с конечной энер-

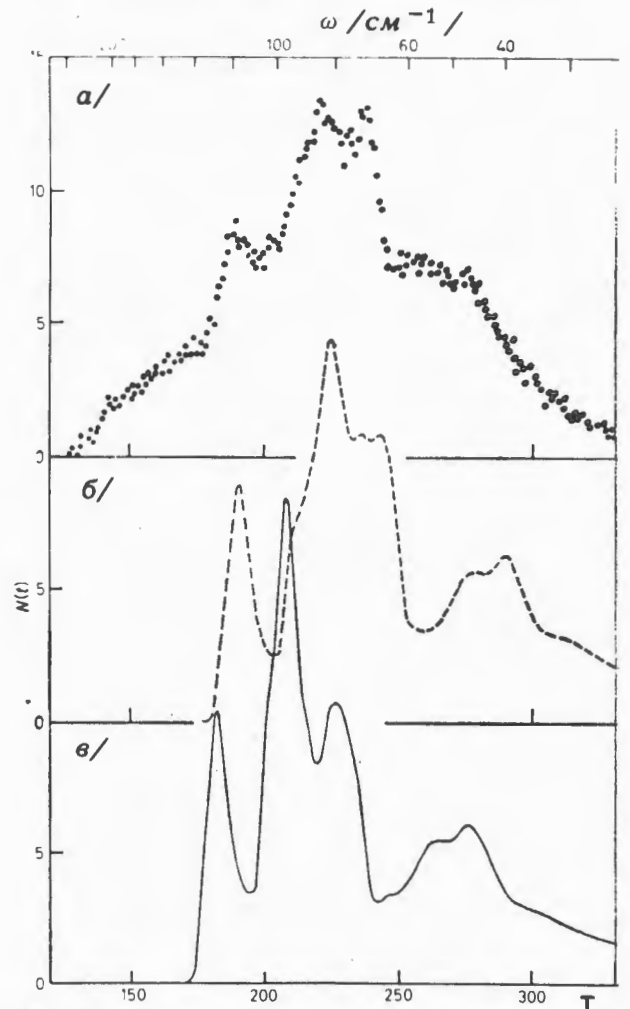


Рис. 55. Экспериментальные и расчетные спектры некогерентного неупругого рассеяния нейтронов поликристаллическим бензолом. T - номер канала временного анализатора, $N(t)$ - числа отсчетов в произвольных единицах.

гией $E_f = 4,9$ мэВ для угла 90° показан на рис. 55а. Проведено сравнение полученных данных с расчетом с целью проверки метода получения фононных спектров из спектров неупругого рассеяния нейтронов. Расчеты дифференциального однофононного сечения рассеяния выполнены в гармоническом приближении с различными наборами параметров межатомных потенциалов. Результаты расчетов для двух наборов параметров даны на рис. 55б и 55в. Показано, что основная структура наблюдаемых спектров неупругого рассеяния нейтронов правильно передает структуру плотности фононных состояний. Работа ведется совместно с Институтом твердого тела АН СССР и Химико-физическим институтом Италии.

Эксплуатация, совершенствование и развитие основных установок и аппаратуры

Реакторы и ускорители

Реактор ИБР-30 проработал в соответствии с планом 2500 ч, половину из них - в бустерном режиме с ускорителем электронов ЛУЭ-40. Введен в действие охлаждаемый жидким азотом замедлитель нейтронов, обеспечивший увеличение интенсивности холодных нейтронов в 3-4 раза.

Ускоритель ЭГ-5 в 1978 году проработал на эксперимент 3821 ч.

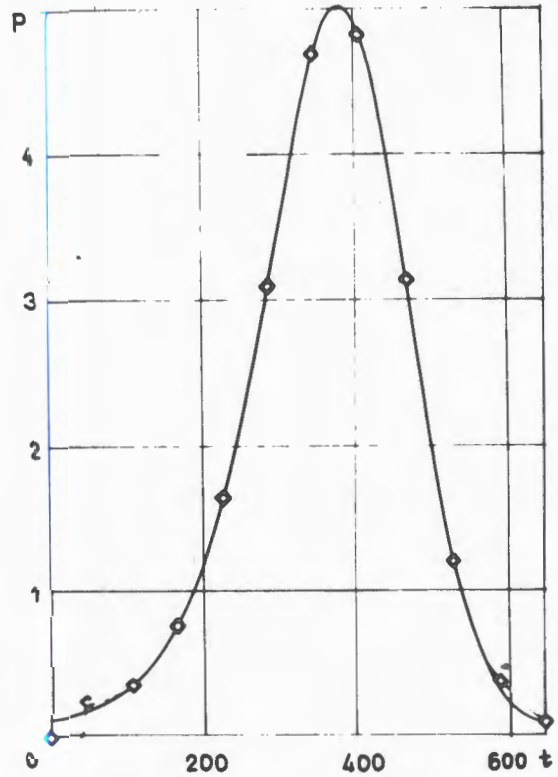


Рис. 56. Форма импульса мощности реактора ИБР-2. Время t - в микросекундах.

Реактор ИБР-2 работал с января по март 1978 года. Состоялся физический пуск реактора в импульсном режиме без теплоносителя при работе со средней мощностью до 500 Вт на частотах 50 и 5 Гц. Впервые импульсная критичность достигнута 13 января 1978 года. Исследованы важнейшие параметры реактора, в том числе:

1. Среднее время жизни поколения мгновенных нейтронов в реакторе τ , определяющее, в соответствии с формулой $\theta \approx 1,4 \sqrt[3]{(\tau / a v^2)}$, длительность импульса мощности θ . Полученное экспериментальное значение $\tau = /80 \pm 10/$ нс.

2. Форма импульса и флуктуации мощности. В состоянии импульсной критичности измеренная полуширина импульса

мощности в зависимости от частоты составила $\theta = 198-220$ мкс. Форма импульса показана на рис. 56. Превышение значения над проектным обусловлено отличием фактических α и τ от расчетных. Флуктуации импульсов мощности оказались очень малыми $\approx 2\%$.

3. Спектр и поток нейтронов в пучках, который измерялся по активации пороговых детекторов с последующим восстановлением исходного спектра на ЭВМ. Результаты, полученные для потока $\phi(E)$, показаны на рис. 57.

По результатам физического пуска намечены и реализуются мероприятия по улучшению характеристик реактора.

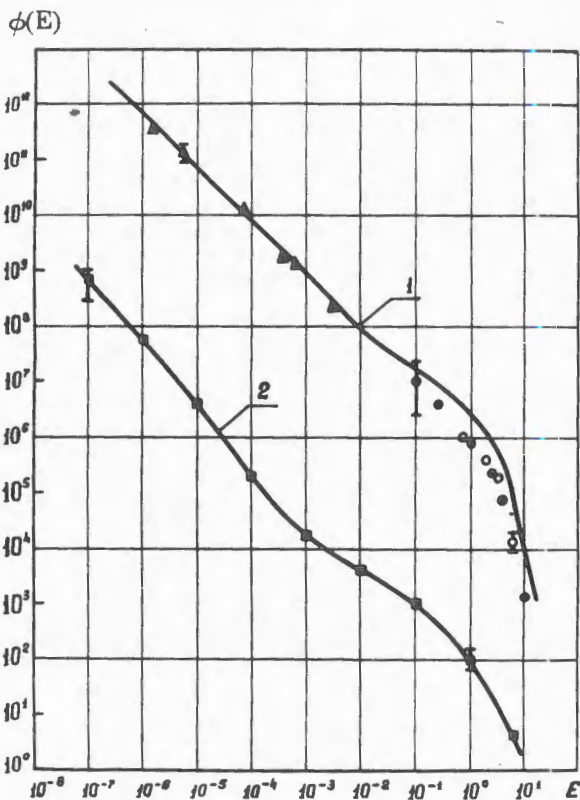


Рис. 57. Спектр нейтронов из реактора ИБР-2: 1 - на поверхности замедлителя; 2 - в пучке на расстоянии 8 м от поверхности замедлителя. Энергия E - в МэВ, поток $\phi(E)$ - в единицах нейтрон/см²·МэВ·Вн. Сплошные кривые - расчет.

Измерительно-вычислительный центр

С целью установки машины PDP-11/70 проведена перепланировка размещения систем ИВЦ. Совместно с ЛВТА проводились работы по созданию системы дальней связи машин БЭСМ-6 и PDP-11/21. Велась работа по введению в эксплуатацию новых систем: графопостроителя E-C-7054 и дисплея ГД-71 с большим экраном.

Создана и испытана в эксперименте первая очередь измерительного модуля для спектрометра малоуглового рассеяния нейтронов на основе малой ЭВМ "Электроника". Модуль включен в систему устройств ИВЦ, имеющих связь с ЭВМ БЭСМ-4. Измерительная система для исследования параметров реактора ИБР-2 на основе PDP-11/21 и блоков КАМАК введена в эксплуатацию и использовалась во время пусковых работ на ИБР-2. Велась разработка модульной системы для измерения и контроля параметров физических установок. Продолжались работы по созданию измерительных систем, использующих микропроцессоры, а также работы по совершенствованию и развитию блоков временного анализа в системах ИВЦ.

Увеличена вдвое производительность работ технологического участка по выпуску печатных плат.

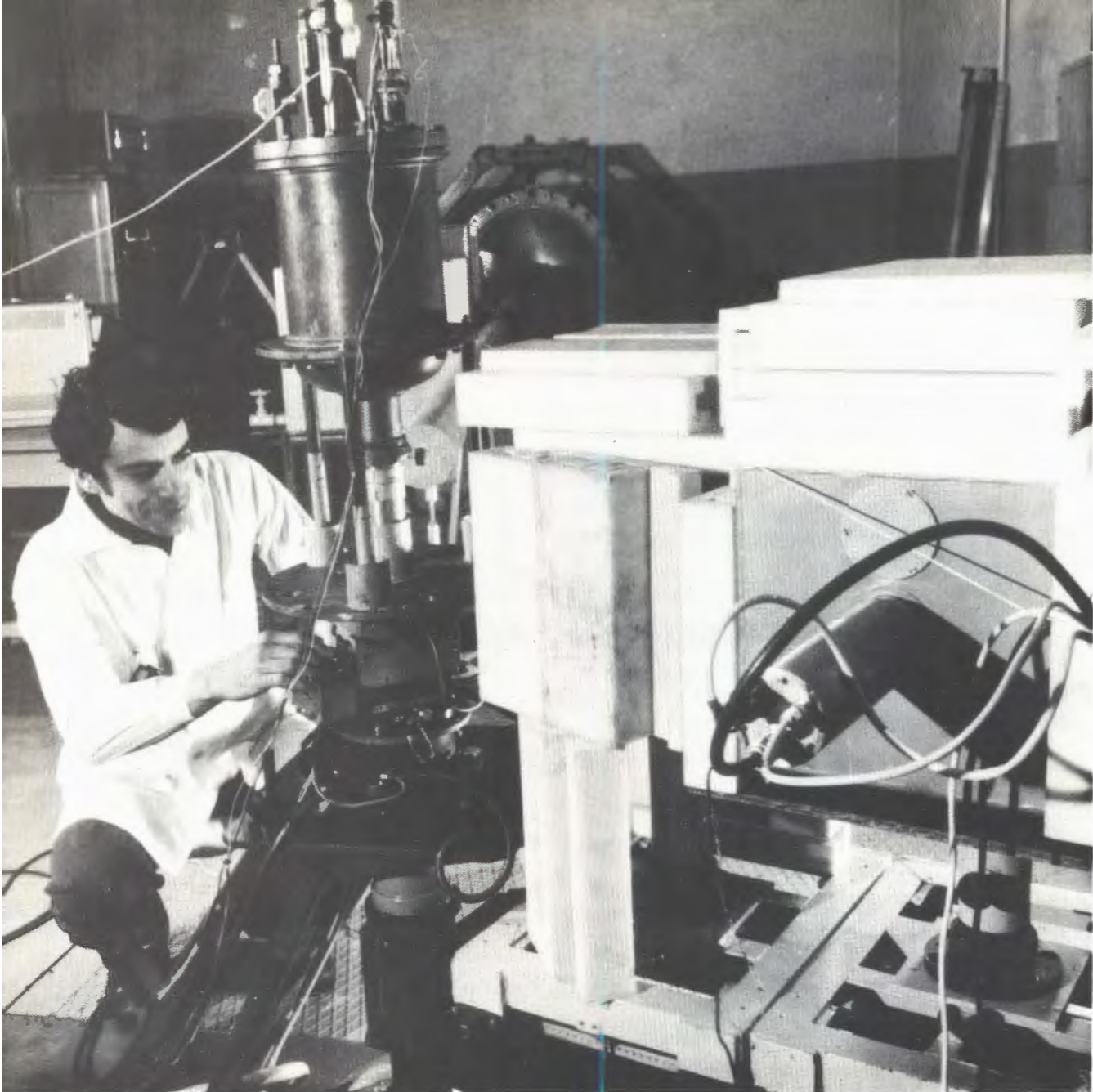
Сооружение ИБР-2 и подготовка физических установок

Развернут монтаж и начаты пусконаладочные работы по системе охлаждения реактора. Выполнены пневматические и вакуумные испытания системы дистилляции жидкого натрия. Проведена доработка ряда узлов и систем в соответствии с результатами физического пуска.

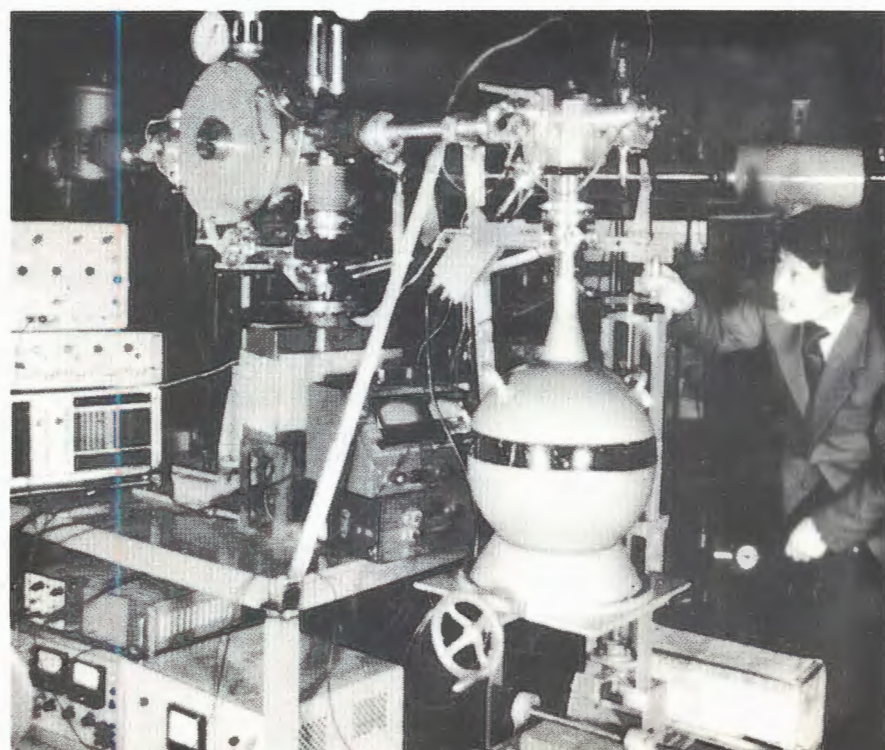
В ходе работ по индукционному ускорителю ЛИУ-30 завершено создание и испытание электронной пушки. Получены электронные пучки, близкие к ламинарным, с током в импульсе до 165 А при энергии до 430 кэВ. Ламинарный поток электронов позволит снизить потери ускоряемых электронов и повысить надежность ускорителя.

Продолжалось изготовление физических установок для ИБР-2, в том числе корреляционного спектрометра неупругого рассеяния тепловых нейтронов, спект-

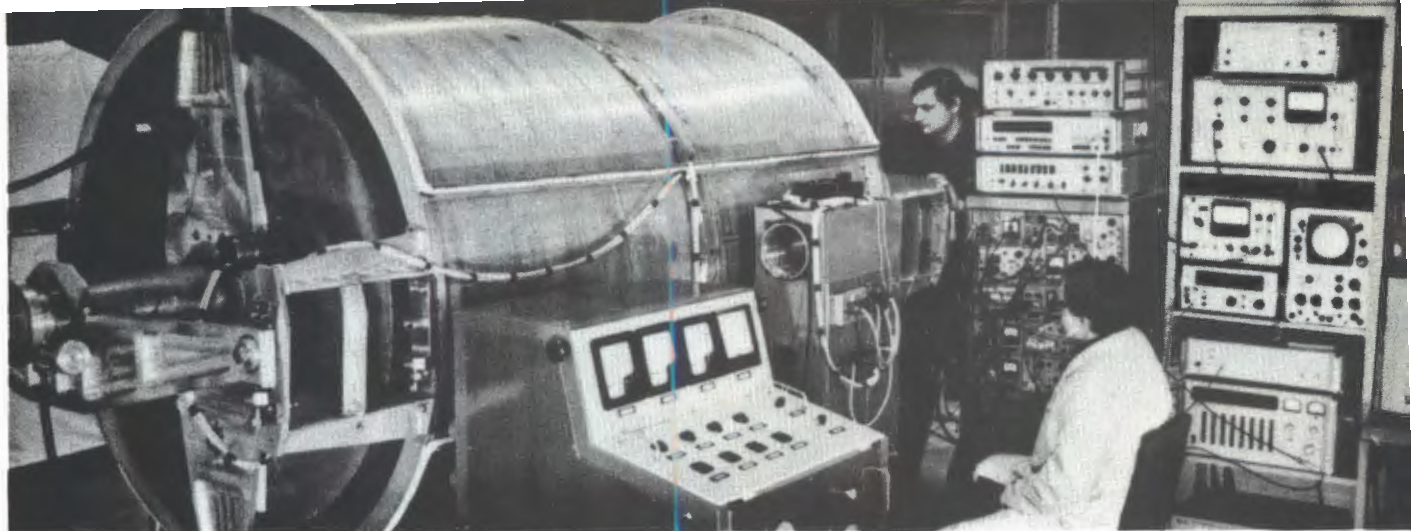
рометра ДИН-2, поляризационного спектрометра тепловых нейтронов, канала ультрахолодных нейтронов на ИБР-2, установки "Тристом". Разработан стабилизатор магнитного поля в диапазоне $1 \div 10 \cdot 10^3$ Т с квантовым цезиевым магнитометром. На ИБР-30 реализован и испытан вариант спектрометра малоуглового рассеяния аксиально-симметричной геометрии и опробована первая очередь измерительного модуля для этой установки. Велось изготовление механического селектора нейтронов для ИБР-2 и зеркальных нейтронпроводов.



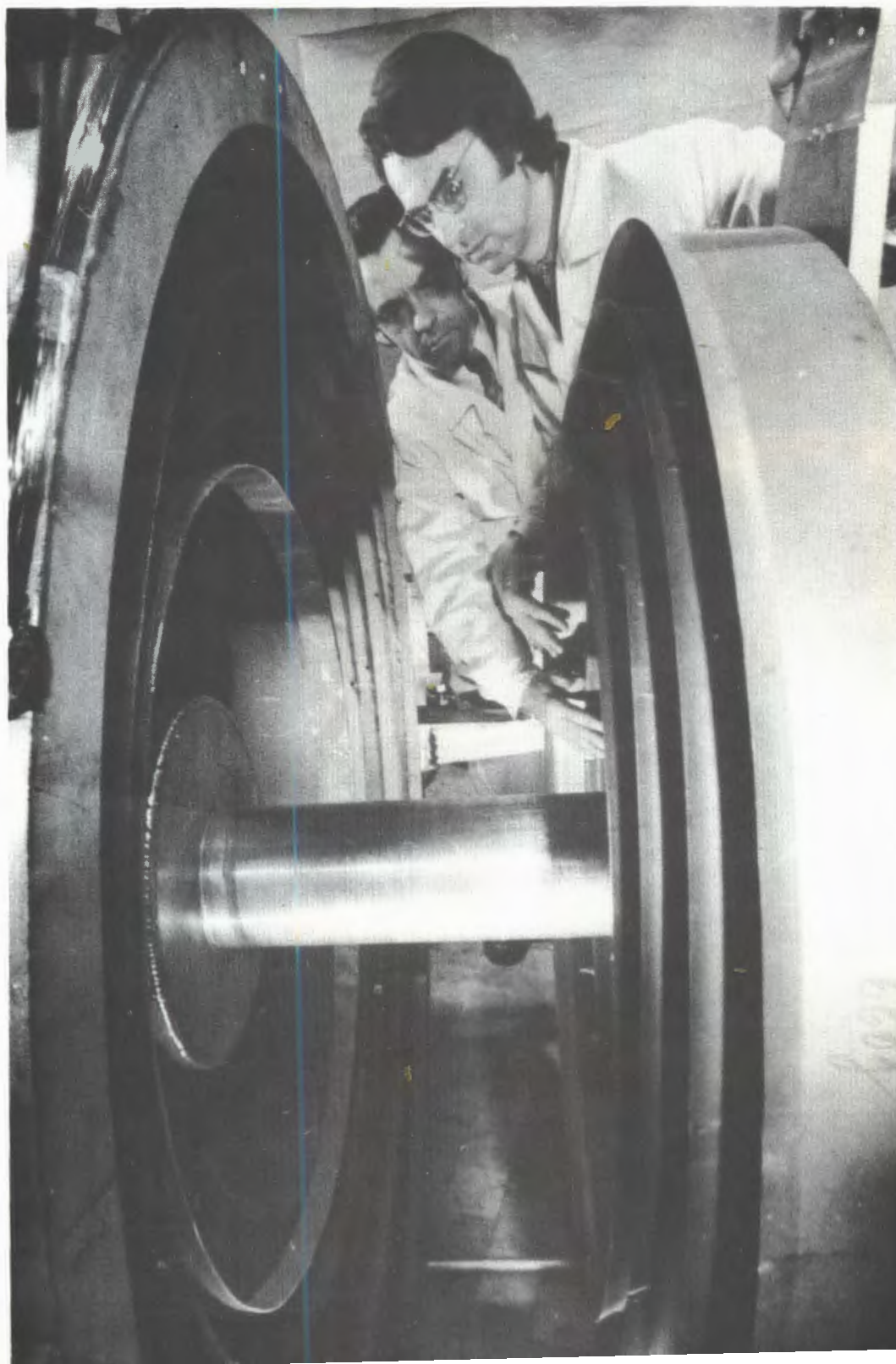
Аппаратура для элементного анализа образцов.

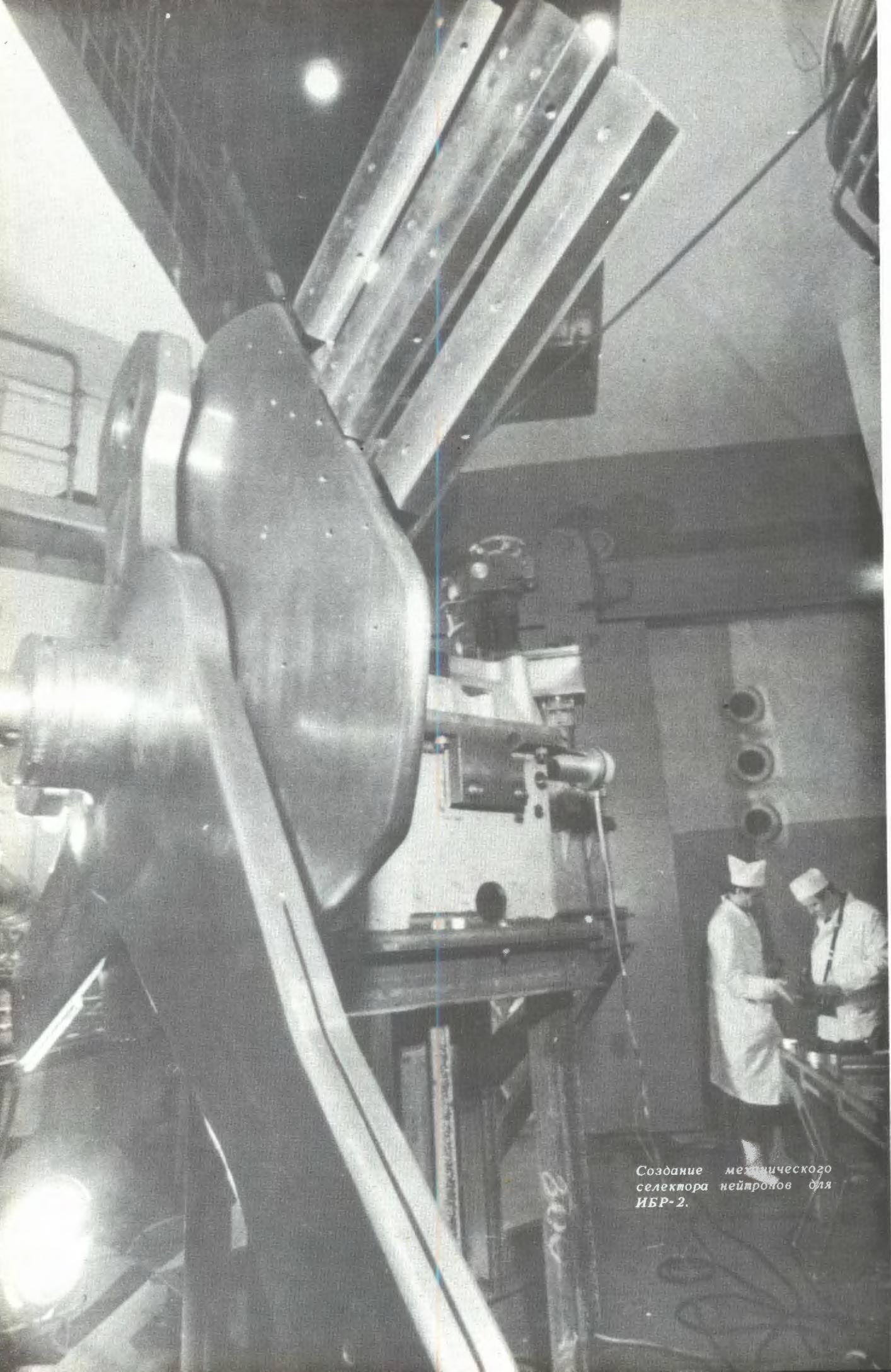


Нейтронный дифрактометр по времени пролета для исследования сложных структур.



Установка "Трисом"
предназначена для измерения электрического дипольного момента нейтрона с помощью ультралоудных нейтронов.

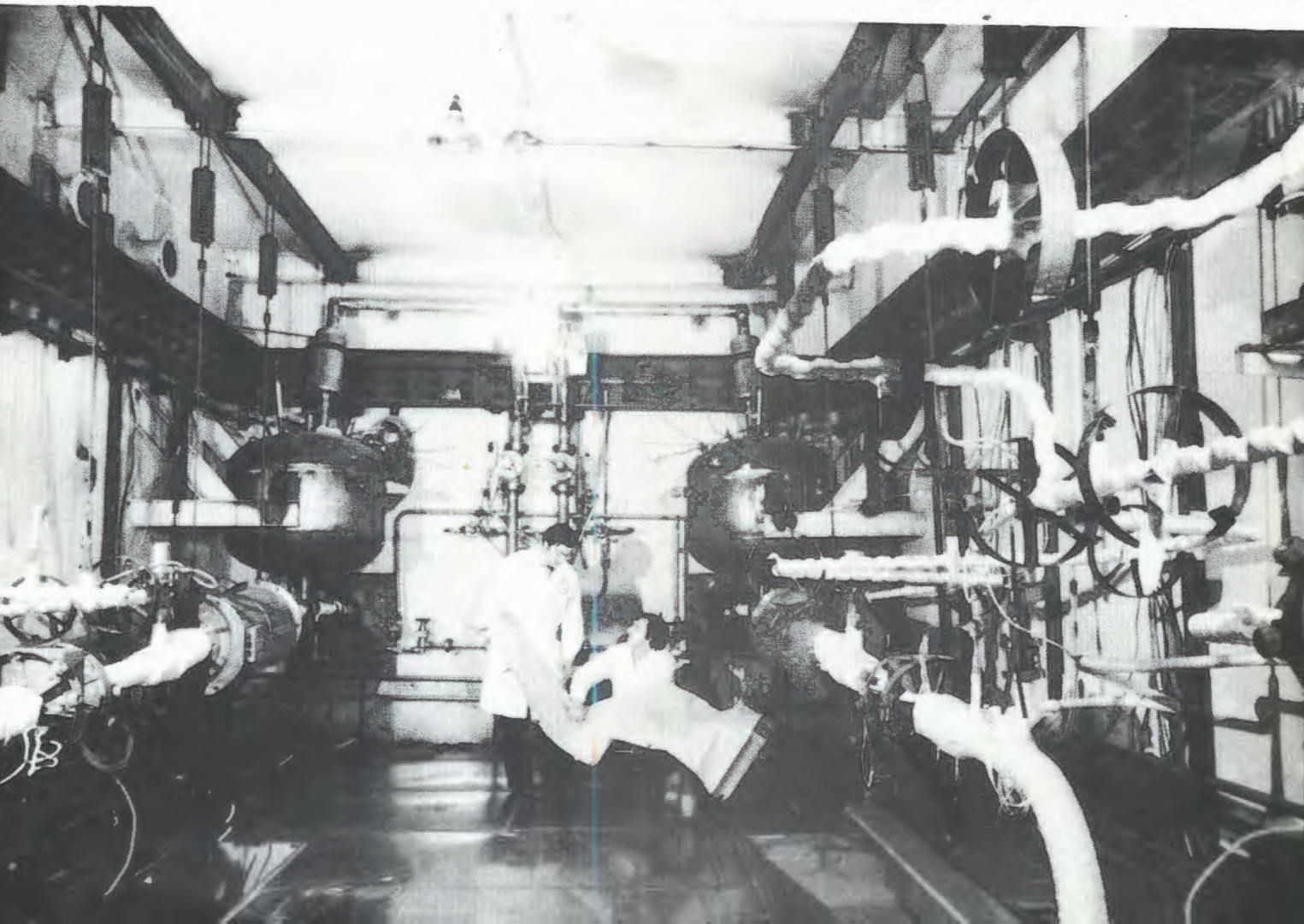
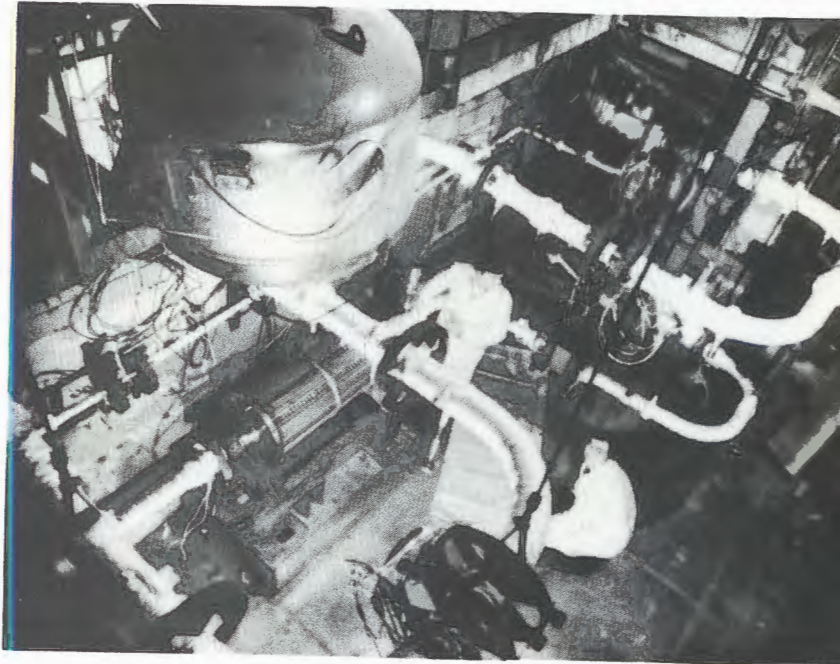




Создание механического селектора нейтронов для ИБР-2.



Пусконаладочные работы на узле дистилляции жидкого натрия в системе охлаждения реактора.



Лаборатория вычислительной техники и автоматизации

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

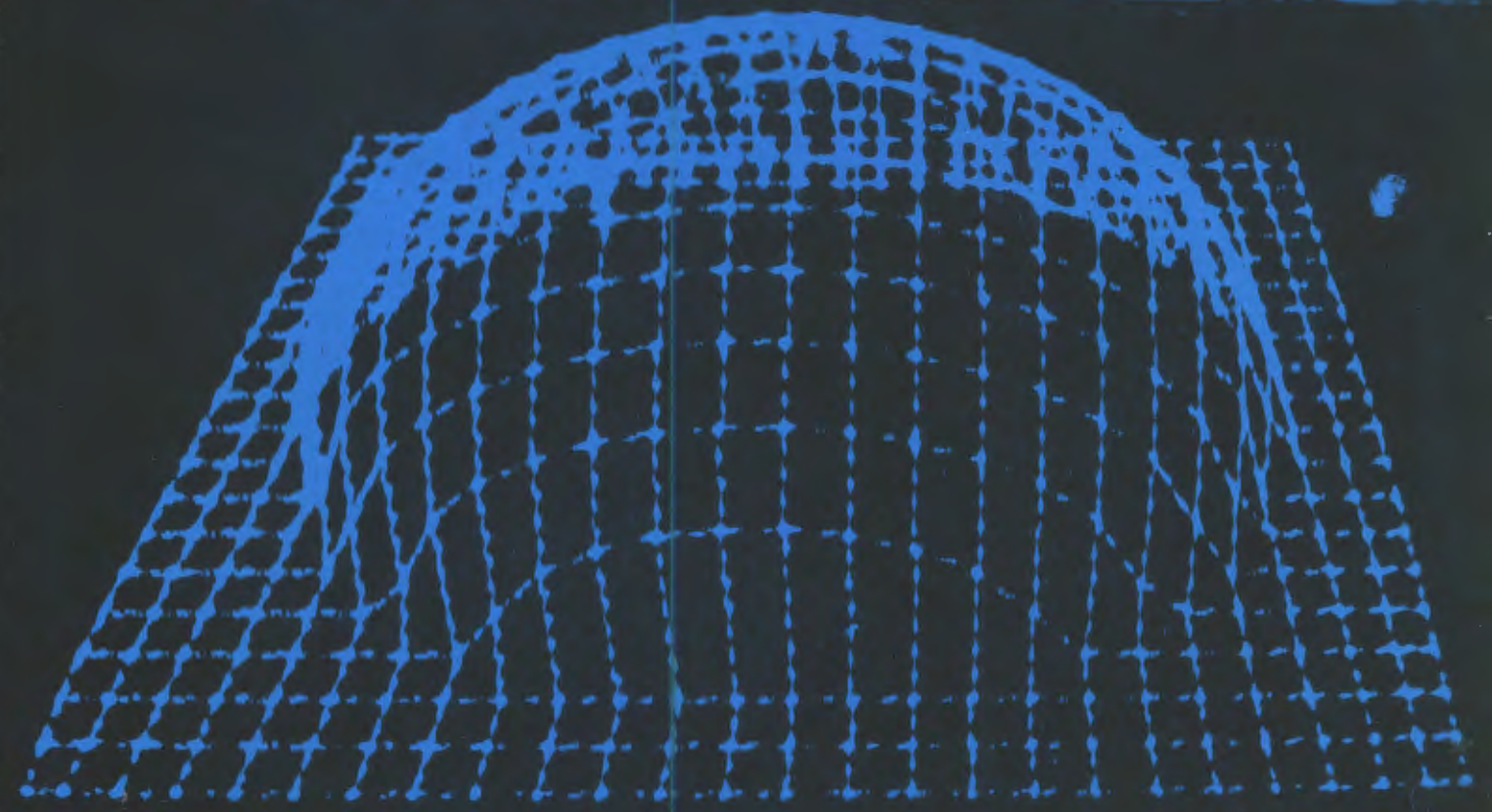
Разрабатывались новые методы численного решения нелинейных физических задач, связанных с математическим моделированием нелинейных явлений в теории поля, а также ядерно-физических процессов при высоких энергиях.

Проводились работы по оптимизации систем программ для обработки камерных снимков, спектрометрических данных, а также программ управления и контроля работы с помощью ЭВМ разнообразных экспериментальных установок. Завершена обработка экспериментальных данных об инклюзивных спектрах протонов и дейтронов при релятивистских энергиях.

Развитие и эффективное использование измерительно- вычислительного комплекса ОИЯИ

Расширение конфигурации ЭВМ
центрального вычислительного
комплекса

Завершены технические работы по подключению накопителей на магнитных дисках ЕС-5061 к ЭВМ БЭСМ-6, проводилась комплексная отладка созданного программного обеспечения для работы с дисками нового типа. Общая емкость памяти на магнитных дисках ЕС-5052



000000

000000

000000

и ЕС-5061 на БЭСМ-6 составит 290 Мбайт.

Сдана в опытную эксплуатацию первая очередь сети терминальных устройств на базе малой ЭВМ ЕС-1010 и БЭСМ-6.

Разработаны, изготовлены и налажены элементы системы связи БЭСМ-6 с измерительным центром ЛНФ и проведены технические работы на БЭСМ-6 для реализации этой связи.

Завершена работа по оснащению ЭВМ М-222 МИ АН МНР накопителями на магнитной ленте ЕС-5012.

Создание и развитие математического обеспечения ЭВМ

На БЭСМ-6 проведено математическое исследование алгоритмов обслуживания быстрого дискового канала, созданы и использованы при наладке магнитных дисков ЕС-5061 программные тесты. Созданы и опробованы вариант программного драйвера в рамках операционной системы ДД-77 для этих дисков, а также программные блоки для обеспечения взаимодействия БЭСМ-6 и концентратора терминалов ЕС-1010. Сдана в эксплуатацию информационно-справочная система библиотеки программ общего назначения, работающая как в пакетном, так и в интерактивном режимах для терминалов ВТ-340.

Для развития операционной системы CDC-6500 создан ряд программ по статистическому анализу ее работы, сформирован и опробован новый вариант операционной системы с более гибким языком управляющих директив. Внесены изменения в редактирующую систему CDC-6500, обеспечивающие интерактивное использование библиотеки программ CDC.

Для ЭВМ ЕС-1040 ОИЯИ закончено комплектование базового варианта библиотеки программ общего назначения /130 программ/, аналогичной библиотекам БЭСМ-6 и CDC-6500. Создан и опробован первый вариант математического обеспечения для ввода, редактирования и просмотра заданий при помощи дисплея ЕС-7907.

Внедрены на CDC-6500 программа генерации диаграмм Фейнмана и вариант системы REDUCE-2. В процессе опытной эксплуатации системы REDUCE-2 вычислены для некоторых метрик компоненты тензоров Риччи и Римана в тетрадном формализме. На CDC-6500 поставлена программа MAINT5, предназначенная для вычисления многократных интегралов типа интегралов Фейнмана.

Создание и развитие средств и методов визуальной связи с ЭВМ

Разработан дисплейный процессор на основе микро-ЭВМ и программное обеспечение для генерации стандартных элементов изображений. Изготовлен и отлажен действующий образец дисплейного процессора, осуществлено подключение процессора к ЭВМ М-6000. Подготовлена техническая документация для серийного производства графических дисплеев на запоминающей ЭЛТ.

Дальнейшее развитие получило математическое обеспечение удаленной дисплейной станции /УДС/. Разработаны программы для работы в локальном режиме на УДС.

Выполнен большой объем работ по внедрению разработок, связанных с дисплейной тематикой, в организациях стран-участниц ОИЯИ.

Эксплуатация базовых электронно-вычислительных машин

Таблица 8

ЭВМ	Годо- вой план /в час/	Общее полез- ное время счета за год /в час/	Средне- суточ- ное по- лезное время /в час/	Число про- пущен- ных задач
-----	---------------------------------	---------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------	-----------------------------------------

БЭСМ-6	5900	6550	20,4	59059
CDC-6500	6000	7367	21,7	164734* /28983/

*В скобках указано число задач, обработанных с терминалов.

Создание и развитие автоматических и полуавтоматических систем обработки камерных снимков

Спиральный измеритель

Завершена разработка системы фильтрации в реальном времени на "Спиральном измерителе". Весь комплекс аппаратуры, включающий систему ЭВМ ТРА-Электроника-100, дисплей, магнитный диск и магнитофоны, испытан и используется для контроля и выбора параметров сканирования в режиме реальных измерений событий *ар*-эксперимента на снимках с однометровой водородной камеры ЛВЭ ОИЯИ. Система фильтрации в реальном времени подготовлена к про-

ведению отладки соответствующего программного обеспечения на камерных снимках. Разработаны оптико-механическая конструкция сопряжения лазерного сканатора с СИ-2 и схемы макетных образцов электронных узлов отсчетного канала лазерного сканатора.

Сканирующий автомат HPD

Введена в опытную эксплуатацию новая электронная аппаратура автомата HPD, изготовленная в стандарте КАМАК. Проведены методические исследования и развито программное обеспечение режима фильтрации данных сканирования в реальном времени в системе CDC-1604A-TPA-HPD. Эффективность обработки снимков с двухметровой водородной камеры ЛВЭ составила около 70%. Продолжается работа по повышению эффективности программного обеспечения в этой системе.

С помощью новых электронных устройств автомата HPD измерено 22 тыс. событий на снимках с однометровой водородной камеры и камеры "Людмила". Смонтирован и включен в систему CDC-1604A-HPD спецпроцессор SHP, предназначенный для опознавания элементов треков. Проводились работы по реализации проекта повышения эффективной производительности автомата HPD.

В рамках системы автоматической обработки снимков с МИС ОИЯИ создан вариант пакета программ фильтрации данных сканирования /рис. 58/ и программа сборки событий на CDC-6500. Разработаны программы упаковки данных сканирования на магнитной ленте. Проведены работы по наладке спецпроцессора SHP. Создан комплекс программ для наладки и запуска спецпроцессора SHP, включающий в себя программы для тестирования, моделирования и представления данных на дисплее.

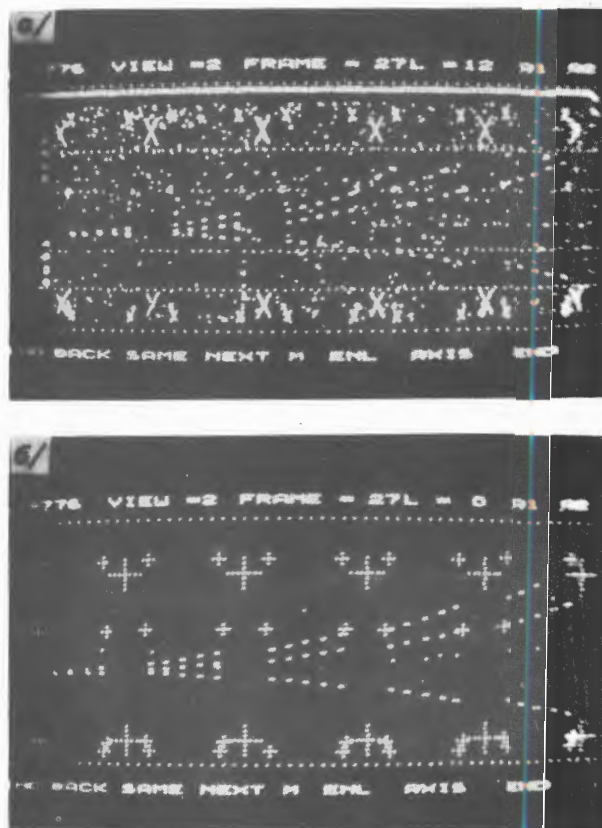


Рис. 58. Результаты автоматической обработки изображений на снимках с установки МИС ОИЯИ, выведенные на экран дисплея. а/ данные сканирования события на автомате НРД; б/ результаты обработки события с помощью программы фильтрации данных сканирования.

Автомат на электронно-лучевой трубке АЭЛТ-2/160

Создан комплекс базовых программ для тестовых исследований и калибровки автомата АЭЛТ-2/160, а также для организации связи с ЭВМ CDC-6500. Точность измерения снимков на автомате доведена до 1,7-2,0 мкм. Создан комплекс программ управления автоматом и распознавания событий на снимках с ус-

тановки МИС. С методической целью измерено 200 таких событий. Начаты работы по созданию программного обеспечения для организации системы обработки снимков с установки РИСК и проведены пробные измерения первых снимков.

Модуль
универсальной измерительной системы
для обработки снимков
с трековых детекторов

Разработаны и опробованы алгоритмы управления элементами проектора БПС-75. Продолжалась разработка режима программного сопровождения и узла зонного сканирования. Разработаны и изготовлены элементы оптико-механического датчика зонного сканирования, начата его сборка. Проводятся исследования светочувствительных матриц на базе элементов с зарядовой связью. Завершено подключение макета проектора к ЭВМ ТРА-1001.

ПУОС-САМЕТ-БЭСМ-4

Введены в эксплуатацию 6 столов САМЕТ в режиме программного сопровождения, что позволило повысить производительность труда на 30% при измерении наиболее сложных событий с двухметровой пропановой камеры. Завершено изготовление 10 комплектов устройств ПУОС-КАМАК.

Обработка снимков
с трековых детекторов

В 1978 году обработано:

- при помощи полуавтоматических устройств /ПУОС-САМЕТ/ - 412 тыс. треков для 12 физических групп ОИЯИ;
- при помощи автоматических сканирующих устройств /НРД, АЭЛТ-1/ -

45 тыс. событий на снимках с различных камер ОИЯИ.

Разработка методов расчетов и создание систем обработки экспериментальных данных

Использование ЭВМ на линии с экспериментальными установками

В рамках работ по созданию математического обеспечения систем реального времени для регистрации и обработки информации в экспериментах по физике высоких энергий разработан и реализован вариант системы контроля основных аппаратурных звеньев установки БИС-2, работающей на линии с ЭВМ ЕС-1040 ИФВЭ /Серпухов/. Контроль параметров осуществляется с помощью системы статистической обработки и программ автоматического опознавания траекторий. Подготовлен пакет программ статистической обработки для ЭВМ ЕС-1010 - управляющей ЭВМ установки "Альфа". Создана и включена в общую систему обработки программа графического представления событий, регистрируемых установкой "Фотон". Разработаны алгоритмы и создано математическое обеспечение для сбора данных, контроля аппаратуры и обработки информации в реальном времени в поисковых работах по ионной радиографии на ускорителе ЛВЭ, а также создана первая очередь математического обеспечения на ЕС-1040 для установки "Кристалл".

Для совместного ОИЯИ-ЦЕРН NA-4 эксперимента поставлена на CDC-6500 сис-

тема программ, разработанная совместно с сотрудниками отдела обработки данных ЦЕРН. Система включает в себя базовую библиотеку NA 4LIB, программу моделирования GEANT-SIMUL, а также программу PATRAC для опознавания событий и вычисления их геометрических и кинематических параметров. Проведено исследование программ обработки на моделированных событиях, а также на первой экспериментальной информации, полученной при физическом запуске NA-4 спектрометра. Исследованы точность и эффективность программ обработки. Для БЭСМ-6 создан вариант системы статистической обработки HBOOK. Сгенерирована и передана в институтский фонд библиотека LIBCDC.

Разработка программного управления ускорителями. Проведены работы по подготовке автоматизированной системы наладки и контроля работы каналов вторичных частиц системы вывода пучка из синхрофазотрона ЛВЭ. Отлажены программы связи ЭВМ ЕС-1010 /измерительной и управляющей ЭВМ системы/ с блоками аппаратуры, с помощью которых производится съем информации для настройки и контроля каналов. На ЕС-1010 отлажена программная система, включающая указанные программы связи и программы обработки информации с пропорциональных камер; программы построения профиля и двумерного распределения пучка, построения фазового эллипса, определения фокуса пучка и эффективности работы пропорциональных камер.

С помощью удаленной дисплейной станции БЭСМ-6 на базе М-6000 ОНМУ проводились пробные сеансы передач текстов задач и возврата листингов полинии связи ОНМУ-ЛВТА. С учетом опыта этих передач частично модифицировано программное обеспечение УДС, в частности

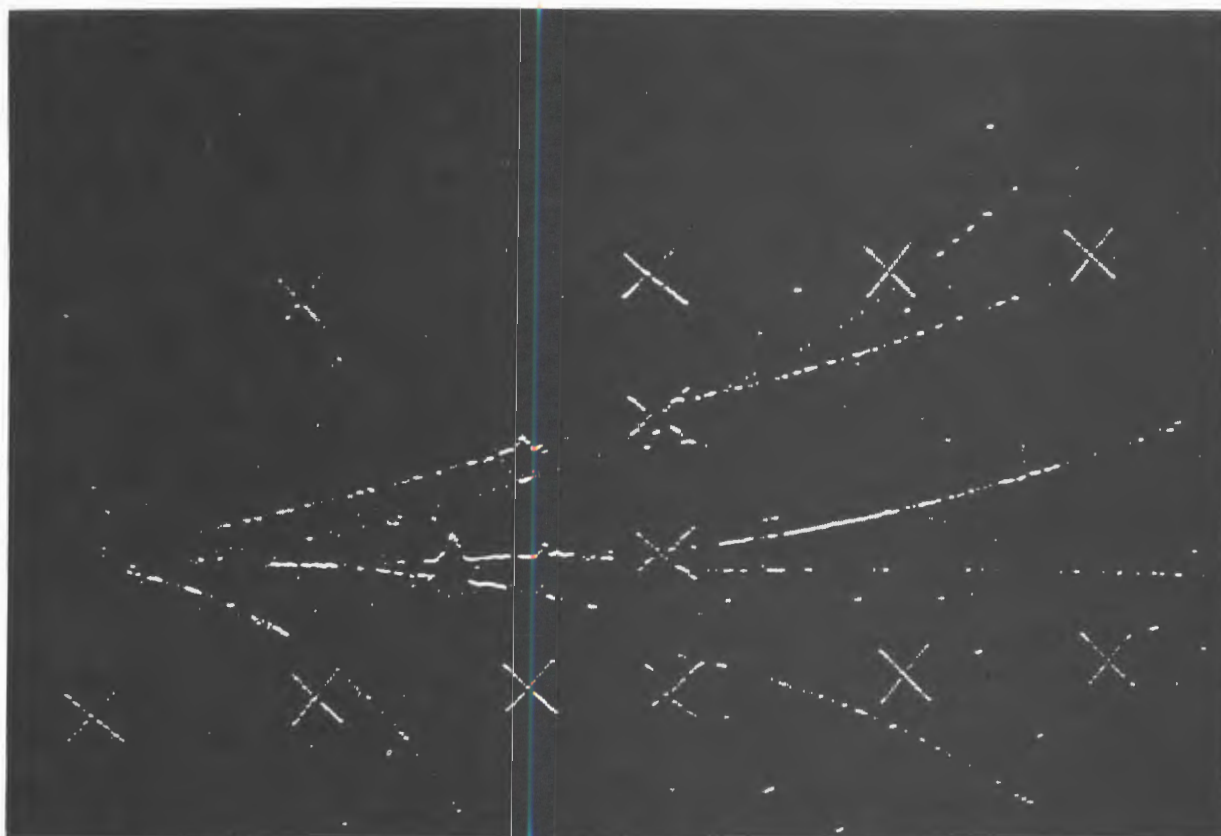


Рис. 59. Фотография события в стримерной камере установки РИСК, полученная с экрана телевизионного монитора.

обеспечена возможность использования магнитофона ЭВМ М-6000 в качестве буферной памяти.

Исследования по бесфильмовым системам регистрации и обработки информации со стримерных камер. Завершены исследования характеристик передающих телевизионных трубок, выполнены разработки специальных ТВ-камер и регистрирующей аппаратуры, проведены работы по моделированию на ЭВМ алгоритмов сжатия информации. В результате этих исследований были решены основные

научные и инженерные задачи, связанные с разработкой бесфильмовых систем съема информации со стримерных камер и подготовлен проект бесфильмовой системы для стримерной камеры установки РИСК.

Проведены стендовые испытания ТВ-камер, устройств запоминания телевизионных изображений и дисплейной аппаратуры телевизионной системы контроля /ТСК/, предназначенной для отображения на экранах ТВ-мониторов событий в стримерной камере установки РИСК. Произведены монтаж, подготовка

к запуску, испытания ТСК на установке РИСК в ИФВЭ /рис. 59/. Телевизионная система контроля для стримерных камер создана впервые в мировой практике.

Математическое обеспечение системы автоматизированного проектирования печатных плат на базе ЭВМ БЭСМ-6, CDC-6500 и малых ЭВМ. Разработаны методы и алгоритмы функционального тестирования логических схем на основе применения трехзначной логики. Усовершенствованы программы проектирования электродов для проволочных камер. Создано и сдано в эксплуатацию на БЭСМ-6 программное обеспечение чертежного автомата и автоматического архива печатных плат на магнитной ленте. Ведутся работы по постановке математического обеспечения системы на ЭВМ CDC-6500 и ЕС-1040. Сдана в эксплуатацию программа редактирования и изготовления печатных схем на ЭВМ ЕС-1010.

Создание программ обработки экспериментальных данных

Система программ модульной структуры для обработки камерных снимков. Завершен первый этап работы по адаптации прикладных программ системы "Гидра" к трековым установкам и измерительным системам ОИЯИ. Произведен переход на новую версию геометрических программ в рамках системы "Гидра", на основе которой создаются геометрические программы для установки РИСК и других трековых камер ОИЯИ. Поставлены и опробованы программы реконструкции и идентификации событий /ГЕОКИН/ для $\alpha\beta$ -эксперимента, а также программа подготовки лент суммар-

ных результатов. Адаптирована и проверена на тестовых событиях геометрическая программа для установки РИСК. Создан пакет программ на CDC-6500 для анализа в диалоговом режиме результатов обработки по геометрическим и кинематическим программам.

Разработана простая и эффективная методика генерации прикладных программ системы "Гидра", позволяющая пользователям создавать нужные варианты программ на специализированном языке запросов. На основе этой методики завершается создание системы генерации геометрических программ для жидководородных камер ОИЯИ и установки РИСК.

Математическое обеспечение единой системы обработки спектрометрической информации. В библиотеку системы обработки спектров /СОС/ включен ряд новых программ; имеется 10 наборов модулей, позволяющих обрабатывать различные виды спектров ядерных излучений. Это обеспечивает возможность анализа данных ряда экспериментов. Завершены работы по созданию специального варианта системы СОС для исследования матриц $\gamma\text{-}\gamma$ -совпадений большой размерности /1024x1024/. Ведутся работы по созданию программ обработки многомерных спектров. Завершено создание варианта системы СОС, работающего в рамках системы ДИСПАК, что позволит расширить круг научных центров, использующих систему СОС.

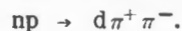
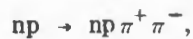
Получили дальнейшее развитие математические методы обработки информации. На основе обобщенной модели системы обработки информации получены простые формулы для оценки параметров прямолинейных треков. При этом использовано факторизованное представление информационных матриц для обработки информации в физике высоких энергий.

Исследования по релятивистской ядерной физике и физике резонансов

В исследованиях ядерных процессов при релятивистских энергиях выполнен анализ импульсных спектров вторичных протонов от взаимодействия протонов с ядрами водорода, дейтерия и углерода при начальных импульсах 4,3; 6,3 и 8,9 ГэВ/с, т.е. в области, где данные об импульсных спектрах вторичных частиц ранее отсутствовали. Новые экспериментальные данные удовлетворительно описываются в рамках модели многократного дифракционного нуклон-нуклонного рассеяния. Определено значение дифференциального сечения процесса квазиупругого выбивания дейтронов из ядер углерода под углом 103 мрад протонами с импульсом 4,3 ГэВ/с. Этот результат подтверждает предположение о том, что квазиупругое выбивание кластеров является общим свойством взаимодействий частиц с ядрами в широкой области значений энергии.

В результате обработки экспериментальных данных с установки СКМ-200 /совместно с ЛВЭ/ получены распределения по множественности во взаимодействиях α -частиц при 18 ГэВ/с с ядрами Pb. Проведено сравнение распределений по множественности π^- -мезонов во взаимодействиях α -частиц при 18 ГэВ/с с ядрами Li, C, Ne, Al, Cu, Pb с данными, полученными при исследовании взаимодействий элементарных частиц. Показано, что распределение по множественности отрицательных частиц в ядерно-ядерных взаимодействиях подобны распределениям, полученным в pp-взаимодействиях.

С помощью однометровой жидководородной камеры проведен анализ реакций



Показано, что в реакциях $np \rightarrow np \pi^+ \pi^-$ особенно велико образование резонанса $\Delta(1232)$; при $P_n = 2,23$ ГэВ/с изобара $\Delta(1236)$ рождается почти в 100% случаев, при $P_n = 5,1$ ГэВ/с - примерно в 75% случаев. Наблюдается также рождение резонансов $N^*(1470)$, $N^*(1520)$, $N^*(1688)$, $N^*(1815)$, $N^*(2100)$, $N^*(2240)$ и $\Delta(1950)$. Обнаружена сильная периферичность взаимодействий. Проведен анализ пятилучевых np-взаимодействий. Наиболее интересным результатом является указание на рождение изобары в системах $(p \pi^+ \pi^-)$ и $(n \pi^- \pi^-)$. Подготовлена лента суммарных результатов четырехлучевых событий с $\bar{\Lambda}^-$, K^0 , $\bar{\Lambda}^0$ -частицами. Определено сечение каналов реакций, для чего было проведено моделирование событий с Λ^0 и K^0 -частицами.

В исследованиях с помощью двухметровой пропановой камеры совместно с ЛВЭ закончен цикл работ по проблеме образования резонансов в $\pi^- p$ -взаимодействиях при 40 ГэВ/с. Продолжались работы по исследованию корреляций между частицами, имеющими большие поперечные импульсы. Пока в рамках небольшой статистики не удастся однозначно определить природу обнаруженных короткодействующих корреляций. Получены данные об инклюзивных спектрах вторичных частиц в $\pi^- ^{12}\text{C}$ -взаимодействиях при 40 ГэВ/с. Измерены и обчислены 2000 событий pd-эксперимента. Подготовлена лента суммарных результатов.

Выполнен статистический анализ экспериментов по неупругим взаимодействиям частиц с ядрами в области энергий $\sim 10 \div 100$ ГэВ. Этот анализ показал,

что общепринятый механизм внутриядерных каскадов реализуется лишь при энергиях, не превышающих 20-30 ГэВ. При больших энергиях определяющими становятся коллективные взаимодействия, когда с одним внутриядерным нуклоном одновременно взаимодействует сразу несколько быстрых частиц.

Методы прикладных вычислений

Доказано существование положительных частицеподобных решений в модели Фридриха-Ли-Сирлина для случая убывающей в нуле функции, стоящей в правой части уравнения, а также найдены достаточные условия существования безузлового частицеподобного решения. Исследованы некоторые вопросы приближенного решения нелинейной краевой задачи, соответствующей уравнению Лоу. Найдены условия существования и единственности решений с неотрицательным суммарным индексом производной Фреше. Построен алгоритм и проведены численные расчеты малых и больших по модулю решений уравнений Лоу. Проведено качественное исследование и найдено приближенное решение нерегуляризованного уравнения Лоу.

Исследовано взаимодействие двумерных "заряженных" солитонов во встречных столкновениях в рамках релятивистски-инвариантной модели теории поля с логарифмическим лагранжианом, обладающим $U(1)$ -симметрией. В результате численных экспериментов на ЭВМ обнаружены четыре качественно различных вида взаимодействий солитонов в рамках указанной модели: упругое и квазиупругое, распадное, распад через резонанс и образование связанных состояний солитонов /рис. 60, 61/. Исследованы ус-

тойчивость $U(1)$ -солитонов, двумерная устойчивость плоских солитонных решений нелинейного уравнения Шредингера, а также вопросы существования и устойчивости квазисолитонов в одномерной модели статистической механики с резонансным взаимодействием. Получены новые типы решений и показано, что они не могут быть найдены с помощью теории возмущений.

Разработаны и реализованы в виде программ на ФОРТРАНе алгоритмы расчета резонансных состояний для уравнения Шредингера со сферически симметричным потенциалом Саксона-Вудса. Математически задача сводится к поиску решений с экспоненциальной асимптотикой на больших расстояниях от центра ядра, причем показатель экспоненты может быть не только отрицательным /связанные состояния/, но и комплексным. На ЭВМ CDC-6500 поставлены и сданы в опытную эксплуатацию две программные системы для подготовки документации по математическому обеспечению.

Завершены расчеты токов дополнительных магнитов в синхрофазотроне ОИЯИ, оптимизирующих траектории заряженных частиц в ускорителе. Расчеты показали, что с помощью витков с током, установленных в прямолинейных промежутках, можно уменьшить осцилляции периодических траекторий заряженных частиц на всех радиусах рабочей области синхрофазотрона. С помощью непрерывного аналога метода Ньютона проведены оптимизация длинных согласованных промежутков синхрофазотрона и анализ нелинейных aberrаций в них. Проведены расчеты полей магнитов сложной конфигурации /рис. 62/.

Разработан новый метод численного решения задач на собственные значения

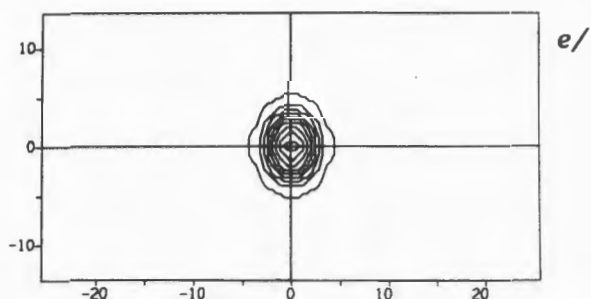
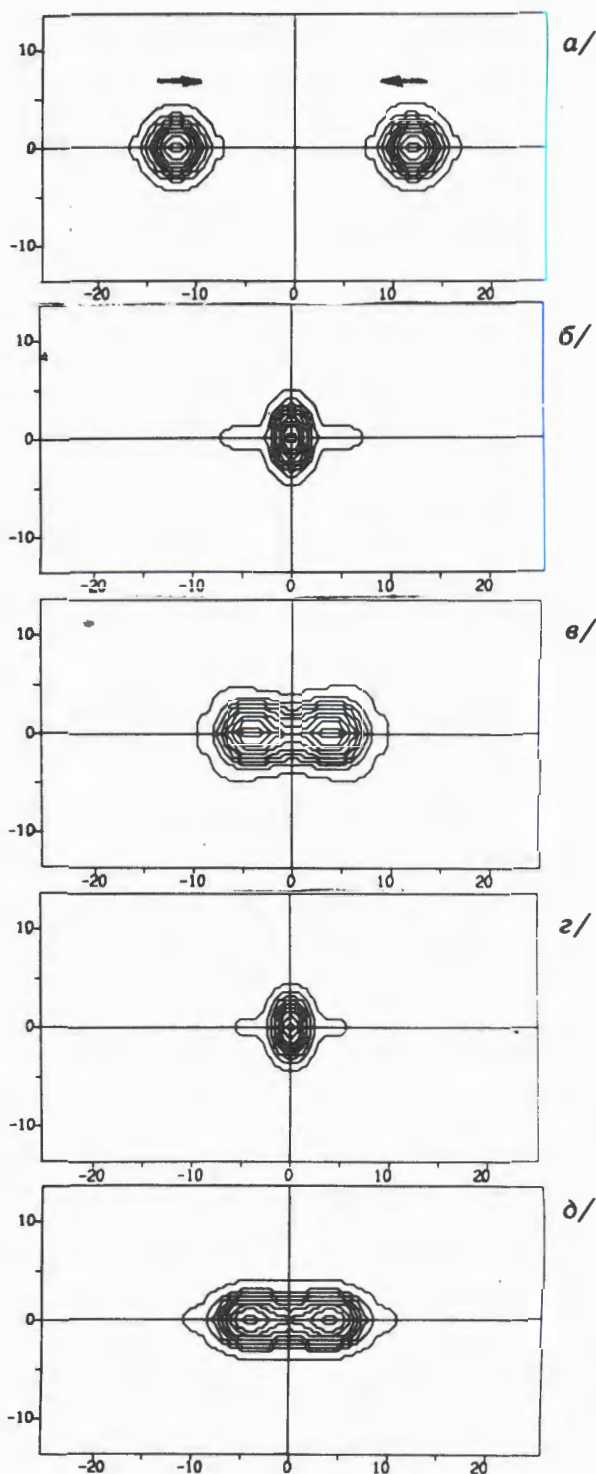


Рис. 60. Связанное состояние двух "заряженных" солитонов в рамках скалярной модели теории поля с насыщающейся нелинейностью. Скорость встречного движения солитонов $v = v_1 = -v_2 = 0,1$, $\mu = 0,7$ / μ - параметр, определяющий "заряд" солитона/. Картины линий уровня соответствуют плоским сечениям, приведенным на рис. 61.

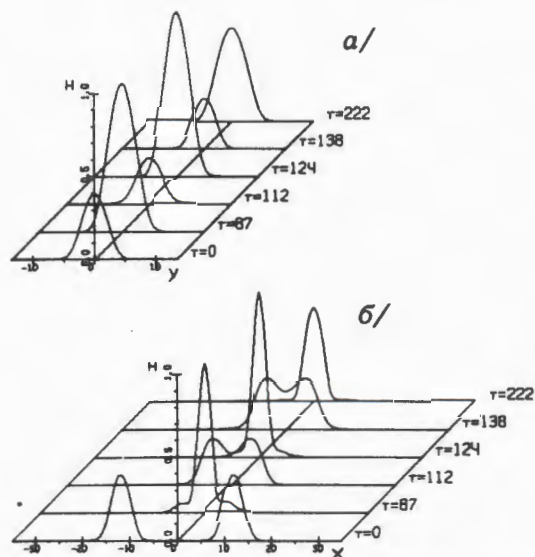


Рис. 61. Плоские сечения двумерных солитонов, образующих связанное состояние. а/ сечение плоскостью (Н,у); б/ сечение плоскостью (Н,х). Сечения проведены в моменты времени, указанные на рисунке. Плотность энергии солитона (Н) и время (Т) приведены в безразмерных единицах. $N = H/H_{max}$, где $H_{max} = 2,97 = H(t = 50)$.

для систем дифференциальных и интегродифференциальных уравнений Шредингера, позволяющий единообразно и с высокой точностью решать многоканальные задачи на связанные состояния и задачи рассея-

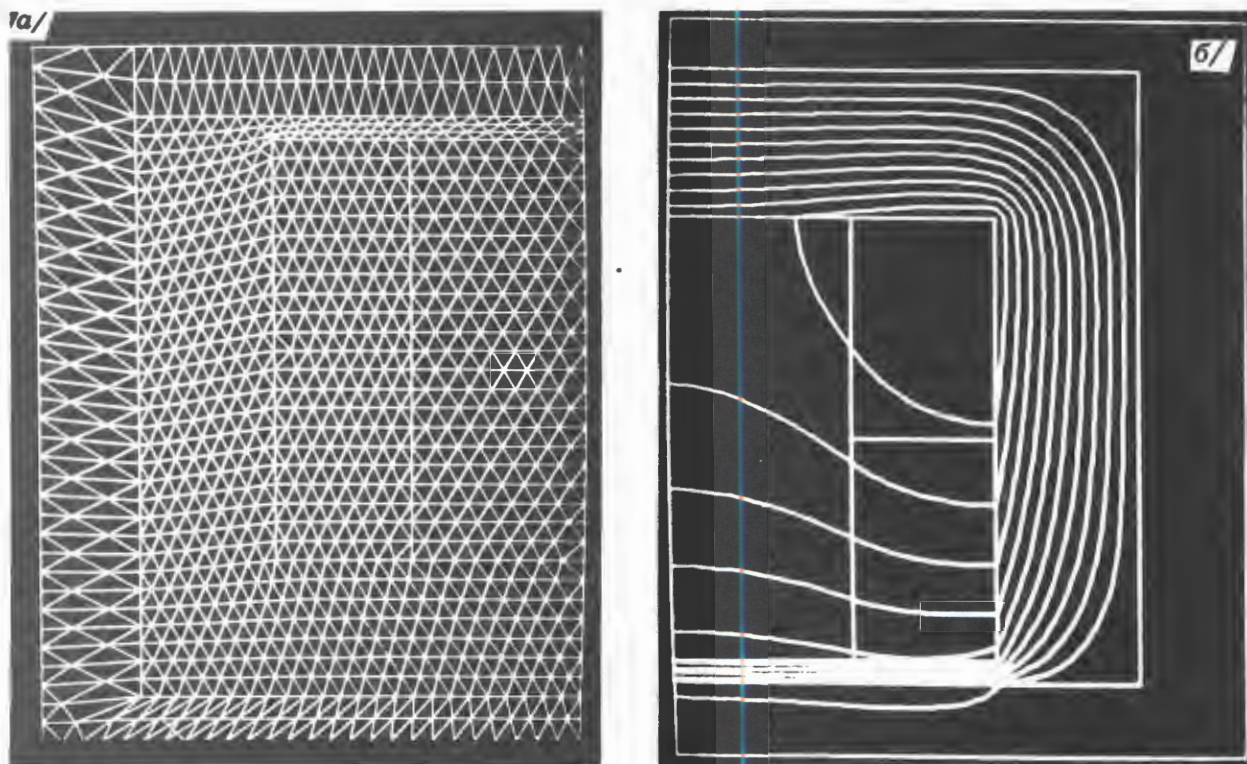


Рис. 62. Расчетная сетка /а/ и распределение эквипотенциалей поля /б/ в плоскости (x, y) магнита Ламберсона для ускорителя УКТИ.

ния для квантовомеханических систем. Как в задаче рассеяния, так и в задачах на связанные состояния разработанные на основе предложенного метода вычислительные схемы обладают устойчивостью в области энергий, близких к нулю, что весьма важно для определения уровней энергии слабосвязанных систем. Алгоритмы реализованы в виде программ на ЭВМ CDC-6500; с помощью этих программ проведены расчеты по уточнению высоковозбужденных уровней энергии слабосвязанных мезомолекул водорода $dd\mu$ и $dt\mu$, наличие которых приводит к резонансному образованию мезомолекул.

АСУ и ИПС ОИЯИ

Откорректированы программы ввода и вывода информации в системе программ

бухгалтерского учета. Ведется пробная эксплуатация подсистемы бухгалтерского учета на CDC-6500. Подготовлена к сдаче в опытную эксплуатацию подсистема кадрового учета. Завершается работа по созданию на основе системы "Кадры" комплекса программ управления базой данных с многофайловой структурой.

В рамках ИПС ОИЯИ определены и уточнены параметры иерархической структуры основных массивов при работе в режиме реального времени на CDC-6500. Разработаны методика работы с большими таблицами, хранящимися на магнитных дисках, а также таблицы и алгоритмы уплотнения зон иерархической структуры ИПС на основе накопленной базы данных ИПС ОИЯИ, поступающих из ИНИС.



Сдана в опытную эксплуатацию первая очередь сети терминальных устройств на базе малой ЭВМ ВС-1010 и БЭСМ-6.





Создан комплекс программ управления измерением и распознавания событий на снимках с установки МИС для сканирующего автомата на электронно-лучевой трубке АЭЛТ-2/160, начаты рабочие измерения снимков.



Смонтирован и включен в систему CDC-1804A-HPD спецпроцессор SHP, предназначенный для опознавания элементов трекков. На снимке: подготовка к пуску специального электронного процессора для сканирующего автомата HPD.

Общеинститутские отделы



Отдел НОВЫХ методов ускорения

Основные усилия Отдела новых методов ускорения были направлены на исследование прототипа коллективного ускорителя тяжелых ионов, завершение создания комплекта больших пропорциональных камер для эксперимента в ЦЕРНе по изучению инклюзивного глубоконеупругого рассеяния мюонов на водороде, дейтерии и углероде и их включение в состав спектрометра, а также на работы, связанные с созданием ускорительно-накопительного комплекса в ИФВЭ /Протвино/.

Работы по исследованию
коллективного ускорителя
тяжелых ионов

В начале года на прототипе КУТИ были завершены работы по ускорению ионов азота, аргона и ксенона в спадающем магнитном поле. Этот процесс изучался также методом укрупненных расчетов на ЭВМ. Результаты расчетов находятся в хорошем согласии с экспериментальными.

Этим же методом моделировалось разделение в магнитном поле специальной конфигурации электронной и ионной компонент кольца в конце ускорения. Сама конфигурация поля подбиралась в процессе расчетов. Результаты расчетов качественно согласуются с последующими экспериментальными данными.

Разработана и создана установка для дальнейшего ускорения электронно-ионных колец во внешнем электрическом поле. За основу этой установки была взята секция линейного индукционного ускорителя ЛИУ-3000. Высоковольтная импульсная система этой секции и фокусирующие катушки, создающие продольное ведущее магнитное поле, реконструированы с учетом требований, предъявляемых условиями ускорения электронных колец, нагруженных ионами.

Двухкомпонентные кольца, выведенные из адгезатора и предварительно ускоренные в спадающем магнитном поле двух соленоидов на длине 140 см, вводятся в продольное магнитное поле ускоряющей секции, сформированное системой коротких соленоидальных катушек. Включением модуляторов на длине 120 см в течение времени пролета кольца по секции на его пути создается вихревое ускоряющее электрическое поле с напряженностью 5 кВ/см. В конце секции располагается детектирующая аппаратура для анализа энергии ионов и их интенсивности.

В секции сформировано магнитное поле с характеристиками, близкими к рас-

четным: $B_z \sim 9 \text{ кЭ}$, $\frac{\partial B_z}{\partial z} \leq 40 \text{ Э/см}$

/рис. 63/. Выявленные азимутальные неоднородности не превышают допустимых величин. Смонтированы и отлажены восемь модуляторов, нагруженных на 24 пермаллоевых индуктора. Сформировано вихревое электрическое поле /рис. 64/. Ведется отладка всей ускоряющей секции в режиме совместно с ускоряемыми кольцами. Этот эксперимент моделировался также методом укрупненных частиц на ЭВМ.

В немалой степени хорошему формированию ведущего магнитного поля способствовала созданная магнитометрическая аппаратура. В отделе разработаны

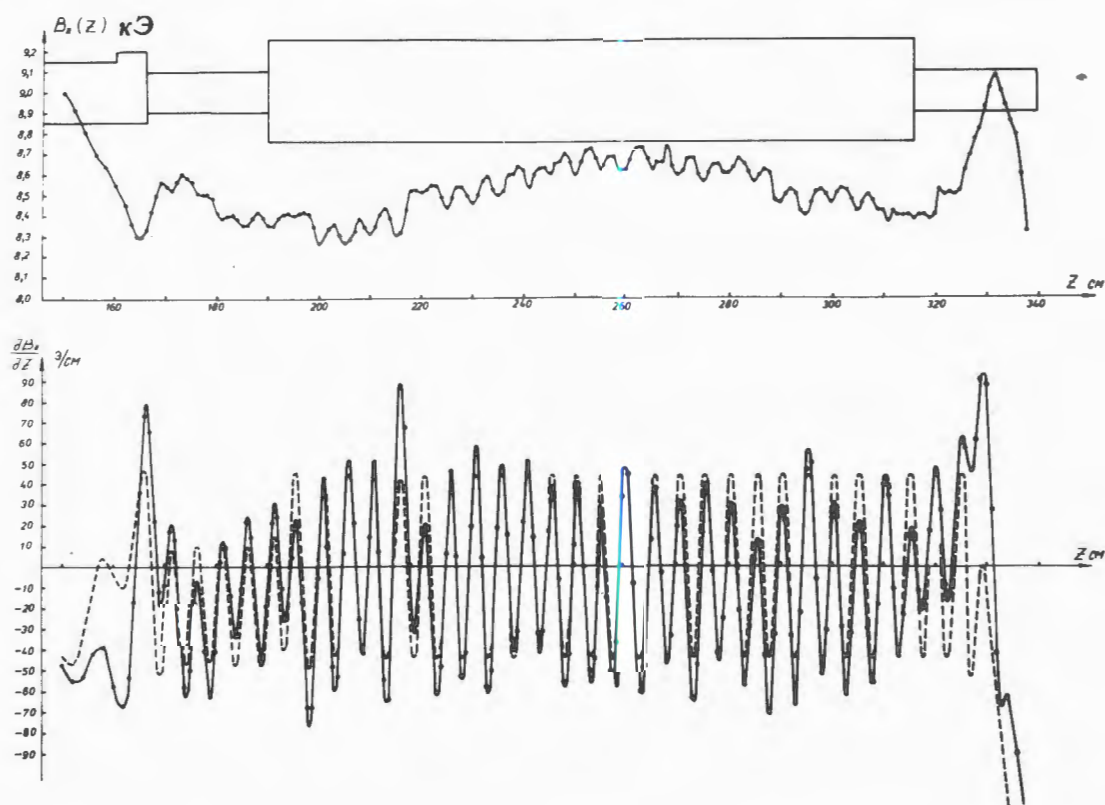


Рис. 63. Магнитное поле и градиент магнитного поля ускоряющей секции КУТИ. Пунктир - проектное значение. Сплошные линии - результаты измерений.

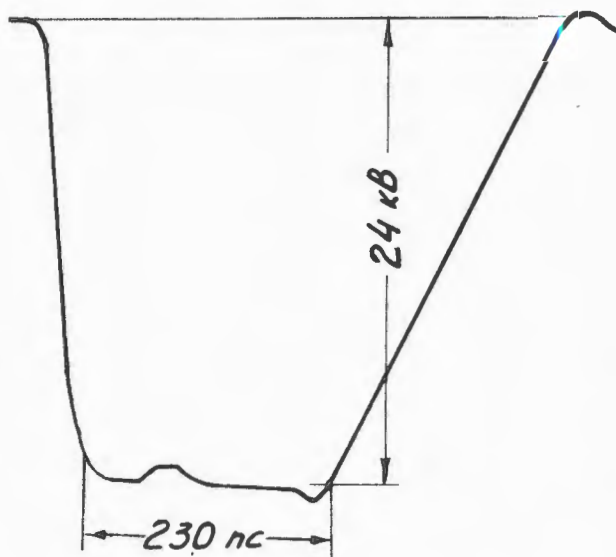


Рис. 64. Параметры вихревого электрического поля ускоряющей секции.

и созданы импульсный холловский магнетометр МИХ-2с, обеспечивающий точность 10^{-8} , и трехканальный холловский магнетометр МПХ-3с для измерения постоянных магнитных полей с точностью $2 \cdot 10^{-4}$.

Завершена работа по созданию автоматизированной системы управления прототипом КУТИ. Система отображения информации введена в опытную эксплуатацию. На алфавитно-цифровой и растровый дисплей выводится информация о состоянии систем КУТИ: значения электрических параметров ускорителя /21 параметр/ в табличной и графической форме; информация об автоматической синхронизации модуляторов ускорителя СИЛУНД. Система отображения информации позволяет также изменять электрические параметры ускорителя в интерактивном режиме.

Проведена работа по исследованию возможности автоматического управления фокусировкой пучка в ускорителе

СИЛУНД. Показано, что с помощью алгоритма прямого поиска достигается автоматическая настройка фокусирующего магнитного поля, при этом величина тока пучка электронов на выходе ускорителя оказывается не менее обычного рабочего значения, получаемого при ручной настройке. Рис. 65 иллюстрирует процесс оптимизации фокусирующего поля.

Подготовлена аппаратура параллельной синхронизации модуляторов, позволяющая перейти на новые алгоритмы управления, дающие возможность не только стабилизировать, но и оптимизировать синхронизацию ускорителя СИЛУНД.

Завершены монтаж и комплексная наладка систем первой очереди головного образца индукционного ускорителя электронов, работающего при повышенных частотах повторения, и начаты работы по исследованию систем в рабочих условиях. Отличительной особенностью нового варианта ускорителя по сравнению с СИЛУНДом-1, помимо повышения частоты импульса до 50 Гц, является сокращение числа мощных импульсных тиратронов на единицу длины ускорителя в 6 раз, что достигнуто за счет применения нелинейных схем трансформаций импульсной мощности. Нагрузочная характеристика импульсной ускоряющей системы, соответствующая схеме с одним тиратроном на секцию ускорителя, приведена на рис. 66. При токе пучка $I = 1$ кА схема развивает импульсную мощность до 0,4 ГВт. Осциллограмма импульса тока ускоренного пучка приведена на рис. 67.

Проводились эксперименты по формированию электронных колец с помощью новой магнитной системы. В результате получен электронный ток на орбите перехвата $\sim 5 \cdot 10^{12}$ электронов и осуществлен эффективный захват в первую ступень компрессии. Для увеличения нижекритического тока применен новый инфлектор

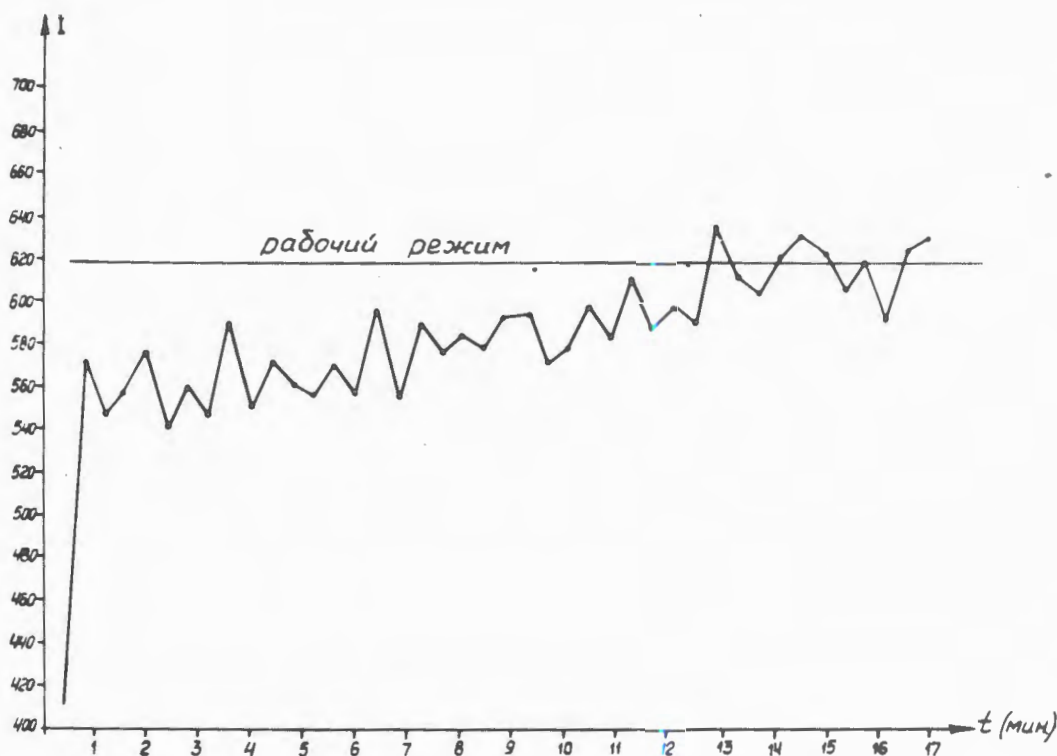


Рис. 65. Иллюстрация работы АСУ КУТИ по настройке и управлению работой фокусирующих полей СИЛУНДа.

с внутренним соленоидом и линзой, позволяющий управлять начальными параметрами инжектируемого тока и повышающий надежность работы этого узла. Адгезатор модели будет использовать внутренние экранирующие стенки, имеющие анизотропную проводимость, что упрощает решение ряда технических вопросов и расширяет возможности адгезаторов. Проведены испытания первых образцов таких стенок, которые показали правильность теоретических представлений о влиянии экранов на формирование кольца. Принципиальную роль в решении этого вопроса сыграла разработанная в отделе методика измерения продольного импеданса.

В связи с исследованием электродинамических способов ускорения электронно-ионных колец были получены экспериментальные данные о параметрах импульсного полоскового ускоряющего элемента и электрофизических характеристиках сверхпроводящего переходного участка между импульсным и сверхпроводящим соленоидами.

Анализ современного состояния проблемы использования сверхпроводящих резонаторов /СПР/ в ускорительной технике показывает перспективность применения в нашем случае таких СПР, рабочий слой которых выполнен в виде сверхпроводящей пленки из сверхпровод-

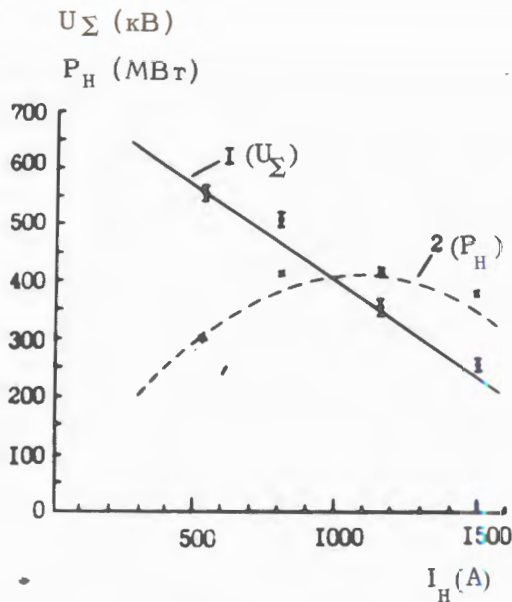


Рис. 66. Нагрузочная характеристика импульсной ускоряющей системы с частотой посылок до 50 Гц.

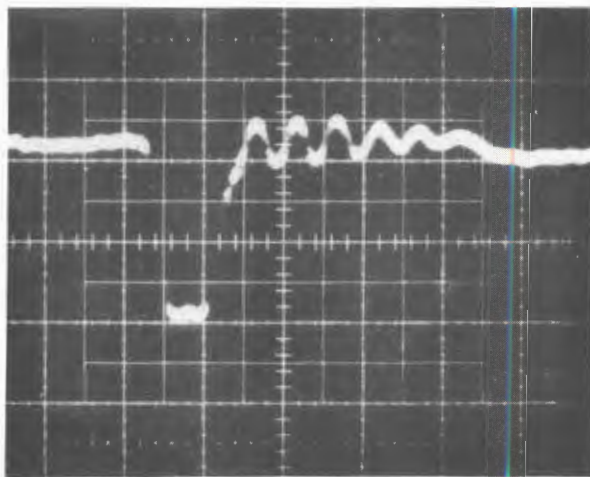


Рис. 67 Осциллограмма импульса тока ускоренного пучка /развертка 50 нс/дел./.

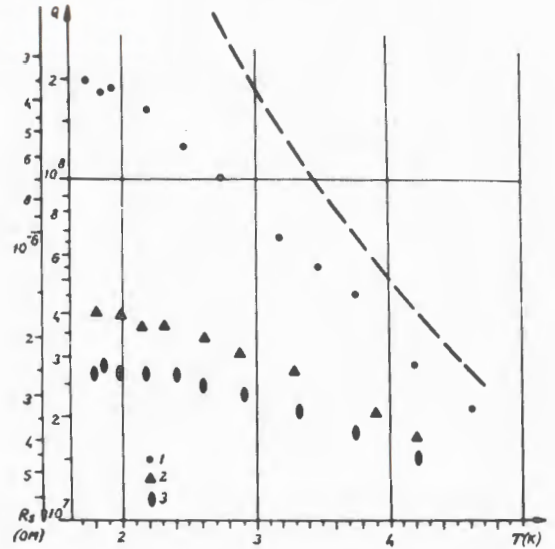


Рис. 68. Зависимость Q и R_s от температуры. 1. $T_K = 9,2 \text{ К} / T_{\text{подл.}} = 770 \text{ К}$. 2. $T_K = 8,5 \text{ К} / T_{\text{подл.}} = 670 \text{ К}$. 3. $T_K = 8,0 \text{ К} / T_{\text{подл.}} = 470 \text{ К}$. - - - - - теоретическая модель Маттиса-Бардина.

ника II рода. Это связано с тем, что на больших уровнях ВЧ-мощности требуется обеспечение хороших условий теплоотвода, а необходимость в коллективном методе ускорения работы резонаторов во внешнем магнитном поле требует применения сверхпроводника II рода с большими значениями критического тока j_K и второго критического поля.

Для сверхпроводящих резонаторов проведены исследования по выяснению влияния температуры подложки ($T_{\text{подл.}}$) на критическую температуру (T_K) сверхпроводящей пленки и связанные с ней величины j_K пленки, добротности резонатора Q и ВЧ-сопротивления R_s . Выяснено, что T_K пленки сильно зависит от $T_{\text{подл.}}$ при прочих постоянных, отработанных ранее, технологических условиях /рабочее остаточное давление в

камере напыления, режимы электронно-плазменных испарителей, методика создания защитных нитридных пленок и прочее/. Результаты экспериментальных исследований представлены на *рис. 68*.

Работы,

связанные с созданием УНК

Выполнены расчеты различных вариантов схем криообеспечения, и выбрана схема, обладающая надежностью, простотой и экономичностью. В качестве хладагента предусматривается применение двухфазного гелия, который будет циркулировать в магнитах под воздействием эжектора. Применение эжектора позволяет отказаться от использования сложных механических криогенных насосов жидкого гелия.

Использование двухфазного гелия, по сравнению с однофазным, дает возможность упростить конструкцию диполей благодаря отсутствию внутреннего охлаждения однофазного гелия и снизить температуру криостатирования. Однако теплообмен в двухфазном гелии еще недостаточно экспериментально изучен. Ожидаемый на основании теоретических проработок характер теплообмена между охлаждаемым объектом и двухфазным гелием изображен на *рис. 69*. Кривая А разделяет теплообмен на две области, где разность температур между охлаждаемыми объектом и гелием $\Delta T < 0,2 \text{ K}$ и где величина $\Delta T > 0,2 \text{ K}$. При массовом паросодержании $X \geq 0,4-0,5$ ожидается, что величина предельного теплового потока q_a /при котором $\Delta T \geq 0,2/$ будет, в зависимости от условий течения гелия, равна $10^{-2} - 10^{-3} \text{ Вт/см}^2$. Тепловой по-

ток в условиях УНК $q = 0,5-1 \cdot 10^{-3} \text{ Вт/см}^2$. Если $q < q_a$, то применение двухфазного гелия по сравнению с однофазным позволит заметно сократить количество сверхпроводящего материала и количество криогенных станций. Для определения величины q_a создан стенд модели крио-

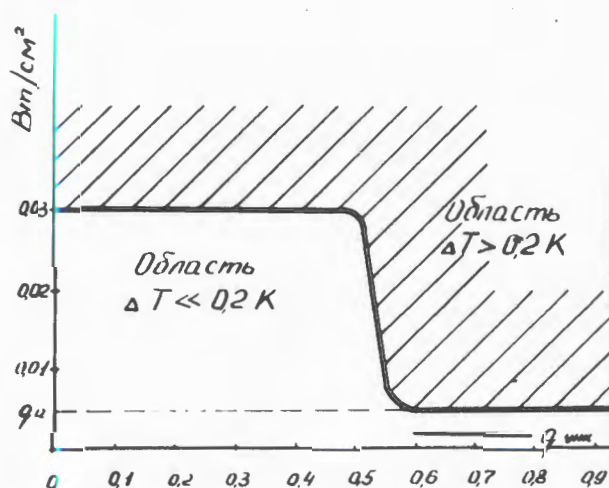


Рис. 69. Ожидаемая зависимость теплообмена двухфазного гелия от массового паросодержания X .

генных систем УНК. Определено критериальное уравнение, описывающее теплопередачу при паросодержании $X > 0,4$. Значение q_a равно $1 \cdot 10^{-2} \text{ Вт/см}^2$, что значительно больше теплового потока в УНК.

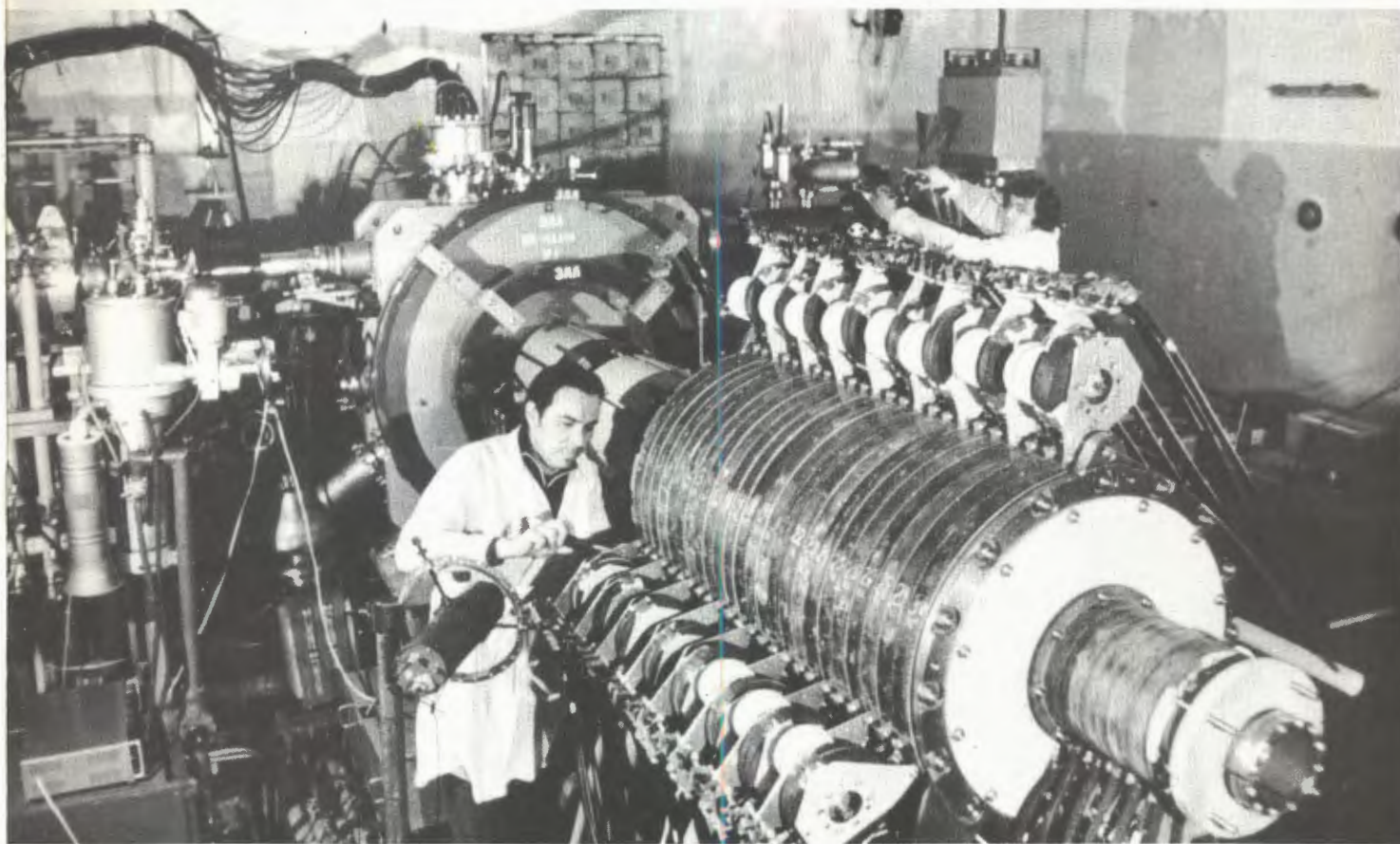
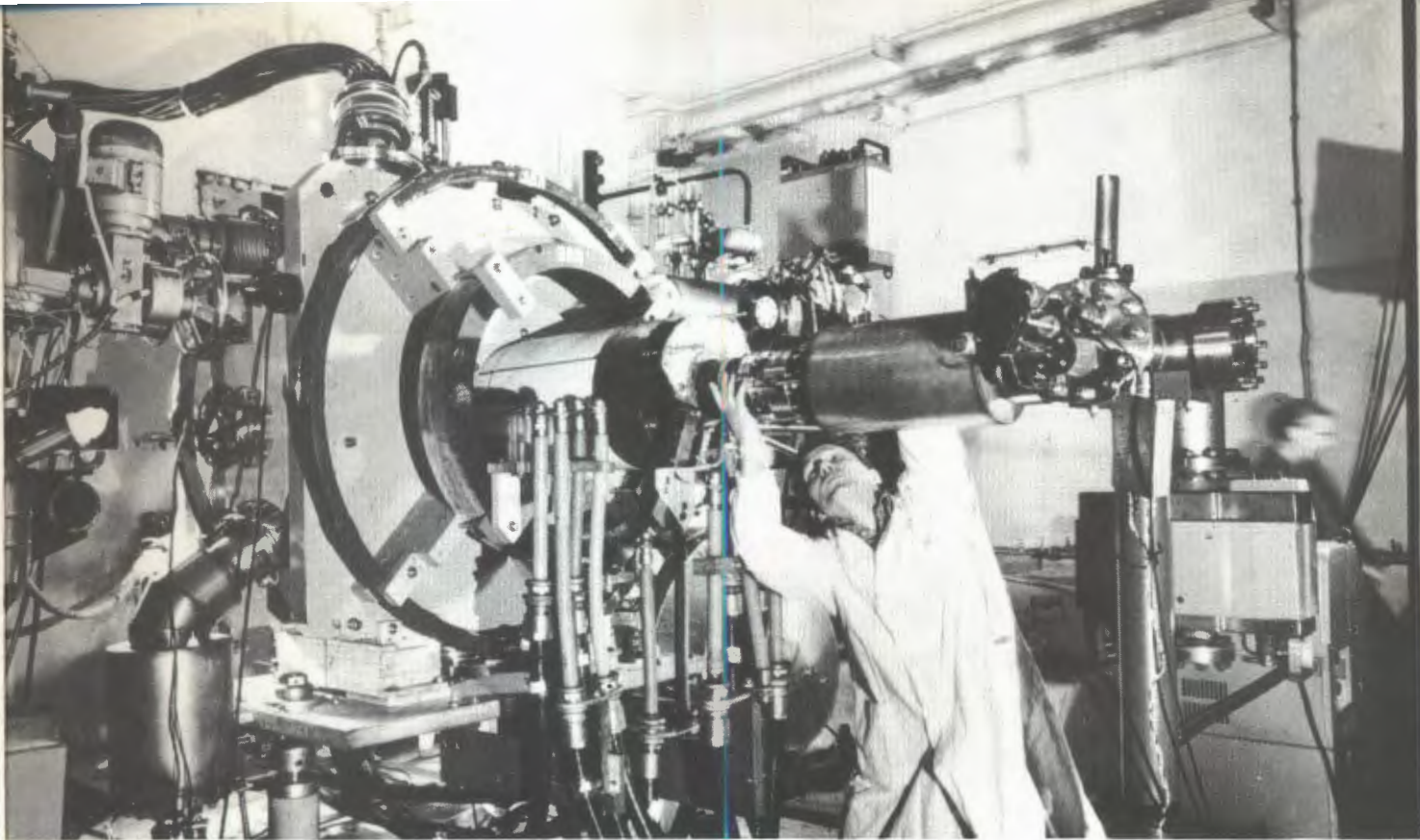
Таким образом, показана возможность применения двухфазного гелия в УНК.

Работы
по созданию больших
пропорциональных камер

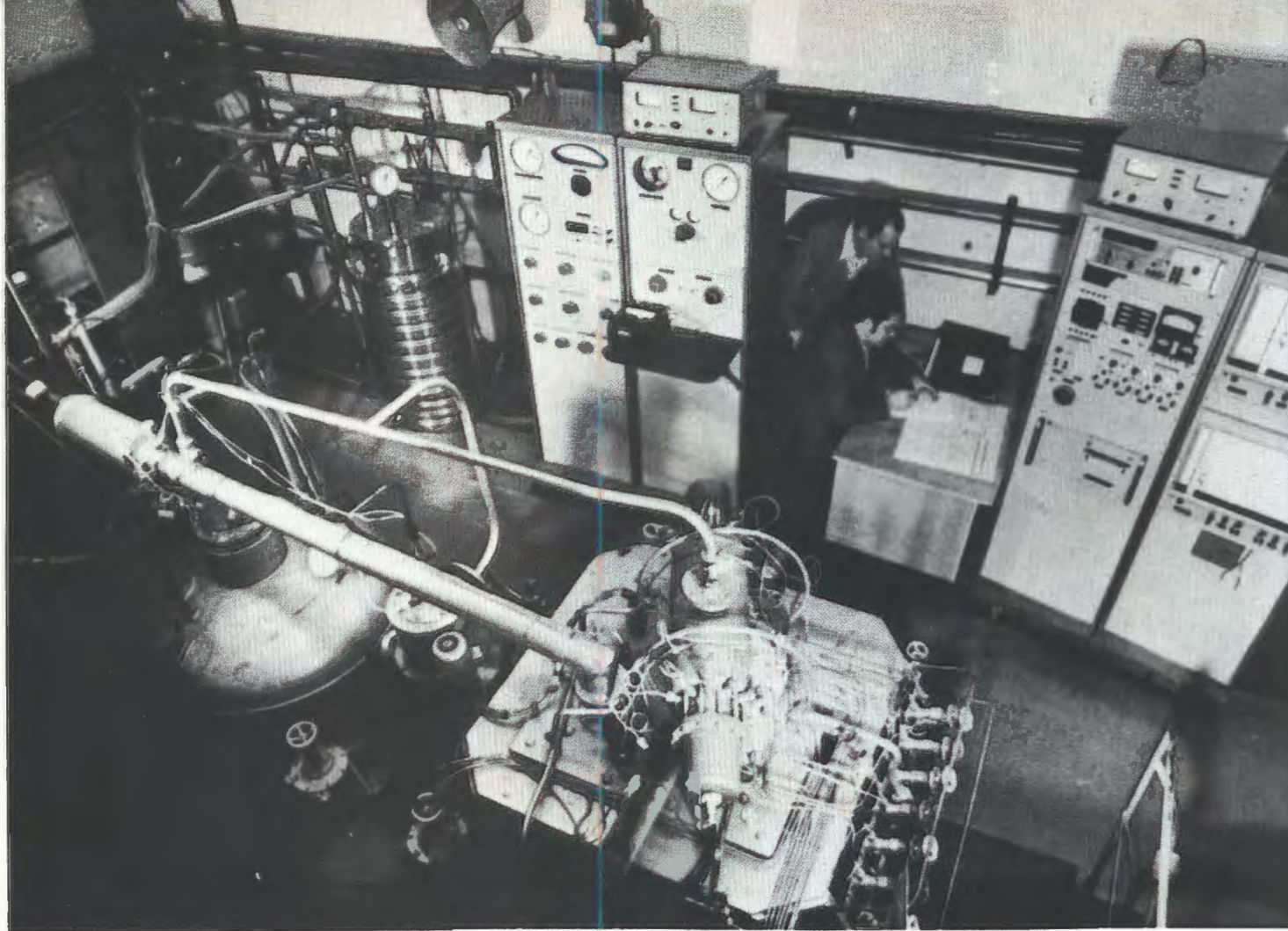
Для совместного ОИЯИ-ЦЕРН эксперимента НА-4 полностью завершено изготовление комплекта больших многопроволочных пропорциональных ка-

мер оригинальной конструкции. Камеры смонтированы в экспериментальной установке. Успешно осуществлен их физический запуск в составе спектрометра.

Проведено несколько сеансов работы на мюонном пучке протонного синхротрона 400 ГэВ, в процессе которых выявлены хорошие характеристики и высокая надежность камер.



Промоит ускорителя тяжелых ионов. Электронно-ионные кольца, сформированные в адгезаторе, ускоряются внешним электрическим полем в индукционной ускоряющей секции.

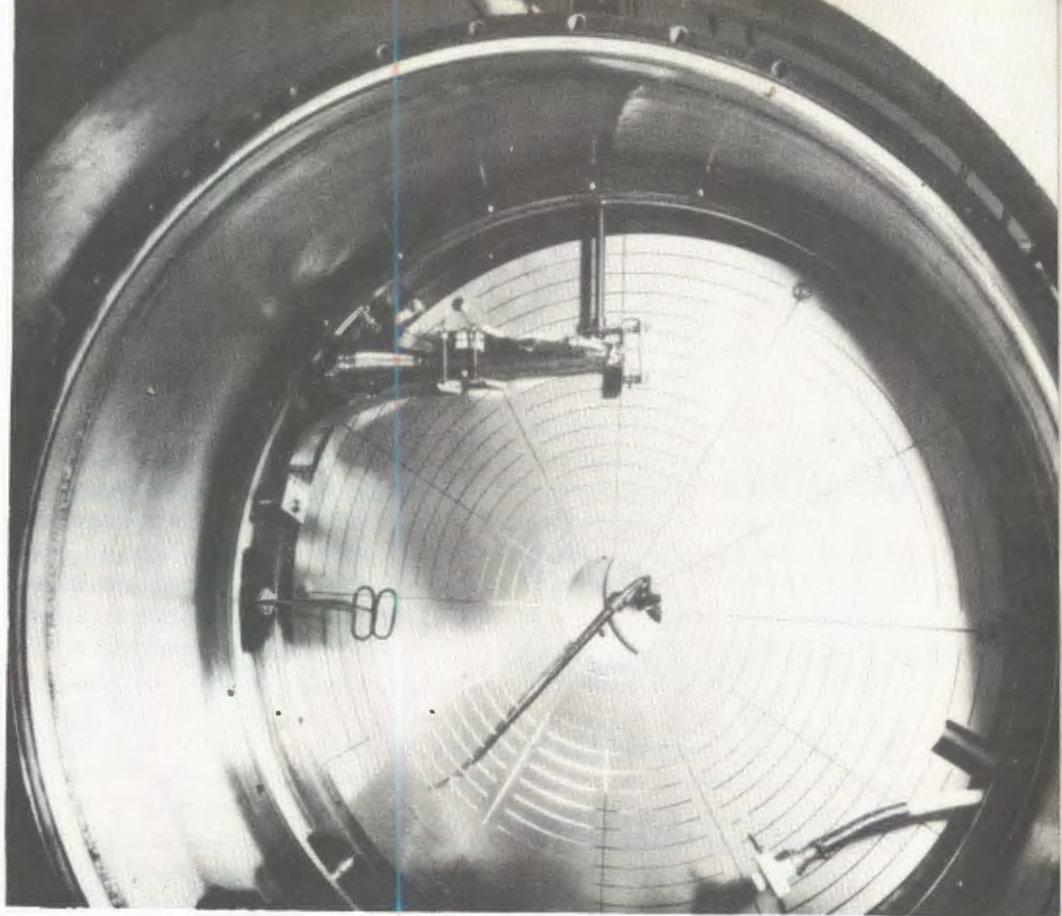


Первая очередь стенда криогенных систем УНК. Стенд позволяет исследовать различные потоки гелия в широком интервале параметров.

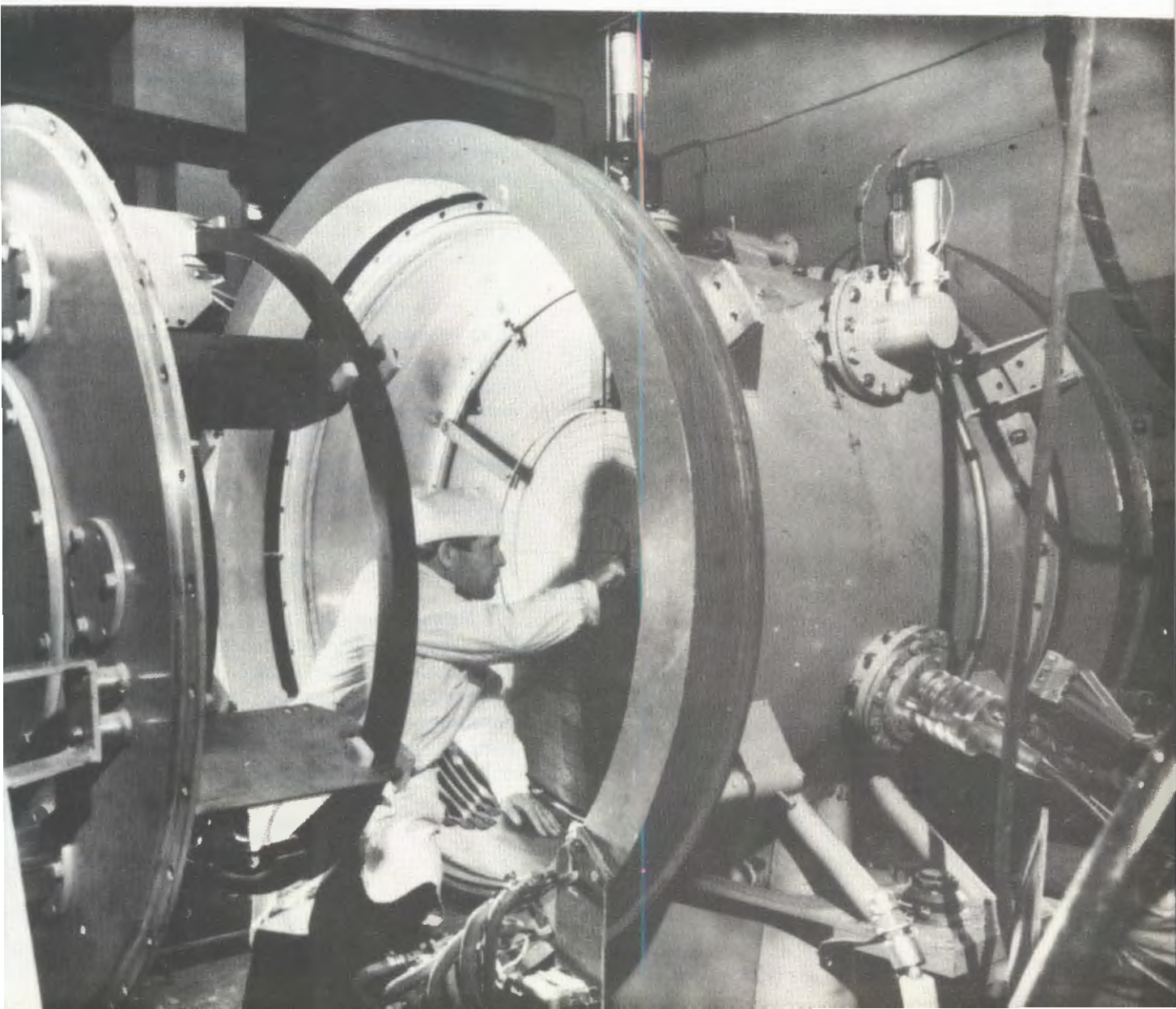


Гелиевая охладительно-рефрижераторная установка - сердце всех криогенных экспериментов.

Анизотропный экран, инфлектор и измерительные устройства адгезатора модели коллективного ускорителя.



Подготовка адгезатора к экспериментам с пучком.



Отдел радиационной безопасности и радиационных исследований

Деятельность отдела в области обеспечения радиационной безопасности была сконцентрирована на решении задач радиационного контроля на действующих и вновь создаваемых ядерно-физических установках ОИЯИ. Подготовлена к измерениям система дозиметрического контроля для энергетического пуска реактора ИБР-2. Создана и введена в действие по пусковому минимуму система радиационного контроля на циклотроне тяжелых ионов У-400. Продолжались работы по созданию системы радиационного контроля в новом экспериментальном павильоне /корпус №205/ синхрофазотрона. Выполнены работы по изучению радиационной обстановки. Исследованы дозиметрические характеристики полей нейтронов при физическом пуске реактора ИБР-2. Выполнена работа по изучению пространственного распределения поля тормозного излучения на прототипе коллективного ускорителя тяжелых ионов. Проведено изучение распределения дозы и флюенса нейтронов в зависимости от расстояния от синхроциклотрона /вплоть до расстояний 1,6 км/, что позволило уточнить дозу внешнего облучения населения города при работе синхроциклотрона. Эта доза оказалась приблизительно равной величине естественного нейтронного фона. Выполнена оценка радиационной обстановки и радиационной защиты ускорительного комплекса тяжелых ионов.

Для радиационного контроля во время ремонтных работ на синхроциклотроне и ускорителях электронов ОНМУ опробованы термолуминесцентные дозиметры.

Интегральный контроль дозы основных видов излучения способствовал организации оптимальной работы ядерно-физических установок, при которой обеспечивалось соблюдение установленных границ радиационных зон на территории вблизи этих установок.

Проведены работы по переаттестации проверочных установок дозиметров гамма- и нейтронного излучений, расширена номенклатура и количество приборов дозиметрического контроля, проходящих поверку в соответствии с современными метрологическими требованиями.

В 1978 г. на индивидуальном дозиметрическом контроле находилось 2099 сотрудников. Групповая доза составила 699,4 бэр, причем 94,5% сотрудников получили дозу менее 1,5 бэр.

Радиационные исследования и методические работы выполнялись с целью изучения характеристик полей излучения базовых ядерно-физических установок и проверки адекватности показаний детекторов излучений эквивалентной дозе и спектру частиц в этих полях. Впервые получены данные о спектрально-угловых распределениях потоков протонов, выходящих из бетонной защиты синхроциклотрона при падении на нее пучка протонов

с энергией 630 МэВ. Усовершенствована методика измерения энергетических спектров нейтронов с энергией менее 15 МэВ активационными детекторами, и уточнены энергетические распределения потоков и доз нейтронов в пучке реактора ИБР-30. В этом пучке завершены исследования по проверке адекватности показаний дозиметров эквивалентной дозе. Анализ результатов этих исследований позволил оценить точность измерений эквивалентной дозы методами, используемыми в странах-участницах ОИЯИ. В 1978 году выполнены эксперименты по измерению функций чувствительностей сцинтилляционных детекторов для дозиметрии нейтронов. Калибровка детекторов выполнялась методом спектрометрирования энергии нейтронов по времени пролета от импульсного быстрого реактора ИБР-30 и с использованием нейтронов реакции ${}^7\text{Li}(p,n){}^7\text{Be}$. Выполнены также исследования чувствительности термолюминесцентных детекторов к протонам с энергией от 82 до 634 МэВ.

Руководящие
и консультативные
органы
Международные
связи



Деятельность руководящих и консультативных органов

XLIII Сессия Ученого совета Объединенного института ядерных исследований состоялась 10-14 января 1978 года. Члены Ученого совета заслушали доклад о выполнении решений XLI и XLII сессий, отчеты о научно-исследовательской деятельности лабораторий в 1978 году, информацию о решениях ученых советов по теоретической физике, физике высоких и низких энергий, о международном сотрудничестве и связях ОИЯИ в 1977 и планах на 1978 год, о кадрах специалистов из стран-участниц.

Ученый совет утвердил проблемно-тематический план научно-исследовательских работ и международного научно-технического сотрудничества ОИЯИ на 1978 год. Совет определил главные задачи Института на этот год, в числе которых - работы по завершению создания комплекса ИБР-2 и ЛИУ-30, физический пуск ускорителя тяжелых ионов У-400.

На сессии были заслушаны доклады о состоянии работ по проектам ускорительно-накопительного комплекса /УНК/ и ускорительного комплекса тяжелых ионов /УКТИ/, а также информация дирекции о методике установления приоритетов экспериментов ОИЯИ.

Состоялись выборы на должности директоров и заместителей директоров лабораторий Института.

Комитет Полномочных Представителей на совещании 7-8 февраля 1978 года одобрил работу Института по выполнению плана научно-исследовательских работ и международного сотрудничества в 1977 году, решения XLII и XLIII сессий Ученого совета по результатам научных исследований, выполненных лабораториями и отделами Института, утвердил план научно-исследовательских работ и международного сотрудничества на 1978 год, определил главные задачи на этот год.

Дирекции Института и директорам лабораторий поручено сконцентрировать усилия на реализации основных научных направлений, сокращая количество неперспективных для Института проблем. Комитет Полномочных Представителей поручил дирекции завершить в текущем году разработку проекта генерального плана развития ОИЯИ до 1990 года.

Комитет утвердил представленный дирекцией Института отчет об исполнении бюджета за 1976 год и протокол Финансового комитета от 15-16 ноября 1977 года, принял к сведению сообщение дирекции ОИЯИ об исполнении бюджета за 1977 год, утвердил бюджет и план капитального строительства на 1978 год.

XLIV сессия Ученого совета состоялась 13-16 июня 1978 года. Члены Ученого совета ознакомились с проектом Генерального плана развития ОИЯИ до 1990 года, с проектом проблемно-тематического плана научно-исследовательских работ и международного сотрудничества на 1979 год, с решениями сессий ученых советов Института по физике высоких и низких энергий, с докладом дирекции о ходе выполнения планов-графиков пусковых объектов ОИЯИ и информацией о ходе работ по УНК и УКТИ.

На сессии с докладами выступали профессор Нгуен Ван Хьеу - "О деятельности Института физики СРВ", профессор Е.Яник - "Достижения Краковского центра в области изучения конденсированных сред ядерными методами", член-корреспондент АН СССР Д.В.Ширков - "Аналитические преобразования на ЭВМ в физике и математике".

Совет утвердил решение жюри о присуждении премий ОИЯИ за лучшие работы, выполненные в 1977 году.

Состоялись выборы на должности директоров и заместителей директоров лабораторий Института.

XII сессия Ученого совета по теоретической физике состоялась 5-7 декабря 1978 года. Члены Совета подвели итог научной и научно-организационной деятельности Лаборатории теоретической физики за 1978 год и утвердили план научно-исследовательской работы и международного сотрудничества ЛТФ ОИЯИ на 1979 год.

На сессии были заслушаны отчеты о выполнении решений XI сессии секции Ученого совета по теоретической физике, участия теоретиков ОИЯИ в международных конференциях, симпозиумах, школах, семинарах и намечены научно-организационные мероприятия на 1979 год.

Ученый совет отметил большие достижения в разработке актуальных проблем физики элементарных частиц и физики высоких энергий.

Ученый совет по физике высоких энергий в 1978 году заседал дважды. На XXVI сессии /16-18 мая/ были заслушаны доклад о выполнении решений XXV сессии Ученого совета, отчеты о деятельности специализированных комитетов, информация о сотрудничестве ОИЯИ с ИФВЭ и экспериментах ОИЯИ, выполненных на серпуховском ускорителе. На сессии обсуждались предложения об изменениях в тематическом плане научно-исследовательских работ в области физики элементарных частиц и физики высоких энергий, а также в области использования и развития соответствующих методов исследования на 1979 год. Избран новый состав рабочих органов специализированных комитетов. Рассмотрены некоторые вопросы теоретической программы проектируемого Ускорительно-накопительного комплекса, обработки фильмовой информации и ряд других.

На XXVII сессии /21-24 ноября/ были представлены отчеты о выполнении

научно-исследовательских работ ЛВЭ, ЛЯП, ЛВТА и ЛТФ. На сессии были заслушаны доклады: "Об основных положениях пятилетнего /1981-1985 гг/ плана развития ОИЯИ", "О ходе работ по созданию Ускорительного комплекса тяжелых ионов", "О ходе разработок систем УНК в ОИЯИ", "Состояние дел по совместному ОИЯИ-ЦЕРН мюонному эксперименту", "Эффективность использования пузырьковых камер ОИЯИ", "Состояние дел по подготовке к экспериментам на установке РИСК", "Нейтральные токи" и ряд других. Обсуждался план обработки filmовой информации на 1979 год, план международного сотрудничества ОИЯИ в области физики высоких энергий, отчеты о работе специализированных комитетов.

Комитеты, заседания которых проходили 11-13 апреля и 21-24 ноября, рассматривали проекты новых экспериментов, отчеты по проектам, заслушивали информацию о сотрудничестве ОИЯИ и институтов стран-участниц, состояние дел на ЭВМ ЕС-1040 ОИЯИ.

Камерный комитет разработал и предложил план использования просмотрового и измерительного оборудования на 1979 год, заслушал отчет о выполнении плана обработки filmовой информации в 1978 г., обсудил состояние дел на измерительных и просмотровых устройствах ЛВТА.

Комитет по электронным экспериментам, как правило совместно с Камерным комитетом, осуществлял экспертизу новых проектов. Комитет рассмотрел отчеты о ходе электронных экспериментов в лабораториях, о подготовке и ходе экспериментов по проектам "Тау", "Кристалл", РИСК, "Проза", НА-4, "Гиперон", БИС-2, обсудил методические вопросы, связанные с использованием

проволочных камер в физическом эксперименте и прикладных областях.

Фотоэмульсионный комитет заслушал информацию о разработке в ЛВЭ монокристаллических галогеносеребряных детекторов, о ходе работ по нейтринному эксперименту в ЛЯП, о разработке специальных микроскопов, о положении дел с производством ядерных фотоэмульсий. Комитет обсудил проект комплексного плана мероприятий по развитию фотоэмульсионного метода в ОИЯИ.

Ученый совет по физике низких энергий в 1978 году провел две сессии. Большое внимание на сессиях было уделено состоянию дел по сооружению ИБР-2 и У-400, а также подготовке первоочередных экспериментов на них.

На XXVI сессии /23-25 мая/ были заслушаны и одобрены доклад о выполнении решений XXV сессии Совета и отчеты о работе специализированных комитетов, обсуждены предложения дирекций лабораторий в проблемно-тематический план на 1979 год в области физики низких энергий и структуры ядра. На сессии была детально рассмотрена и одобрена научная программа Лаборатории ядерных проблем в этой области исследований. Были заслушаны доклады об итогах научных и прикладных исследований на ЭГ-5 и по программе ЯСНАПП, информация о применении микропроцессоров в ядерной физике, а также рассмотрены итоги работы наиболее интересных конференций и совещаний по тематике Совета, прошедших за отчетный период.

На XXVII сессию /28 ноября - 1 декабря/ были представлены отчеты о выполнении проблемно-тематических планов лабораторий по тематике Совета за 1978 год и внесено несколько замечаний по проекту проблемно-тематического плана на 1979 год. На сессии был

заслушан ряд научных докладов Лаборатории ядерных реакций по итогам выполнения проблемно-тематического плана, а также доклад об эффективности использования базовых установок У-200 и У-400.

Совет принял к сведению информацию об основных положениях пятилетнего /1981-1985 гг./ плана развития ОИЯИ, одобрил ход работ по УКТИ и подготовку программ физических исследований на нем, а также деятельность специализированных комитетов. Были заслушаны сообщения об итогах международного сотрудничества и связей за 1978 год и проектах плана на 1979 год, а также о работе ряда международных конференций и совещаний по тематике Совета.

Комитеты по структуре ядра и физике тяжелых ионов собирались дважды на свои заседания /4-6 апреля и 31 октября - 2 ноября/, заседания Комитета по нейтронной физике проходили 25-26 апреля и 31 октября - 2 ноября.

Комитет по структуре ядра обсудил ход выполнения тематических планов и планов международного сотрудничества в исследованиях по ядерной спектроскопии и структуре ядра. На заседаниях Комитета были заслушаны научные доклады о наиболее важных результатах исследований, проводимых по программам ЯСНАПП и ЯСНАПП-ИРИС /Дубна - Гатчина/. Отмечалось успешное развитие работ на электростатическом генераторе ЭГ-5, а также работ в области мезохимии. Комитет заслушал сообщения об уточнении энергии связи дейтона, о результатах, полученных на установке СПИН и на установке задержанных и угловых корреляций гамма-лучей, о работах по созданию филиала измерительного центра ЛЯП. Был обсужден проект плана-графика работ по реконструкции синхроциклотрона, а также пусковой ми-

нимум установки ЯСНАПП-2. В связи с остановкой синхроциклотрона на реконструкцию Комитет рассмотрел вопрос о возможном использовании некоторых экспериментальных установок ЛЯП на базовых установках ОИЯИ. Были обсуждены сообщения о ряде конференций и совещаний по тематике Комитета.

Комитет по физике тяжелых ионов ознакомился с результатами экспериментов по поиску сверхтяжелых элементов в природе, синтезу трансурановых элементов и планами развития исследований в этих областях, обсудил перспективы изучения ядерных реакций и атомных столкновений в экспериментах на пучках тяжелых ионов, а также состояние и развитие прикладных исследований.

Члены комитета рассмотрели ход работ по сооружению ускорителя У-400, одобрили планы работ по запуску этого ускорителя, а также планы координации научных исследований на У-200, У-300 и У-400. Были обсуждены предложения ЛЯР по созданию измерительного центра У-400.

Комитет проанализировал состояние дел по сооружению коллективного ускорителя в ОНМУ и отметил получение первых пучков ускоренных тяжелых ионов, заслушал ряд сообщений о возможности постановки новых экспериментов в странах-участницах ОИЯИ, а также рассмотрел изменения в проблемно-тематических планах ЛЯР и ОНМУ.

Комитет по нейтронной физике заслушал сообщения о физическом пуске реактора ИБР-2, оптимизации геометрии дополнительного отражателя, а также о подготовке к энергетическому пуску ИБР-2 и первоочередным экспериментам на нем. Комитет рассмотрел вопрос о перспективах сооружения измерительного центра ЛНФ, заслушал информацию



В декабре 1977 года приступил к обязанностям Главного ученого секретаря ОИЯИ доктор физико-математических наук С.П.Кулешов. На снимке: академик Н.Н.Боголюбов и доктор физико-математических наук С.П.Кулешов.





Ученый совет ОИЯИ, состоявшийся в июне 1978 года, рассмотрел проект "Генерального плана развития ОИЯИ до 1990 года".



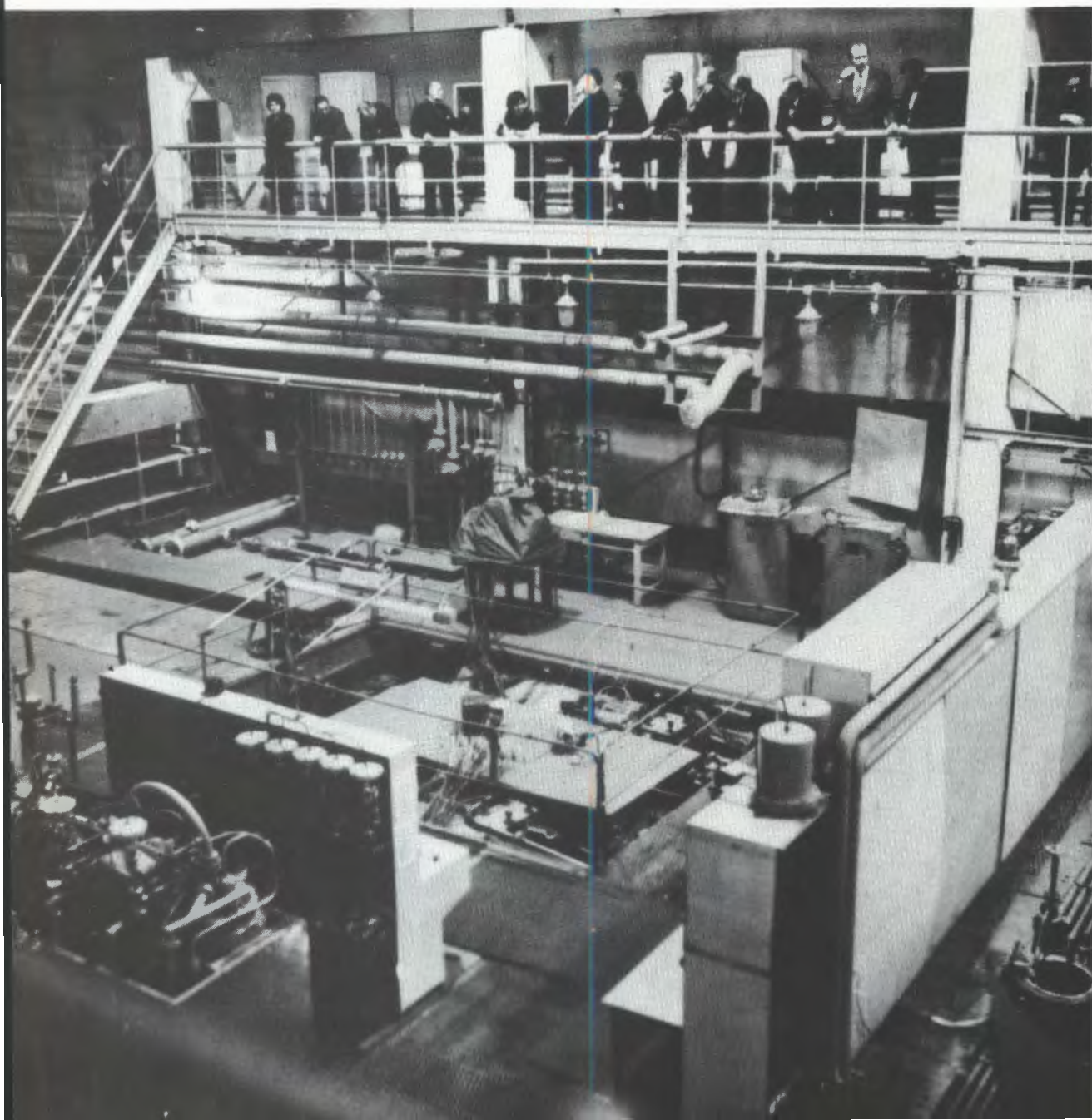
Ведущие ученые ОИЯИ приняли участие в выездном заседании Президиума АН СССР в ИФВЭ.







Члены Ученого совета ОИЯИ посетили ИФВЭ и ознакомились с исследованиями, проводимыми на серпуховском ускорителе.



о текущей деятельности ЛНФ и уточнил изменения в проекте проблемно-тематического плана научно-исследовательских работ и международного сотрудничества на 1979 год.

Члены комитета отметили заинтересованность институтов стран-участниц ОИЯИ в создании экспериментальных установок для ИБР-2 и рекомендовали расширить совместные усилия в этом направлении.

На своих заседаниях Комитет заслушал ряд научных докладов, обсудил техническое состояние подготавливаемых установок с учетом современных тенденций в развитии методики нейтронных экспериментов и детально проанализировал научную программу исследований по теме

“Прецизионная нейтронная дифрактометрия”, отметил ее перспективность и рекомендовал разработать предложения по ее реализации. Была отмечена важность постановки на ИБР-2 работ по активационному анализу.

На совместном заседании трех комитетов /1 ноября/ были заслушаны доклады о предполагаемой физической программе исследований на ускорительном комплексе тяжелых ионов, об использовании экспериментальных установок ЛЯП во время остановки синхротрона, о состоянии дел с изготовлением полупроводниковых детекторов в ОИЯИ, о ядерно-спектроскопических исследованиях на ЭГ-5 /ВНР, Дебрецен/.

Премии ОИЯИ за 1977 год

На соискание премий Объединенного института ядерных исследований за 1977 год были выдвинуты лучшие научно-исследовательские теоретические и экспериментальные, а также научно-методические, научно-технические и научно-технические прикладные работы, выполненные сотрудниками Института.

Решением Ученого совета ОИЯИ от 13-16 июня 1978 года присуждены следующие премии:

По научно-исследовательским
теоретическим работам

Первая премия:

“Влияние вращения на структуру ядра”.

Авторы: И.Н.Михайлов, Э.Наджаков, Д.Янссен.

Вторая премия:

“Новый подход к теории альфа-распада тяжелых ядер”.

Авторы: С.Г.Кадменский, Г.Стратан, С.Халан, В.И.Фурман.

По научно-исследовательским
экспериментальным работам

Первая премия:

Цикл работ “Экспериментальное обоснование механизма резонансного поглощения отрицательных мюонов атомами ядра”.

Авторы: И.Войтковска, В.С.Евсеев, Т.Козловски, Т.Н.Мамедов, В.С.Роганов.

и “Гигантские резонансы при взаимодействии частиц средних энергий с легкими ядрами”

Авторы: М.Гмитро, Г.Р.Киссенер, Р.А.Эрамжян.

Две вторые премии:

1. “Исследования взаимодействия

пионов с малонуклонными системами /ядра ^3He и ^4He /“.

Авторы: Т.Ангелеску, М.М.Кулюкин, В.И.Ляшенко, Р.Мах, Ф.Никитиу, Г.Пираджино, Д.Б.Понтекорво, И.В.Фаломкин, Ю.А.Щербаков.

2. “Изучение характеристик деления тяжелых и сверхтяжелых слабо возбужденных ядер“.

Авторы: Х.Зодан, Р.Колпакчиева, Ю.Ц.Оганесян, Ю.Э.Пенионжкевич, В.И.Вакатов, В.Б.Злоказов, Т.С.Саламатина.

По научно-методическим
и научно-техническим
работам

Первая премия:

“Исследования по коллективному методу ускорения и создание прототипа коллективного ускорителя тяжелых ионов ОИЯИ“.

Авторы: В.П.Саранцев, Г.В.Долбилов, В.И.Миронов, Э.А.Перельштейн, Г.Радонов, А.П.Сумбаев, С.И.Тютюнников, В.П.Фартушный, А.А.Фатеев, А.С.Щеулин.

Две вторые премии:

1. “Разработка электронно-лучевых ионизаторов “Крион-1“ и “Крион-2“ и их

применение для ускорения ядер С, N, O и Ne на синхрофазотроне ОИЯИ и исследованиях в атомной физике“.

Авторы: А.М.Балдин, В.П.Вадеев, Е.Д.Донец, В.Г.Дудников, Л.П.Зиновьев, В.П.Овсянников, А.И.Пикин, И.Н.Семенишкин, Ю.А.Шишов.

2. “Высокочувствительные низкофонные детекторы нейтронов для исследования редких актов спонтанного деления“.

Авторы: Г.Н.Флеров, Е.Д.Воробьев, Р.Герстенбергер, А.Г.Попеко, В.И.Смирнов, В.Г.Субботин, Г.М.Тер-Акопьян, Б.В.Фефилов, Л.П.Челноков.

По научно-техническим
прикладным работам

Первая премия:

“Разработка и создание трактов протонного и высокоинтенсивного пи-мезонного пучков и комплекса аппаратуры для проведения на синхроциклотроне Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ медико-биологических исследований“ /2 части/.

Авторы: В.М.Абазов, Б.В.Астрахан, М.Ш.Вайнберг, В.П.Джелепов, В.И.Комаров, Е.С.Кузьмин, А.Г.Молоканов, А.И.Рудерман, О.В.Савченко, Е.П.Череватенко.

Международные связи и научное сотрудничество

Объединенный институт ядерных исследований осуществлял широкое сотрудничество с научно-исследовательскими организациями стран-участниц Института, развивал и поддерживал связи с научными центрами других стран и международными научными организациями.

Основные результаты научно-технического сотрудничества ОИЯИ за 1978 год отражены в следующих итоговых данных:

- из 149 научных тем совместно с научно-исследовательскими организациями стран-участниц выполнялось 143 темы, с научными центрами других стран и международными научными организациями - 26 тем;

- по вопросам научно-технического сотрудничества и для участия в научных совещаниях в страны-участницы /кроме СССР/ командировано 502 специалиста, в том числе 407 специалистов с целью выполнения совместных работ, 83 - для участия в научных конференциях, совещаниях и школах;

- из стран-участниц принято 1010 ученых и специалистов для выполнения совместных работ, а также с целью обмена опытом и консультаций;

- проведено 47 научных и научно-организационных совещаний, в которых приняли участие около 2500 человек;

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

Сотрудничество
с научными центрами
стран-участниц

В 1978 году международное научно-техническое сотрудничество ОИЯИ со странами-участницами продолжало успешно развиваться по всем основным направлениям научных исследований Института, включая методические разра-

ботки, проблемы автоматизации и математического обеспечения физического эксперимента и прикладные работы.

Основные формы сотрудничества:

- совместные экспериментальные и теоретические исследования и обработка данных;

- участие в разработке приборов, аппаратуры, создании новых и усовершенствовании действующих базовых установок;

- разработка и освоение программы матобеспечения;

- взаимное участие в научных конференциях и совещаниях;

- чтение курсов лекций и оказание разносторонней научно-технической помощи и консультаций.

В развитии и углублении связей и сотрудничества ОИЯИ с научно-исследовательскими организациями стран-участниц большую роль играют поездки ведущих ученых Института для обсуждения итогов и перспектив сотрудничества по наиболее важным проблемам, ознакомления с проводимыми в этих центрах исследованиями и выступления с докладами, участия в работе международных научных организаций и конференций. С целью обсуждения вопросов расширения и укрепления связей были приняты делегации ЦИФИ /Будапешт/, Технического университета в Дрездене, Физического факультета Университета в Магдебурге /ГДР/, Центрального института физики в Бухаресте /СРР/, Пражского университета и др.

Сотрудничество со странами-участницами развивалось в традиционных для ОИЯИ научных областях.

В теоретических исследованиях, где для реализации предложений не требуется больших материальных затрат, дорогостоящих установок и оборудования, непосредственный обмен информацией нередко дает результат, который трудно

переоценить. В связи с этим важна и полезна тенденция увеличения количества долгосрочных визитов в Дубну известных ученых из стран-участниц.

Две первые и вторая премии ОИЯИ присуждены коллективам авторов, в которые входят как сотрудники, постоянно работающие в Лаборатории теоретической физики, так и специалисты из НРБ, ГДР, ЧССР. Результаты, полученные интернациональными коллективами, докладывались и обсуждались на международных /Япония, Канада, Австрия/ и всесоюзной /Алма-Ата/ конференциях по ядерной физике. Цикл работ по физике промежуточных энергий удостоен Премии ЦИЯИ в Россендорфе /ГДР/.

В выполнении тематического плана в области физики высоких энергий участвует около 90 лабораторий с привлечением более 900 специалистов стран-участниц ОИЯИ.

Большие международные коллективы физиков проводят исследования множественных процессов по экспериментальным данным, полученным с двухметровой пропановой камеры. Более половины работ по просмотру и отбору событий выполнено в лабораториях стран-участниц.

В сотрудничестве на базе фотозумбационной методики участвуют институты МНР, ПНР, СССР, ЧССР, где обрабатывается около 1/3 всего материала. Институты стран-участниц проводят просмотр, измерения, идентификацию и подготовку ленты суммарных результатов с метровой жидководородной пузырьковой камеры и установки "Людмила" в унифицированном формате, копии которой передаются в ФИ ЧСАН /Прага/, Карлов Университет /Прага/, Университет в Кошице, ВХТИ /София/, ИТЭФ /Москва/, НИИЯФ МГУ /Москва/, ФИАН /Москва/, ТГУ /Тбилиси/, ИФВЭ /Алма-Ата/, Университет в Хельсинки, где проводится

анализ результатов по конкретным физическим проблемам. Доклады о результатах совместных работ были представлены на международные конференции в Страсбурге, Токио и Таборе.

Совместно с секцией физики Технического университета в Дрездене /ГДР/ проводились работы по изучению теплопередачи в импульсных сверхпроводящих магнитах и их элементах, а также теплофизических свойств материалов.

Группы физиков из ИЯИЭ БАН /София/, ВХТИ /София/, ФИ ЧСАН /Прага/, ИФВЭ /Протвино/, ИФВЭ АН ГДР /Цойтен/, ЦИФИ ВАН /Будапешт/, ТГУ /Тбилиси/, ФИАН /Москва/ проводили совместные исследования по поиску новых частиц в экспериментах на серпуховском ускорителе с помощью установки БИС-2. В работах по созданию измерительных систем и разработке многоканальной электроники съема информации приняли участие 23 научные организации из 10 стран.

В 1978 году в ОИЯИ произведен физический запуск спектрометра РИСК. Выполнению этой задачи в значительной мере способствовало международное научно-техническое сотрудничество, в том числе непосредственное участие ученых из институтов стран-участниц в работах по монтажу и запуску спектрометра. В сеансах на установке РИСК и их подготовке принимают участие около 30 сотрудников из ГДР, ВНР, ПНР.

Специалисты из ЧССР, ГДР и ВНР участвовали в создании отдельных узлов установки АРЕС. Специалисты ряда научных центров ЧССР: Карлова Университета, Политехнического института /Прага/, Института приборной техники /Брно/, ИЯФ ЧСАН /Ржеж/ приняли активное участие в работах по созданию установки для исследований с ориентированными радиоактивными ядрами.

Сотрудничество по актуальным проблемам физики тяжелых ионов эффективно развивалось прежде всего в области создания экспериментального оборудования для циклотрона У-400. Совместно со специалистами из ЦИЯИ /Россендорф, ГДР/ ведется разработка и создание детектирующих устройств установок "Василиса" и двухплечевого время-пролетного масс-спектрометра. Совместно со специалистами ИЯФ /СРР/ составлено техническое задание на проектирование и изготовление в Румынии системы транспортировки выведенных пучков ускорителя У-400. В ИЯФ в Кракове ведется сооружение камеры рассеяния для магнитного спектрометра, устанавливаемого на У-400.

На циклотронах У-200 и У-400 проведено моделирование высокочастотной системы циклотрона У-200П для ПНР.

Ученые ОИЯИ и ЦИИРИ /Лейпциг/ провели анализ изотопного состава легких элементов в ряде образцов, перспективных для поиска сверхтяжелых элементов. Это дает важные сведения о геохимической истории образца и его происхождении. Серия экспериментов по моделированию радиационных повреждений, вызываемых быстрыми нейтронами, с помощью ускоренных ионов ксенона проведена совместно с сотрудниками ИЯИ /Сверк/.

В области нейтронной физики развивается сотрудничество с 25 институтами стран-участниц. Большим международным коллективом ученых и специалистов Дубны, Болгарии, ГДР, Польши, СССР выполнены работы по созданию физических установок - спектрометров различного типа для исследований на реакторе ИБР-2. Физики из Чехословакии ведут обработку информации, полученной в реакциях захвата нейтронов ядрами. В изучении структуры молекул иммуноглобулина методом малоуглового рассея-

ния нейтронов реактора ИБР-30 принимают участие Институт молекулярной генетики АН ЧССР и Институт молекулярной биологии АН СССР.

Эффективно развивается сотрудничество в области разработки и создания новой аппаратуры. Совместно с ИИВТ ВАН /Будапешт/ в ОИЯИ создан и постоянно совершенствуется комплекс аппаратуры для автоматизированного производства печатных плат. Совместно с Институтом электроники БАН продолжались работы по совершенствованию крио-ионно-сублимационного насоса. Совместно с Техническим университетом /Дрезден/ завершены исследования температурной зависимости газовых десорбционных потоков с поверхности нержавеющей стали.

Продолжались совместные работы по развитию измерительно-вычислительного комплекса, автоматических и полуавтоматических систем обработки камерных снимков, методов использования ЭВМ на линии с экспериментальными установками, в которых приняли участие специалисты из Болгарии, Венгрии, ГДР, Польши, Советского Союза. В создании и развитии автоматизированной системы управления ускорителем тяжелых ионов на основе современных средств вычислительной техники и программного обеспечения приняли участие ЦИФИ /ВНР/ и Центр вычислительной техники АН ГДР.

Постоянно возрастает роль ОИЯИ в развитии ядерной физики в странах-участницах. В Политехническом институте /Прага/ совместно с Лабораторией ядерных реакций создается микротрон на 22 МэВ. Для приобретения опыта по наладке и эксплуатации микротрона на 17 МэВ в Румынии, а также отдельных его узлов и систем были приняты 3 специалиста из ИЯФТ /СРР/. Для институтов СРВ в ОИЯИ изготовлены рентгеновские спектрометры. Ученые ОИЯИ делают

ся опытом с вьетнамскими физиками по ядерно-физическим методам анализа и освоению микротрона ЛЯР.

Для гарантийного обслуживания циклотрона У-120М в ИЯФ в Ржеже /ЧССР/ осуществлен ряд командировок сотрудников ОИЯИ. В соответствии с проектным заданием проведены работы по выводу пучков ускоренных частиц из циклотрона и ревизия отдельных узлов ускорителя после опытной эксплуатации.

ОИЯИ оказывает содействие в развитии математического обеспечения ЭВМ стран-участниц. В Софийский университет /НРБ/ была передана часть программной библиотеки БЭСМ-6; аналогичная библиотека передана в Федеральное Статистическое управление ЧССР и в ИЭФ САН /Кошице/ для применения на машинах типа Cyber-172 и ЕС-1040. В Монгольском государственном университете совместно со специалистами МНР проведены работы по запуску ЭВМ Минск-22.

С участием ученых ОИЯИ в институтах ВНР, СРВ, ГДР, МНР, ЧССР совершенствовались методы активационного анализа. В некоторые страны-участницы были переданы образцы ядерных фильтров для испытания и исследования эффективности их использования при решении различных прикладных задач.

Научные совещания ОИЯИ

В числе проведенных Объединенным институтом ядерных исследований в 1978 году 47 совещаний: 8 крупных научных, 18 рабочих и методических, 21 научно-организационное.

В июне в Дубне был проведен V Международный семинар по проблемам физики высоких энергий, посвященный множественному рождению частиц и предельной фрагментации ядер. На семинаре обсуж-

дались проблемы физики множественных процессов при взаимодействии частиц высоких энергий с адронами: кварк-партоновые модели, квантовая хромодинамика; множественное рождение частиц в адрон-адронных столкновениях; образование адронов с большими передачами импульса; теоретические аспекты множественного рождения частиц; предельная фрагментация ядер, кумулятивный эффект; взаимодействия релятивистских ядер и адронов с ядрами. Были представлены как новейшие экспериментальные данные, так и наиболее актуальные теоретические идеи.

В работе Международного симпозиума по теории элементарных частиц, организованного в октябре в г. Райнхардсбрунне /ГДР/ Объединенным институтом ядерных исследований, Институтом физики высоких энергий в Цойтене и физическим факультетом Университета им. Гумбольдта в Берлине с широким представительством ученых ГДР, приняли участие физики государств-членов Института, а также Франции, Англии, ФРГ, Дании и Швейцарии.

Симпозиум позволил детально ознакомиться с новейшими результатами в области теории элементарных частиц, полученными в научных центрах ряда стран, что имеет важное значение для планирования научных исследований в ОИЯИ и странах-участницах. Симпозиум содействовал укреплению сотрудничества физиков-теоретиков ОИЯИ с учеными научных центров стран-участниц и других стран.

XV Совещание по ядерной спектроскопии и теории ядра рассмотрело ряд актуальных проблем физики атомного ядра и способствовало координации программ исследований ОИЯИ и других научных центров, укреплению их сотрудничества. Совещание продемонстрировало значительный прогресс в теории атомно-

го ядра, вклад ученых ОИЯИ в проблему полумикроскопического описания структуры возбужденных состояний ядер, интересные исследования удаленных и переходных ядер по программе ЯСНАПП.

Традиционная XII Международная школа по физике высоких энергий была проведена ОИЯИ совместно с БАН и Физическим факультетом Софийского университета в сентябре в Приморско /НРБ/. Тематика школы была посвящена наиболее актуальным научным направлениям теории и эксперимента и ознакомлению слушателей с физической программой ведущих центров в области физики высоких энергий: ОИЯИ, ИФВЭ /Протвино/, ЦЕРН, ФНАЛ. Научная программа школы способствовала ориентации молодых ученых на наиболее перспективные научные направления, разрабатываемые в ОИЯИ.

Очень полезной для уточнения научной тематики ОИЯИ, особенно в связи с подготовкой экспериментов на ИБР-2, явилась III Международная школа по нейтронной физике в Алуште в апреле 1978 года, ознакомившая ее участников с последними научными достижениями и новейшими материалами, перспективами развития теоретических и экспериментальных исследований в области нейтронной физики. Как и на предыдущих школах, ее участниками были молодые ученые, активно работающие в нейтронной физике и смежных областях.

III Совещание по использованию ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач, проведенное в Дубне в сентябре, показало, что методы ядерной физики все шире внедряются во многие области науки и техники. В программу совещания входили такие актуальные проблемы, как ядерно-физические методы элементного анализа; применение пучков заряженных частиц и нейтронов в материаловедении, биологических исследова-

ниях, медицине и других областях; получение и использование новых короткоживущих радионуклидов; использование сверхпроводимости в прикладных ядерно-физических исследованиях; автоматизированные системы обработки информации прикладного значения и их математическое обеспечение.

Участие ОИЯИ в научных совещаниях других физических центров

В 1978 году сотрудники Объединенного института участвовали в 75 конференциях, семинарах и школах в странах-участницах и в 26 конференциях, проведенных в других странах. Сотрудники ОИЯИ приняли участие в XIX Международной конференции по физике высоких энергий в Токио, Международном семинаре по избранным проблемам антинуклон-нуклонных взаимодействий при высоких энергиях в Хельсинки, IX Международном симпозиуме по динамике многочастичных процессов при высоких энергиях в Таборе /ЧССР/, VI Всесоюзном совещании по ускорителям заряженных частиц в Дубне, Всесоюзном совещании по ядерной спектроскопии в Алма-Ате /СССР/, Международных летних школах по ядерной физике в Миколайках /ПНР/ и Предеале /СРР/, Международном совещании по нейтронной физике в Либлице /ЧССР/, Международном симпозиуме по взаимодействиям быстрых нейтронов с ядрами в Гауссиге /ГДР/.

На XIX Международной конференции по физике высоких энергий в Токио в августе 1978 года члены делегации ОИЯИ выступили с приглашенными докладами и руководили работой ряда секций. Всего

в работе конференции приняли участие 56 ученых из стран-участниц ОИЯИ. Сотрудниками ОИЯИ на конференции было представлено 40 докладов, большинство из которых нашли отражение в обзорных докладах на пленарных и секционных заседаниях. Высокую оценку получили данные совместных экспериментов ОИЯИ-ФНАЛ. Проявлен интерес к работам ОИЯИ по обнаружению адронов с экзотическими квантовыми числами /дибарионы и барионииум/, релятивистской ядерной физике - направлению, начатому в Дубне.

Участие сотрудников Объединенного института в работе IX Международного симпозиума по множественным процессам при высоких энергиях, проходившего в июле в Таборе /ЧССР/, позволило получить его участникам новую информацию об экспериментальных результатах, полученных в последнее время на крупнейших ускорителях в ФНАЛ, ЦЕРНе и СЛАК, а также информацию о последних теоретических подходах к описанию процессов множественного рождения.

Делегация ОИЯИ приняла участие в работе Школы по физике тяжелых ионов /сентябрь 1978 года/ в Предеале /СРР/, на которой были доложены новейшие результаты, полученные учеными ОИЯИ по ряду важных научных направлений. Полученная на Школе информация о состоянии исследований в других научных центрах будет использована при разработке научных планов, в отборе тем для международного сотрудничества и приглашения специалистов для участия в совместных работах. Дискуссия по проблемам использования пучков ускоренных частиц позволила внести коррективы в программу исследований на новом ускорителе У-400.

Доклады представителей ОИЯИ на Международном совещании по нейтронной физике в Либлице /ЧССР, 29 мая - 2 июня 1978 года/ способствовали закреплению

приоритета ОИЯИ в научных достижениях по использованию нейтронов в исследованиях по ядерной физике, координации совместных исследований на экспериментальных установках ОИЯИ и институтов стран-участниц, что имеет важное значение для обеспечения научных программ на ИБР-2.

Связи
с научными центрами стран,
не являющихся
участницами ОИЯИ

В 1978 году ОИЯИ поддерживал связи с научными центрами США, Швейцарии, Франции, Англии, ФРГ, Италии, Дании, Финляндии, Югославии в форме взаимного участия в экспериментах, обработке физических данных и создании аппаратуры, обмена материалами и результатами экспериментов, проведения консультаций, а также участия в научных конференциях и семинарах.

Очередной этап сотрудничества с Югославией завершился подписанием в 1978 году протоколов о дальнейших совместных исследованиях ОИЯИ с Институтом ядерных наук им. Б.Кидрича и Институтом физики Белградского университета. Результаты совместных исследований, проводимых с югославскими физиками в течение ряда лет, были опубликованы, неоднократно докладывались на международных конференциях и получили высокую оценку.

Основным итогом работы в совместном с ФНАЛ эксперименте по упругому $K-e-$ и $\pi-e-$ рассеянию при энергии 250 ГэВ является определение радиуса K^- -мезона. Предварительные результаты были доложены на конференции в Токио. Для обработки экспериментальных данных

в ОИЯИ разработан комплекс программ. Обсчет экспериментального материала /около 500 магнитных лент/ выполнен в Батавии.

Экспериментальные исследования, проводившиеся вместе с американскими учеными, находятся на новом этапе. Совместные эксперименты по изучению каналирования заряженных частиц в монокристаллах на установке "Кристалл" будут проведены на синхрофазотроне ОИЯИ и ускорителе ИФВЭ в Протвино.

В анализе материалов экспериментов ОИЯИ-ФНАЛ по $pp-$, $dp-$, $pHe-$ дифракционному взаимодействию принимали участие ученые из ОИЯИ, ФНАЛ, Аризонского университета /США/, ВХТИ, ИИЯЭ /София/, ИЯИ /Варшава/.

Завершен совместный эксперимент по поиску тетранейтрона в СИН /Швейцария/. Получены предварительные результаты в эксперименте по поиску тяжелого изотопа "водород-7".

Совместно с Миланским институтом физики и Измерительным центром в Болонье /Италия/ интенсивно велась обработка данных, полученных в совместной работе на установке ОИЯИ МИС в ИФВЭ /Протвино/ по исследованию процессов когерентного образования мезонми бозонных систем на ядрах. На конференцию в Токио были подготовлены совместные сообщения об исследованиях процессов множественного рождения мезонов и квазиупругого рассеяния мезонов с импульсом 25 и 40 ГэВ на ядрах углерода.

В экспериментальных работах по поиску и идентификации следов тяжелых ядер в минералах из метеоритов завершен очередной этап совместных исследований с Институтом физики в Белграде, с лабораторией минералогии в Париже /Франция/. Разработанные совместно методики выявления объемных треков и контролируемой регрессии скрытого изо-

бражения делают возможным просмотр сотен граммов оливина из метеоритов.

Успешно завершён первый этап совместных экспериментальных исследований по изучению механизма взаимодействия сложных ядер, которые проводятся с 1973 года с лабораторией им. Р.Бернаса в Орсе /Франция/. С помощью французского масс-спектрометра, установленного на пучке циклотрона У-300 ОИЯИ, получено большое количество информации. По материалам совместных исследований опубликованы статьи, сделаны доклады на международных конференциях.

В области нейтронной физики осуществляется обмен научной информацией с исследовательскими центрами ФРГ, Франции, США и Англии. В Институте Лауэ-Ланжевена в Гренобле /Франция/ сотрудниками ОИЯИ на высокопоточном реакторе проводились эксперименты по изучению рассеяния нейтронов на жидких кристаллах, исследование хранения ультрахолодных нейтронов.

В 1978 году ОИЯИ поддерживал традиционные научные контакты, развивал

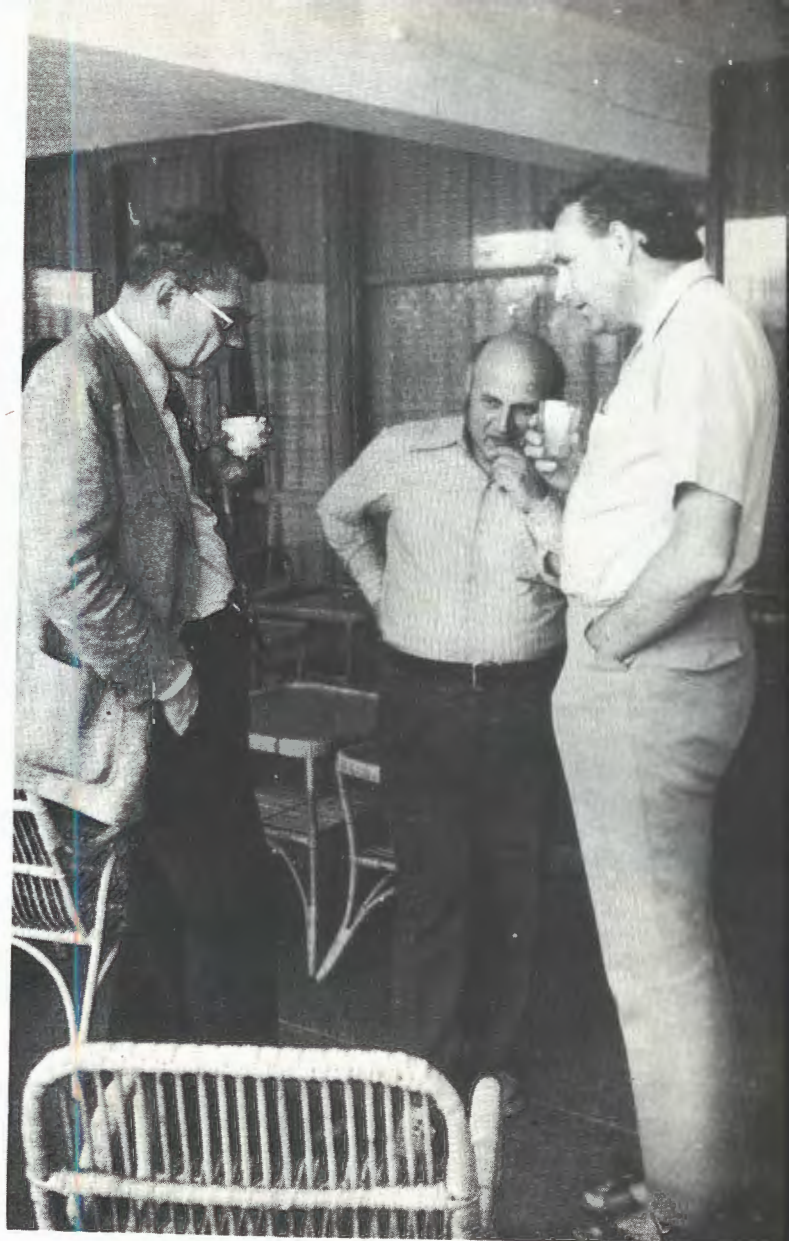
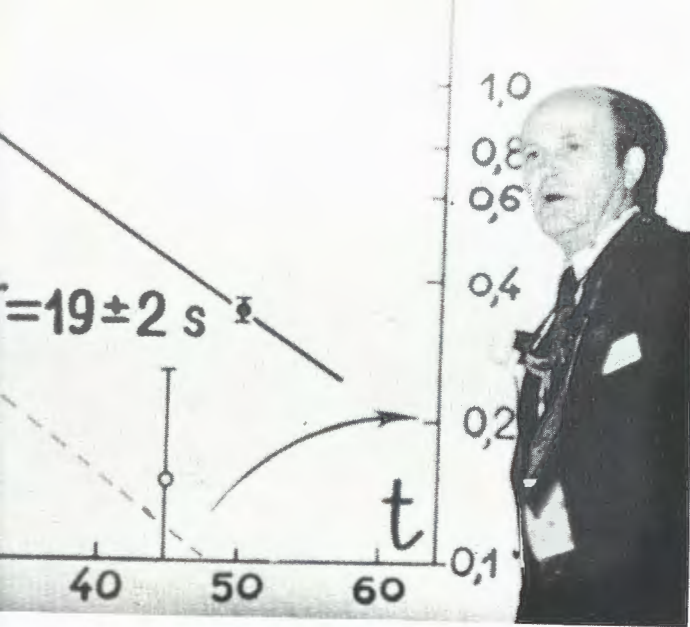
сотрудничество и связи с международными организациями: ЦЕРН, МАГАТЭ, Международным центром теоретической физики в Триесте, ИЮПАП, Европейским физическим обществом, Международным комитетом по будущим ускорителям.

В течение четырех лет ОИЯИ совместно с Центром ядерных исследований в Сакле /Франция/ и Институтом физики Мюнхенского университета /ФРГ/ вел подготовку совместного эксперимента (НА-4) на мюонном пучке ускорителя ЦЕРНа с энергией протонов 400 ГэВ. Цель этих исследований - получение новых сведений о структуре нуклонов, поиск новых частиц, проверка современных теорий структуры материи и взаимодействий частиц. Эксперименты будут выполняться с помощью тороидального спектрометра, изготовление, комплексный монтаж и настройка которого завершены.

В 1978 году продолжался прием в ОИЯИ делегаций и экскурсионных групп. Всего было принято 60 делегаций /1787 человек/, из них 60 групп /1702 чел./ - из стран-участниц и 9 групп /85 чел./ - из других стран.

На III Международной школе по нейтронной физике, состоявшейся в апреле в г.Алуште, молодые ученые познакомились с последними научными достижениями, перспективами теоретических и экспериментальных исследований в этой области физики и смежных областях.







В сентябре 1978 г. в Дубне состоялось III совещание по использованию ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач.

Совещание показало, что методы ядерной физики широко внедряются во многие области науки и техники и отрасли народного хозяйства.



В июне в Дубне был проведен V Международный семинар по проблемам физики высоких энергий, посвященный множественному рождению частиц и предельной фрагментации ядер. На семинаре были обсуждены новейшие экспериментальные данные и актуальные теоретические идеи.



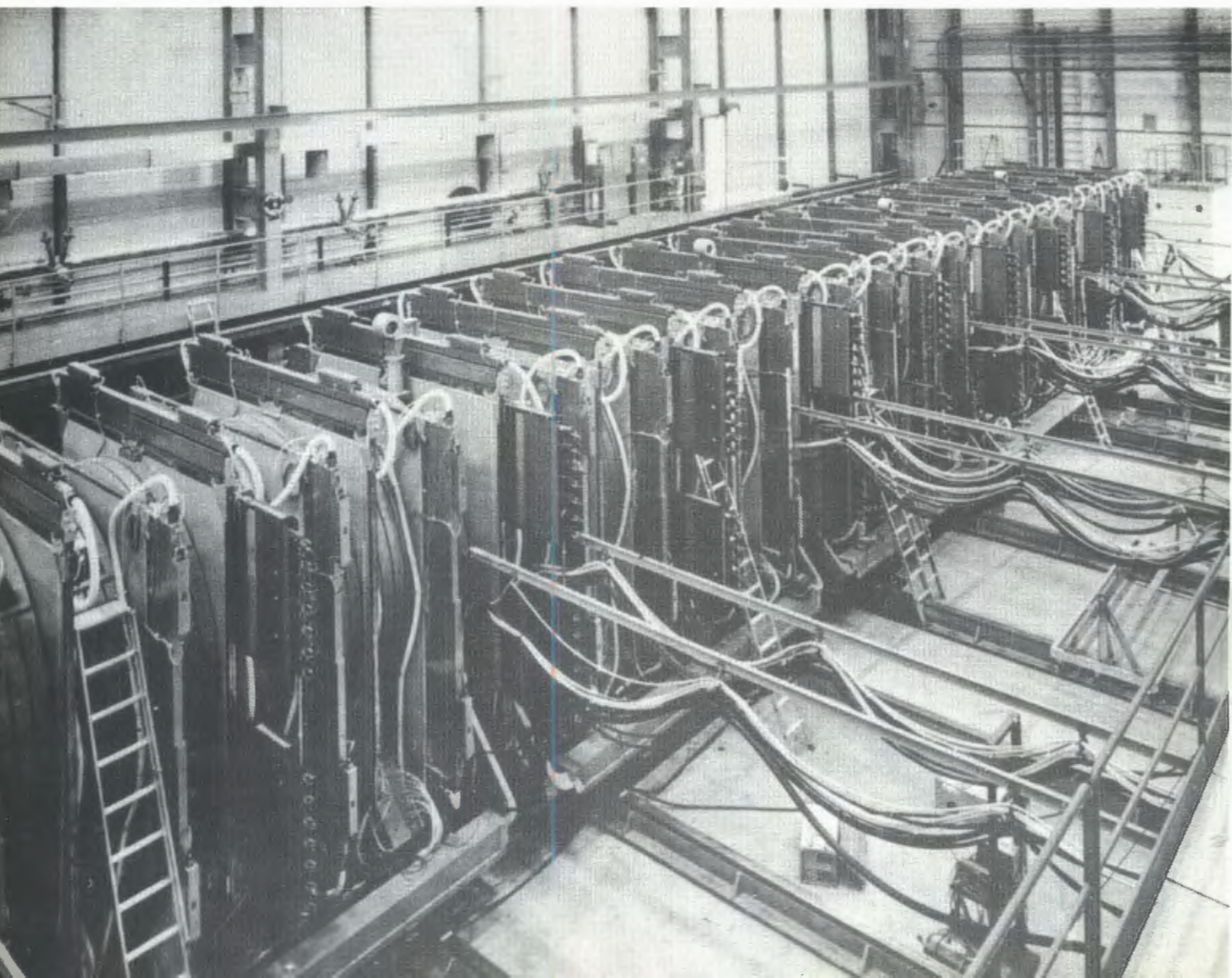


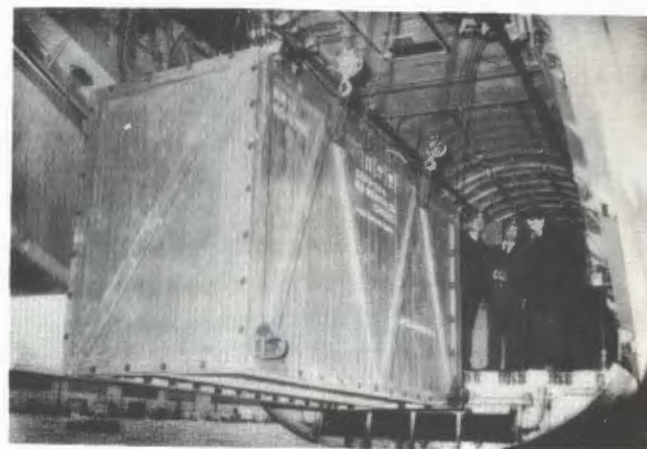
В ОИЯИ побывал директор ЦИФИ ВАН профессор Ф.Сабо. Директор Лаборатории нейтронной физики академик И.М.Франк познакомил гостя с исследованиями, проводимыми интернациональным коллективом лаборатории.





В Дубне состоялось Рабочее совещание по подготовке совместного мюонного эксперимента ОИЯИ-ЦЕРН /НА-4/.





Эксперименты будут выполняться с помощью тороидального спектрометра, изготовление, комплексный монтаж и настройка которого завершены.





Директор Лаборатории теоретической физики член-корреспондент АН СССР Д.И.Блохинцев знакомит японского физика профессора Кенъи Сумита с ходом работ по сооружению реактора ИБР-2.

В 1978 году ОИЯИ посетила доктор А.Гизелли /Италия/. На снимке: обсуждение вопросов пуска специального процессора для сканирующего автомата НРД.

Обсуждение в Лаборатории ядерных реакций методики отбора кристаллов из метеоритов во время визита в ОИЯИ профессора О.Отгонсурина /МНР/ и профессора П.Пелласа /Франция/.



В декабре Объединенный институт принимал Председателя Комитета общественных наук СРВ Нгуен Кхань Тоана.



В сентябре ОИИИ посетила делегация Международного Инвестиционного банка, в состав которой входили президенты национальных банков, заместители министров внешней торговли, председатели Госпланов социалистических стран-членов СЭВ.



СПРАВКА

о развитии международного сотрудничества и связей
Объединенного института ядерных исследований
за период 1972-1978 гг.

№№ пп	Вид сотрудничества	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978
1.	Количество командировок специалистов из стран-участниц в ОИЯИ /без совещаний/	503	684	826	1026	1079	1078	1010
2.	Количество командировок специалистов ОИЯИ в страны-участницы	431	417	426	474	508	525	502
3.	Количество научных, методических и научно-организационных совещаний	29	39	38	42	39	48	47
4.	Количество командировок на международные конференции и в научные центры стран-неучастниц	132	140	112	131	130	135	111
5.	Количество приездов специалистов из стран-неучастниц	226	157	206	250	321	226	188
6.	Количество стипендиатов ОИЯИ	15	17	8	11	13	9	9

ПЕРЕЧЕНЬ

научных совещаний,
 проведенных Объединенным институтом ядерных исследований
 в 1978 году

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

1. Конференции, симпозиумы, школы

1.	Международная школа по нейтронной физике	19-30 апреля	Алушта, СССР	183
2.	III Международное совещание по пропорциональным и дрейфовым камерам	6-10 июня	Дубна	90
3.	V Международный семинар по проблемам физики высоких энергий / Множественное рождение частиц и предельная фрагментация ядер /	21-27 июня	Дубна	136
4.	Совещание по ядерной спектроскопии и теории ядра	4-7 июля	Дубна	93
5.	Совещание по структуре и взаимодействию частиц при низких энергиях	5-9 июля	Иркутск, СССР	72
6.	Совещание по использованию новых ядерно-физических методов для решения научно-технических и народно-хозяйственных задач	12-15 сентября	Дубна	113
7.	XII Международная школа молодых ученых по физике высоких энергий	18-30 сентября	Приморско НРБ	80
8.	Международный симпозиум по теории элементарных частиц	9-17 октября	Райнхардсбрунн, ГДР	85

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

II. Рабочие совещания

9.	Совещание по исследованиям дифракционной диссоциации пионов на установке МИС	17-20 января	Дубна	40
10.	Совещание по исследованию взаимодействий быстрых адронов с ядрами	14-16 февраля	Дубна	25
11.	Совещание по экспериментам с нейтральными каонами на установке БИС	14-16 марта	Дубна	40
12.	Совещание по обработке снимков с установки "Людмила"	21-24 марта	Дубна	40
13.	Совещание по полупроводниковым детекторам	18-20 апреля	Дубна	19
14.	Совещание по установке РИСК	18-20 апреля	Дубна	51
15.	Совещание по обработке снимков с однометровой водородной пузырьковой камеры	30 мая - 1 июня	Дубна	14
16.	Совещание по совместным экспериментам на установке СКМ-200	8-10 июня	Дубна	23
17.	Совещание по исследованиям на двухметровой пропановой камере	19-20 июня	Дубна	52
18.	Совещание по исследованиям взаимодействий релятивистских ядер с ядрами	28 июня - 1 июля	Дубна	30
19.	Совещание по исследованиям дифракционной диссоциации пионов на установке МИС	2-4 августа	Дубна	30

№№	Название совещания	Время проведения	Место проведения	Количество участников
20.	Совещание пользователей СИДУБ	3-8 октября	Цойтен, ГДР	20
21.	Совещание по исследованиям на двухметровой пропановой камере	3-5 октября	Дубна	42
22.	Совещание по экспериментам с нейтральными каонами на установке БИС	17-19 октября	Тбилиси, СССР	27
23.	Совещание по технике изохронных циклотронов	13-18 ноября	Краков, ПНР	45
24.	Совещание по установке РИСК	14-17 ноября	Дубна	72
25.	Совещание по совместному ОИЯИ-ЦЕРН мюонному эксперименту	28-29 ноября	Дубна	47
26.	Совещание по обработке снимков с однометровой водородной пузырьковой камеры	12-15 декабря	Дубна	15

III. Научно-организационные совещания

27.	43 сессия Ученого совета ОИЯИ	10-13 января	Дубна	84
28.	Комитет Полномочных Представителей правительств стран-участниц ОИЯИ	7-10 февраля	Дубна	88
29.	Комитет по структуре ядра	4-6 апреля	Дубна	30
30.	Комитет по физике тяжелых ионов	4-6 апреля	Дубна	30
31.	Камерный комитет	11-13 апреля	Дубна	30

№№	Название совещания	Время проведения	Место проведения	Количество участников
32.	Комитет по электронным экспериментам	11-13 апреля	Дубна	30
33.	Фотоэмulsionный комитет	11-13 апреля	Дубна	40
34.	Комитет по нейтронной физике	26-29 апреля	Алушта, СССР	20
35.	Сессия Ученого совета по физике высоких энергий	16-18 мая	Дубна	70
36.	Сессия Ученого совета по физике низких энергий	23-25 мая	Дубна	70
37.	44 сессия Ученого совета ОИЯИ	13-16 июня	Дубна	85
38.	Камерный комитет	24-26 октября	Дубна	30
39.	Фотоэмulsionный комитет	24-27 октября	Дубна	40
40.	Комитет по электронным экспериментам	24-26 октября	Дубна	30
41.	Комитет по структуре ядра	31 октября-2 ноября	Дубна	30
42.	Комитет по нейтронной физике	31 октября-2 ноября	Дубна	30
43.	Комитет по физике тяжелых ионов	31 октября-2 ноября	Дубна	30
44.	Финансовый комитет	14-17 ноября	Дубна	21
45.	Сессия Ученого совета по физике высоких энергий	21-24 ноября	Дубна	70

№№	Название совещания	Время проведения	Место проведения	Количество участников
46.	Сессия Ученого совета по физике низких энергий	28 ноября - 1 декабря	Дубна	70
47.	Сессия Ученого совета по теоретической физике	5-7 декабря	Дубна	70

ПЕРЕЧЕНЬ

международных и национальных конференций, симпозиумов, совещаний и школ, в которых принимали участие специалисты Объединенного института ядерных исследований в 1978 году

№№	Название совещания	Место проведения	Время проведения
<i>А. В странах- участницах Института</i>			
1.	Школа по теории солитонов	Гауссиг, ГДР	9-12 января
2.	Семинар по магнитной нейтронографии	Ленинград	19-20 января
3.	Школа по неупругим взаимодействиям при высоких энергиях	Бакуриани	20-30 января
4.	Семинар "Синтез управляющих устройств на основе микропроцессоров и однородных сред"	Москва	14-15 февраля
5.	Всесоюзное совещание по ускорителям заряженных частиц	Дубна	11-13 октября
6.	Всесоюзный семинар по физике и технике интенсивных ионов и ионных пучков	Киев	20-23 февраля

№№	Название совещания	Место проведения	Время проведения
7.	XV Зимняя школа по теоретической физике	Карпач, ПНР	20 февраля - 5 марта
8.	Ежегодная зимняя школа по ядерной физике	Бельско-Бяла, ПНР	20 февраля - 5 марта
9.	Совещание по физике и технике высокого вакуума - тонким пленкам	Дрезден, ГДР	27 февраля - 3 марта
10.	Весенняя школа по рассеянию нейтронов	Россендорф, ГДР	27 февраля - 3 марта
11.	Семинар "Вопросы повышения производительности средств обработки информации"	Киев	28 февраля - 2 марта
12.	Симпозиум по криогенной технике	Дрезден, ГДР	1-14 марта
13.	II Международный конгресс по ядерной медицине	Будапешт, ВНР	13-22 марта
14.	XII Всесоюзная школа по автоматизации научных исследований	Бакуриани	16-28 марта
15.	Всесоюзный семинар "Перспективы развития в системном и теоретическом программировании"	Новосибирск	20-22 марта
16.	Всесоюзное рабочее совещание по избранным проблемам статистической физики	Москва	22-25 марта
17.	XXVIII Совещание по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра	Алма-Ата	28-31 марта
18.	VI Всесоюзный семинар по оптическим и электрооптическим методам и средствам передачи, преобразования, переработки и хранения информации	Москва	28-29 марта

№№	Название совещания	Место проведения	Время проведения
19.	Конференция молодых ученых НРБ	София, НРБ	31 марта - 7 апреля
20.	II Всесоюзная конференция по ЭВМ ЕС-1010	Рига	10-14 апреля
21.	Семинар по растровой электронной микроскопии	Звенигород	17-20 апреля
22.	VIII Международная конференция по электронике	Познань, ПНР	23-28 апреля
23.	Конференция по применению вычислительных систем и банков данных в научных исследованиях	Варна, НРБ	9-14 мая
24.	Международная школа по теории вероятностей и математической статистике	Варна, НРБ	10-25 мая
25.	Рабочее совещание "Коллективные свойства адронной материи при высоких плотностях энергии"	Киев	15-20 мая
26.	Рабочее совещание специалистов социалистических стран по оценке ядерных данных о структуре ядра и ядерным реакциям	Москва	16-19 мая
27.	Школа "Теория быстрых линейных дискретных преобразований"	Киев	16-19 мая
28.	II Всесоюзная школа молодых ученых и специалистов физиков "Актуальные проблемы физики"	Ростов- Великий	16-23 мая
29.	Рабочее совещание "Взаимодействие π -мезонов с ядрами при малых и средних энергиях"	Ташкент	23-26 мая

№№	Название совещания	Место проведения	Время проведения
30.	Семинар "Калибровочные теории поля"	Москва	23-25 мая
31.	Международная конференция "Криогеника-78"	Братислава, ЧССР	27 мая - 10 июня
32.	Летняя школа по теоретической физике	Закопане, ПНР	27 мая - 9 июня
33.	IX Совещание по физике взаимодействия заряженных частиц с монокристаллами	Москва,	29-31 мая
34.	X Всесоюзное совещание по теории квантовомеханических систем нескольких частиц с сильным взаимодействием	Калинин	29 мая - 4 июня
35.	Международное совещание по нейтронной физике	Либлице, ЧССР	29 мая - 2 июня
36.	Школа ЦИЯИ по ядерной физике	Россендорф, ГДР	29 мая - 2 июня
37.	Школа по избранным вопросам теории твердого тела	Львов	31 мая - 9 июня
38.	Международная конференция по математическим методам в теории элементарных частиц	Либлице, ЧССР	18-26 июня
39.	Школа-семинар "Эффект Джозефсона в науке и технике"	Киев	27 июня - 3 июля
40.	Семинар по вопросам применения проволочных камер в экспериментах и в радиографии	Москва	29-30 июня
41.	Школа ИЯИ ВАН по ядерной физике	Дебрецен, ВНР	19 июня - 2 июля

№№	Название совещания	Место проведения	Время проведения
42.	IX Международный симпозиум по динамике многочастичных процессов при высоких энергиях	Табор, ЧССР	2-7 июля
43.	Международный семинар по проблемам физики высоких энергий и теории поля	Протвино	11-17 июля
44.	Международный конгресс по кристаллографии	Варшава, ПНР	3-12 августа
45.	Международная конференция по анализу дифракционных линий	Краков, ПНР	12-17 августа
46.	XX конгресс АМПЕРА по магнитному резонансу и родственным явлениям	Таллин	21-26 августа
47.	VI Международная конференция по атомной физике	Рига	17-22 августа
48.	Конференция по влиянию излучения на твердое тело	Будапешт, ВНР	28 августа - 11 сентября
49.	Международная летняя школа по ядерной физике	Предеал, СРР	9-23 сентября
50.	Международная летняя школа по ядерной физике	Миколайки, ПНР	30 августа - 15 сентября
51.	IX Радиохимическая конференция	Пьештяны, ЧССР	11-16 сентября
52.	Всесоюзная конференция "Многомашинные системы автоматизации научных исследований"	Рига	20-22 сентября
53.	Рабочее совещание "Усовершенствование математического и технического обеспечения БЭСМ-6"	Новосибирск	20-22 сентября

№№	Название совещания	Место проведения	Время проведения
54.	Семинар "Гравитационные эффекты ОТО", посвященный 100-летию со дня рождения А.Эйнштейна	Минск	26-28 сентября
55.	VII Всесоюзная конференция по физике электронных и атомных столкновений	Петрозаводск	26-28 сентября
56.	Симпозиум по структуре адронов	Братислава, ЧССР	3-7 октября
57.	Всесоюзная конференция по электронно-лучевым и фотоэлектрическим приборам	Москва	4-6 октября
58.	Всесоюзная конференция "Квантовая теория солитонов"	Ленинград	5-6 октября
59.	X Международный семинар "Ядерная космическая физика"	Ленинград	6-8 октября
60.	Школа по ядерной физике	Матрафюред, ВНР	9-18 октября
61.	Семинар объединения "Интератоминструмент" "Применение системы КАМАК для решения научно-технических и народнохозяйственных задач"	Будапешт, ВНР	11-14 октября
62.	Совещание по применению управляющих ЭВМ СМ-3 и СМ-4	Берлин, ГДР	9-13 октября
63.	II Всесоюзное совещание по автоматизации научных исследований в ядерной физике	Алма-Ата	11-13 октября
64.	Тематический семинар "Исследование возможности применения жидких кристаллов в вычислительной технике"	Киев	17-20 октября

№№	Название совещания	Место проведения	Время проведения
65.	Симпозиум по физике низких температур и криотехнике	Йена, ГДР	23-27 октября
66.	Совещание по полупроводниковым детекторам ядерных излучений	Киев	23-27 октября
67.	Всесоюзная конференция по вычислительным системам, сетям и центрам коллективного пользования	Новосибирск	23-25 октября
68.	Проблемный семинар "Взаимодействия частиц и ядер высокой энергии с ядрами"	Ташкент	1-3 ноября
69.	Международный симпозиум по свойствам фотографических материалов	Берлин, ГДР	5-9 ноября
70.	VIII Международный симпозиум по взаимодействию быстрых нейтронов с ядрами	Гауссиг, ГДР	13-17 ноября
71.	Научная сессия ОЯФ АН СССР	Москва	20-24 ноября
72.	Совещание по химии летучих соединений естественных и искусственных редкоземельных радиоэлементов	Ленинград	23-30 ноября
73.	Международный семинар по магнетизму	Берлин, ГДР	4-8 декабря
74.	XI Международный семинар по математической физике	Торунь, ПНР	4-8 декабря
75.	Семинар "Квантовая теория гравитации"	Москва	5-7 декабря
76.	II Всесоюзная научная конференция по защите от ионизирующих излучений ядерно-технических установок	Москва	19-21 декабря

№№	Название совещания	Место проведения	Время проведения
<i>Б. В странах-неучастницах</i>			
1.	Сессия по теории нейтронных резонансов	Триест, Италия	15 января - 2 февраля
2.	Зимний курс по ядерной физике и физике реакторов	Триест, Италия	25 января - 8 февраля
3.	Заседание совместной советско-американской комиссии по мирному использованию атомной энергии	Вашингтон, США	4-8 апреля
4.	Пленарное заседание Европейского комитета по ускорителям будущего	Женева, Швейцария	8-14 апреля
5.	Международная конференция "Нейтронно-78"	Уест-Лафайет, США	26 апреля - 6 мая
6.	Международная конференция "Еврокомп-78"	Лондон, Великобритания	8-19 мая
7.	VI Ежегодное консультативное совещание сотрудников для связи с ИНИС	Вена, Австрия	14-20 мая
8.	III Международная конференция по коллективным методам ускорения	Лагуна-Бич, США	21 мая - 3 июня
9.	Школа ЦЕРНа по физике	Утрехт, Нидерланды	7-17 июня
10.	III Международная конференция по кластерным аспектам структуры ядра и ядерных реакций	Виннипег, Канада	17-25 июня
11.	IV Европейский симпозиум по антипротонам	Страсбург, Франция	25 июня - 2 июля
12.	VII Международная конференция по криогенной технике	Лондон, Великобритания	3-8 июля
13.	Международный конгресс математиков	Хельсинки, Финляндия	14-24 августа

№№	Название совещания	Место проведения	Время проведения
14.	XIX Международная конференция по физике высоких энергий	Токио, Япония	19 августа - 5 сентября
15.	VIII Международная конференция по малонуклонным системам и ядерным силам	Грац, Австрия	22-31 августа
16.	Международный семинар по избранным вопросам антинуклон-нуклонных взаимодействий при высоких энергиях	Хельсинки, Финляндия	2-9 сентября
17.	Летняя школа по новым явлениям в лептонно-адронной физике	Карлсруэ, ФРГ	3-17 сентября
18.	Генеральная конференция МАГАТЭ	Вена, Австрия	15-26 сентября
19.	Международная конференция по циклотронам и их применению	Блумингтон, США	15-25 сентября
20.	III Международный симпозиум по спектроскопии гамма-лучей радиационного захвата нейтронов	Брукхейвен, США	17-25 сентября
21.	Международная школа по физике элементарных частиц	Купари, СФРЮ	17 сентября - 1 октября
22.	Симпозиум по ускорителям тяжелых ионов	Мюнхен, ФРГ	18-24 сентября
23.	Конференция по нейтрино-физическим и ядерным данным для реакторов и других применений	Харуэлл, Великобритания	23-30 сентября
24.	IV Генеральная конференция Европейского физического общества	Йорк, Великобритания	24 сентября - 1 октября
25.	Конференция европейских пользователей ЭВМ фирмы CDC	Баден-Баден, ФРГ	8-13 октября
26.	Пленарное заседание ЕСФА	Женева, Швейцария	26 ноября - 2 декабря

Научная информация



Издательский отдел

В 1978 году издательским отделом выпущено 845 препринтов и сообщений. Количество служебных материалов составляет 279 наименований. Общий объем всех изданий - 1453 учетно-издательских листа.

Издано 11 крупноформатных сборников материалов различных конференций, школ и совещаний.

В течение года в редакции научных журналов, на конференции, совещания, симпозиумы и школы направлено 1038 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, "Nucleonika", а из журналов стран, не являющихся членами ОИЯИ, - такие, как "Nuclear Physics", "Nuclear Instruments and Methods", "Journal of Physics".

Публикации Института регулярно рассылаются в институты, университеты, библиотеки 56 стран мира более чем по 1000 адресам. В 1978 году отправлено по отдельным запросам 1520 брошюр.

Интерес к публикациям Института продолжает расти, о чем свидетельствуют 44 новых адреса научных учреждений, включенных в список рассылки препринтов и сообщений Института, из которых 28 адресов находится в странах-участницах и 16 - в других странах.

В обмен на публикации ОИЯИ научно-техническая библиотека получила 7921 препринтов, около 124 наименований журналов и 343 монографии.

Регулярно издавались экспресс-буллетени научно-технической библиотеки и патентного отдела. Выпущен ежегодный библиографический указатель работ сотрудников ОИЯИ за 1977 год.

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 396 тыс. копий.

Выполнялись заказы на переплетные работы - переплетено 4,5 тыс. томов.

По заказам лабораторий изготовлено около миллиона различных бланков - для обработки экспериментальной информации и других целей.

Патентный отдел

Сотрудники Объединенного института являются авторами 21 открытия, зарегистрированного Государственным комитетом по делам изобретений и открытий Совета Министров СССР. Только за последние 2 года зарегистрировано 5 открытий сотрудников Института.

В 1978 году опубликовано сообщение о регистрации открытия /диплом №201/ "Явление изменения относительной интенсивности рентгеновских линий К-серии мю-мезоатома" авторов В.Г.Зинова, А.Д.Конины и А.И.Мухина.

В течение года получено 63 положительных решения по поданным заявкам на изобретения. Таким образом, число всех изобретений сотрудников Института достигло 629.

В 1978 году использовано 661 рационализаторское предложение. Всего за период 1958-1978 гг. подано более 7600 рационализаторских предложений.

Состоялся очередной конкурс "Изобретения и рационализаторские предложения ОИЯИ".

Научно- техническая библиотека

В 1978 году число читателей научно-технической библиотеки и ее филиалов составило 6 тысяч человек, в том числе около 900 человек, прибывших в командировки. Объем литературы, выданной за год и просмотренной на выставках новых поступлений, превышает 583 тысячи печатных единиц.

По заказам читателей получено по межбиблиотечному абонементу 1771 названий книг и журналов. Выполнено 480 читательских заявок, поступивших из библиотек Советского Союза.

По всем источникам комплектования /покупка, подписка, книгообмен/ в 1978 г. получено 18707 печатных единиц, в том числе 7953 экз. на иностранных языках. Проведена большая работа по очистке фонда от устаревшей и мало используемой литературы, списано 14 тысяч печатных единиц.

На 1 января 1979 года библиотечный фонд составил 364 тысячи печатных единиц, из них 154 тысячи - на иностранных языках.

Все поступившие издания своевременно обрабатывались и отражались в сводных каталогах Центральной библиотеки и в каталогах филиалов. Картотека публикаций сотрудников ОИЯИ пополнилась 7464 карточками, в том числе 6484 - на вновь опубликованные работы.

Еженедельно выпускалась экспресс-информация о новых поступлениях: "Книги", "Препринты", "Статьи". Всего за год выпущено 156 номеров таких экспресс-бюллетеней, включивших 23497 названий. Напечатано 100 списков на новые журналы, поступившие в библиотеку. Еженедельно обновлялись выставки новых поступлений.

Было организовано 9 тематических выставок литературы к совещаниям, школам, проходившим в Институте, и к юбилеям выдающихся ученых.

За 1978 год в научно-техническую библиотеку ОИЯИ поступило в порядке обмена 8836 публикаций из 41 страны, в том числе 870 из ЦЕРНа.

Кроме того, в порядке обмена в библиотеку бесплатно поступают научные журналы из 23 стран /124 названия/.

Конкретное количество поступлений из советских и зарубежных учреждений показывает следующая таблица:

Обмен изданиями

Наименование страны	Пре-принты	Оттиски	Журналы	Книжки
1	2	3	4	5

Страны-участницы ОИЯИ:

Болгария	4		8	2
Венгрия	83		5	4
ГДР	86		4	4
КНДР			2	
Куба	6			
Польша	172	240	7	12
Румыния	46		13	
Чехословакия	18		8	5
СССР	1997		30	201
Всего:	2412	240	77	228

Другие страны и международные организации

Австралия	63		1	
Австрия	25		4	34
Бельгия	15		5	
Бразилия	44			

1	2	3	4	5
Великобритания	289		1	1
Венесуэла	2	10		
Греция	6			
Дания	67		1	
Евратом	10		1	5
Западный Берлин	40			
Израиль	23			
Индия	72	15	4	7
Ирландия	26			
Испания	10			3
Италия	377	24	1	2
Канада	96	45		
Мексика	3	1		
Нидерланды	69	3		
Новая Зеландия	3			
Норвегия	15			2
Пакистан	5			
Португалия	5			
Сингапур	1			
США	1550	135	5	46
Турция	7		1	
Финляндия	58		1	
Франция	410	236	2	2
ФРГ	805	45	9	2
Швейцария	21		1	
ЦЕРН	870		3	6
Швеция	54	3		
Югославия	11			
ЮАР	10			
Япония	447	133	7	5
Всего:	5509	675	47	115
Общее количество:	7921	915	124	343

Административно-
хозяйственная
деятельность



Административно- хозяйственная деятельность

Кадры

Численность сотрудников Объединенного института ядерных исследований в конце 1978 года составила около 6800 человек, из них научных сотрудников - около 1000 человек, инженерно-технических работников - около 1500 человек.

В 1978 году в Институте работали четыре академика: Н.Н.Боголюбов, Б.М.Понтекорво, Г.Н.Флеров, И.М.Франк, восемь членов-корреспондентов академий наук: А.М.Балдин, Д.И.Блохинцев, Н.Н.Говорун, В.П.Джелепов, И.Звара, Д.Киш, М.Г.Мещеряков, Д.В.Ширков, 117 докторов наук, 469 кандидатов наук.

В 1978 году принято в ОИЯИ более 700 человек, освобождено от работы за этот же период в связи с окончанием срока работы и по другим причинам более 500 человек.

В течение года учеными и научно-техническими советами ОИЯИ избраны на должности на новые сроки 113 научных сотрудников. Присвоены ученые звания младшего научного сотрудника 26 сотрудникам и звания старшего научного сотрудника - 21 сотруднику.

В 1978 году кандидатские диссертации защитили 25 сотрудников, докторские - шесть.

Финансовая деятельность и капитальное строительство

Для проведения научно-исследовательских работ, капитального строительства научно-исследовательских и других объектов Комитет Полномочных Представителей правительств государств-членов Объединенного института ядерных исследований на 1978 год ассигновал 42 426 тыс. руб.

Фактические расходы за 1978 год составили 39721 тыс. руб. или 93,6% по отношению к годовым ассигнованиям. Из них фактические расходы на научно-исследовательскую деятельность составили 20934 тыс. руб., капитальные вложения на строительство научно-исследовательских и других объектов - 13604 тыс. руб.

План научно-исследовательских работ на 1978 год выполнен на 100,0%, достигнута экономия 1309 тыс. руб.

Затраты на капитальное строительство научно-исследовательских и других объектов в 1978 году выполнены на сумму 13604 тыс. руб., введено в действие основных средств на сумму 15235 тыс. руб.

Производственная деятельность

Определенных успехов в работе достигли производственные и другие вспомогательные подразделения, обслуживающие лаборатории Института. Объем готовой продукции, выполненных работ и оказанных услуг составил в 1978 году 1002 тыс. руб., или 106,2% годового плана.

Охрана труда, техника безопасности и производственная санитария

В 1978 году был проведен ряд организационно-технических мероприятий, направленных на улучшение условий труда и безопасности работ. Между дирекцией и профсоюзным комитетом Института были заключены соглашения о проведении мероприятий по охране труда, технике безопасности и производственной санитарии, которые выполнены в установленные сроки. На выполнение мероприятий по предупреждению несчастных случаев, заболеваний на производстве, на мероприятия по общему улучшению условий труда израсходовано около 52000 рублей.

В Институте был организован и проведен месячник по охране труда. В период проведения месячника от сотрудников Института поступило 1074 предложений, из них 287 выполнены в ходе месячника, остальные приняты к исполнению.

