

ДУБНА · 1988

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

СЗМ

6067/89

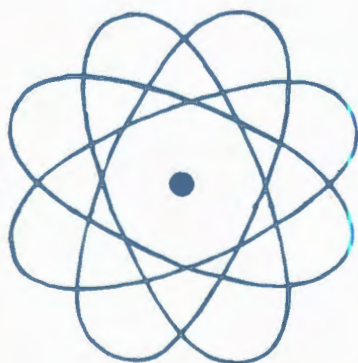


JOINT INSTITUTE FOR NUCLEAR RESEARCH

1988 · DUBNA

Экз. чит. зала

**ОТЧЕТ
О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ**



ЕЖЕГОДНОЕ ИЗДАНИЕ

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
БИБЛИОТЕКА

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
РУКОВОДЯЩИЕ И КОНСУЛЬТАТИВНЫЕ ОРГАНЫ ОИЯИ	
Деятельность руководящих и консультативных органов	10
Премии	15
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ РАБОТЫ, ВЫПОЛНЕННЫЕ ЛАБОРАТОРИЯМИ ОИЯИ В 1988 ГОДУ	
Лаборатория теоретической физики	18
Лаборатория высоких энергий	29
Лаборатория ядерных проблем	50
Лаборатория ядерных реакций	61
Лаборатория нейтронной физики	79
Лаборатория вычислительной техники и автоматизации	93
Общеинститутское научно-методическое отделение	102
МЕЖДУНАРОДНЫЕ СВЯЗИ И НАУЧНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО	110
ОБЩЕИНСТИТУТСКИЕ СЛУЖБЫ	
Отдел радиационной безопасности и радиационных исследований	132
Опытное производство	133
НАУЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ	
Издательский отдел	136
Научно-техническая библиотека	137
Патентный отдел	138
АДМИНИСТРАТИВНО-ХОЗЯЙСТВЕННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ	140

ВВЕДЕНИЕ

Деятельность Объединенного института ядерных исследований в 1988 году отмечена событиями, которые имеют важное значение для дальнейших перспектив развития нашего научного центра. Прежде всего, это принятие Комплексной программы исследований и развития ОИЯИ на период до 2000 года. Программа определяет главные научные направления, на которых необходимо концентрировать усилия международного коллектива Института в ближайшее десятилетие. Сделан ряд преобразований, направленных на совершенствование структуры ОИЯИ, демократизацию его управления, обновление руководящего состава лабораторий Института. Образованы специальные совещательные органы Ученого совета — научно-координационные советы по направлениям, в задачи которых входит рассмотрение перспектив развития научных направлений в ОИЯИ, планов лабораторий, координация и контроль выполнения этих планов. Намечены пути формирования нового подразделения — Лаборатории сверхвысоких энергий, главной задачей которой является организация исследований по физике элементарных частиц, проводимых ОИЯИ на ускорителях ИФВЭ и ЦЕРН (прежде всего это УНК и LEP). Состоялось присоединение Института к Конвенции о правовом статусе, привилегиях и иммунитетах межгосударственных экономических организаций, действующих в определенных областях сотрудничества, подписанной в Будапеште 5 декабря 1980 г., что способствует укреплению международного статуса ОИЯИ.

Усилия международного коллектива ОИЯИ были направлены на проведение теоретических и экспериментальных исследований структуры элементарных частиц и атомного ядра, исследование конденсированных сред, на разработки в области ускорительной и вычислительной техники.

Намеченная программа научно-исследовательских работ выполнена. Получен ряд новых результатов как фундаментального, так и прикладного характера.

Теоретиками Дубны развит эффективный метод расчета вакуумных поправок в квантово-хромодинамических правилах сумм, нашедший применение в расчете динамических адронных характеристик. В работах по суперсимметрии предложена квантово-полевая модель, допускающая точное аналитическое вычисление всех критических показателей. Разрабатываемые теоретиками методы и модельные представления находят эффективное применение в проводимых и планируемых экспериментах ОИЯИ. Для экспериментов "Меченые нейтрино" и NA-4 предложен простой метод извлечения структурной функции нейтрона из глубокоэластичного рассеяния лептонов на ядрах, что позволяет проводить совместный КХД-анализ водородных и ядерных данных. Получено заключение о большом вкладе глюонов в спинные функции глубокоэластичного рассеяния и предложена проверка следствий этого заключения в экспериментах ПОЛЯРИС и "Меченые нейтрино". Разработан новый метод расчета трехчастичных систем с кулоновским взаимодействием и показана его эффективность для решения задач по мю-катализу. В области теории атомного ядра рассчитан вклад сложных компонент в магнитные моменты основных и возбужденных состояний нечетных сферических ядер. Предложены современные модели ядро-ядерных столкновений и оценена максимальная плотность энергии ядерной материи, достижимая в этих процессах. В исследованиях по теории конденсированных состояний найдены решения нелинейных интегродифференциальных уравнений, которые использованы для расчета физических характеристик полярона, молекулы ДНК,

полиацетилена, слоистых структур различной геометрии в сильном электромагнитном поле. Предложена полярная модель оксидных сверхпроводников, в рамках которой показано влияние кулоновских корреляций и ангармонических эффектов на сверхпроводящее спаривание электронов.

Значительное место в научной программе ОИЯИ занимают работы в области физики высоких энергий, проводимые или планируемые на ускорителях ИФВЭ (Протвино), ЦЕРН, ФНАЛ (США). Важным итогом года явилось завершение испытаний адронного калориметра для совместного с ЦЕРН эксперимента DELPHI и монтаж калориметра в шахтах ускорителя LEP. В рамках участия в подготовке физической программы исследований на установке DELPHI проведены аналитические расчеты электро-слабых радиационных поправок в процессах $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-$. Продолжены обработка и анализ данных эксперимента NA-4. Измерены структурные функции дейтрона и протона в области переданных 4-импульсов до 200 ГэВ^2 , отношения структурных функций нейтрона и протона для $X \leq 0,9$ и структурная функция ядра углерода для $X \leq 1,3$. При обработке фотоэмульсий совместного с ФНАЛ эксперимента E-564 обнаружено собы-



Академик Н.Н.Боголюбов

тие, которое интерпретируется как дифракционное рождение радиально-возбужденного состояния D_s^{*-} -мезона с массой 2794 МэВ . Ряд результатов получен в исследованиях на синхротроне ИФВЭ. Анализ данных, полу-

Директора лабораторий (первый ряд): профессор Ю.Ц.Оганесян — ЛЯР, профессор И.А.Савин — ЛСВЭ, член-корреспондент АН СССР Н.Н.Говорун — ЛВТА (сидит во втором ряду), профессор Ц.Вылов — ЛЯП, профессор В.Г.Кадышевский — ЛТФ, академик А.М.Балдин — ЛВЭ, и.о. директора ЛНФ доктор физико-математических наук В.Л.Аксенов



ченых с установки БИС-2, указал на существование узкого бариония в системе $\bar{\Lambda}p$ с массой 2400 МэВ/с², а также бариония со скрытой странностью M_ϕ с массой 3255 МэВ/с². Дано объяснение уменьшения среднего поперечного импульса η -мезонов с ростом массового числа мишени, обнаруженного при исследовании на установке "Гиперон" инклюзивных дифференциальных сечений реакции $\pi^+A \rightarrow \eta X$. В эксперименте СИГМА-АЯКС определена относительная вероятность распада $\rho^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-$, значение которой лучше согласуется с гипотезой (μ -е)-универсальности. Новые данные получены в эксперименте по изучению взаимодействия ультрарелятивистских атомов позитрония с веществом.

В исследованиях по релятивистской ядерной физике, проводимых на синхрофазотроне, выполнен анализ значительного объема данных по инклюзивному рождению π -, К-мезонов, протонов, дейтронов.

В релятивистски-инвариантном подходе изучены особенности образования барионных кластеров в релятивистских ядерных столкновениях. На установке ГИБС впервые с надежной идентификацией зарегистрированы релятивистские гиперядра. В исследованиях на установке "Альфа" получены новые данные по тензорной анализирующей способности дейтрона в процессе фрагментации поляризованного дейтрона в протон.

На пучках тяжелых ионов ускорителя У-400 проведены эксперименты по поиску в различных реакциях изотопов 110, 106 и 104 элементов. Новые результаты, имеющие важное значение для понимания стабильности, получены в опытах по изучению стабильности основного и К-изомерного двухквазичастичного состояния ^{250}Fm и $^{254}102$ относительно спонтанного деления. В исследованиях нового типа распада ядер с испусканием тяжелых кластеров зарегистрирован распад ^{234}U с вылетом ядер неона и магния. Изучение экзотических ядер и ядерных распадов указало на существование квазистационарного состояния (~ 2 МэВ) изотопа водорода ^7H .

Интенсивные нейтронные пучки реактора ИБР-2 в основном использовались для исследований по физике конденсированных сред. Ряд новых результатов получен при изучении металлических стекол, жидких

кристаллов, растворов, биологических мембран. Важное место в исследовании конденсированных сред заняли работы по высокотемпературной сверхпроводимости (ВТСП). Получены новые данные о структуре, динамике, электромагнитных и теплофизических свойствах новых сверхпроводников. Развитая теория стеклоподобного их поведения, предложено модельное описание эффектов структурной неустойчивости. Помимо методов нейтронной физики в исследованиях ВТСП используются пучки протонов и релятивистских ядер синхрофазотрона, тяжелые ионы циклотрона У-400, μSR -методика на мюонном пучке фазотрона.

Пучки нейтронов установки ИБР-30 успешно использовались в исследованиях взаимодействия нейтронов с ядрами, в изучении свойств возбужденных состояний атомных ядер. Обнаружен и исследован α -распад новых компаунд-ядер, получены новые данные о спектрах γ -распада компаунд-состояний, о фрагментации заряда и массы осколков деления ядер резонансными нейтронами.

Совершенствовалась и развивалась экспериментальная база Института. Выполнен большой комплекс работ по сооружению нуклотрона. Подготовлен туннель для размещения магнитной системы нуклотрона, сдана в опытную эксплуатацию система питания сверхпроводящих магнитов и линз. На синхрофазотроне проведены работы по созданию системы второго медленного вывода пучка, трассировке и монтажу оборудования новых каналов пучков. Начата опытная эксплуатация автоматизированной системы управления ионным источником циклотрона У-400. Улучшен ряд характеристик фазотрона ОИЯИ, в частности, за счет изменения режима растяжки пучка интенсивность растянутого пучка протонов доведена до 2 мкА, коэффициент пересхвата пучка увеличен до 80%. Продолжались работы по созданию электронного ускорителя ЛИУ-30. На выходе после 6 секций первого ускорительного участка получен электронный пучок с энергией 4,5 МэВ и током в импульсе ~ 160 А.

Дальнейшее развитие получили средства вычислительной техники и автоматизации, системы обработки данных с камерных и электронных экспериментов. Заметным достижением стало внедрение в ОИЯИ

большого количества персональных ЭВМ. Созданы архив программных продуктов для ПЭВМ ОИЯИ и система автоматизированного доступа к каталогу архива. Реализована связь с Национальным центром автоматизированного обмена (НЦАО, Москва). Проведены опытные двусторонние сеансы связи ОИЯИ с сетью НЦАО и ЦЕРНа.

Большое внимание по-прежнему обращалось на развитие прикладных исследований. С использованием ИБР-2 и ЭГ-5 выполнен большой объем работ по элементному анализу образцов (более 1200) на содержание золота, редкоземельных элементов и др. На микротроне ЛЯР отработана важная для радиомедицинской диагностики методика получения радиоактивного препарата йода-123. В ЛНФ создан квантовый интерферометр — сквид, выполненный на основе высокотемпературного сверхпроводника и имеющий лучшие в мире параметры. Ряд интересных биофизических исследований выполнен в ЛЯП по проекту РИТМ.

Проводились работы по радиотерапии на каналах медицинских пучков медико-биологического комплекса фазотрона.

Деятельность Объединенного института осуществлялась в рамках широкого международного сотрудничества. В проводимых исследованиях принимали участие 300 научных учреждений стран-участниц, а также 35 научно-исследовательских организаций других стран. Выполнение наиболее важных совместных работ оформлено протоколами о сотрудничестве. В настоящее время действует около 700 протоколов о сотрудничестве с научными центрами стран-участниц. ОИЯИ был организатором 6 крупных международных конференций, провел 24 рабочих совещания. Ученые и специалисты Института приняли участие во многих международных и национальных совещаниях, школах, конференциях.

Значительным событием явилось присуждение Ленинской премии 1988 года в области науки и техники за цикл работ "Новое

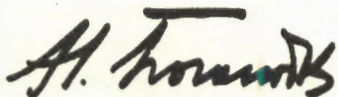
Вручение Ленинских премий 1988 года в области науки и техники 13 мая в Кремле. Выступает президент АН СССР академик Г.И.Марчук. В первом ряду слева направо: лауреаты Ленинской премии В.А.Матвеев, А.Н.Тавхелидзе, Р.М.Мурадян, А.М.Балдин, П.Н.Боголюбов



квантовое число — цвет и установление динамической закономерности в кварковой структуре частиц и атомных ядер”, выполненных в ОИЯИ в 1965-1977 годах авторским коллективом: А.М.Балдин, П.Н.Боголюбов, В.А.Матвеев, Р.М.Мурадян и А.Н.Тавхелидзе.

Все преобразования, происходящие сейчас в ОИЯИ, должны сконцентрировать усилия коллектива на решении новых, более

актуальных задач, способствовать творческой активности коллектива, внести дух дискуссионности, инициативности. Их следует рассматривать только с учетом точек зрения всех стран-участниц, с позиций международной нашего Института. В этом залог успеха. Я надеюсь, что и в будущем последовательное выполнение намеченных планов будет способствовать выходу ОИЯИ на передовые позиции в науке.



Н.Н.Боголюбов
Директор Объединенного института
ядерных исследований

**РУКОВОДЯЩИЕ
И КОНСУЛЬТАТИВНЫЕ
ОРГАНЫ ОИЯИ**



ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ РУКОВОДЯЩИХ И КОНСУЛЬТАТИВНЫХ ОРГАНОВ ОИЯИ

• 63 сессия Ученого совета ОИЯИ состоялась 12-14 января 1988 г. Ученый совет одобрил проект Комплексной программы исследований и развития ОИЯИ с учетом высказанных замечаний и обратил внимание дирекции на необходимость разработки дальнейших перспектив развития ОИЯИ до 2005 г. Совет одобрил предложение о создании Лаборатории сверхвысоких энергий, а также проведенное преобразование Отдела новых методов ускорения в Общеинститутское научно-методическое отделение с последующим присоединением его к Лаборатории сверхвысоких энергий.

Ученый совет в основном одобрил Заключение совещания экспертов стран-участниц по совершенствованию структуры ОИЯИ, выработанные Комиссией по совершенствованию структуры ОИЯИ предложения по изменению положений о научно-технических советах Института и лабораторий и по созданию научно-координационных советов Института, а также рекомендации по повышению эффективности международного научно-технического сотрудничества ОИЯИ со странами-участницами. Утверждены новые Правила процедуры выборов на должности директоров лабораторий и их заместителей. Введен порядок тайного голосования при выборах. Совет постановил считать одной из первоочередных задач Института строительство в следующей пятилетке информационно-библиотечного центра ОИЯИ. Предложено в июне 1988 г. провести совместное заседание Финансового комитета и Ученого совета по обсуждению предложений о совершенствовании планирования и финансирования в ОИЯИ.

Ученый совет обсудил основные итоги выполнения программы научно-исследовательской деятельности ОИЯИ за 1987 г., одобрил деятельность лабораторий, отметил наиболее существенные достижения ОИЯИ

в 1987 г. Определены основные задачи на 1988 г., утвержден Проблемно-тематический план научно-исследовательских работ и международного сотрудничества ОИЯИ на 1988 год, составленный с учетом предложений стран-участниц.

Ученый совет предложил дирекции Института, в соответствии с решениями Финансового комитета, начать разработку нового подхода к планированию и финансированию, при котором принцип долевого участия стран-участниц в финансировании сохраняется, но принятие научно-исследовательских тем в план в большей степени, чем сейчас определяется научно-техническими интересами и возможностями стран-участниц.

Дирекция Института информировала Ученый совет о выполнении решений его 61 и 62 сессий, о работе секций Совета, а также об итогах международного сотрудничества и связях ОИЯИ и о работе с кадрами специалистов из стран-участниц.

• Совещание Комитета Полномочных Представителей правительств государств-членов ОИЯИ состоялось 1-3 марта 1988 г. Комитет Полномочных Представителей одобрил работу Института по выполнению плана научно-исследовательских работ и международного сотрудничества в 1988 г.; утвердил решения 62 и 63 сессий Ученого совета по совершенствованию структуры ОИЯИ.

Комитет Полномочных Представителей постановил считать главными задачами Института в 1988 г.:

— дальнейшее развитие современных теоретических методов физики элементарных частиц и атомного ядра, конденсированных состояний, а также проведение экспериментальных исследований в этих направлениях на базовых установках ОИЯИ, ускорителях ИФВЭ и ЦЕРНа в соответствии с задачами,

поставленными решениями 63 сессии Ученого совета ОИЯИ;

— улучшение характеристик синхротрона как ускорителя релятивистских и поляризованных ядер, работы по созданию нуклотрона, ускорительного комплекса У-400 + У-400М, ускорителя ЛИУ-30;

— развитие и эффективное использование центрального вычислительного комплекса;

— участие в разработке совместно с ИВФЭ отдельных систем УНК и подготовках экспериментов на нем.

Заслушав и обсудив информацию дирекции о применении Объединенным институтом ядерных исследований Конвенции о правовом статусе, привилегиях и иммунитетах межгосударственных экономических организаций, действующих в определенных областях сотрудничества, Комитет Полномочных Представителей утвердил перечень категорий должностных лиц, на которых распространяется действие Конвенции.

КПП одобрил работу Финансового комитета и Контрольной комиссии по рассмотрению и анализу финансово-хозяйственной деятельности ОИЯИ и других финансовых вопросов. Принято к сведению сообщение дирекции Института об исполнении бюджета за 1987 г. и утвержден бюджет ОИЯИ на 1988 г. Утверждены численность сотрудников и план капитального строительства на 1988 г.

Финансовому комитету поручено рассмотреть на специальном совещании с привлечением экспертов-ученых в июне 1988 г. предложения о новом подходе к порядку финансирования деятельности ОИЯИ.

На совещании КПП была утверждена Комплексная программа развития ОИЯИ до 2000 года.

Комитет Полномочных Представителей согласился с предложением дирекции Института о дополнительном финансировании в этой пятилетке по разделу "Капитальное строительство" в сумме 10 млн рублей для ускорения первоочередных экспериментов на УНК.

На совещании с научными докладами выступили профессор В.Г.Кадышевский — "Проблемы физики высоких энергий", профессор Ю.Ц.Оганесян — "Синтез и свойства новых ядер" и профессор Э.Мрозан — "Теоретические проблемы высокотемпературной сверхпроводимости".

Комитет Полномочных Представителей утвердил дополнительный раздел Положения о персонале ОИЯИ о введении возрастных ограничений на замещение должностей руководящих работников и о введении почетных должностей в Институте.

• 64 сессия Ученого совета ОИЯИ состоялась 9-11 июня 1988 г. Сессия одобрила деятельность секций по теоретической физике, по физике высоких энергий и по физике низких энергий.

Утверждено Временное положение о научно-координационных советах по направлениям: физика высоких энергий, физика низких и промежуточных энергий, физика конденсированных сред, теоретическая физика, единая техническая политика. Первые заседания советов намечено провести в ноябре 1988 г.

В связи с решением об образовании научно-координационных советов упраздняются секции Ученого совета ОИЯИ и специализированные комитеты.

Одобен проект планов проведения основных научных совещаний ОИЯИ и командирования специалистов Института на международные и национальные конференции, совещания и школы в 1989 г.

Ученый совет утвердил решение жюри о премиях ОИЯИ за лучшие работы, выполненные в 1987 г.

На основании Положения о персонале ОИЯИ Ученый совет назначил члена-корреспондента АН СССР В.П.Джелепова почетным директором Лаборатории ядерных проблем, члена-корреспондента АН СССР М.Г.Мещерякова — почетным директором Лаборатории вычислительной техники и автоматизации, академика Г.Н.Флерова — почетным директором Лаборатории ядерных реакций, академика И.М.Франка — почетным директором Лаборатории нейтронной физики сроком на 5 лет, согласился с решением дирекции ОИЯИ об утверждении советником при дирекции Института академика Б.М.Гонтекорво сроком на 5 лет. Ученый совет просил Комитет Полномочных Представителей утвердить это решение.

Ученый совет был информирован о решениях специального совместного заседания Финансового комитета и Ученого совета о новом подходе к планированию и порядку финансирования деятельности ОИЯИ. Совет

ОРГАНЫ УПРАВЛЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

КОМИТЕТ ПОЛНОМОЧНЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ

Х.Христов (Народная Республика Болгария)
И.Данг (Венгерская Народная Республика)
Дао Вонг Дык (Социалистическая Республика Вьетнам)
Ф.Гильберт (Германская Демократическая Республика)
Ли Хон Себ (Корейская Народно-Демократическая Республика)
Х.Росалес (Республика Куба)

Н.Содном (Монгольская Народная Республика)
М.Совински (Польская Народная Республика)
М.Ивашку (Социалистическая Республика Румыния)
А.Н.Проценко (Союз Советских Социалистических Республик)
С.Кубик (Чехословацкая Социалистическая Республика)

Финансовый комитет
По одному представителю от
каждой страны-участницы
ОИИИ

УЧЕНЫЙ СОВЕТ ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ (6-8 декабря 1988 года)

Председатель - Н.Н.Боголюбов (СССР)

М.Гмитро (ЧССР)

З.Энтральго (Республика Куба)

Главный ученый секретарь - А.Н.Сисакия (СССР)

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
А.Йорданов И.Златев Х.Христов	Д.Кис Н.Хроо Т.Фенеш	Данг Ву Минь Дао Вонг Дык	К.-Г.Каун Р.Лийсте Г.Муэноль	Ке Ен Сун Пак Мен Зон Со Ки Хван	Р.Кабесас Д.Кодорньо Д.Чултем	Ц.Баатар Н.Содном Д.Чултем	Р.Сосновски А.Хрынкевич	И.Брандуш	А.А.Васильев Н.Е.Тюрин С.И.Федотов	М.Семан И.Тучек Ч.Шмаие

Научно-координационный совет ОИИИ
по физике высоких энергий

Председатель - З.Энтральго
Ученый секретарь - М.Г.Шафранова

Научно-координационный совет ОИИИ
по физике низких и промежуточных энергий

Председатель - М.Гмитро
Ученый секретарь - Н.К.Скобелев

Научно-координационный совет ОИИИ
по теоретической физике

Председатель - В.Г.Кацшевский
Ученый секретарь - М.А.Смондзарев

Научно-координационный совет ОИИИ
по исследованию конденсированных
сред ядерными методами

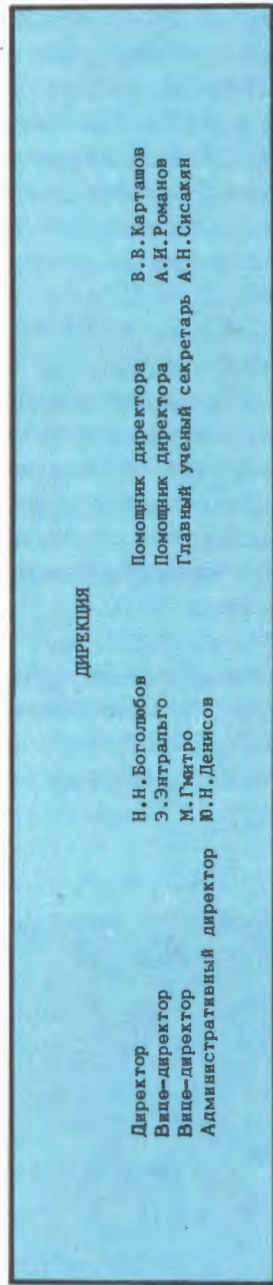
Председатель - М.Гмитро
Ученый секретарь - А.В.Белушкин

Научно-координационный совет ОИИИ
по единой технической политике

Председатель - З.Энтральго
Ученый секретарь - В.А.Шестаков

СТРУКТУРА

ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ



Лаборатория теоретической физики	Директор В. Г. Калышевский	Исследования: - свойства симметрии элементарных частиц; - структуры теории поля; - структуры теории элементарных взаимодействий; - теории атомного ядра; - теории ядерных реакций; - теории конденсированных состояний.
----------------------------------	-------------------------------	---

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

Лаборатория ядерных проблем	Директор В. П. Делепов	Исследования: - сильных, слабых и электромагнитных взаимодействий частиц, структуры частиц; - поиск новых частиц; - структуры ядра; - ядерно-спектроскопические; - мезоатомных и мезомолекулярных процессов; - методов ускорения частиц; - радиобиологические.
-----------------------------	---------------------------	---

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

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

Лаборатория вычислительной техники и автоматизации	Директор М. Г. Мешоряков	Развитие и эксплуатация вычислительного комплекса; - создание автоматических систем обработки снимков с трюковых камер; - развитие методов использования ЭВМ на линии с физическими установками; - развитие и применение математических методов решения физических задач.
--	-----------------------------	--

Общенститутские научные, хозяйственные и информ. службы	Общенститутское отделение; - отдел радиационной безопасности и радиационных исследований; - серпуховской научно-экспериментальной отдел; - научный отдел главного учебного секретаря; - научно-технический отдел АСУ; - издательский отдел; - научно-тех. библиотека; - патентный отдел.
---	--

Административные подразделения	Отдел межучрежденных связей, отдел кадров, бухгалтерия, планово-проектный отдел, отдел организации труда и зар. платы, отдел капит. строительства, отдел оборудования, отдел материально-тех. снабжения, секретариат, отдел техники безопасности, отдел охраны, отдел жилищного обслуживания, отдел спец. листов, адм.-хоз. отдел.
--------------------------------	--

Производственные подразделения	Отдел главного энергетика, опытное производство, автохозяйство, производственно-технический отдел, ремонтно-строительный участок, отдел технической связи, отдел контрольно-измерительных приборов.
--------------------------------	---

решил во время своей очередной 65 сессии провести совместное заседание Финансового комитета и Ученого совета.

6-7 июня в Дубне состоялось специальное совместное заседание Финансового комитета и Ученого совета ОИЯИ, на котором были обсуждены предложения о новом подходе к планированию и порядку финансирования деятельности ОИЯИ.

Новый подход представляется необходимым с точки зрения активизации научной деятельности ОИЯИ и концентрации усилий на наиболее перспективных направлениях современной физики. Он должен помочь в максимальной степени учесть интересы стран-участниц, прекратить разработки неперспективных тем. Согласно предлагаемому порядку капитальные вложения и расходы на основную деятельность Института, как и прежде, определяются пятилетним планом. Сохраняется система долевых взносов стран-участниц. КПП утверждает контрольные цифры финансирования ОИЯИ и долевое участие стран. Однако теперь бюджет Института предложено разделить на два фонда: общий и фонд коллабораций.

На заседании единодушно была отмечена необходимость нового подхода. Дирекции Института предложено провести в 1988-1989 гг. подготовительную работу для перехода на новую систему планирования и финансирования.

• 27 сессия секции Ученого совета по теоретической физике состоялась 16-20 мая. По предложению польских физиков-теоретиков, работавших в ОИЯИ, сессия была проведена в Кракове. Ее главной целью было стимулирование сотрудничества ученых польских научных центров и ОИЯИ в актуальных направлениях теоретических исследований.

Сессии секции Ученого совета ОИЯИ по физике высоких энергий и секции Ученого совета ОИЯИ по физике низких энергий состоялись в Дубне 7-9 июня. Основное внимание на заседаниях секций было уделено обсуждению хода работ по выполнению проблемно-тематического плана научно-исследовательских работ в лабораториях Института.

В ноябре 1988 г. в ОИЯИ проходили первые заседания специальных совещательных органов Ученого совета ОИЯИ — научно-координационных советов по направлениям: НКС по физике высоких энергий, НКС по физике низких и промежуточных энергий, НКС по теоретической физике, НКС по исследованиям конденсированных сред ядерными методами, НКС по единой технической политике.

На заседаниях научно-координационных советов обсуждались Временное положение об НКС ОИЯИ, порядок и организация их работы, новый порядок планирова-

Заседание 65 сессии Ученого совета ОИЯИ (декабрь 1988 г.)



ния и финансирования тем. Обсуждены отчеты по темам и перспективы исследований в следующей пятилетке. Участники сессии НКС заслушали научные доклады и информацию о конференциях и совещаниях, в которых приняли участие сотрудники ОИЯИ в 1988 г.

• 6-8 декабря в Дубне состоялась 65 сессия Ученого совета ОИЯИ.

Ученый совет одобрил мероприятия дирекций Института и лабораторий по выполнению решений 63 и 64 сессий Совета.

Были обсуждены сообщения о работе созданных в Объединенном институте ядерных исследований научно-координационных советов по направлениям. Утверждено распределение тем Проблемно-тематического плана ОИЯИ по научно-координационным советам.

При обсуждении Временного положения о научно-координационных советах ОИЯИ решено ввести в НКС по единой технической политике по одному представителю с правом решающего голоса от других четырех НКС для представления мнения соответствующих советов.

Ученый совет принял к сведению решения НКС по отчетам о ходе выполнения научно-исследовательских работ и одобрил их в части вновь предлагаемых проектов. Утверждены результаты выборов заместителей председателей и ученых секретарей НКС.

На сессии были рассмотрены представленные дирекцией основные итоги выполнения научно-исследовательской программы ОИЯИ в 1988 г. Ученый совет одобрил

научно-исследовательскую деятельность научных подразделений Института. Утвержден Проблемно-тематический план научно-исследовательских работ и международного сотрудничества ОИЯИ на 1989 г., составленный с учетом предложений стран-участниц. Определены основные научные задачи лабораторий на будущий год. Одобрены мероприятия дирекции по дальнейшему совершенствованию структуры Института, а также предложения дирекции по образованию Лаборатории сверхвысоких энергий. Состоялись выборы на должности директоров и заместителей директоров лабораторий. Вручены дипломы награжденным премиями ОИЯИ за 1987 г.

• 8-9 декабря состоялось совместное заседание Финансового комитета и Ученого совета ОИЯИ. Участники заседания обсудили информацию дирекции Института о подготовке к переходу на новый порядок планирования и финансирования деятельности ОИЯИ и рекомендовали дирекции продолжить эту работу. Совещание просило дирекцию до 15 января 1989 г. направить в страны-участницы исходный материал для выработки странами своих предложений по распределению финансирования по темам плана научно-исследовательских работ на 1990 г. Эти материалы должны быть рассмотрены на летней сессии НКС и 66 сессии Ученого совета и затем скорректированы для рассмотрения на 67 сессии Ученого совета. Научно-координационным советам поручено выработать конкретные предложения по всем темам, входящим в их компетенцию.

ПРЕМИИ

Ленинская премия 1988 г. в области науки и техники присуждена за цикл работ "Новое квантовое число — цвет и установление динамических закономерностей в кварковой структуре элементарных частиц и атомных ядер", выполненных в ОИЯИ в 1965-1977 гг.

Авторы: А.М.Балдин, П.Н.Боголюбов, В.А.Матвеев, А.Н.Тавхелидзе, Р.М.Мурадян.

ПРЕМИИ ОИЯИ

На соискание премий ОИЯИ за 1987 г. были выдвинуты лучшие научно-исследовательские, научно-методические и научно-технические работы, выполненные сотрудниками Института. Решением Ученого совета ОИЯИ от 9 июня 1988 г. присуждены следующие премии:

ПО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИМ ТЕОРЕТИЧЕСКИМ РАБОТАМ

Первая премия

"Гармоническое суперпространство для расширенных суперсимметрий".

Авторы: А.С.Гальперин, Е.А.Иванов, С.Калицин, В.И.Огиевецкий, Э.Сокачев.

Вторая премия

"Исследование электронных свойств чистых металлов и разбавленных сплавов в теории многократного рассеяния".

Авторы: И.Мертиг, Э.Мрозан, П.Цише.

ПО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИМ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ РАБОТАМ

Первая премия

"Экспериментальные исследования нейтроноизбыточных ядер легчайших элементов."

Авторы: А.В.Белозеров, К.Борча, Э.Длоуги, А.М.Калинин, Р.Г.Калпакчиева, В.Б.Кутнер, Нгуен Хоай Тьяу, Ю.Ц.Оганесян, Ю.Э.Пенионжкевич.

Две вторые премии

"Экспериментальные исследования ядерных эффектов в структурных функциях нуклонов".

Авторы: А.Г.Володько, И.А.Голутвин, В.Г.Кривохижин, В.В.Кухтин, С.Немечек, П.Раймер, И.А.Савин, Г.И.Смирнов, И.Страхота, Г.Султанов.

"Экспериментальные исследования электромагнитного излучения релятивистских электронов и позитронов в кристаллах".

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

ПО НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИМ И НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИМ РАБОТАМ

Первая премия

"Нейтронный дифрактометр ДН-2. Конструкция, параметры, особенности исследования моно- и поликристаллических веществ".

Авторы: Б.Н.Ананьев, А.М.Балагуров, А.И.Бескровный, В.И.Горделий, В.В.Корнилов, В.Е.Новожилов, А.И.Островной, Н.Попа, Б.Н.Савенко, В.Д.Шибав.

Две вторые премии

"Сепаратор компаунд-ядер на пучке тяжелых ионов ("Василиса")".

Авторы: А.Н.Андреев, Д.Д.Богданов, Е.Н.Воронков, В.А.Горшков, А.В.Еремин, А.П.Кабаченко, О.А.Орлова, Л.А.Рубинская, Г.Н.Тер-Акопьян, В.И.Чепигин.

"Источник поляризованных дейтронов ПОЛЯРИС".

Авторы: А.А.Белушкина, А.И.Валевич, Б.В.Василишин, Г.И.Гай, В.П.Ершов, И.И.Куликов, П.В.Номоконов, Ю.К.Пилипенко, В.В.Фимушкин, В.Б.Шутов.

ПО НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИМ ПРИКЛАДНЫМ РАБОТАМ

Первая премия

"Механизмы действия на клетки ионизирующих излучений с разными физическими характеристиками".

Авторы: К.Г.Амиртаев, Р.Д.Говорун, С.Козубек, В.И.Корогодин, Е.А.Красавин, П.Н.Лобачевский, Е.А.Насонова, Б.Токарова, А.П.Череватенко.

Две вторые премии

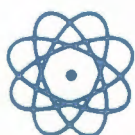
"Глубокое легирование и радиационное дефектообразование в монокристаллах при облучении тяжелыми ионами".

Авторы: В.Н.Бугров, А.Ю.Дидык, А.М.Зайцев, С.А.Карамян, В.И.Кузнецов, Г.Отто, Н.В.Пронин, В.Р.Регель, В.А.Скуратов, В.Д.Шестаков.

"Разработка прибора для экспрессного определения белка в зерне и зернопродуктах с использованием изотопных источников нейтронов".

Авторы: В.В.Корнилов, В.М.Назаров, Т.М.Островная, С.С.Павлов, В.П.Сысоев.

**НАУЧНО-
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ
РАБОТЫ,
ВЫПОЛНЕННЫЕ
ЛАБОРАТОРИЯМИ ОИЯИ
В 1988 ГОДУ**



ЛАБОРАТОРИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

СТРУКТУРА КЛАССИЧЕСКОЙ И КВАНТОВОЙ ТЕОРИЙ ПОЛЕЙ

Показано, что в некоторых ренормировочных схемах отрицательные ковариантные калибровки приводят к потере асимптотической свободы для эффективного заряда^{/1/}.

Разработан геометрический метод решения краевой задачи в теории релятивистской струны с массами на концах.

Построен класс калибровочных теорий, описывающих систему релятивистских частиц, связанных линейными силами.

Для уравнений анзаца Бете в модели изотропных магнетиков Гейзенберга со спинами $1/2$ и 1 найдены численные решения нового типа, содержащие неструнные конфигурации (мультиплеты)^{/2/}.

Предложено обобщение метода квантово-хромодинамических правил сумм для расчета вакуумных поправок и рассчитаны волновая функция и формфактор пиона^{/3/}.

Показано, что в рамках локальной квантовой теории поля невозможно "небольшое" нарушение принципа Паули. Произведена классификация возможных обобщений обычных схем квантования в этой теории и показано, что все они сводятся к так называемому параквантованию, эквивалентному обычному квантованию при наличии вырождения по некоторой внутренней степени свободы^{/4/}. На основе неассоциативной алгебры постоктонионов принято описание фундаментальных (лептонных и кварковых) фермионных поколений. Схема предсказывает существование четвертого (ныне неизвестного) поколения лептонов и кварков^{/5/}.

Предложено объяснение так называемого "спинового кризиса" в КХД^{/6/}. Показано, что из-за наличия в теории аксиальной аномалии простая партонная интерпрета-

ция эксперимента по глубоконеупругому рассеянию мюонов на поляризованных протонах неверна, ввиду большого вклада в этот процесс спинового распределения глюонов.

В работе^{/7/} предложено новое толкование принципа причинности в аксиоматике Боголюбова.

В рамках представления фазового пространства для спинов $1/2$ и 1 исследованы парадокс Белла и соотношение между квантовой и классической теориями; объяснено нарушение неравенства Белла в квантовой теории.

Показано, что в области фиксированных передач импульса КХД может приводить к растущим, как s , вкладам в амплитуду с переворотом спина^{/8/}.

Построена релятивистски-ковариантная и калибровочно-инвариантная теория возмущений для описания спектра и взаимодействий связанных состояний в КЭД и КХД^{/9/}.

Проинтегрированы новые нелинейные эволюционные системы, такие как уравнение КДВ и нелинейное уравнение Шредингера с самосогласованными источниками. Во всех этих системах обнаружены захват и удержание солитонов^{/10/}.

Построена нетривиальная калибровочная модель теории с фундаментальной массой, воспроизводящая многие черты теории поля на решетке, но, в отличие от последней, обладающая точной ротационной инвариантностью^{/11/}.

СУПЕРСИММЕТРИИ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

Продолжалось изучение расширенных суперсимметрий. Доказана теорема, что в $N=2$ моделях без центральных зарядов

и с одним центральным зарядом строго сохраняется пространственная четность. Обнаружено, что при двух центральных зарядах ее можно нарушить^{/12/}.

Построены мультиплеты и изучена квантовая структура двумерных $N=3, 4$ моделей типа Весса — Зумино — Виттена, важных в теории струны. Затем в рамках предложенного ранее метода ковариантной редукции исследована групповая структура конформной механики (интерпретируемой как $d=1$ нелинейная σ -модель на группе $SO(1,2)$).

Найдена новая версия $N=4$ суперконформной механики и построен суперполе-вой формализм как для известной ранее, так и для новой версий.

Во время пребывания в ЛТФ известные теоретики К.С.Стелле и К.Н.Поуп выполнили работу по вычислению индекса Виттена для мембраны^{/13/}.

Построена σ -модельная интерпретация суперструны Грина — Шварца. Действие для нее последовательно выводится как действие σ -модели Весса — Зумино — Виттена, ассоциированное с прямым произведением двух $N=1$, $D=10$ групп супертрансляций. Построен новый класс двумерных σ -моделей на однородном пространстве $G \times G/G$, где G — абелева подгруппа трансляций. Уравнения движения записываются в виде представления нулевой кривизны. К найденному классу принадлежит суперструна Грина — Шварца^{/16/}. Предложен модифицированный подход к квантованию струны, основанный на фиксации конформной симметрии с помощью алгебры Каца — Муди. Показано, что в пространствах с размерностью, превышающей три, классические струны не объединяются и не расщепляются.

Исследована процедура калибровки $N=2$ σ -моделей в искривленном гармоническом суперпространстве. Приведено большое число примеров кватернионных пространств, имеющих весьма ясную интерпретацию в подходе гармонического суперпространства.

В работах^{/14/} демонстрируется всеобщность подходов, основанных на исследовании и конструктивном применении обобщенных понятий аналитичности.

Квантово-полевая суперсимметричная теория применена к описанию критических явлений, в частности, в физике полимеров. Предложена модель, в которой найдены

точно параметры (критические индексы), характеризующие корреляционные свойства указанных задач^{/15/}.

ФЕНОМЕНОЛОГИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ

Развита схема описания структуры адронов при низких энергиях^{/17/}. Рассчитаны основные характеристики легких мезонов и нуклонов, изучено поведение фазы NN-рассеяния. В некоторых моделях локальной и нелокальной теорий полей исследована проблема стабильности вакуума.

В модели локального взаимодействия конститuentных кварков с мезонным полем вычислен вклад пионных токов в электромагнитные вершины кварков. Учет мезонных электромагнитных радиусов кварков заметно улучшает согласие теории и эксперимента для зарядовых радиусов пиона и нейтрона. Полученные значения аномальных магнитных моментов u - и d -кварков согласуются с результатом феноменологического анализа магнитных моментов барионов^{/18/}, который привел к значению $\mu(u)/\mu(d) = 1,80 \pm 0,02$.

Проведено исследование S-волнового $\pi\pi$ -рассеяния с учетом $\pi\pi$ -, $K\bar{K}$ - и $\eta\bar{\eta}$ -каналов, что приводит к использованию многолистных римановых поверхностей. Показано, что в области энергий ~ 1 ГэВ для описания данных достаточно учитывать один $f_0(975)$ -мезон, тем самым не подтверждается наличие скалярных глюониев при этих энергиях^{/19/}.

Анализ экспериментальных данных по электромагнитному формфактору пиона подтвердил наличие $\rho'(1250)$ -мезона с массой ~ 1400 МэВ^{/20/}.

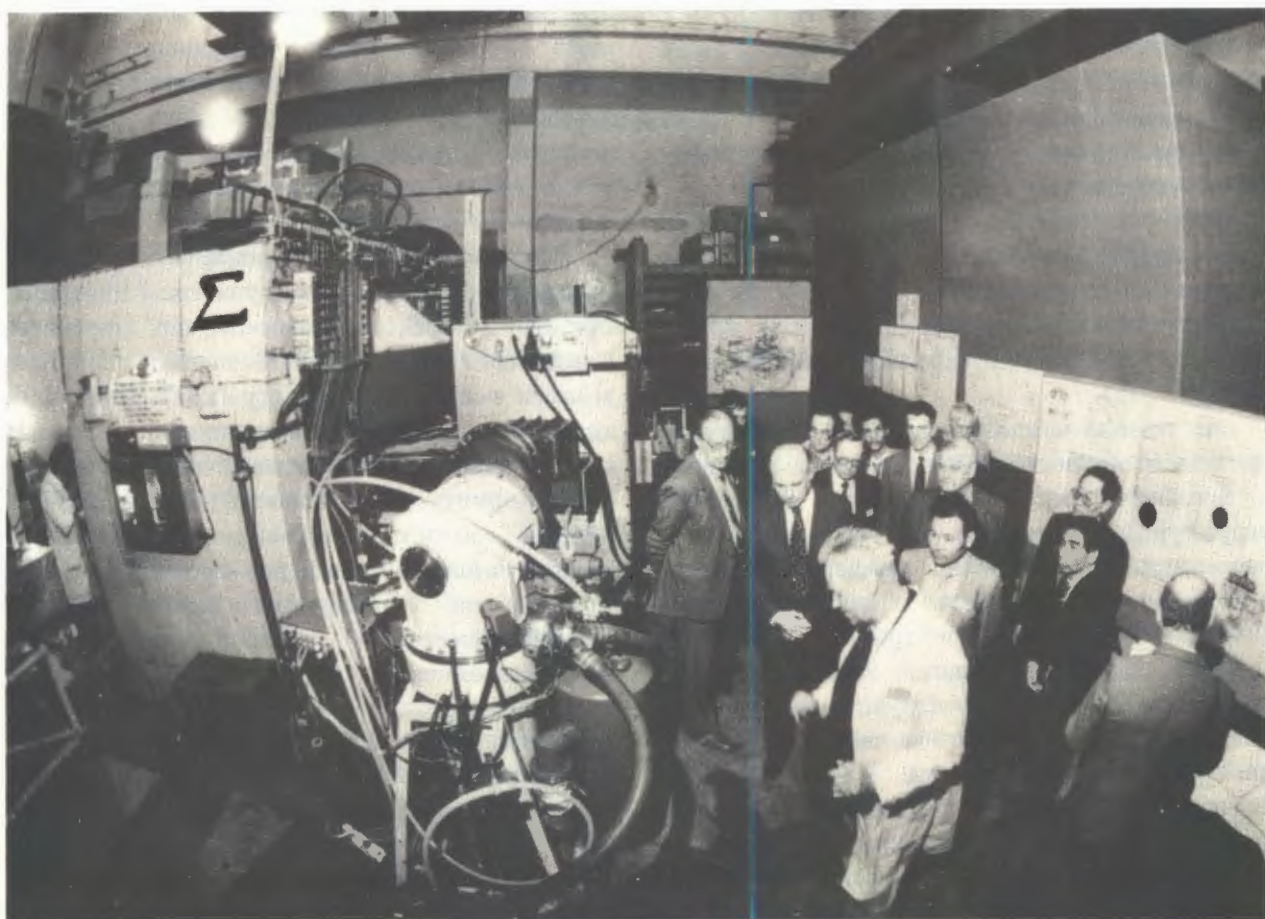
В модели мезонной шубы адрона с учетом сильных формфакторов вычислены амплитуды с переворотом спина NN-рассеяния^{/21/} и процесса $\pi^- p \rightarrow \pi^0 n$ ^{/22/}. Получены предсказания для поляризационных эффектов при энергиях УНК в pp - и $\bar{p}p$ -рассеянии.

Для экспериментов на УНК ("Меченые нейтрино") и NA-4 предложен простой метод извлечения структурной функции нейтрона из глубоконеупругого рассеяния лептонов на ядрах, позволяющий проводить совместный КХД-анализ водородных и ядерных данных.



27 сессия секции Ученого совета по теоретической физике состоялась в Кракове в мае 1988 г.





Проведен расчет асимметрии протона на поляризованной дейтронной мишени (для установки "Проза", Протвино) и показано, что экспериментальные данные не подтверждают существования какой-либо экзотики в ядре дейтерия.

Как развитие идеи инклюзивного подхода предложен метод, опирающийся на оценки и сопоставления возможностей теории и уровня детализации неупругих взаимодействий в области больших множественностей^{/63/}.

На основе анализа спиновой структуры протона в рамках КХД сделано заключение о большом вкладе глюонов в спиновые структурные функции глубоко неупругого рассеяния. Предложена проверка следствий этого заключения в экспериментах ПОЛЯРИС и "Меченые нейтрино".

Выполнен КХД-анализ новых данных эксперимента NA-4 по структурным функциям протона. Полученное значение хромодинамического параметра λ практически совпадает со значением, извлеченным из анализа данных на углеродной мишени.

Для эксперимента DELPHI продолжалось вычисление наблюдаемых величин в процессах e^+e^- -аннигиляции с учетом высших поправок по электрослабому и сильному взаимодействиям. Сделано предложение о том, как осуществлять анализ данных LEP по основной реакции $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-$.

Разработан новый метод расчета трехчастичных систем с кулоновским взаимодействием и показана его эффективность для решения задач по мю-катализу.

Начато изучение основной реакции мюонного катализа

$$d\mu \rightarrow \mu^5\text{He}^*_{(3/2)+} \xrightarrow{1-\omega_s^0} {}^4\text{He} + n + \mu + 17,6 \text{ МэВ}$$
 в рамках уравнений Фаддеева. В адиабатическом подходе получены оценки снизу коэффициента прилипания с учетом стряхивания мюона с гелия. Дана адиабатическая формулировка прямой и обратной задачи рассеяния в системе трех тел в классе короткодействующих потенциалов. Указано на проявление геометрической фазы Берри в прямой и обратной задаче рассеяния для системы трех частиц^{/24/}.

На основе "деформированной алгебры Ли" $SU(1,1)$ рассмотрена точно решаемая задача о релятивистском осцилляторе, на-

ходящемся под действием внешней силы^{/25/}. Проводятся численные расчеты адронных спектров в релятивистской потенциальной кварковой модели с механизмом конфайнмента, вытекающим из разностного характера соответствующего уравнения Шредингера.

Изучено влияние нейтринных осцилляций на кинетику процессов с участием нейтрино при $E \sim 1 \text{ МэВ}$, в частности, на процессы нуклеосинтеза в ранней Вселенной. В одной модели осцилляций между активными и не-термализованными стерильными нейтрино рассмотрена модификация стандартной модели первичного нуклеосинтеза. В определенной области параметров осцилляции сильно влияют на нейтрон-протонные переходы и на последующий синтез гелия-4. Экспериментальные данные для первично образованного гелия позволяют получить ограничения на осцилляционные параметры: $\delta m^2 < 10^{-9} \text{ эВ}^2$ при $\theta \geq \pi/15$ ^{/26/}.

Впервые найдено общее решение уравнений статической модели, описывающей, в частности, р-волновое рассеяние пионов на дейтроне, являющееся 3-канальным случаем, в отличие от известного двухканального общего решения Вандерса для s-волн πN -рассеяния. Прогресс достигнут в рамках геометрического подхода, использующего результаты теорий преобразований Кремона, диффеоморфизмов плоскости и систем нелинейных разностных уравнений^{/27/}.

СТРУКТУРА АТОМНОГО ЯДРА

Исследовано влияние частично-частичного взаимодействия на вероятности гамовтеллеровских (ГТ) β^+ -распадов и на силовые функции (п, р)-переходов. Результаты расчетов ГТ β^+ -распадов сферических^{/28/} и деформированных^{/29/} ядер даны в таблице.

Получено хорошее описание экспериментальных данных с одним значением константы $G_1^{01}A$ для сферических и $G_1^{11}A$ для деформированных ядер, без перенормировки в ядрах константы g_A аксиально-векторного слабого взаимодействия и с перенормировкой $|g_A/g_V| = 1$. Из этого следует, что вопрос о перенормировке g_A в ядрах остается открытым. Показано, что частично-частичное взаимодействие ока-

Таблица. Гамов-теллеровские β^+ -распады $0_{g.s.}^+ \rightarrow 1^+$

β -переход	$\log \tilde{ft}$, эксперимент	$\log \tilde{ft}$, расчет	
		$ g_A/g_V = 1$	$ g_A/g_V = 1,26$
Деформированные ядра		$G_1^{11} A = -8,3 \text{ МэВ}, -8,5 \text{ МэВ}$	
$^{166}\text{Hf} \rightarrow ^{166}\text{Lu}$	4,8	4,8	5,0
$^{166}\text{Yb} \rightarrow ^{166}\text{Tm}$	4,9	4,9	4,9
$^{164}\text{Yb} \rightarrow ^{164}\text{Tm}$	4,8	4,7	4,7
$^{162}\text{Yb} \rightarrow ^{162}\text{Tm}$	4,7	4,7	4,8
Сферические ядра		$G_1^{01} A = -7,5 \text{ МэВ}; -7,9 \text{ МэВ}$	
$^{152}\text{Yb} \rightarrow ^{152}\text{Tm}$	3,4	3,4	3,4
$^{152}\text{Er} \rightarrow ^{152}\text{Ho}$	3,9	3,5	3,7
$^{150}\text{Er} \rightarrow ^{150}\text{Ho}$	3,6	3,5	3,6
$^{150}\text{Dy} \rightarrow ^{150}\text{Tb}$	4,1	3,6	3,8
$^{148}\text{Dy} \rightarrow ^{148}\text{Tb}$	3,9	3,8	3,9
$^{108}\text{Sn} \rightarrow ^{108}\text{In}$	3,5	3,5	3,5
$^{106}\text{Sn} \rightarrow ^{106}\text{In}$	3,5	3,4	3,4
$^{104}\text{Sn} \rightarrow ^{104}\text{In}$	3,2	3,0	2,8
$^{96}\text{Pd} \rightarrow ^{96}\text{Rh}$	3,3	3,4	3,5

зывает сильное влияние на полную силу S_+ ГТ (n, p)-переходов. Для реакции $^{54}\text{Fe}(n, p)^{54}\text{Mn}$ получено^[28] значение $S_+ = 4,2$, которое согласуется с экспериментальным значением, измеренным на мезонной фабрике TRIUMF (Канада).

Подведены итоги расчетов свойств глубоколежащих дырочных и высоколежащих частичных состояний в сферических ядрах и выполнено сравнение с экспериментальными данными^[30].

Для планируемых экспериментов в Орсе (Франция) и лаборатории NIKHEF (Нидерланды) проведены расчеты распределений силы высоколежащих частичных и глубоколежащих дырочных нейтронных и протонных состояний, возбуждаемых в реакциях одноступенчатой передачи или выбивания протона на ядрах-мишенях ^{88}Sr и четных изотопах Sm и Nd. При изучении в рамках КФМ низколежащих возбуждений сферических ядер обнаружено, что действие принципа Паули в компонентах "квазичастица $\otimes$ фонон" в отдельных случаях оказывает заметное влияние на магнитные моменты. Проанализирована также изотопическая структура низколежащих 2^+ -уровней в ^{56}Fe и показано, что при энер-

гиях $E \sim 2 \text{ МэВ}$ возможно появление квадрупольных состояний изовекторного типа^[31].

Известная модель взаимодействующих бозонов (МВБ), родившаяся в середине семидесятых годов в Дубне и развитая во многих направлениях позже на Западе, существенно расширена в последнее время в ОИЯИ (модель многих взаимодействующих бозонов — ММВБ). Удалось показать, что простые, но определенные расширения бозонного пространства содержат вибрационный, ротационный и другие промежуточные пределы. Таким образом, стало ясно, что ММВБ сохраняет основное преимущество МВБ — давать простое и ясное описание и переходных ядер. В частности, включение бозонов отрицательной четности и нечетного спина позволило описать приблизительную гибридизацию основных полос положительной и отрицательной четности в спектрах актинидов любой формы.

В бозонной модели предсказан новый эффект существования дипольно-октупольных корреляций в ядрах^[32]. Позднее он был обнаружен экспериментально при изучении структуры $^{218}\text{Ra}_{130}$ в Страсбурге и интерпретирован на основе бозон-

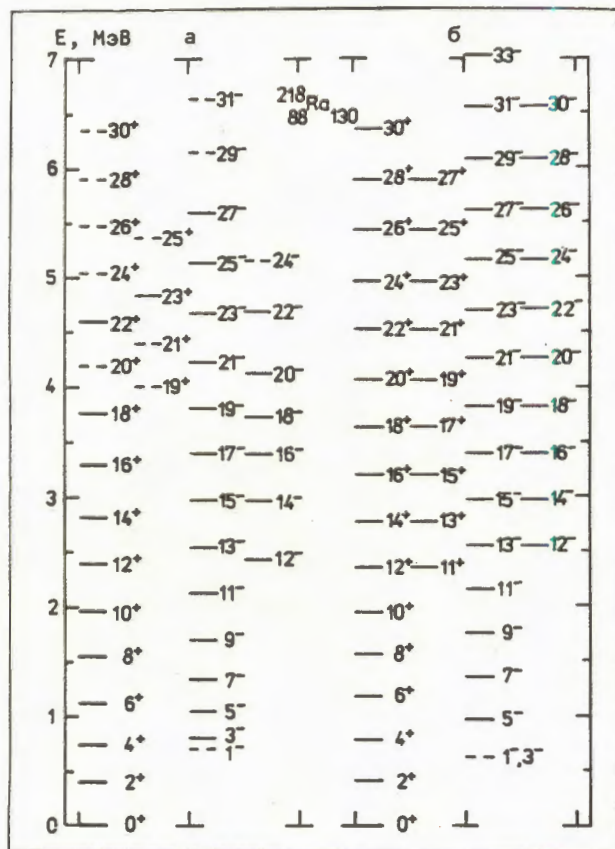


Рис.1. Зависимость энергии уровней $^{218}_{88}\text{Ra}_{130}$ от спина I и четности π : а — эксперимент, б — теория с двумя параметрами.

ной модели в Дубне^[33] (рис.1,2). В последней работе дано обобщение правила полного числа бозонов для ММВБ, объясняющее возникновение уровней коллективной природы с намного более высокими спинами, чем допускались обычным правилом МВБ.

Исследована форма ядер в процессе деления в различных каналах (модах) деления. Теория объясняет полные кинетические энергии осколков и некоторые другие характеристики в различных каналах (модах) деления ядер в районе фермий^[34] (эксперименты выполнены в США группой Е.К.Хьюлета) и в районе свинца^[35] (эксперименты проведены в Алма-Ате).

ТЕОРИЯ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ

Проведено исследование зарядово-обменных реакций с протонами и легкими ионами промежуточных энергий. Исследованы фи-

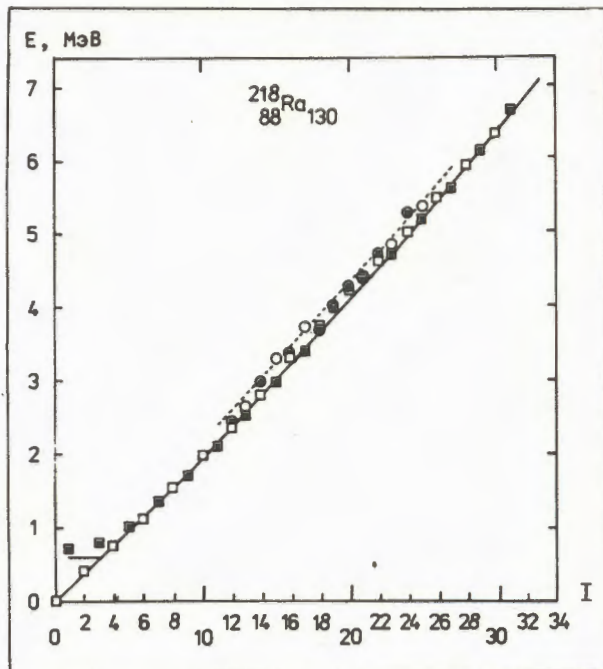


Рис.2. Зависимость энергии ираст и ираре $\pi = \pm$ линий $^{218}_{88}\text{Ra}_{130}$ от спина I и четности. Эксперимент: ираст $\pi = +$ ($\square$), ираст $\pi = -$ ($\blacksquare$), ираре $\pi = +$ ($\circ$), ираре $\pi = -$ ($\bullet$); теория: ираст — сплошная линия, ираре — штриховая линия.

зические эффекты радужного рассеяния нуклонов на ядрах, позволяющего получать новые данные о нуклон-ядерном взаимодействии. Проведен анализ реакций (^7Li , ^7Be) и (^3He , t) на ядрах и получена новая информация о структуре ядер.

Исследован процесс образования легких ядер в реакциях с тяжелыми ионами. Показано, что уменьшение потенциального барьера между ядрами, вызванное частичным перекрыванием их плотностей, ведет к заметному усилению выхода легких элементов^[36].

Исследовано влияние кулоновского отталкивания на перераспределение нуклонов в ядрах. Показано, что в тяжелых ядрах изменения плотности достигают 15%^[37].

Проанализирован выход статистических гамма-квантов в реакциях с тяжелыми ионами при энергиях $E \leq 10$ МэВ/нуклон. Показано, что существующие экспериментальные данные не позволяют однозначно определить зависимость параметров гигантских дипольных резонансов от энергии возбуждения^[38].

Развит метод решения уравнений ядерной гидродинамики с помощью процедуры сепарализации эффективных потенциалов.

Получены решения, описывающие распад с испусканием частиц^{/39/}.

Показано, что учет векторных мезонов изменяет пороговое значение матричного элемента электрического E_{0+} -перехода (предсказываемое гипотезой частично сохраняющегося аксиального тока) для процесса фоторождения π^0 -мезонов на протоне. В результате этого удалось описать новые экспериментальные данные для сечения^{/40/}.

Предложен оптический потенциал, позволяющий описать пион-атомные данные и данные по низкоэнергетическому рассеянию (до 50 МэВ) пионов на ядрах с единым набором параметров поправки на поглощение пионов. Постоянство параметров поглощения в этой области энергий указывает на доминирование двухнуклонного механизма поглощения пиона в области низких энергий^{/41/}.

Построены и исследованы асимптотики трехчастичных волновых функций вблизи точки тройного поворота^{/42/}. Показана возможность возникновения резонансов за счет движения по переменной, нумерующей каналы (предложены точно решаемые модели)^{/43/}. Впервые предложен формализм трехчастичной обратной задачи. Исследовалась роль сильных взаимодействий в молекулярных системах^{/44/}. Показано, что расщепление квартетного и дублетного состояний в рдм-мезомолекуле составляет $\sim 10^{-2}$ эВ.

В кинетическом подходе к описанию ядро-ядерных релятивистских столкновений сформулирована модель независимых кварк-глюонных струн и исследованы центральные столкновения ядер $O + Au$ (200 ГэВ/А). Показано, что при этом могут достигаться плотности энергии, необходимые для образования кварк-глюонной плазмы, однако время пребывания адронов в соответствующем объеме оказывается слишком малым для реализации такого состояния. Аналогичный вывод получен в двухжидкостной гидродинамической модели, которая учитывает отток энергии в адронный канал из области, где могла бы образоваться кварк-глюонная плазма^{/45/}.

Анализ экспериментальных данных в рамках построенной модели множественного рождения частиц в лептон-ядерных взаимодействиях показал, что при $E_\nu \sim$

~ 100 ГэВ процесс формирования сильно-взаимодействующих частиц из кварк-партонов происходит на расстояниях $\sim 0,5$ фм в собственной системе частиц^{/46/}.

Учет влияния мезонных полей в глубоко-неупругом рассеянии лептонов на дейтроне показал, что роль коллективных кварк-глюонных степеней свободы дейтрона как шестикварковой системы весьма существенна^{/47/}.

Показано, что ширина изолированного дибарионного резонанса ограничена сверху значением ~ 40 МэВ, что является дополнительным аргументом в пользу интерпретации наблюдаемых пиков в спектрах эффективных масс как флуктуаций сечений^{/48/}.

Исследование электромагнитных формфакторов дейтрона показало, что современный "боннский" нуклон — нуклонный потенциал не обладает преимуществами перед другими реалистическими потенциалами. Анализ формфактора 3He выявил, что выводы о существенном вкладе многокварковых примесей и важной роли интерференции нуклонного и кваркового каналов не изменяются при учете их ортогонализации^{/49/}.

В рамках эффективной киральной теории, передающей основные свойства КХД, сформулирована модель нуклона, учитывающая частичное восстановление киральной симметрии в центральной области. Вычислены статические характеристики нуклонов и их электромагнитные формфакторы^{/50/}.

МЕТОДЫ И ПРИЛОЖЕНИЯ СТАТИСТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ

На основе полученной ранее системы уравнений для поверхностных явлений с помощью самосогласованного метода Хартри — Фока рассчитаны основные равновесные характеристики хемосорбции водородоподобных атомов на переходных металлах^{/51/}.

Найдены решения нелинейных интегродифференциальных уравнений, которые использованы для расчета физических характеристик полярона, молекулы ДНК, полиацетилена, слоистых структур с различной геометрией в сильном электромагнитном поле.

Исследованы новые "неклассические" эффекты в квантовой электродинамике. Предложены новые способы генерации сжатого состояния электромагнитного поля и света с субпуассоновской статистикой фотонов. Изучен вопрос о возникновении сжатого состояния в конденсированных средах (сверхтекучесть, сверхпроводимость, атомные системы)^{/52/}.

Построена микроскопическая теория спиновых переориентаций в ферромагнетиках^{/53/}.

На основе полученных точных решений для нелинейной N-уровневой задачи Джейнса — Каммингса исследована зависимость явлений субпуассоновского распределения фотонов и сжатия света от параметров задачи. Показано, в частности, что эффект субпуассоновского распределения асимптотики исчезает с увеличением числа испускаемых при атомных переходах фотонов^{/54/}.

Новые результаты получены при исследовании суперионных фазовых переходов в кристаллах с водородными связями: предложена микроскопическая модель фазового перехода типа порядок-беспорядок в системе протонов, которая позволяет объяснить эксперименты по дифракции нейтронов, выполненные в Лаборатории нейтронной физики на реакторе ИБР-2.

Большое внимание было уделено исследованию высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП). Наиболее важный результат — разработка полярной модели оксидных металлов для описания ВТСП^{/55/}. В ней исследованы эффекты сильной кулоновской корреляции в ВТСП^{/56/}.

В ангармонической модели исследован изотопический эффект, акустические аномалии и дано объяснение экспериментам по неупругому рассеянию нейтронов в ВТСП, выполненным в Лаборатории нейтронной физики на реакторе ИБР-2. Исследовались также электронные свойства d- и f-металлов и электрон-фононное взаимодействие в них^{/57/}.

В рамках модели Хопфилда исследована эволюция воспроизведения (воспоминания) образов нейтронными сетями, моделирующими нервную активность головного мозга.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

Получены новые результаты по обратной задаче для диссипативной теории рассеяния, включая теорию Лакса — Филлипса^{/58/}. Построена теория возмущений для гиббсовских полугрупп, которые являются основным объектом квантовой статистической механики. Получены новые результаты по геометрическому квантованию^{/59/}, адиабатическому приближению и фазе Берри, а также комплексному скейлингу оператора Дирака для некоторого класса задач квантовой механики.

Предсказаны новые квантово-механические явления в микроэлектронных структурах, такие как существование связанных состояний за счет искривления и эффект Ааронова — Бома на графопоподобных структурах^{/60/}. Предсказано существование токов вдоль ребер тонких полупроводниковых пленок. Построены операторы Дирака с контактным взаимодействием на сфере.

Решены следующие математические проблемы статистической механики: найдена связь производящей функции случайных блужданий и статистической суммы двумерных решеточных моделей, решаемых с помощью анзаца Бете^{/61/}; показано, что для модели Изинга в случайном внешнем поле параметром порядка является хаусдорфова размерность носителя соответствующей инвариантной меры^{/62/}; методом больших уклонений исследована величина бозе-конденсации в некоторых модельных системах с многочастичным взаимодействием; построен предел Ван-Хова для подсистемы, взаимодействующей линейно с бозонным термостатом. Завершен цикл исследований интегральных представлений обобщенных функций с носителями в световом конусе.

СОЗДАНИЕ СЕТИ ПЕРСОНАЛЬНЫХ КОМПЬЮТЕРОВ В ЛТФ

Освоены персональные компьютеры (ПК) на современных процессорах Intel 80286 и 80386 и выполнены работы по расширению функциональных возможностей имеющихся в ЛТФ компьютеров.

Внедрены пакеты численно-аналитических программ, программ построения графиков и вывода графической информации. Подготовлены пакеты редакторов для использования их с лазерным принтером. Исследованы способы организации центральных рабочих станций на базе ШО386/30387 — процессоров. На видеокарте "Правец-16"

реализована четырехцветная графика высокого разрешения. Произведено изменение узла BIOS персонального компьютера "Сорам PC-501 Turbo" для осуществления связи с ускорительной платой Inboard PC, выполненной на процессоре Intel 80386. Скорость вычислений на ПК превосходит скорость вычислений на CDC-6500.

ЛИТЕРАТУРА

1. Shirkov D.V., Tarasov O.V. — In: *JINR Rapid Communications* No.3(29)-88, Dubna, 1988, p.18.
2. Avdeev L.V. — *Preprint JINR E17-88-825*, Dubna, 1988.
3. Михайлов С.В., Радюшкин А.В. — *Препринты ОИЯИ P2-88-103, P2-88-104*, Дубна, 1988.
4. Govorkov A.B. — *JINR E2-88-136*, Dubna, 1988.
5. Говорков А.Б. — В сб.: *Труды VIII Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. ОИЯИ, Д2-87-798*, Дубна, 1987, с.262.
6. Efremov A.V., Terjaev O.V. — *JINR E2-88-287*, Dubna, 1988.
7. Широков М.И. — *ОИЯИ P2-88-441*, Дубна, 1988.
8. Goloskokov S.V. — *JINR E2-88-428*, Dubna, 1988.
9. Первушин В.Н. и др. — *ОИЯИ P2-88-674*, Дубна, 1988.
10. Мельников В.К. — *ОИЯИ P2-88-728*, Дубна, 1988.
11. Кадышевский В.Г., Фурсаев Д.В. — *ОИЯИ P2-88-940*, Дубна, 1988.
12. Ogievetsky V.I. — *JINR E2-88-273*, Dubna, 1988; Ivanov E.A., Krivonos S.O., Leviant V.M. — *JINR E2-88-541, E2-88-370*, Dubna, 1988.
13. Stelle K.S., Pope C.N. — *JINR E2-88-670*, Dubna, 1988.
14. Galperin A.S. et al. — *Ann. of Phys. (N.Y.)* 1988, v.185, p.1, 22.
15. Kazakov D.I. — *Preprint MPI-PAE-PTh 46/88*, Munchen, 1988.
16. Ivanov E.A., Isaev A.P. — *JINR E2-88-474*, Dubna, 1988.
17. Efimov V.V., Ivanov M.A. *JINR E2-88-37*, Dubna, 1988.
18. Герасимов С.Б. — В сб.: *Труды Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. ОИЯИ P2-88-272*, Дубна, 1988, т.1, с.8.
19. Krupa D., Surovtsev Y.S., Meshcheryakov V.A. — *Preprint FU-SAV-88/05*, Bratislava, 1988.
20. Dubnicka S., Furdik I., Meshcheryakov V.A. — *JINR E2-88-521*, Dubna, 1988.
21. Goloskokov S.V., Kuleshov S.P., Selyugin O.V. — *JINR E2-88-877*, Dubna, 1988.
22. Goloskokov S.V., Selyugin O.V., Teplyakov V.G. — In: *JINR Rapid Comm.*, No. 7(33)-88, Dubna, 1988, p.32.
23. Bardin D.Yu. et al. — *Phys.Lett.*, 1988, v.206, p.539.
24. Rostovtsev V.A., Vinitsky S.I. — *JINR E4-88-404*, Dubna, 1988.
25. Каграмов Э.Д., Мир-Касимов Р.М., Нагиев Ш.М. — В сб.: *Труды Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. ОИЯИ Д2-87-798*, Дубна, 1987, с.256.
26. Kirilova D.P. — *JINR E2-88-301*, Dubna, 1988.
27. Перух К.В. — *ОИЯИ P2-88-544*, Дубна, 1988.
28. Кузьмин В.А., Соловьев В.Г. — *Письма в ЖЭТФ*, 1988, 47, с.68; Kuzmin V.A.; Soloviev V.G. — *Nucl.Phys.*, 1988, A486, p.118; *ОИЯИ P4-88-405*, Дубна, 1988.
29. Соловьев В.Г., Сушков А.В. — *ОИЯИ P4-88-509*, Дубна, 1988.
30. Gales S., Stoyanov Ch., Vdovin A.I. — *Phys.Rep.*, 1988, v.166, p.125.
31. Nikolaeva R. et al. — *Europhys.Lett.* 1989, v.8, No.2, p.117.
32. Nadjakov E.G., Mikhailov I.N. — *J.Phys.G: Nucl. Phys.*, 1987, v.13, p.1221; Наджакоев Э.Г., Михайлов И.Н. — *Изв. АН СССР, сер. физ.*, 1988, т.52, с.111.
33. Mikhailov I.N., Nadjakov E.G., Aiche M., Briancon Ch., Schulz N., Vanin V. — *JINR E4-88-543*, Dubna, 1988; *J.Phys.G; Nucl.Phys.*, 1989, v.15, p.L19.
34. Pashkevich V.V. — *Nucl.Phys.*, 1988, v.A477, p.1; Pashkevich V.V. — *Report on the 26th Spring School on Nuclear Physics, Holzhau, GDR*, 1988.

35. Pashkevich V.V. — Report on the 18th International Symposium on Nuclear Physics, Physics and Chemistry of Fission, Castle Gaussig, GDR, 1988.
36. Антоненко Н.В., Джолос Р.В. — ОИЯИ Р4-88-735, Дубна, 1988.
37. Ivanova S.P., Jolos R.V., Permjakov V.P. — Nucl. Phys., 1988, v.A482, p.263.
38. Ершов С.Н., Иванова С.П. — ОИЯИ Р4-88-642, Дубна, 1988.
39. Kartavenko V.G. — In: Nucleus-Nucleus Collisions, 3rd Int. Conf. on Nucl.-Nucl. Coll., Saint-Malo, France, 1988, p.142.
40. Chumbalov A.A., Kamalov S.S., Tetereva T.V. — Phys.Lett., 1988, v.B213, p.255.
41. Khankhasaev M.Kh., Topilskaya N.S. — JINR E4-88-36, Dubna, 1988.
42. Pupyshov V.V. — JINR E5-88-565, Dubna, 1988.
43. Захарьев Б.Н. — ОИЯИ Р4-88-662, Дубна, 1988.
44. Belyaev V.B., Kartavtsev O.I., Wrzecionko J. — JINR E4-88-52, Dubna, 1988;
Belyaev V.B., Revai J., Zubarev A.L. — Preprint KFKI 40/A-1988, Budapest, 1988.
45. Barz H.W., Kämpfer B. — Phys.Lett., 1988, v.206B, p.399.
46. Елисеев С.М., Камаль М., Эль-Наги А. — В сб.: Краткие сообщения ОИЯИ №6(32)-88, Дубна, 1988, с.11.
47. Каптарь Л.П. и др. — Письма в ЖЭТФ, 1988, т.47, с.428.
48. Bazhanskij I.I. et al. — Phys.Lett., 1988, v.207B, p.377.
49. Burov V.V., Lukyanov V.K. — Few Body Systems, 1988, v.4, p.1.
50. Nikolaev V.A. et al. — JINR E4-88-536, Dubna, 1988.
51. Gavrilenko G.M. et al. — Surf.Sci., 1988, v.233, p.212.
Cardenas R., Gavrilenko G.M., Fedyanin V.K. — Phys.Lett.A, 1988, c.131, No.6, p.404.
52. Tran Quang, Shumovsky A.S. — Phys.Lett.A, 1988, v.132, p.164.
53. Бакалов А.А., Юкалов В.И. — ОИЯИ Р17-88-787, Р17-88-844, Дубна, 1988.
54. Kochetov E.A. — Physica, 1988, v.A150, p.280.
55. Bogolubov N.N., Aksenov V.L., Plakida N.M. — Physica C, 1988, v.153-155, p.99.
56. Plakida N.M., Stasyuk I.V. — Modern Phys.Lett.B, 1988, v.2, p.969.
57. Skriver H.L., Eriksson O., Mertig I., Mrosan E. — Phys.Rev.B, 1988, v.37, p.1706.
58. Neidhard H. — J.Oper.Theory, 1988, v.19, p.43.
59. Štoviček P. — J. Math.Phys., 1988, v.29, p.1330.
60. Exner P., Šeba P., Štoviček P. — J.Phys., 1988, v.A21, p.4009.
61. Priezzhev V.B. — J. de Physique, 1988, v.50, p.2121.
62. Zagrebnov V.A., Behn U. — Phys.Rev., 1988, v.B38, p.7115.
63. Манджавидзе И.Д., Сисакян А.Н. — В сб.: Краткие сообщения ОИЯИ, №2(28)-88, Дубна, 1988, с.13.

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

В Лаборатории высоких энергий в соответствии с главными задачами, определенными 63 сессией Ученого совета ОИЯИ и Комитетом Полномочных Представителей стран-участниц, выполнена программа фундаментальных исследований, нацеленная на решение актуальных проблем физики элементарных частиц и атомного ядра на кварковом уровне с использованием пучков синхрофазотрона и серпуховского ускорителя. Проводилась подготовка к новым экспериментам на У-70 и УНК ИФВЭ.

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ РАБОТЫ

МЕХАНИЗМ РОЖДЕНИЯ И РАСПАДА ЧАСТИЦ И РЕЗОНАНСОВ. ПОИСК НОВЫХ ЧАСТИЦ

1. С целью поиска и исследования новых частиц и состояний сотрудничество БИС-2 продолжало вести обработку материалов взаимодействия нейтронов ($E = 40$ ГэВ) с различными мишенями (H_2 , C, Al, Cu).

Проведен поиск странных бариониев, распадающихся на Λ , $\bar{p}$ (или $\bar{\Lambda}$, p) и пионы. Статистика основана на данных анализа $\sim 10^7$ нейтрон-протонных и $\sim 2,4 \cdot 10^7$ нейтрон-ядерных взаимодействий^{/1/}. Жидководородная мишень имела толщину $2,1$ г/см² по пучку, а ядерные — $3,4 A^{1/3}$ г/см² (A — атомный номер ядра-мишени). Отобрано $\sim 2,2 \cdot 10^5$ и $\sim 2,7 \cdot 10^4$ событий, содержащих Λ и $\bar{\Lambda}$ соответственно и идентифицированных по распадам: $\Lambda \rightarrow p\pi^-$ и $\Lambda \rightarrow \bar{p}\pi^+$. Странные барионии U/M_s и $\bar{U}/\bar{M}_s$ искали среди событий, содержащих Λ или $\bar{\Lambda}$ и не менее двух заряженных адронов h^+ и h^- , образующих общую вершину взаимодействия. С учетом этих условий отобрано 62345

Выполнены работы в рамках проекта DELPHI (LEP, ЦЕРН).

Завершены значительные этапы работ по созданию нуклотрона, обеспечено эффективное использование пучков синхрофазотрона физиками, усовершенствован ряд его систем. Получены новые методические результаты в области электроники, детекторов и криогеники. Программа научно-исследовательской деятельности выполнялась с участием специалистов более 100 научных организаций стран-участниц ОИЯИ.

и 8241 событие с Λ и $\bar{\Lambda}$ соответственно. Результаты анализа спектров инвариантных масс различных конечных состояний показаны в табл. 1,2.

Таблица 1

Конечное состояние	Интервал масс сигнала, МэВ/с ²	Число комбинаций, сигнал/фон
$\Lambda \bar{p} \pi^+$	3020 — 3080	120/318
$\Lambda \bar{p} \pi^-$	3040 — 3080	34/33
$\Lambda \bar{p} \pi^+ \pi^-$	3020 — 3080	83/159
$\Lambda \bar{p} \pi^+ \pi^+$	3020 — 3060	24/45

Таблица 2

Конечное состояние	Интервал масс сигнала, МэВ/с ²	Число комбинаций, сигнал/фон
$\bar{\Lambda} p \pi^-$	3000 — 3040	25/45
$\bar{\Lambda} p \pi^+$	3020 — 3060	37/43
$\bar{\Lambda} p \pi^+ \pi^-$	3020 — 3060	22/39
$\bar{\Lambda} p \pi^- \pi^-$	3020 — 3040	4/17

Итак, в семи спектрах инвариантных масс различных состояний около одного и того же значения массы наблюдаются узкие пики, что указывает на существование бариониев с отрицательной (U/M_s^0 , U/M_s^+ , U/M_s^- и U/M_s^-) и положительной (U/M_s^0 , U/M_s^+ и U/M_s^{++}) странностями.

Среднее значение массы бариониев равно 3050 ± 10 (стат.) ± 30 (сист.) МэВ/с². Ширина не превышает 30 МэВ/с².

Наличие дважды заряженных состояний U/M_s^- и U/M_s^{++} показывает, что изотопический спин бариониев $I \geq 3/2$. Это однозначно свидетельствует об их многокварковой структуре. Свойства U/M_s согласуются с предсказаниями ряда теоретических моделей для четырехкварковых бариониев, содержащих один странный кварк (антикварк).

Соответствующий мультиплет адронов должен включать в себя также барионии со скрытой странностью, т.е. содержащие странные кварки и антикварки. Масса таких резонансов должна быть больше, чем U/M_s , а распадаться они должны с образованием странных частиц. Указание на существование такого бариония (M_ϕ) было получено сотрудничеством БИС-2 в 1986 г. В последующее время статистика событий была увеличена¹². Поиск проводился по событиям, содержащим барион, антибарион и странные частицы (табл. 3).

Таблица 3

Конечное состояние	Интервал масс сигнала, МэВ/с ²	Число комбинаций, сигнал/фон
$\Lambda \bar{p} K^+$	3220 — 3260	72/178
$\Lambda \bar{p} K^-$	3240 — 3280	30/50
$\Lambda \bar{p} K^+ \pi^+$	3240 — 3280	36/55
$\Lambda \bar{p} K^- \pi^+$	3230 — 3290	30/38
$K_s^0 \bar{p} \bar{p} K^+$	3240 — 3300	36/48
$\Lambda \bar{p} K^+ \pi^-$	3240 — 3280	37/55
$\Lambda \bar{p} K^- \pi^-$	3230 — 3290	25/46
$K_s^0 \bar{p} \bar{p} K^-$	3220 — 3260	36/46

Было отобрано 5764, 2452, 1249, 460, 1293, 969, 615 и 1222 комбинации, соответствующие конечным состояниям, указанным в табл.3. В спектрах масс всех

восемью конечных состояний наблюдаются узкие ($\Gamma \lesssim 30$ МэВ/с²) статистически значимые пики около одного значения массы, что подтверждает ранее сделанное наблюдение о существовании бариония M_ϕ . Его масса равна 3255 ± 10 (стат.) ± 30 (сист.) МэВ/с². Кинематическая область наблюдения M_ϕ в данном эксперименте ограничена значениями $x_F > 0,2$ и $P_T < 1$ ГэВ/с. Оценка А-зависимости сечения рождения бариония не противоречит $A^{2/3}$. Произведение сечения на вероятности распадов составило для нейтральных каналов 0,4—3,0 мкб на нуклон, а для заряженных — от 0,5 до 7,0 мкб на нуклон на 90%-ном уровне достоверности.

2. С помощью спектрометра БИС-2 ранее было исследовано рождение очарованных барионов Λ_c^+ нейтронами ($E \cong \cong 58$ ГэВ) на ядрах углерода, алюминия, меди. В пр-взаимодействиях при той же средней энергии нейтронов также наблюдалось рождение Λ_c^+ , распадающихся по каналам $\Lambda_c^+ \rightarrow \bar{K}^0 p \pi^+ \pi^-$ и $\Lambda_c^+ \rightarrow \Lambda \pi^+ \pi^+ \pi^-$ ¹³. В кинематической области $x_F \geq 0,5$, $P_T < 1$ ГэВ/с парциальные сечения ($\sigma_p \cdot Br$) составили соответственно: $\sigma_p = (1,0 \pm 0,3 \pm \pm 0,2)$ мкб и $\sigma_p = (0,28 \pm 0,15 \pm 0,04)$ мкб для указанных каналов распада. С учетом того, что вклад канала $Br(\Lambda_c^+ \rightarrow \Lambda \pi^+ \pi^+ \pi^-) = (2,8 \pm 0,7 \pm 1,1)\%$, среднее сечение рождения Λ_c^+ нейтронами на водороде составляет: $\sigma_p(x_F > 0,5) = (10,0 \pm 5,9 \pm 4,2)$ мкб. Исходя из данных БИС-2 сечение рождения Λ_c^+ на нуклон ядра оказывается равным $\sigma_0 = (1,5 \pm 0,8) \sigma_p$.

3. В нейтрон-ядерных взаимодействиях при средней энергии нейтронов 40 ГэВ в спектре эффективных масс $\Lambda \pi^+ \pi^-$ наблюдалось образование резонанса $\Lambda(1520)$ ¹⁴. Рождение $\Lambda(1520)$ до эксперимента БИС-2 наблюдалось только в двух экспериментах: в пр-взаимодействиях при энергии 5,6 ГэВ и во встречных пр-взаимодействиях на ISR (ЦЕРН) при энергии в с.д.м. $\sqrt{s} = 62,3$ ГэВ.

В данном эксперименте образование $\Lambda(1520)$ наблюдалось на ядрах углерода, алюминия и меди. Масса резонанса оказалась равной $(1522,9 \pm 1,1)$ МэВ/с², ширина $(16,5 \pm 3,5)$ МэВ/с². Сечения рождения для $x_F \geq 0,3$ составили (мкб/ядро):

$$\sigma_{(C)} = 130,8 \pm 11,8 \pm 28,8,$$

$$\sigma_{(Al)} = 269 \pm 81,5 \pm 59,2,$$

$$\sigma_{(Cu)} = 567,6 \pm 42,5 \pm 124,8.$$

Зависимость сечения $\Lambda(1520)$ от атомного веса ядра-мишени описывается степенным законом $\sigma \sim A^\alpha$, где $\alpha = 0,6 \pm 0,2$.

4. Проанализировано 12,5 млн пр-взаимодействий и выделен процесс дифракционной диссоциации $pr \rightarrow \Lambda^0 K^0 p^{1/2}$. Показано, что дифракционное рождение $\Lambda^0 K^0$ -системы составляет менее 25% от полного сечения образования $\Lambda^0 K^0$ в пр-взаимодействиях. Динамика этого процесса отличается от динамики инклюзивного процесса $pr \rightarrow \Lambda^0 K^0 X$.

5. Ряд работ, проведенных в Лаборатории, посвящен дальнейшему выяснению вопросов, связанных с существованием дибарионных (мультикварковых) резонансов.

В связи с результатами, полученными в исследовании реакции $pr \rightarrow pr\pi^+$ группой Ю.А.Трояна на однометровой жидководородной пузырьковой камере¹⁶, и проведенными экспериментами по прецизионному измерению сечений упругого pp -рассеяния с разрешением по эффективной массе 0,2 МэВ, в которых не было обнаружено заметного вклада возможных резонансных состояний, в рамках унитарной феноменологической теории проанализирован характер энергетической зависимости эффективного сечения чисто упругого резонансного рассеяния частиц с произвольным спином при наличии постоянного нерезонансного фона¹⁷.

В инклюзивных импульсных спектрах протонов из pC - и π^-C -взаимодействий при импульсе нейтронов ~ 7 ГэВ и π -мезонов 4 ГэВ/с¹⁸ наблюдались нерегулярности в интервале импульсов от 200 до 400 МэВ/с, однако для однозначной интерпретации этих эффектов необходимы дальнейшие исследования.

На однометровой жидководородной пузырьковой камере, экспонированной пучком дейтронов (поляризованных и неполяризованных) с импульсом 3,33 ГэВ/с, получены новые данные по исследованию двухнуклонных особенностей в dp -взаимодействиях¹⁹. Полное число $d(d\uparrow)p$ -взаимодействий составило $\sim 1,15 \cdot 10^5$ событий, для анализа были

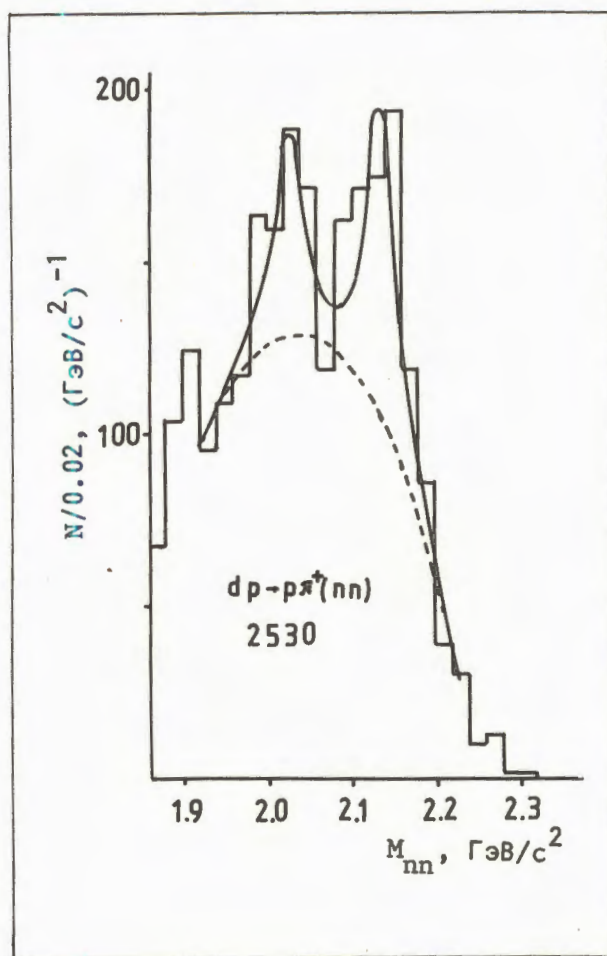


Рис.1. Распределение по эффективной массе двух нейтронов из канала реакции $dp \rightarrow p\pi^+nn$. Гистограмма — экспериментальный результат, сплошная кривая — результат фитирования

отобраны каналы: $dp \rightarrow prp$ (47298 событий) и $dp \rightarrow p\pi^+nn$ (24124 события). Показано, что в разных каналах в спектре эффективных масс двух нуклонов наблюдаются с высокой значимостью два состояния: $M_1 = 2,01 \div 2,02$ ГэВ/с² и $M_2 = 2,12 \div 2,15$ ГэВ/с² (рис.1), а также пики и при других значениях массы. Ядерные эффекты наблюдаемую ширину резонансов (~ 20 МэВ) не объясняют.

На этой же установке изучены импульсные распределения нуклонов, вылетающих под большими углами в ^4He -столкновениях при импульсах 8,6 и 13,6 ГэВ/с¹⁰. Полученные результаты не противоречат предположению о присутствии механизмов взаимодействия Δ -изобары в промежуточном состоянии с нуклоном или поглощения виртуального π -мезона парой нуклонов.

6. На статистике $\sim 2,7 \cdot 10^4$ dd-взаимодействий при 12 ГэВ/с, зарегистрированных с помощью двухметровой жидководородной камеры "Людмила" на пучке ускорителя ИФВЭ, определена (двумя способами) доля многократных процессов¹¹¹. Первый способ основан на прямом выделении однократных взаимодействий по наличию быстрых протонов-спектаторов. Во втором — рассматриваются средние множественности заряженных частиц в dd- и NN-взаимодействиях. Доля многократных процессов составила $(10,1 \pm 2,8)\%$ и $\sim 14\%$ от полного неупругого сечения соответственно по первому и второму способам.

Проведен анализ инклюзивных характеристик вторичных частиц, образованных в мягких $\bar{p}p$ -, pp - и π^-p -взаимодействиях в интервале импульсов от 4 до 360 ГэВ/с с помощью Лунд-модели¹¹². Использовались данные, полученные с помощью двухметровых пропановой и жидководородной пузырьковых камер ЛВЭ, облученных на синхрофазотроне и синхротроне ИФВЭ ($p = 4, 10, 24, 40$ ГэВ/с), и опубликованные данные по pp -взаимодействиям при $p = 360$ ГэВ/с, полученные на SPS (ЦЕРН). В области импульсов $p = 4 \div 10$ ГэВ/с Лунд-модель (ЛМ) с параметрами адронизации струны, взятыми из данных по e^+e^- -аннигиляции, хорошо описывает средние множественности и импульсные характеристики вторичных нуклонов, пионов и К-мезонов. При высоких энергиях ($p \gtrsim 20$ ГэВ/с) появляются существенные расхождения между экспериментом и ЛМ вследствие большего проявления дифракционных процессов, которые в данной версии модели не учитываются. Не учитываются также и процессы $\bar{p}p$ -аннигиляции, доля которых при $E > 20$ ГэВ составляет $\approx 20\%$.

Сравнение формы распределений Λ^0 -, K_s^0 -, ρ^0 - и $\pi^\pm$ -частиц с расчетами по ЛМ показывает, что модель неплохо описывает область фрагментации протона в мягких π^-p -взаимодействиях и дает завышенные значения сечений в области фрагментации пионов ($x_F \gtrsim 0,4$). Для $\bar{p}p$ -взаимодействий имеется отмеченное выше расхождение и в области $x_F \lesssim -0,6$. Для описания сечений образования ρ^0 -, K_s^0 -, π -мезонов в π^-p -соударениях при $p = 360$ ГэВ/с также необходима модификация модели.

РЕЛЯТИВИСТСКАЯ ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА ИССЛЕДОВАНИЕ АСИМПТОТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МНОЖЕСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

1. Для описания множественных процессов используются релятивистски-инвариантные безразмерные величины

$$b_{ik} = - \left(\frac{p_i}{m_i} - \frac{p_k}{m_k} \right)^2 = (u_i - u_k)^2$$

(где p_i, p_k — 4-импульсы, m_i, m_k — массы частиц i и k), позволяющие выразить принцип автомодельности для распределений вероятностей (сечений) W в следующем виде:

$$W(b_{\alpha k}, b_{\beta k}, b_{\alpha\beta}, \dots) \Big|_{b_{\alpha\beta} \rightarrow \infty} = \frac{1}{b_{\alpha\beta}^m} W^1(b_{\alpha k}, x_k = \frac{b_{\beta k}}{b_{\alpha\beta}}, \dots).$$

Величина W^1 не зависит от $b_{\alpha\beta}$ и автомодельна по этой переменной. Определены m (m может быть числом или функцией аргументов W^1) из моделей или уравнений задачи более простая, чем отыскание решений при полном наборе независимых величин (определяющих параметров). Смысл выражения (2) состоит в том, что сечения W не должны зависеть от бесконечных величин, но могут зависеть от их отношения имеющего конечную величину. В работе¹¹³ исследовались автомодельные свойства мезонных кластеров во взаимодействиях p -, d -, He -, C - и π^- -частиц с ядрами углерода в интервале импульсов $4 \div 40$ ГэВ/с на нуклон. Материал был получен с помощью двухметровой пропановой пузырьковой камеры (табл. 4). Анализировались инвариантные $F(b_k)$ распределения протонов в кластерах:

$$F(b_k) = \frac{1}{N} \frac{2}{m_N^2} \int \frac{1}{\sqrt{b_k + b_k^2/4}} \frac{dN}{db_k d\Omega} d\Omega.$$

Распределения (3) обладают тем замечательным свойством, что в системе покоя кластера $\bar{V}_a = 0$ средняя величина $\langle b_k \rangle$

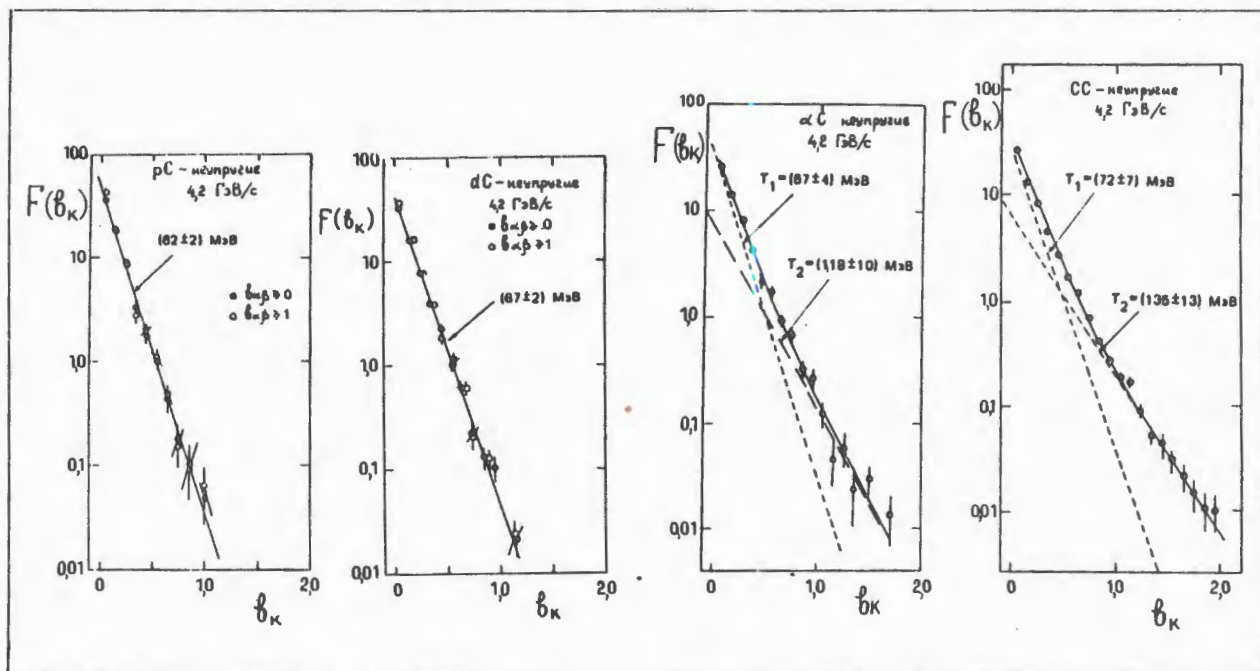


Рис.2. Инвариантные функции $F(b_k)$ для протонов в кластере, образующихся в pC- и dC-, α C- и CC-взаимодействиях

получаемая из этого распределения, однозначно связана со средней кинетической энергией протонов в кластере, которая обычно называется "температурой":

$$\langle b_k \rangle = \langle \frac{2E_k}{m_N} - 2 \rangle = \frac{2\langle T_k \rangle}{m_N}. \quad (4)$$

Зависимости $F(b_k)$, полученные в эксперименте для pC-, dC-, α C- и CC-взаимодействий, показаны на рис. 2.

Таблица 4

Тип взаимодействия	Импульс пучковых частиц, ГэВ/с	b_{II}	Статистика событий
p(C ₃ H ₈)	4,2	7,16	6207
d(C ₃ H ₈)	4,2·A	7,16	8724
α (C ₃ H ₈)	4,2·A	7,16	3795
C(C ₃ H ₈)	4,2·A	7,16	10199
p(C ₃ H ₈)	10	19,4	2706
π^- C	40	570	8791

Исследована зависимость распределения протонов в кластерах от переменной $x_k \equiv x_k^a = b_{\beta k}/b_{\alpha\beta}$. В системе покоя кластера

$\vec{V}_a = 0$ переменная x_k переходит в известную переменную светового фронта: $x_k^a = u_{ko}^a - u_{kz}^a$ (здесь ось z определяет направление линии, соединяющей центры кластеров V_a и V_β в трехмерном пространстве), т.е. зависимость $F(x_k)$ означает зависимость инвариантной функции F от направления отрезка, соединяющего центры кластеров V_a и V_β . Это означает, что изолированная система (кластер) должна распадаться анизотропно по отношению к указанному направлению в системе покоя кластера.

Инвариантные функции $F(x_k)$ для протонов с импульсом $0,3 \leq p_{лаб} \leq 0,8$ ГэВ/с в различных типах взаимодействий показаны на рис.3.

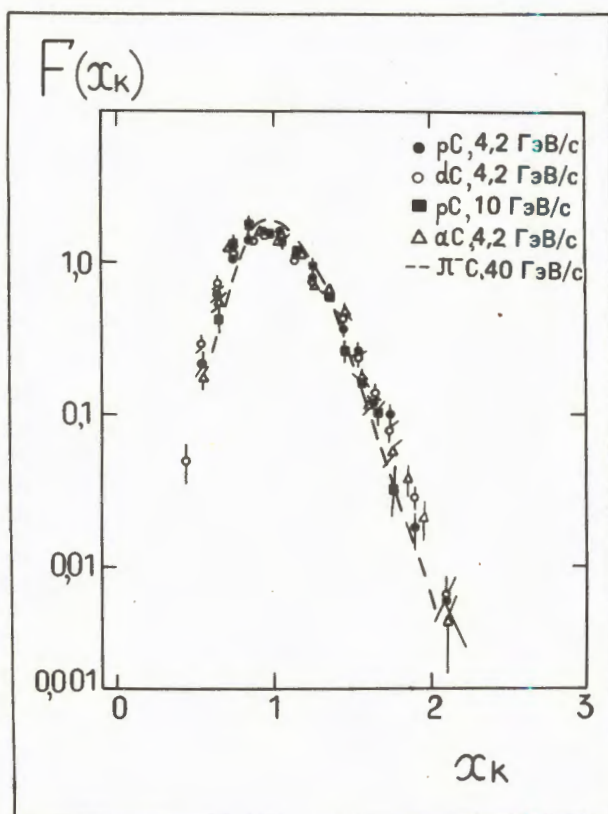
С целью изучения особенностей образования протонных кластеров с различной температурой были построены зависимости инвариантного сечения $E \frac{d^3\sigma}{dp^3}$ от переменной $b_{II C}$, т.е. относительно ядра-мишени. Показано, что нуклонные кластеры с $\langle T_k \rangle_1 = 60 \div 70$ МэВ характеризуются средним значением четырехскорости относительно ядра-мишени $\langle b_{II C} \rangle_1 = 0,11 \div 0,14$, которое не зависит ни от типа взаимодействия, ни от энергии в интервале 4÷40 ГэВ. Для кластеров с более высокой температурой ($\langle T_k \rangle = 130$ МэВ) значение $\langle b_{II C} \rangle_2 =$

$= 0,5 \div 0,6$. Свойства этих кластеров в зависимости от типа и энергии взаимодействия нуждаются в дальнейшем изучении. Показано, что они характеризуются анизотропным угловым распределением протонов и большими поперечными импульсами.

Таким образом, барионные кластеры, образующиеся в промежуточной области релятивистских ядерных столкновений, характеризуются универсальными свойствами по двум параметрам подобия: масштабнo-инвариантному b_k и масштабнo-инвариантному x_k .

Проведен также анализ четырехмерных протонных кластеров в pC- и cC-взаимодействиях, сопровождающихся испусканием кумулятивных пионов и протонов^{/14/}. Показано, что рождение кумулятивных протонов происходит чаще в событиях с фрагментацией на кластеры с $b_{IIC} < 0,6$. Свойства протонных кластеров в мезонных и протонных кумулятивных взаимодействиях оказываются различными. Рождение кумулятивных пионов отражается на свойствах протонных кластеров.

Рис.3. Инвариантные функции $F(x_k)$ для протонов в различных типах взаимодействий



2. Продолжалось изучение процессов кумулятивного рождения частиц. На установке СКА (спектрометр кумулятивных адронов)^{/15/} получена A-зависимость сечений образования кумулятивных пионов на основе материалов по взаимодействию протонов ($E = 25 \div 62$ ГэВ) с ядрами Be, C, Al, Ti, Mo, W^{/16/}. Измерения проводились на пучке серпуховского ускорителя. Сечения образования пионов измерены в интервале их импульсов от 250 до 950 МэВ/с. Отмечается регулярность поведения A-зависимости от кумулятивной переменной X при значительном различии в энергии первичных протонов и углах вылета π -мезонов (различные p_T).

Измерена энергетическая зависимость выхода π^+ - и π^- -мезонов под углом 159° в интервале $0,6 \leq X \leq 2,0$ в pC-взаимодействиях при энергии протона от 15 до 61 ГэВ^{/17/}. Величины сечений и наклоны спектров в этом диапазоне энергий оказались близкими к измеренным при энергии пучка синхрофазотрона. Наклоны спектров при $X > 1$ и $X < 1$ существенно различны, что дает основание предполагать перераспределение вклада различных механизмов образования пионов при переходе в кумулятивную область.

На установке ДИСК-3 проведен набор статистики по образованию частиц с большими поперечными импульсами ($p_T = 1000 \div 1600$ МэВ/с) в pA-взаимодействиях. Выполнен эксперимент по измерению инклюзивных сечений кумулятивного рождения частиц во взаимодействиях ядер углерода с ядрами мишеней. Набрана статистика $\geq 10^3$ корреляционных событий типа $p\pi$ в области эффективных масс Δ -изобары в $p\pi$ -взаимодействиях. Проведены обработка и анализ экспериментальных данных по двухчастичным $d\pi$, $p\pi$, $p\pi$ - и $\pi\pi$ -корреляциям.

Получены экспериментальные данные по инклюзивным сечениям рождения $\pi^\pm$, $K^\pm$ -мезонов в зависимости от их импульса при фиксированных углах эмиссии ($\theta = 180^\circ$, $\theta = 62^\circ$) для $p\pi$ - и $d\pi$ -взаимодействий^{/18/}.

Проанализирована большая совокупность данных по кумулятивному рождению частиц в адрон-ядерных взаимодействиях на основе различных теоретических подходов^{/19/}.

Продолжалось изучение адрон- и ядро-ядерных процессов с рождением протонов в кинематически запрещенной области для нуклон-нуклонных столкновений. Исследованы кинематические корреляции между π^- -мезонами и протонами с импульсом $p_p = 0,25 \div 0,75$ ГэВ/с во взаимодействиях d , ^4He , C с ядрами углерода при первичном импульсе 4,2 ГэВ/с на нуклон^{/20/}. В отличие от каскадной модели наблюдаются заметные корреляции между кинематическими переменными пионов (быстрота, импульс, угол вылета) и вторичных протонов. Измерены также инклюзивные сечения рождения протонов во взаимодействиях p , d , ^4He , C с ядрами углерода и тантала^{/21/}. Получено указание на некоторое подавление выходов протонов из ядра-мишени под большими углами при увеличении атомного веса ядра-снаряда.

3. Несмотря на большой объем исследований, выполненных в последние годы по множественному рождению частиц в ядро-ядерных столкновениях, информация о процессах образования нейтральных π -мезонов во взаимодействиях релятивистских ядер с энергией порядка нескольких ГэВ на нуклон весьма бедна. На установке МАССЕР проводился цикл исследований по измерению инклюзивных сечений образования π^0 -мезонов с целью получения информации, необходимой для выяснения механизма кумулятивного эффекта. В 1988 г. выполнен анализ реакции $p\text{C} + \pi^0 X$ при импульсе $p_p = 4,5$ ГэВ/с^{/22/}. На статистике $\sim 1,4 \cdot 10^4$ π^0 -мезонов получены зависимости сечения от p_T^2 и переменной Фейнмана x_F . Дифференциальное сечение по p_T^2 параметризуется функцией $f(p_T^2) = A_2 \exp(-B_2 p_T^2)$ с параметром $B_2 = (6,3 \pm 0,2)$ (ГэВ/с)⁻², $A_2 = (19,5 \pm 0,8)$ мб·(ГэВ/с)⁻²/ядро ^{12}C . Инвариантное инклюзивное сечение $f(x_F)$ в интервале $0,5 < x_F < 0,95$ параметризуется степенной функцией $f(x_F) = A_1 (1 - x_F)^{B_1}$ с параметрами $A_1 = (126 \pm 21)$ мб/ядро ^{12}C ; $B_1 = (2,72 \pm 0,14)$.

4. Получены первые экспериментальные данные по инклюзивным спектрам π^0 -мезонов в CTa - и многонуклонных CC^{MH} -взаимодействиях при импульсе 4,2 ГэВ/с на нуклон на материалах двухметровой пропановой пузырьковой камеры^{/23/}. Ин-

клюзивные спектры π^0 -мезонов восстанавливались по экспериментально измеренным спектрам γ -квантов на статистике: 860 γ -квантов для CTa - и 1206 γ -квантов для CC -взаимодействий.

5. Ряд работ был посвящен изучению взаимодействия нейтральных частиц (нейтронов) с ядрами и образования нейтронов в ядро-ядерных столкновениях. Проведен сравнительный анализ импульсных и угловых характеристик протонов, образующихся в $p\text{C}$ - и $p\text{Ta}$ -взаимодействиях при импульсе 4,2 ГэВ/с^{/24/}. Показано, что импульсный спектр и угловые распределения протонов в $p\text{Ta}$ -соударениях значительно мягче и шире. Получены средние характеристики вторичных частиц в p - и $p\text{C}$ -взаимодействиях^{/25/}, а также прямые экспериментальные данные по образованию нейтронов-спектаторов в $d(\text{C}_3\text{H}_8)$ -соударениях, доля которых при $p_d = 4,2$ ГэВ/с на нуклон оказалась равной $\Delta n_s = 0,24 \pm 0,02$.

В работе^{/26/} представлены предварительные результаты исследования характеристик нейтронов, испускаемых в $\pi^- \text{Xe}$ -взаимодействиях при импульсе 3,5 ГэВ/с. Эффективность наблюдения нейтральных звезд оказалась достаточно высокой (0,65 н.з./взаим.), что дает возможность после полной обработки материала получить новые данные.

6. Исследовалась зависимость от энергии лидирующего протона характеристик вторичных протонов и π^- -мезонов в $p\text{C}$ -взаимодействиях при $p = 4,2$ и 10 ГэВ/с и в $p\text{Ta}$ -взаимодействиях при $p_p = 10$ ГэВ/с^{/27/} с целью получения данных о "тормозной" способности ядер. Как следует из полученных данных, удельные потери в области $4 \leq p \leq 10$ ГэВ/с увеличиваются с ростом импульса, т.е. $dE/dx \sim E$ и, кроме того, в тяжелом ядре тантала среднее значение dE/dx оказывается меньше, чем для ядра углерода. Полученные в данной работе верхние оценки для объемной плотности энергии не превышают 0,6 ГэВ/фм³ (для $p\text{C}$ при $p_p = 10$ ГэВ/с).

Сделаны оценки средних и максимальных потерь энергии пионов и протонов за счет сильных взаимодействий при прохождении через внутриядерную материю^{/28/}. При анализе $\pi^- \text{Xe}$ -взаимодействий при $p_\pi = 3,5$ ГэВ/с показано, что распределение нейтральных π -мезонов по продольному

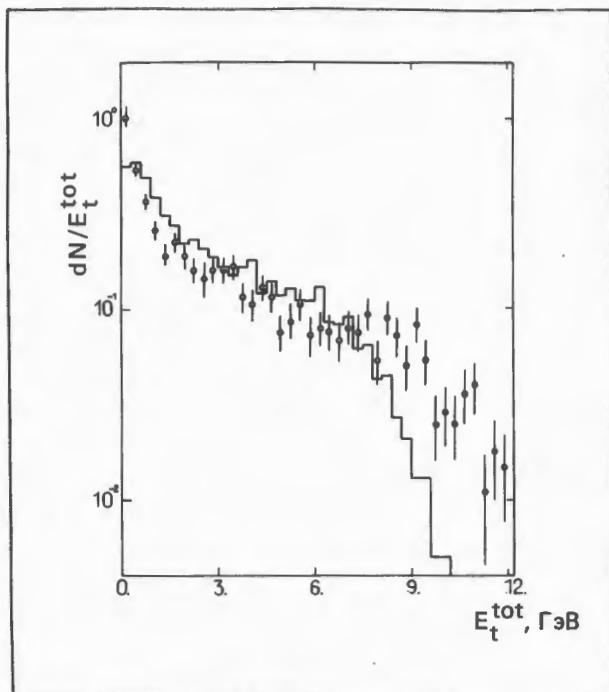


Рис.4. Распределение по полной поперечной энергии в СТа-взаимодействиях при 4,2 ГэВ/с на нуклон. Гистограмма — расчет по ДКМ, статистика 1552 события

импульсу сужается с увеличением множественности вторичных протонов ($0 \leq n_p \leq 9$). Отмечено¹²⁹, что адроны с энергией в несколько ГэВ могут проходить через массивные ядра, не вызывая рождения частиц; прохождение сопровождается эмиссией быстрых нуклонов строго определенным способом.

Получены спектры полной поперечной энергии (E_t^{tot}) вторичных заряженных частиц во взаимодействиях p , d , ^4He , C с ядрами углерода и в СТа-соударениях при импульсе $4,2 \cdot A$ ГэВ/с¹³⁰. Показано, что с ростом E_t^{tot} все более значительный вклад в ее величину дают отдельные частицы с большими p_T . Пример спектра для СТа-взаимодействия показан на рис.4.

Изучалась зависимость средней множественности π^- -мезонов $\langle n_{\pi^-} \rangle$ от числа протонов-участников N_p для СТа-взаимодействий при импульсе 4,2 ГэВ/с на нуклон¹³¹. Наблюдается линейный рост $\langle n_{\pi^-} \rangle$ с увеличением N_p для нецентральных СТа-соударений. Для центральных (их доля $\sim 17\%$ от всех непуругих взаимодействий) — $\langle n_{\pi^-} \rangle$ не зависит от N_p . Доля π^- -мезонов, испускаемых в заднюю полусферу, для центральных столкновений составляет $\sim 20\%$ от всех π^- -мезонов, образованных во взаимо-

действии, т.е. в два раза больше, чем в периферических столкновениях. Корреляции между $\langle n_{\pi^-} \rangle$ и N_p при первичной кинетической энергии 3,36 ГэВ/нукл. описываются в рамках модели независимых взаимодействий.

Сделана оценка температуры адронного вещества на основе термодинамического подхода на стадии, близкой к наибольшему возбуждению, с использованием величины выхода пионов в столкновениях близких по массе ядер ($A_p \approx A_T$)¹³². Полученное значение температуры ($T = (120 \pm 2)$ МэВ) для СС-взаимодействий при $p = 3,66$ ГэВ/с на нуклон с учетом результатов других экспериментов при более низких энергиях указывает на линейный рост T_0 с энергией ядер (в логарифмическом масштабе) в интервале $0,1 \div 3,7$ ГэВ/нуклон.

Методом ядерных фотоэмульсий продолжалось изучение процесса полного разрушения ядер. Впервые получены данные по полному разрушению ядра свинца ядрами магния с импульсом $4,5 \cdot A$ ГэВ/с¹³³ и проведено их сравнение с данными для $\text{C} + \text{Pb}$ реакции при том же импульсе. Наблюдается рост числа релятивистских однозарядных частиц, усиление коллимации вылета вторичных заряженных частиц, увеличение противоиспускания в азимутальной плоскости частиц от разрушения ядра-мишени и рождения частиц, усиление бокового выброса этих частиц с ростом массы ядра-снаряда. Среди найденных 60 событий было обнаружено одно событие с плотностью 10 s-частиц на интервал псевдобыстроты $\Delta\eta_s = 0,1$. Вероятность случайного характера этого события менее 10^{-2} .

Проведен анализ зарядового состава фрагментов ядра кремния-28 с импульсом $4,5 \cdot A$ ГэВ/с с ядрами фотоэмульсии. Получены топологические характеристики фрагментации, множественность и зарядовый состав фрагментов на различных компонентах эмульсии. Оценены вероятности полного разрушения ядра кремния¹³⁴.

7. Метод определения пространственно-временных характеристик области излучения частиц на основе интерференции тождественных частиц использован при анализе ранее полученного экспериментального материала на установке СКМ-200, экспонированной в пучках ядер ^4He , ^{12}C , ^{16}O

с энергией $3,66 \cdot A \text{ ГэВ}^{1/3}$. Мишенями служили тонкие диски ($0,2 \div 0,5 \text{ г/см}^2$) из Li, C, Cu, расположенные внутри объема камеры, а также газ Ne, заполняющий камеру. В пределах ошибок полученные радиусы испускания π^- -мезонов $r = 3,9 \div 4,4 \text{ фм}$ не отличаются для различных A_p и A_t и степени центральности взаимодействий.

Пространственно-временные характеристики источников вторичных протонов в различных типах релятивистских ядерных столкновений анализировались с целью объяснения зависимости размеров области испускания протонов от их импульса¹³⁶. Рассматривались два фактора: большие временные интервалы испускания протонов и малые поперечные размеры источников. Предполагается, что каждый из этих факторов доминирует в разных интервалах импульсов протонов.

8. В направлении поиска аномальных фрагментов в процессах фрагментации релятивистских ядер были выполнены две ра-

боты. Проведен тщательный анализ данных эксперимента "Аномалон" по фрагментации ядер магния с импульсом $4,5 \text{ ГэВ/с}$ на нуклон во взаимодействиях с плексиглазом¹³⁷. Особое внимание при этом уделялось области длин пробега менее 10 мм . Всего обработано около $1,2 \cdot 10^5$ событий. Для фрагментов с зарядом $Z = 6 \div 10$ авторы наблюдают наличие компонент со средней длиной пробега $\lambda_a = (1,9 \pm 0,8) \text{ мм}$, тогда как нормальная компонента имеет $\lambda_n = (141,7 \pm 1,9) \text{ мм}$. Примесь аномальной компоненты оценивается величиной $\sim (8,4 \pm 2,7) \%$.

Проведены эксперименты по исследованию взаимодействия ядер ^{12}C с импульсом 54 ГэВ/с с медными мишенями в 2π -геометрии, позволяющие изучать угловое распределение вылета аномальных фрагментов¹³⁸. Поведение фрагментов изучалось по выходу γ -излучения наведенной активности в кольцевых мишенях, перекрывающих диапазоны углов $0-10^\circ$, $10^\circ-19^\circ$, $19^\circ-31^\circ$, $31^\circ-43^\circ$, $43^\circ-52^\circ$, $52^\circ-90^\circ$. Наблюдалось существенное увеличение вы-

Для исследований на пучках релятивистских ядер создается новый спектрометр — установка "Памир". На снимке: мишенный узел установки

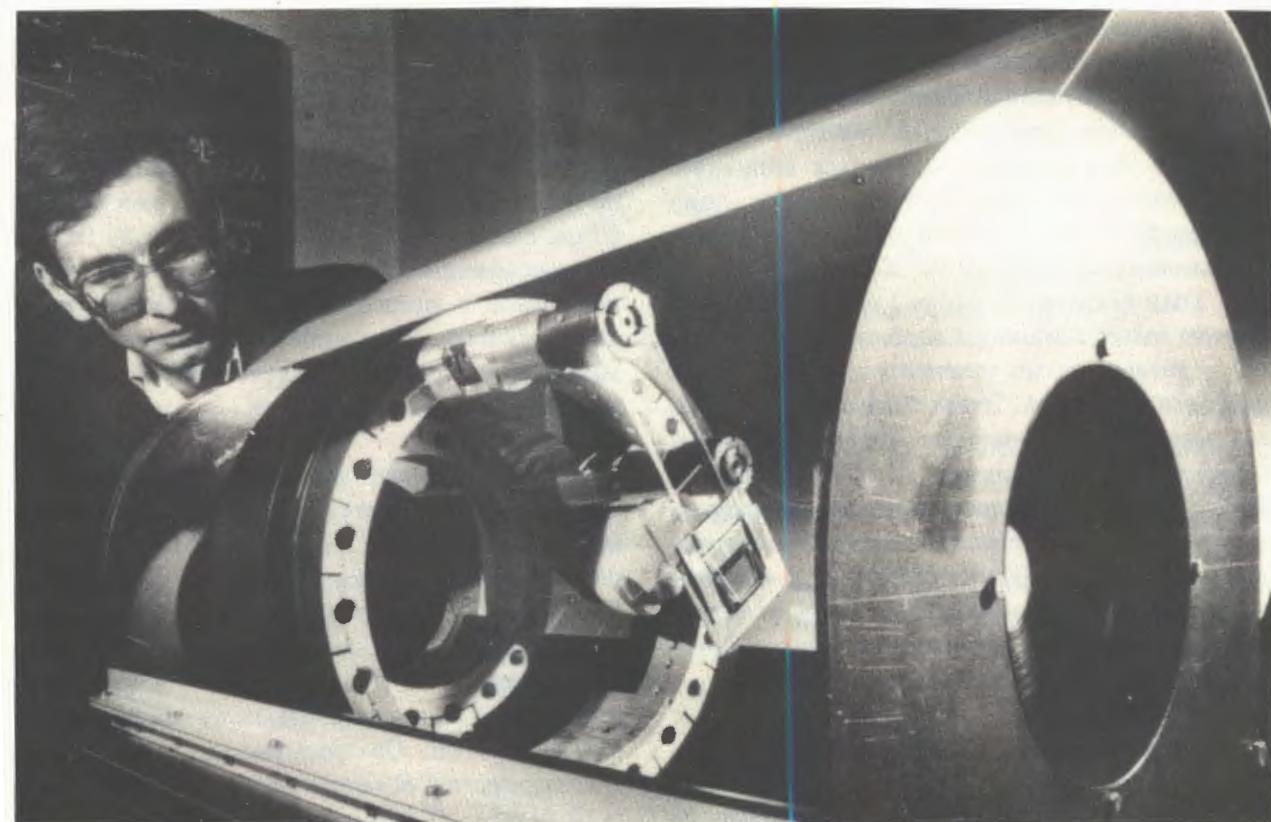
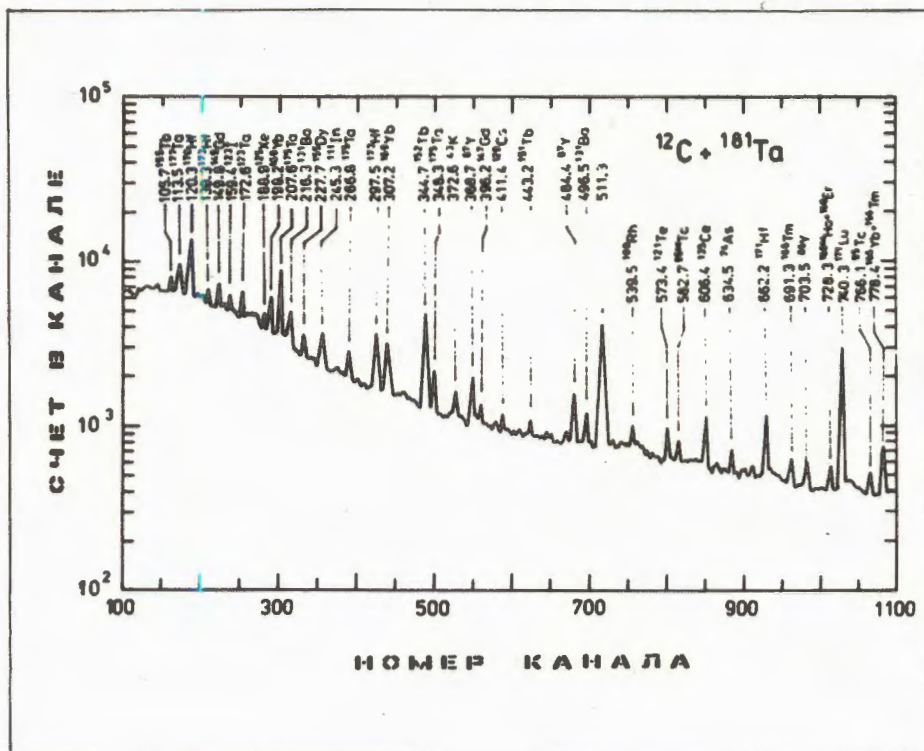


Рис.5. Спектр γ -лучей остаточных ядер-нуклидов, образующихся при фрагментации ^{181}Ta ядрами углерода с энергией 3,65 ГэВ/нуклон



12. Рассматривались следствия применения концепции релятивистской длины (КРД), в частности, к таким вопросам, как рост длины формирования адронов с увеличением энергии, проблема фундаментальной (или элементарной) длины и др.^{/44/}.

ИССЛЕДОВАНИЯ
ПОЛЯРИЗАЦИОННЫХ ЭФФЕКТОВ

1. Измерена векторная анализирующая способность (A_y) реакций упругого $d\uparrow p$ -и $d\uparrow d$ -рассеяния и реакции неупругого взаимодействия $d\uparrow C \rightarrow pX$ ^{/45/}. Экспериментальная установка собрана на основе спектрометра ядер отдачи (СЯО), работающего на внутреннем пучке синхрофазотрона. Поляризация ускоренного пучка дейтронов определялась с помощью полупроводникового поляриметра путем измерения лево-правой асимметрии сечения упругого $d\uparrow p$ -рассеяния при $-t = 0,025 \text{ (ГэВ/с)}^2$ и импульсе пучка 2,38 ГэВ/с. Анализирующая способность реакции $d\uparrow p \rightarrow dp$ при этих условиях известна. Мишенью служила пленка из полиэтилена CH_2 или CD_2 толщиной 2-3 мкм. Среднее значение векторной поляризации пучка составило:
 $\langle P \rangle = 0,39 \pm 0,015 \text{ (стат.)} \pm 0,04 \text{ (сист.)}$.

Зависимость A_y в реакции $d\uparrow p$ при $-t = 0,025 \text{ (ГэВ/с)}^2$ от импульса на нуклон дейтрона показана на рис.6, а зависимость

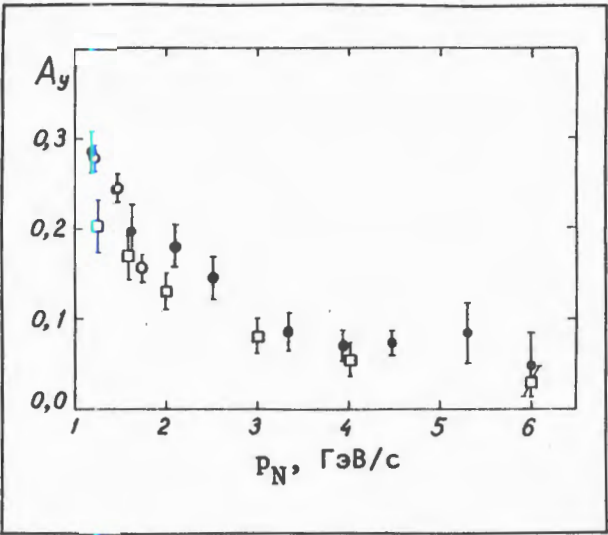


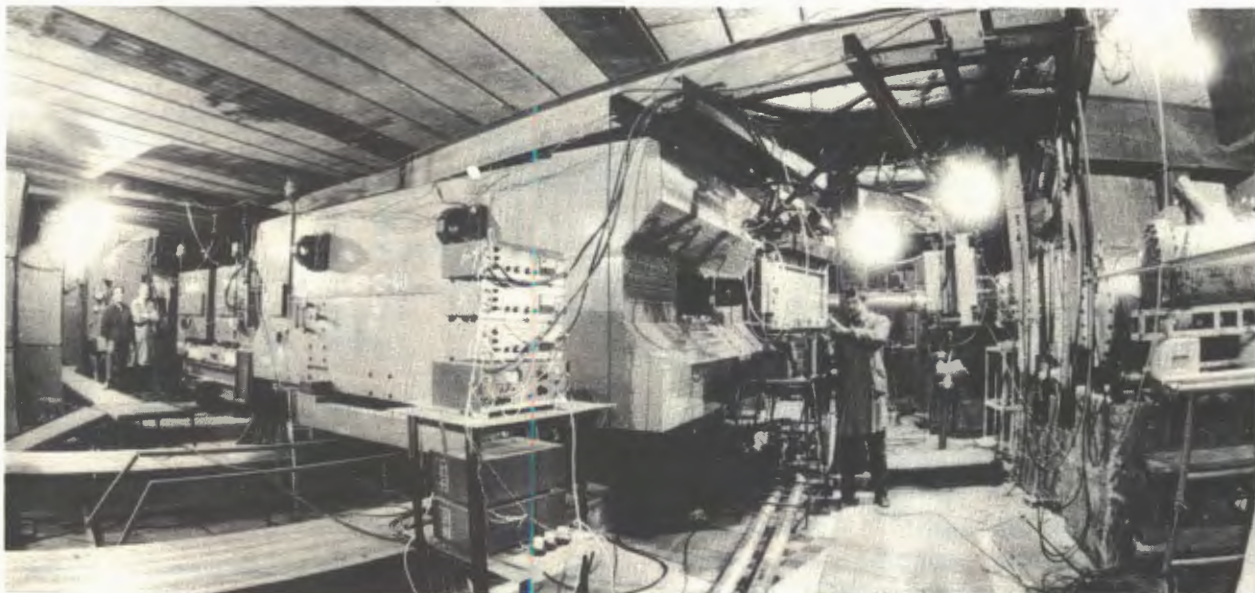
Рис.6. Векторная анализирующая способность упругого $d\uparrow p$ -рассеяния; $\circ$ — данные из работы^{/45/}.

A_y в реакции $d\uparrow C \rightarrow pX$ при импульсе 2,38 ГэВ/с от кинетической энергии регистрируемых протонов под углами 75° и 120° представлена в табл. 5. Из сравнения данных по анализирующей способности и поляризации в неупругой реакции следует предположение (см.^{/45/}) о возможном механизме неупругого взаимодействия адронов с ядрами через бинарные подпроцессы на нуклонах или других конститuentах ядра.

Получены значения A_y для реакций $d\uparrow C \rightarrow pX$ и $d\uparrow C \rightarrow dX$ при энергии $d\uparrow 800 \text{ МэВ/нуклон}$ ^{/46/}, которые хорошо

Таблица 5

$\theta = 75^\circ$ в лаб. системе			$\theta = 120^\circ$ в лаб. системе		
$E_p, \text{ МэВ}$	A_y	ΔA_y	$E_p, \text{ МэВ}$	A_y	ΔA_y
80 — 100	— 0,047	0,021	40 — 60	— 0,004	0,007
100 — 120	— 0,056	0,020	60 — 80	— 0,010	0,009
120 — 140	— 0,039	0,024	80 — 100	— 0,006	0,011
140 — 160	— 0,041	0,026	100 — 120	— 0,016	0,014
160 — 180	0,019	0,033	120 — 140	0,008	0,022
180 — 200	0,037	0,020	140 — 160	— 0,010	0,031
200 — 220	0,021	0,024	160 — 180	— 0,032	0,037
220 — 240	0,059	0,027	180 — 240	0,158	0,074
240 — 260	0,076	0,034			
260 — 280	0,087	0,040			
280 — 300	0,075	0,057			



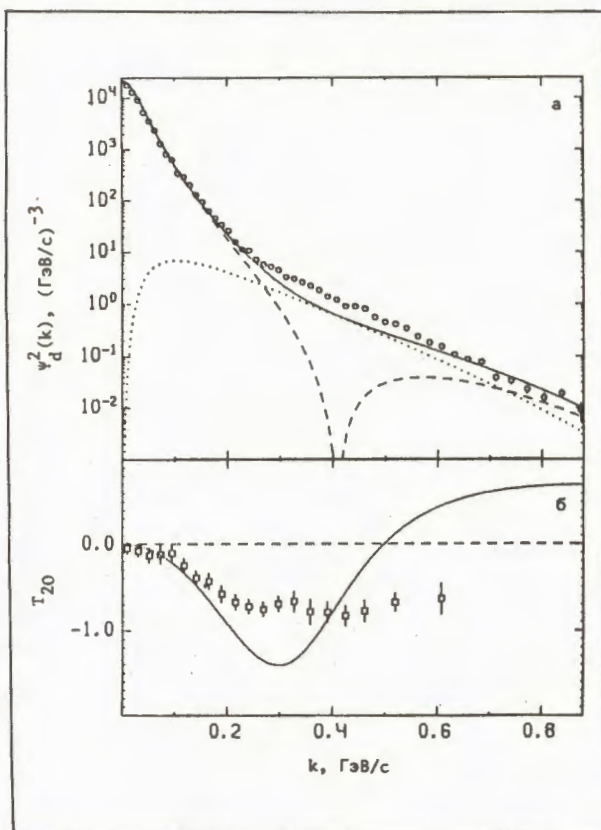
На установке "Альфа-3С" при работе на пучке тензорно-поляризованных дейтронов синхрофазотрона получены новые результаты в исследовании структуры дейтрона

согласуются с экспериментальными данными для реакции $p + C \rightarrow pX$, но противоречат предсказаниям модели прямого выбивания нуклонов.

На установке "Альфа-3С" в пучке тензорно-поляризованных дейтронов впервые измерены величины тензорной анализирующей способности $T_{20}(k)$ в реакции $^{12}C(d,p)$ с вылетом протонов под нулевым углом при $p_{d\uparrow} = 9,1$ ГэВ/с в области импульсов протонов в системе покоя дейтрона до $k \approx 650$ МэВ/с¹⁴⁷. Средняя интенсивность пучка ускоренных поляризованных дейтронов составляла $\sim 5 \cdot 10^8$ част./цикл. На рис.7 показаны зависимости $T_{20}(k)$ и импульсного распределения нуклонов в дейтроне от k из ранее полученных данных по фрагментации неполяризованных дейтронов в протон. Данная зависимость T_{20} согласуется с моделью дейтрона, учитывающей кварковые степени свободы, однако нельзя одновременно удовлетворительно описать дифференциальные сечения и T_{20} , используя эту модель.

Вместе с электронными установками СЯО, "Альфа-3С" в пучке $d\uparrow$ с импульсом 3,34 ГэВ/с экспонировалась однометровая жидководородная пузырьковая камера¹⁴⁸. Выбор величины импульса определялся, во-первых, из соображений максимальной и хорошо известной анализирующей способности водорода и, во-вторых, из возможности

Рис.7. Зависимости импульсного распределения нуклонов в дейтроне (а) и тензорной анализирующей способности дейтрона T_{20} (б) от импульса протона в системе покоя дейтрона, полученные на установке "Альфа-3С"; о, $\square$ — экспериментальные данные, сплошные линии — расчет: а — квадрат волновой функции дейтрона, б — импульсное приближение для парижского нуклон-нуклонного потенциала



сравнения с реакцией $dp \rightarrow ppp$ на неполяризованных дейтронах, большой обработанный материал по которой имеется. Отобрано и измерено $2 \cdot 10^4$ событий реакции $dp \rightarrow ppp$, ведется анализ результатов.

ЭКСПЕРИМЕНТ NA-4

Завершены обработка и анализ 1,8 млн событий глубоконеупругого мюон-водородного рассеяния при энергиях 100, 120, 200 и 280 ГэВ. Окончательная статистика отобранных событий намного больше, чем в любом другом из выполненных ранее экспериментов.

Структурная функция $F_2(x, Q^2)$ и отношение сечений поглощения продольно- и поперечно-поляризованных фотонов $R = \sigma_L / \sigma_T$ получены в кинематической области $x = 0,06 \div 0,8$ и $Q^2 = 7 \div 260 \text{ ГэВ}^2$.

Знание структурной функции в области малых x очень важно для оценки массы топ-кварка и числа нейтрино. Поэтому наблюдаемые расхождения с данными Европейской мюонной коллаборации в этой области вызвали необходимость дополнительных тщательных проверок систематических ошибок. Они подтвердили надежность результатов эксперимента NA-4 и показали, что несмотря на их высокую статистическую обеспеченность систематические ошибки сравнимы со статистическими.

Нарушение скейлинга, четко видимое в Q^2 -зависимости структурной функции, проанализировано в рамках КХД с помощью двух подходов. Предсказания теории как в лидирующем, так и в следующем порядке прекрасно согласуются с экспериментом. Наблюдаемое отличие отношения R от нуля в области малых x хорошо согласуется с предсказанием КХД. Анализ проведен не только в несинглетном приближении, но и в полном, синглет + несинглет, подходе. Структурная функция $F_2(x, Q^2)$ представлена на рис.8 вместе с теоретическими кривыми. При этом впервые получена оценка степени глюонного распределения в следующем порядке теории $\eta = 9 \pm 2$ при $Q^2 = 5 \text{ ГэВ}^2$. Полученное значение КХД масштабного параметра Λ согласуется

в пределах статистических ошибок с результатами аналогичного анализа данных, полученных нами ранее на углеродной мишени, несмотря на существенно разные x -зависимости нарушения скейлинга, наблюдаемые в этих двух экспериментах. Это обстоятельство можно рассматривать как дополнительное подтверждение теории.

Из результатов этих двух экспериментов получено $\Lambda = 220 \pm 15 \text{ (стат.)} \pm 50 \text{ (сист.)}$.

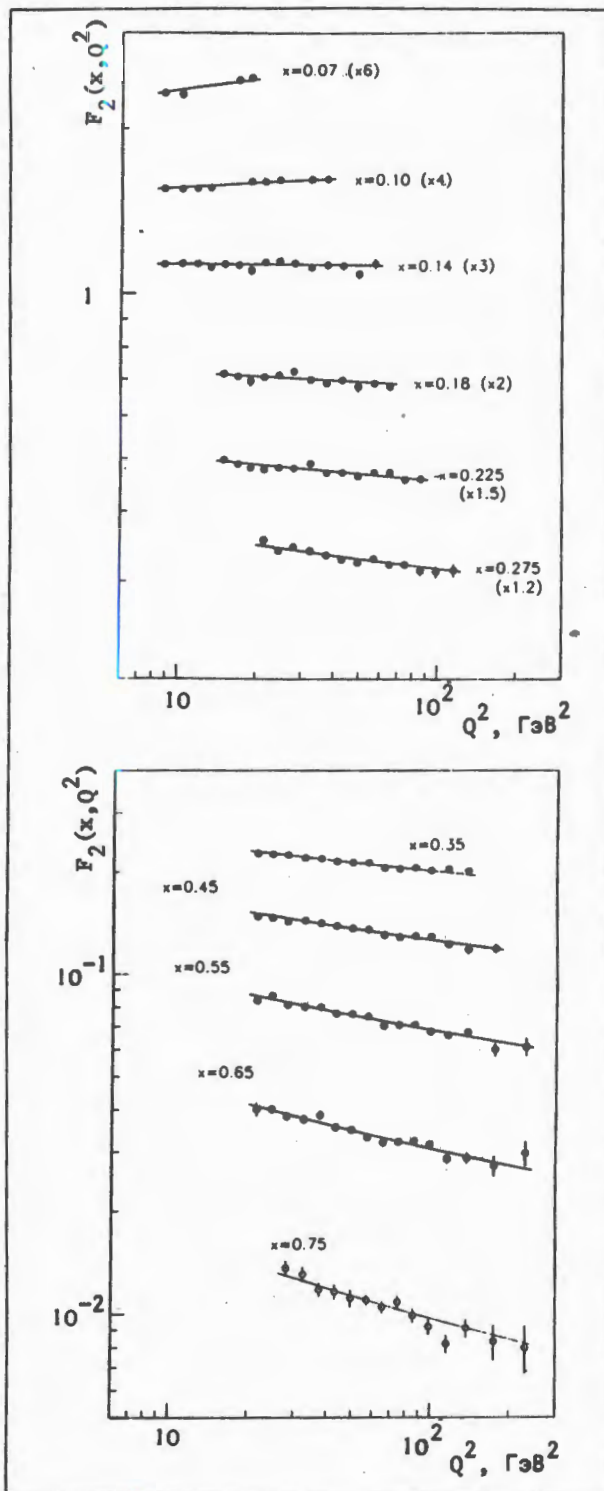


Рис.8. Структурная функция протона $F_2(x, Q^2)$, полученная в эксперименте NA-4

СОЗДАНИЕ НОВЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ УСТАНОВОК, РАЗВИТИЕ МЕТОДИКИ

В 1988 г. в ЛВЭ продолжалась разработка и создание новых комплексов физической аппаратуры для экспериментов на синхрофазотроне, У-70 и УНК ИФВЭ, LEP ЦЕРН.

1. Проведены сборка, наладка и испытания адронного калориметра (АК) установки DELPHI в подземном зале LEP (ЦЕРН). Осуществлены работы по модернизации высоковольтного питания детекторов АК. На пучках синхрофазотрона продолжались исследования долговременной стабильности детекторов и полномасштабного прототипа АК с использованием радиоактивного источника, космических лучей и частиц, ускоренных на синхрофазотроне. Изучена возможность использования уже созданной считывающей электроники совместно со специально разработанным предусилителем в насыщенном пропорциональном режиме работы детекторов АК^{/49/}, а также использования АК в качестве мюонного триггера установки. Показано, что переход в указанный режим не ухудшает основные характеристики АК и существенно повышает надежность его детекторов.

В рамках участия ЛВЭ в подготовке эксперимента DELPHI выполнен комплекс работ по созданию терминальной станции связи с вычислительным центром ЦЕРНа^{/50/}.

2. Разработан проект центральной трековой системы универсального калориметрического детектора (УКД) для встречных пучков УНК.

3. Выполнены работы по проектированию струйной поляризованной мишени непрерывного действия (проект "Парус-Нептун"). Проведено математическое моделирование и стендовые испытания шести-полюсных магнитов.

Создан криостат для стабилизации газобразного атомарного водорода при низких температурах в сильных магнитных полях^{/51/}. В первых экспериментах при $T = 0,44 \text{ К}$ и $B \approx 7 \text{ Тл}$ достигнута плотность $\approx 10^{13} \text{ атом/см}^3$, остававшаяся стабильной в течение одного часа.

Проводились работы по созданию полупроводникового спектрометра медленных частиц. При участии Радиевского института (Ленинград) и НПО "Тесла" (ЧССР) изготовлены и испытаны образцы полупроводниковых детекторов.

4. В рамках работ по проекту "Меченые нейтрино" изготовлены кассеты модулей адронного калориметра, начата сборка и монтаж модулей в установке. Изготовлены 50 зеркал для оптической системы и узлы черенковского счетчика, проведен его монтаж. Подготовлен набор программ для оптимизации условий эксперимента.

5. Проводились монтаж и наладка узлов и систем установок "Чарм", СВД, ТПК-2М, продолжалось изготовление оборудования, выполнялось моделирование экспериментов. В том числе завершены такие этапы:

- методический пуск быстроциклирующей пузырьковой камеры — вершинного детектора спектрометра СВД;

- монтаж павильона для установки БИС-2М на ускорителе ИФВЭ (Протвино).

6. Изготовлены три сцинтилляционных годоскопа переднего детектора установки "Сфера", включающие 80 сцинтилляционных счетчиков с размерами радиаторов $100 \times 4 \times 0,5 \text{ см}$. Смонтировано 20 сцинтилляционных счетчиков для четвертого годоскопа. Изготовлен ряд узлов сверхпроводящей магнитной системы: кожух, механизм управляемых тоководов, модифицированный теплообменник сателлитного рефрижератора и др. Выполнено моделирование эффективности регистрации π^0 , η^0 , η^0 -мезонов, сделаны оценки разрешения по эффективной массе и требуемых параметров детекторов γ -квантов. Разработана система в стандарте FUSTBUS для измерения временных интервалов и быстрых аналоговых сигналов на установке^{/52/}. Программное обеспечение позволяет осуществить связь управляющей ЭВМ с магистралью FUSTBUS, тестирование модулей, сбор и обработку данных, а также представление результатов.

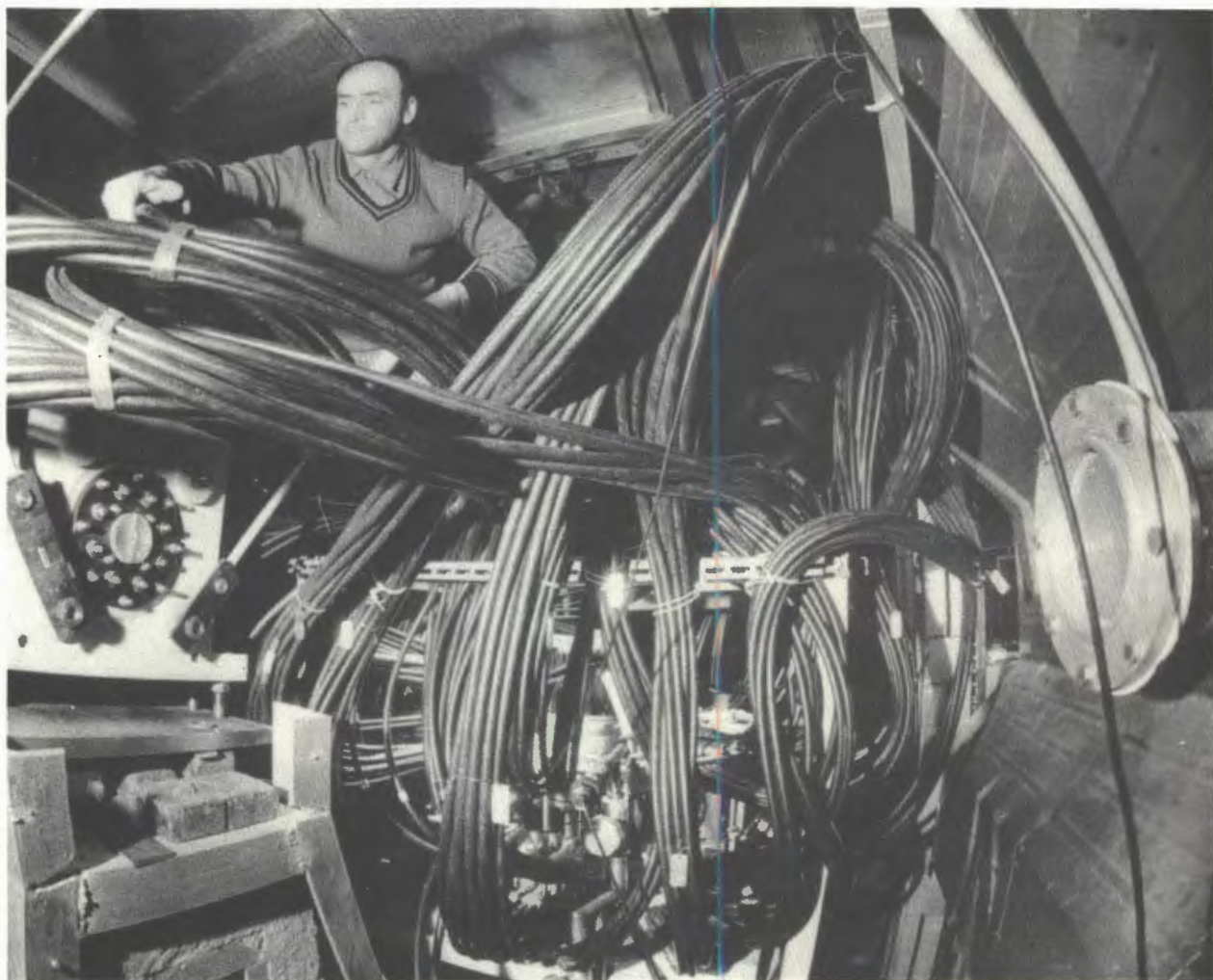
7. Завершен большой этап работы по созданию установки для облучения ядерных фотоэмульсий в сильном магнитном поле (проект "Слон"). Установка включает в себя конденсаторную батарею на энергию $\sim 1,5$ МДж (576 конденсаторов $C_0 = 200$ мкФ, $U_0 = 5$ кВ), систему мощных вакуумных разрядников, способных коммутировать импульсные токи до 1 МА, коллектор тока, осуществляющий сбор параллельных ветвей тока и их объединение в рабочем объеме импульсного магнита, системы и устройства заряда конденсаторной батареи, эвакуации энергии, синхронизации, магнитометрии, контроля, измерения, управления, блокировки и сигнализации и др.

В конце 1988 г. осуществлена комплексная наладка модуля установки "Слон" на

энергию ~ 300 кДж и получено магнитное поле ~ 20 Тл в объеме более 35 см^3 . Все основные системы установки работали надежно, обеспечена устойчивая повторяемость срабатывания коммутатора при токе до 500 кА.

8. Совершенствовались системы спектрометра ГИБС: система контроля режимов работы стримерной камеры и качества экспериментальной информации¹⁵³, система высоковольтного питания и другие. Накоплен положительный опыт эксплуатации импульсного генератора с параметрами $U \cong 500$ кВ (нестабильность амплитуды $\leq 1\%$), $T \cong 12 \text{ нс}$ ¹⁵⁴. Генератор обеспечил $\sim 2,35 \cdot 10^5$ срабатываний, из них $\sim 1,55 \cdot 10^5$ совместно со стримерной камерой (~ 900 часов работы без ремонта).

Завершен большой этап работ по созданию установки для облучения ядерных фотоэмульсий в сильном магнитном поле — проект "Слон". На снимке: в центре — блок коммутаторов тока, слева — импульсный магнит



ЭЛЕКТРОНИКА, СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ, ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

1. Создан ряд модулей электронной аппаратуры в стандартах КАМАК, FUSTBUS и VME для спектрометров физики высоких энергий. В стандарте FUSTBUS разработаны, в частности, 16-канальный 8-разрядный АЦП с временем преобразования 20 нс; 8-канальный быстрый АЦП с внутренней памятью глубиной 256 8-разрядных слов; 16-канальный измеритель временных интервалов со скоростью счета до 300 МГц; 32-канальный входной сдвиговый регистр глубиной 8 слов с частотой стробирования информации до 200 МГц и др.^{/55/}.

Разработан многоцелевой параллельный интерфейс-модуль VME 1.0 в стандарте VME^{/56/}, имеющий следующие возможные применения: интерфейс ЭВМ или другого источника программ (например, на основе ПЗУ), подключаемый через стандартную или нестандартную для ЭВМ карту параллельного ввода-вывода данных, а также интерфейс для шины VME внешних устройств параллельного ввода-вывода данных (АЦПУ и т.п.).

В состав комплекса аппаратуры установки "Альфа" введен многоканальный блок с управляемыми задержками для регистрации сигналов, поступающих по длинному кабелю (~200 м) от сцинтилляционных годоскопов^{/57/}. Наряду с функциями усиления и формирования сигналов по 18 каналам предусмотрено ручное управление задержкой по каждому из каналов в пределах $0 \div 15$ нс с шагом 3 нс.

2. Разработанный ранее метод синдромного кодирования для параллельных систем регистрации и обработки данных в спектрометрах физики высоких энергий предложено использовать в последовательных устройствах, таких как кольцевые счетчики и сдвиговые регистры с логической обратной связью^{/58/}.

Рассмотрена эффективность алгоритма выполнения операции умножения одновременно над многими элементами в поле Галуа GF(2) на конкретном примере схемы для одновременного умножения 15 элементов^{/59/}.

3. Разработана и внедрена система программ (PCES) для использования ПЭВМ "Правец-16" в качестве интеллектуального графического терминала ЕС ЭВМ^{/60/}. PCES эмулирует работу алфавитного-цифрового терминала ЕС-7906 с командами экранного редактирования, обеспечивает обмен текстовыми файлами между ПЭВМ и ЕС ЭВМ. Расширенный базовый пакет графических программ ЕС ЭВМ генерирует изображение в терминах графического процесса программы PCES. Изображение пересылается на ПЭВМ, отображается на экране и может храниться на диске ПЭВМ.

Создана программа расчета параметров атомного пучка источников поляризованных частиц и струйных поляризованных мишеней на ПЭВМ "Правец-16", имеющей сопроцессор^{/61/}.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УСКОРИТЕЛЬНОЙ БАЗЫ ЛАБОРАТОРИИ. СОЗДАНИЕ НУКЛОТРОНА

1. Обеспечена эффективная работа синхрофазотрона на физический эксперимент, выполнен ряд работ по совершенствованию ускорительного комплекса. Улучшены системы источника поляризованных дейтронов ПОЛЯРИС. Создана устойчивая к сильным электрическим помехам система контроля параметров источника^{/62/}. Интенсивность ускоренного до конечной энер-

гии (более 9 ГэВ) пучка d^+ составила $1,1 \cdot 10^9$ част./цикл.

Проведены работы по стендовому электронно-лучевому ионизатору "Крион-С". На основе численного анализа выбрана наиболее приемлемая конфигурация магнитных полюсов, предложена и реализована методика измерения однородности магнитного поля в области формирования



Стенд для комплексной
наладки суперпериодов
(1/8 часть) магнитной си-
стемы нуклотрона

электронного пучка¹⁶³, получен постоянный электронный пучок с током 0,15 А при энергии 80 кэВ и плотности тока 300 А/см².

Проведены трудоемкие работы по созданию системы каналов на втором направлении медленного вывода пучка из синхрофазотрона (контуры радиационной защиты, монтаж линз, магнитов, юстировка и т.д.).

Существенно улучшена система фокусировки пучка, выводимого по второму направлению МВ-2. С этой целью на краю блока магнита ускорителя в районе вывода установлены полюсные наконечники, создающие градиент поля для фокусировки пучка по горизонтали. В результате размер пучка на входе в канал транспортировки уменьшился на порядок величины¹⁶⁴. Для канала медленного вывода пучка разработана и изготовлена универсальная станция диагностики, включающая сцинтилляционные счетчики, многопроволочные ионизационные камеры (ПИК), телевизионные экраны, цилиндрические ионизационные камеры для измерения абсолютной интенсивности пучка и другие устройства¹⁶⁵. Введена в опытную эксплуатацию система "контроля радиационной безопасности (АСКРБ), что позволило снять ограничения на интенсивность ускоренного и выведенного пучка. АСКРБ включает 64 датчика нейтронного излучения, расположенные в различных точках здания и территории, прилегающей к синхрофазотрону. Реализован ряд функций АСКРБ, включая блокировку пучка при превышении нормативных значений доз за смену, месяц или при аварийных ситуациях.

Синхрофазотрон в 1988 г. отработал 4242 ч, из них на физический эксперимент 3320 ч, на совершенствование систем ускорителя 594 ч. Коэффициент одновременно-

сти экспериментов составил $k \approx 4,0$. Пучки ускорителя были использованы 15 группами экспериментаторов лабораторий Института (ЛВЭ, ЛЯП, ЛВТА), а также ИЯИ АН СССР, ИАЭ им. И.В.Курчатова, МГУ и др.

2. Продолжалась работа по созданию нуклотрона. Производились сборка и массовые комплексные испытания дипольных магнитов. Разработана методика коррекции асимметрии магнитного поля, позволившая свести к заданному допуску ($\leq 10^{-4}$ от значения основного поля) величины квадрупольной, октупольной и других четных гармоник поля¹⁶⁶. Проведены полномасштабные испытания образца квадрупольной линзы и экспериментальные стендовые исследования, необходимые для оптимизации конструкции ее обмотки. Более половины дипольных магнитов прошли полные испытания в рабочем режиме при токе возбуждения более 7 кА и частоте циклов 1 Гц. Проведены испытания в рабочем криостатном режиме цепочки из четырех дипольных магнитов. Создан стенд для комплексных исследований суперпериодов (1/8 часть магнитной системы нуклотрона).

Для системы криогенного обеспечения смонтированы 11 компрессорных установок, проведена их обвязка необходимыми трубопроводами, начаты поузловые испытания. Установлено крупногабаритное оборудование 2 гелиевых ожижителей КГУ-1600/4,5.

Полностью подготовлен тоннель для размещения магнитной системы. Сдана в опытную эксплуатацию система питания СП-магнитов и линз. Создан макет высоко-частотной ускоряющей станции.

Для систем автоматизации и контроля пучка изготавливаются модули электроники, датчики и др.

ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ.

РАБОТЫ ПО ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ СВЕРХПРОВОДИМОСТИ

1. Изготовлены устройства для измерения критических токов, температуры и магнитной восприимчивости образцов ВТСП. Измерена зависимость от температуры транспортного критического тока I_c и вольт-

амперных характеристик образцов из керамики $Ba_2Cu_3O_7$ и $Bi_2Sr_2CaCu_2O_8$ ¹⁶⁷. Сделан вывод о различных механизмах диссипации транспортного тока в этих керамиках. Исследовано влияние облучения пучка-

ми протонов с энергией 0,66 и 8,1 ГэВ и ядрами углерода с энергией 3,65 ГэВ/нуклон на критическую температуру (T_c) и плотность критического тока (j_c) иттриевой керамики. Доза облучения варьировалась от $5 \cdot 10^3$ до $3 \cdot 10^8$ Гр. Деграация T_c и j_c ВТСП-керамики оказалась сильнее, чем у сверхпроводников на основе NbTi сплава¹⁶⁸. Исследовалась также намагниченность керамики $Ba_2Cu_3O_{7-x}$ после облучения релятивистскими ядрами углерода¹⁶⁹.

2. Разработан уровнемер непрерывного отсчета для криогенных жидкостей¹⁷¹. Технические параметры уровнемеров приведены в табл. 6.

Таблица 6

	Жидкий N	Жидкий He
Активная длина, см	50	60
Погрешность измерения уровня, %	1	5
Кратковременная стабильность, %	0,01	0,2
Разрешение, мм	0,5	1

3. Измерена магнитная восприимчивость стеклотекстолита, эбонита, текстолита, фторопласта, оргстекла, капролона и эпоксидной смолы в полях от 0 до 2000 Э при 4,2 К¹⁷⁰. Измерения проводились на магнитометре со сквидом, чувствительность которого по магнитному моменту составляет $3 \cdot 10^{-13}$ А·м²·Гц^{-1/2}.

4. Продолжалась разработка систем на основе координатных детекторов для использования в биологии, медицине, промышленности. Создан и передан в Институт кристаллографии АН СССР линейный позиционно-чувствительный рентгеновский детектор для дифрактометрии белковых монокристаллов. Число каналов 1000, эффективность ~75% ($E_\gamma \approx 8$ кэВ), пространственное разрешение ~0,15 мм.

Разработан совместно с ФИАН макет двумерного координатного детектора с высокой чувствительностью на основе МПК, заполняемой ³He. Размеры детектора 260 x 130 мм. Ожидаемое пространственное разрешение при регистрации тепловых нейтронов 1,5 ÷ 2 мм.

Выполнены методические разработки и исследования твердотельного координатного детектора с использованием ПЗС-матрицы.

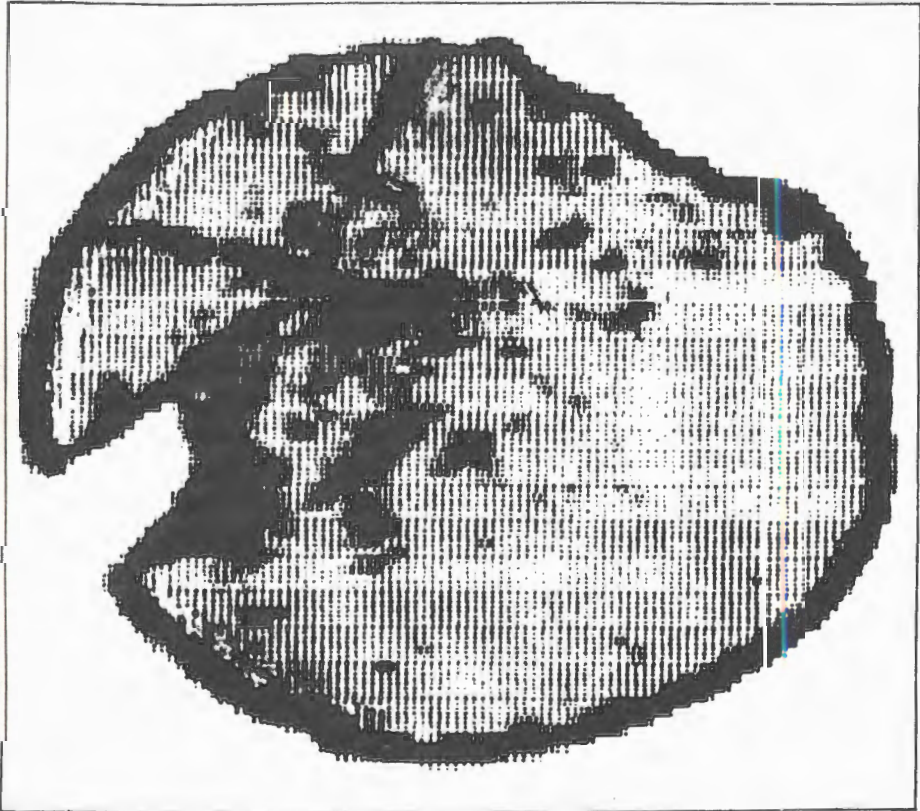


Рис.9. Радиографическое изображение пленки кристалла CdWO₄

Проведены исследования характеристик детектора с различными сцинтилляторами. На рис.9 показано радиографическое изображение кристалла CdWO_4 (толщина

~ 40 мкм, максимальный размер ~ 15 мм), облучаемого рентгеновскими лучами $E_\gamma \approx 10$ кэВ. Темные пятна на снимке соответствуют дефектам поверхности кристалла.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алеев А.Н. и др. — ОИЯИ Д1-88-368, Дубна, 1988.
2. Алеев А.Н. и др. — ОИЯИ Д1-88-369, Дубна, 1988.
3. Алеев А.Н. и др. — ОИЯИ Р1-88-397, Дубна, 1988.
4. Крастев В.Р. и др. — ОИЯИ Р1-88-31, Дубна, 1988.
5. Алеев А.Н. и др. — ОИЯИ Р1-88-51, Дубна, 1988.
6. Троян Ю.А. и др. — ОИЯИ Д1-88-329, Дубна, 1988.
7. Любошиц В.Л. — ОИЯИ Р2-88-507, Дубна, 1988.
8. Кечечян А.О., Шахбазян Б.А. — В сб.: Краткие сообщения ОИЯИ, №6(32)-88, Дубна, 1988, с.4.
9. Балгансурен Я. и др. — ОИЯИ Р1-88-503, Дубна, 1988.
10. Собчак Т. и др. — ОИЯИ Р1-88-393, Дубна, 1988.
11. Батюня Б.В. и др. — ОИЯИ Р1-88-45, Дубна, 1988.
12. Батюня Б.В. и др. — ОИЯИ Р1-88-327, Дубна, 1988.
13. Балдин А.М. и др. — ОИЯИ Р1-88-331, Дубна, 1988.
14. Любимов В.Б., Тогоо Р. — В сб.: Краткие сообщения ОИЯИ, №7(33)-88, Дубна, 1988, с.5.
15. Беляев И.М. и др. — ОИЯИ 13-88-341, Дубна, 1988.
16. Беляев И.М. и др. — В сб.: Краткие сообщения ОИЯИ, №7(33)-88, Дубна, 1988, с.38.
17. Беляев И.М. и др. — ОИЯИ Р1-88-33, Дубна, 1988.
18. Гиордэнеску Н. и др. — В сб.: IX Межд. семинар по проблемам физики высоких энергий. ОИЯИ, Д1,2-88-652, Дубна, 1988, т.1, с.212.
19. Ставинский В.С. — В сб.: IX Межд. семинар по проблемам физики высоких энергий. ОИЯИ, Д1,2-88-652, Дубна, 1988, т.1, с.190.
20. Гулканян Г.Р. и др. — ОИЯИ Р1-88-143, Дубна, 1988.
21. Гулканян Г.Р. и др. — ОИЯИ Р1-88-685, Дубна, 1988.
22. Абрамян Х.У. и др. — ОИЯИ Р1-88-334, Дубна, 1988.
23. Гулканян Г.Р. и др. — ОИЯИ Р1-88-226, Дубна, 1988.
24. Бекмирзаев Р.Н. и др. — ОИЯИ Р1-88-196, Дубна, 1988.
25. Бекмирзаев Р.Н. и др. — ОИЯИ Р1-88-617, Дубна, 1988.
26. Гришин В.Г. и др. — ОИЯИ Р1-88-520, Дубна, 1988.
27. Агакишиев Г.Н. и др. — ОИЯИ Р1-88-154, Дубна, 1988.
28. Strugalski Z. — JINR E1-88-639, Dubna, 1988.
29. Strugalski Z. — JINR E1-88-211, Dubna, 1988.
30. Мехтиева Р.Р., Чеплаков А.П. — ОИЯИ Р1-88-760, Дубна, 1988.
31. Бацкович С. и др. — ОИЯИ Р1-88-858, Дубна, 1988.
32. Оконов Э.О., Хусаинов Е.К. — ОИЯИ Р1-88-546, Дубна, 1988.
33. Краснов С.А. и др. — ОИЯИ Р1-88-389, Дубна, 1988.
34. Краснов С.А. и др. — ОИЯИ Р1-88-252, Дубна, 1988.
35. Абдурахимов А.У. и др. — ОИЯИ Р1-88-406, Дубна, 1988.
36. Pluta J. — JINR E1-88-754, Dubna, 1988.
37. Карев А.Г. и др. — ОИЯИ Р1-88-110, Дубна, 1988.
38. Брандт Р. и др. — ОИЯИ, Д1,2-88-272, Дубна, 1988, с.51.
39. Дамдинсурен Ц. и др. — ОИЯИ Р1-88-135, Дубна, 1988.
40. Козма Р. et al. — JINR E1-88-244, Dubna, 1988.
41. Воронко В.А. и др. — ОИЯИ Р1-88-294, Дубна, 1988.
42. Воронко В.А. и др. — ОИЯИ Р1-88-703, Дубна, 1988.
43. Авраменко С.А. и др. — В сб.: IX Межд. семинар по проблемам физики высоких энергий, ОИЯИ, Д1,2-88-652, Дубна, 1988, т.2, с.172.
44. Стрельцов В.Н. — ОИЯИ Р2-88-61, Р2-88-173, Р2-88-626, Дубна, 1988.
45. Авдейчиков В.В. и др. — ОИЯИ Р1-88-796, Дубна, 1988.

46. Beznogikh G.G. et al. – JINR E2-88-609, Dubna, 1988.
47. Ableev V.G. et al. – JINR E1-88-250, Dubna, 1988.
48. Глаголев В.В. и др. – ОИЯИ P1-88-6, Дубна, 1988.
49. Водопьянов А.С. и др. – ОИЯИ Д13-88-614, Дубна, 1988.
50. Водопьянов А.С. и др. – ОИЯИ P11-88-92, Дубна, 1988.
51. Lurrov V.G., Mertig M., Pilipenko Yu.K. – In: JINR Rapid Communications, No. 5(31)-88, Dubna, 1988, p.21.
52. Афанасьев С.В. и др. – ОИЯИ 13-88-619, Дубна, 1988.
53. Бжески П. и др. – ОИЯИ 13-88-686, Дубна, 1988.
54. Аксиненко В.Д. и др. – ОИЯИ 13-88-35, Дубна, 1988.
55. Вейс М. и др. – ОИЯИ 13-88-618, Дубна, 1988.
56. Черных Е.В. – ОИЯИ P10-88-72, Дубна, 1988.
57. Науманн Л. и др. – ОИЯИ P10-88-353, Дубна, 1988.
58. Никитюк Н.М. – ОИЯИ P10-88-742, Дубна, 1988.
59. Никитюк Н.М. – ОИЯИ P11-88-852, Дубна, 1988.
60. Балашов В.К. и др. – ОИЯИ P10-88-502, Дубна, 1988.
61. Куликов М.В. и др. – ОИЯИ 13-88-470, Дубна, 1988.
62. Жигулин И.В., Шутов В.Б. – ОИЯИ P11-88-608, Дубна, 1988.
63. Куликов Ю.В. и др. – ОИЯИ P9-88-263, Дубна, 1988.
64. Василишин Б.В. и др. – ОИЯИ P9-88-738, Дубна, 1988, с.183.
65. Булдаковский В.Н. и др. – ОИЯИ 9-88-384, Дубна, 1988.
66. Донягин А.М. и др. – ОИЯИ P9-88-644, Дубна, 1988.
67. Drobin V.M., Dyachkov E.I., Trofimov V.N. – In: JINR Rapid Communications, No. 4(30)-88, Dubna, 1988, p.95.
68. Александров А.С. и др. – Там же, с.73.
69. Гончаров И.Н. и др. – Там же, с.78.
70. Владимирова Н.М., Карпунина И.Е. – ОИЯИ P14-88-789, Дубна, 1988.
71. Величков И.В., Дробин В.М. – ОИЯИ 8-88-213, Дубна, 1988.

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

В 1988 г. сотрудники Лаборатории ядерных проблем проводили исследования элементарных частиц на ускорителях ИФВЭ и других научных центров и по ядерной физике на фазотроне ОИЯИ.

Исследования по физике высоких энергий проводились на крупных установках, размещенных на пучках ускорителя У-70 (Серпухов): "Гиперон", СИГМА-АЯКС, МИС-2, "Проза-Поляриметр", "Димезоатомы", "Нейтринный детектор".

Эксперименты по физике низких и промежуточных энергий выполнялись на пучках фазотрона ОИЯИ.

Проводились исследования реакций μ -катализа, изучение характеристик образцов высокотемпературных сверхпроводников с помощью μ SR-метода, процессов рождения π^+ -мезонов на ядрах.

Ученые Лаборатории ядерных проблем принимали активное участие в крупных экспериментах, проводимых в ЦЕРН по программе DELPHI.

ЭКСПЕРИМЕНТЫ ПО ФИЗИКЕ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ И ПРОВЕРКЕ ПРЕДСКАЗАНИЙ КХД

Завершен совместный ОИЯИ-ФНАЛ эксперимент Е-564 по поиску и анализу событий взаимодействия нейтрино с ядрами в фотоэмульсионных камерах, облучавшихся в нейтринном пучке ФНАЛ (Батавия) внутри 15-футовой пузырьковой камеры.

Идентифицировано 194 нейтринных события с образованием μ^- -мезона и 18 событий с возможным образованием и распадом очарованных частиц. Получена оценка выхода очарованных частиц $(8,3 \pm 2,3) \%$, а также значения времен жизни D^+ - и D^0 -мезонов и Λ_c^+ -бариона. Впервые идентифицированы две новые моды распада Λ_c^+ -бариона: $\Lambda_c^+ \rightarrow \Sigma^+ \pi^+ \pi^-$ и $\Lambda_c^+ \rightarrow p K^- \pi^+ \pi^+$. Зарегистрирован распад нового барионного резонанса $\Sigma_c^0(2450) \rightarrow \Lambda_c^+ \pi^-$ и определено значение разности масс $\Sigma_c^0(2450) - \Lambda_c^+ = (163 \pm 2) \text{ МэВ}/c^2$. Обнаружена новая мода распада очарованного D_s^* -мезона без странных частиц в конечном состоянии $D_s^* \rightarrow \omega \pi^+$. Впервые зарегистрировано событие, которое интерпретируется как дифракционное радиально-возбужденное состояние век-

торного D^{*+} -мезона с массой $(2794 \pm 57) \text{ МэВ}/c^2$ (рис. 1).

След 3 принадлежит остановившемуся в фотоэмульсии протону с импульсом 280 МэВ/с. Остальные частицы выходят из фотоэмульсии в пузырьковую камеру; их идентификация указана на рис. 16. С — точка выхода частиц из фотоэмульсионного контейнера. Обозначены γ -кванты, векторы импульсов которых направлены в вершины А или В. Четыре γ -кванта использованы в восстановлении псевдоскалярного D^0 -мезона, пятый — векторного D^{*+} -мезона, а K^+ — возбужденного состояния D_s^{*+} -мезона.

На установке "Проза-Поляриметр" проведено исследование поляризационных эффектов в инклюзивных реакциях $\pi^- p \rightarrow \pi^0 X$, ηX и $\pi^- d \rightarrow \pi^0 X$, ηX при 40 ГэВ/с в центральной области ($X_F = 0$). Обнаружено наличие большой азимутальной асимметрии

$$A(P_T) = \frac{N_+ - N_-}{N_+ + N_-}$$
 (где N_+ и N_- — число π^0 -мезонов, зарегистрированных при поля-

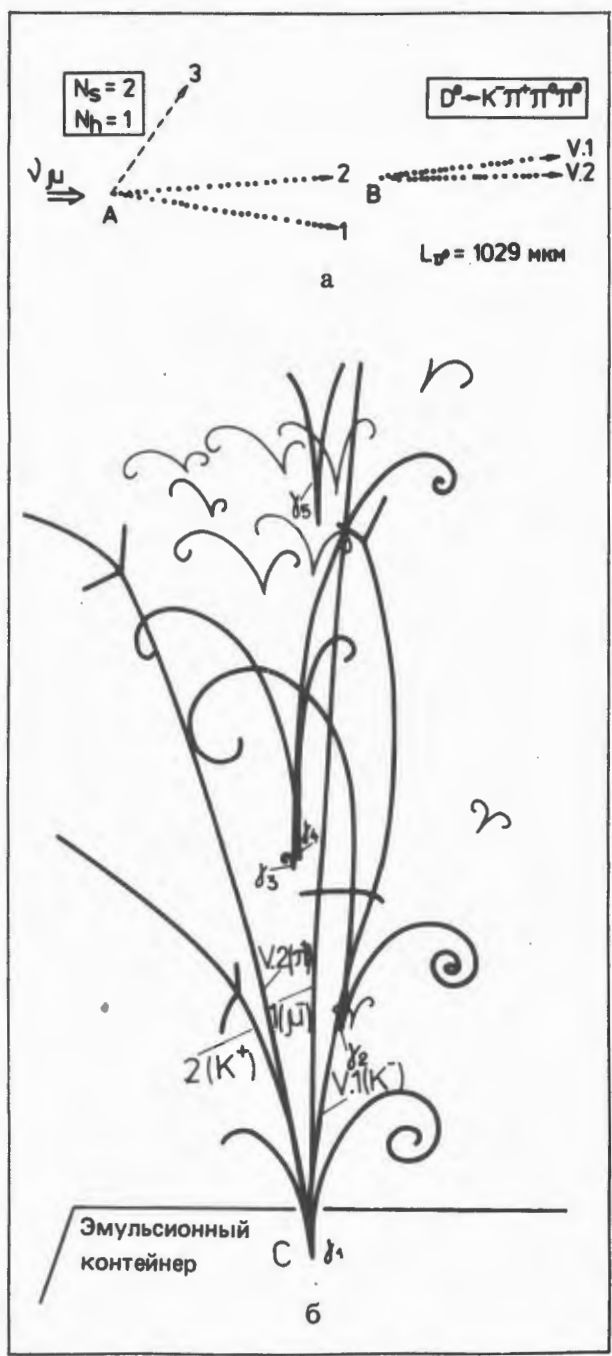


Рис. 1. Схематическое изображение события с рождением возбужденного состояния D_s^{*-} -мезона: а — в ядерной фотоэмульсии, б — в пузырьковой камере. А — вершина нейтринного взаимодействия, В — вершина распада D^0 -мезона

ризации мишени, направленной "вверх" и "вниз" соответственно), которая в области переданных импульсов $2,0 \leq P_T \leq 3,2$ ГэВ/с достигает 50% (см. рис. 2). Объяснение столь больших спиновых эффектов требует существенных изменений стандартных представлений о взаимодействии частиц на кварковом уровне¹⁴.

На основе полученных в эксперименте СИГМА-АЯКС данных по изучению когерентной диссоциации π^- -мезона в $\mu^+ \mu^- \pi^-$ -систему на ядре меди при 50 ГэВ/с

$\pi^- + \text{Cu} \rightarrow \text{Cu} + \rho^0 + \pi^- \rightarrow \text{Cu} + \mu^+ + \mu^- + \pi^-$

определена относительная вероятность распада $\rho^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-$ ¹⁵:

$$\text{BR}(\rho^0 \rightarrow \mu^+ \mu^- / \rho^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-) = (4,6 \pm 0,2) \cdot 10^{-5}.$$

Это значение заметно точнее измеренного ранее результата

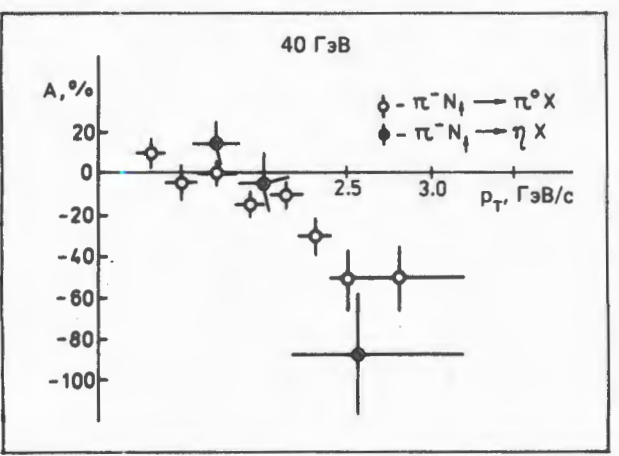
$$\text{BR}(\rho^0 \rightarrow \mu^+ \mu^- / \rho^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-) = (6,7 \pm 1,2) \cdot 10^{-5}$$

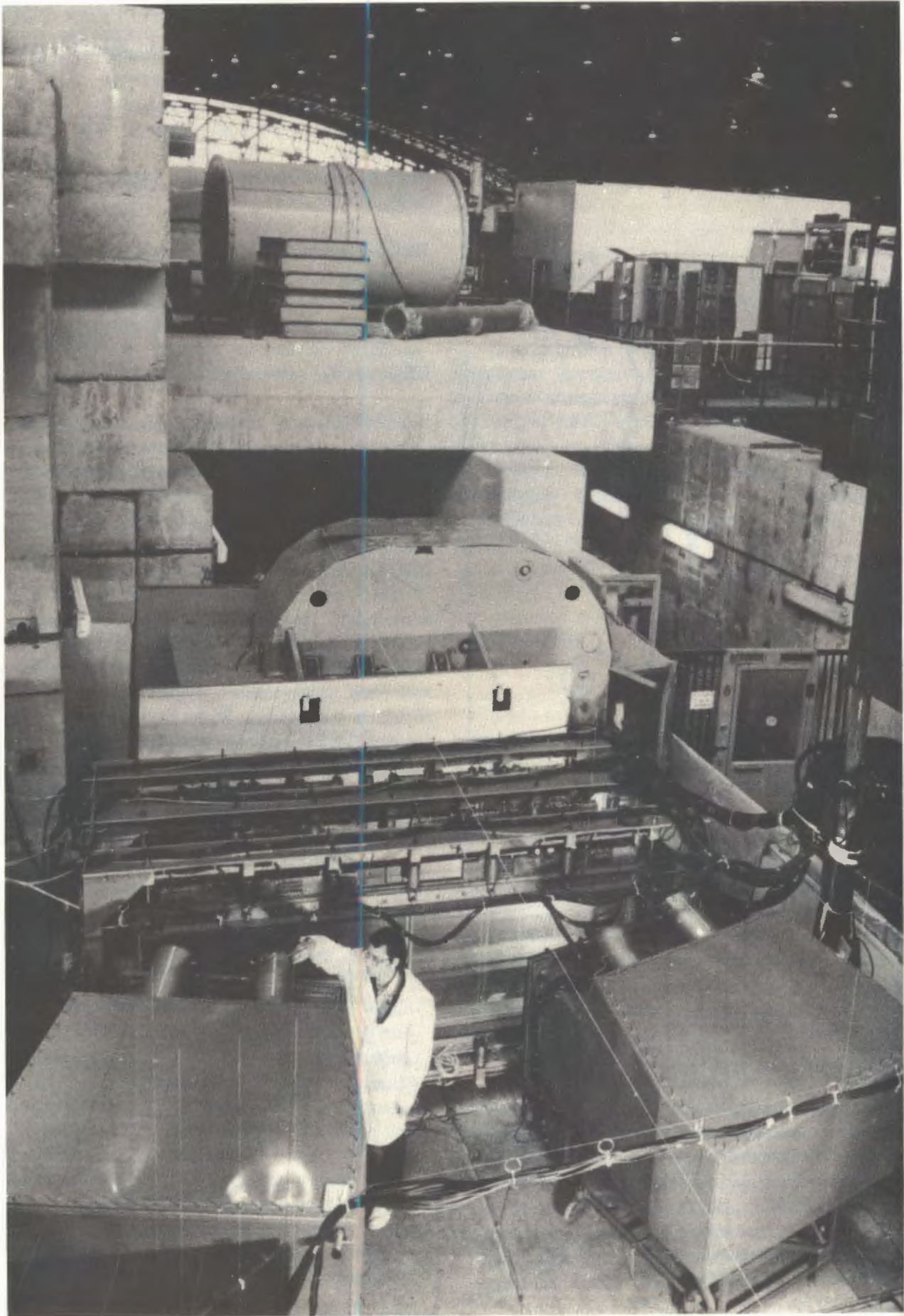
и значительно лучше согласуется с гипотезой (μ -e)-универсальности, в соответствии с которой относительные вероятности распада ρ^0 на $\mu^+ \mu^-$ и $e^+ e^-$ должны совпадать. Современное экспериментальное значение вероятности распада $\rho^0 \rightarrow e^+ e^-$:

$$\text{BR}(\rho^0 \rightarrow e^+ e^- / \rho^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-) = (4,5 \pm 0,2) \cdot 10^{-5}$$
¹⁶

На пучках ускорителя У-70 (ИФВЭ) выполнен эксперимент по исследованию взаимодействия ультрарелятивистских атомов позитрония (A_{2e}) с веществом. Взаимодействие позитрониев изучалось при γ -факторах в диапазоне $800 \div 2000$, что на три порядка превышает значения, достигнутые в других экспериментах по исследованию атом-атомных соударений. Получено полное сечение взаимодействия ультрарелятивистских атомов позитрония с атомами углеро-

Рис. 2. Зависимость асимметрии $A(P_T)$ в реакциях $\pi^- N \rightarrow \pi^0 X$ и $\pi^- N \rightarrow \eta X$ при импульсе 40 ГэВ/с (усредненные данные, полученные в эксперименте на протонной и дейтронных мишенях)





На ускорителе У-70 (ИФВЭ) выполнен эксперимент по исследованию взаимодействия ультрарелятивистских атомов позитрония с веществом. На снимке: общий вид установки "Позитроний"

да $\sigma_{\text{tot}} = (16^{+16}_{-6}) \cdot 10^{-19} \text{ см}^2/\text{ядро}$, что не противоречит теоретическому значению $\sigma_{\text{tot}}^{\text{th}} = 5,7 \cdot 10^{-19} \text{ см}^2/\text{ядро}$, учитывающему кулоновское взаимодействие A_{2e} с углеродом. В то же время нельзя исключить существование других механизмов ионизации или возбуждения ультрарелятивистских позитрониев атомами углерода со сравнимыми сечениями^{/7/}.

Выполнен анализ данных, полученных с помощью магнитного спектрометра со стримерной камерой, по адронному сопровождению триггерных частиц, вылетающих под полярным углом $\sim 90^\circ$ в с.ц.м., с поперечным импульсом выше 1 ГэВ/с, рождающихся в π^- -р-взаимодействиях при 38 ГэВ/с. Обнаружено, что среди событий, в которых поперечный импульс триггерной частицы практически полностью компенсирован поперечным импульсом пары противоположно заряженных частиц, заметную долю составляют взаимодействия, где пара возникает от распада ρ^0 -мезона. Показано, что вероятность нулевой проекции спина триггерной частицы на ось, перпендикулярную плоскости рождения ρ^0 -мезона, составляет $0,86 \pm 0,23$, и ρ^0 -мезоны обладают высокой тензорной поляризацией. Наличие таких событий можно качественно объяснить тем, что в образование частиц с большим поперечным импульсом существенный вклад вносят процессы прямого рождения мезонов типа $q\bar{q} \rightarrow gM$. Наблюдаемое число таких событий в несколько раз выше оценки, полученной на основе Лунд-модели^{/8/}.

На основе анализа данных, полученных при облучении однометровой пузырьковой камеры отрицательными пионами с импульсом 5 ГэВ/с, проведен поиск дибарионных

состояний, распадающихся по каналу $pp\pi$. В спектрах инвариантных масс системы $pp\pi$ впервые обнаружены узкие ($\Gamma < 8 \div 20 \text{ МэВ}$) дипротонные состояния с массами $(1959 \pm 1) \text{ МэВ}$ (на уровне $4,6\sigma$), $(2014 \pm 2) \text{ МэВ}$ ($4,8\sigma$) и $(2159 \pm 3) \text{ МэВ}$ ($3,5\sigma$). Поскольку ранее структуры с такими же массами наблюдались в спектрах эффективных масс дибарионных систем pp , обнаружение пиков в системе $pp\pi$ указывает на возможность существования γ -переходов между дипротонными состояниями^{/9/}.

Проведенный теоретический анализ сечений взаимодействия высокоэнергетичных протонов в космических лучах привел к заключению о быстром росте полных сечений протон-протонных и антипротон-протонных взаимодействий при энергиях порядка 1 ТэВ. Быстрый рост сечения σ_{tot} должен приводить к появлению большой фазы у амплитуды рассеяния вперед. Конкретные расчеты^{/10/}, сделанные в модели КХД-померона, предложенной Л.Липатовым, хорошо согласуются с неожиданно большим значением параметра $\rho_{pp} = \text{Re}F(t=0)/\text{Im}F(t=0)$, который был недавно измерен на коллайдере ЦЕРН. Предсказывается, что при энергиях теватрона $\sigma_{pp}^{\text{tot}} = 80 \div 90 \text{ мб}$, $\rho_{pp} = 0,2$.

На основе выполненных расчетов с учетом высших порядков электрослабого взаимодействия предложен новый подход к анализу реакции $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-$, которую предполагается исследовать на установке DELPHI. Экспериментальные данные о поведении сечения реакции вблизи Z-пика и асимметрии в этой реакции предлагается фитировать с помощью четырех параметров: массы и ширины Z-бозона, массы хиггсовской частицы и массы t-кварка. Альтернативный подход — описание феноменологическими параметрами — сохраняет свой смысл в случае обнаружения отличий от предсказаний стандартной модели^{/11/}.

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ФИЗИКЕ НИЗКИХ И ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ЭНЕРГИЙ

Выполнено измерение граничной энергии (E_0) бета-спектра трития (рис. 3), внедренного в полупроводниковый детектор^{/12/} (ППД). Особый интерес к эксперименту

вызван тем, что в такой постановке полностью устранен вклад атомных и молекулярных эффектов, а граничная энергия однокомпонентного бета-спектра отличается от

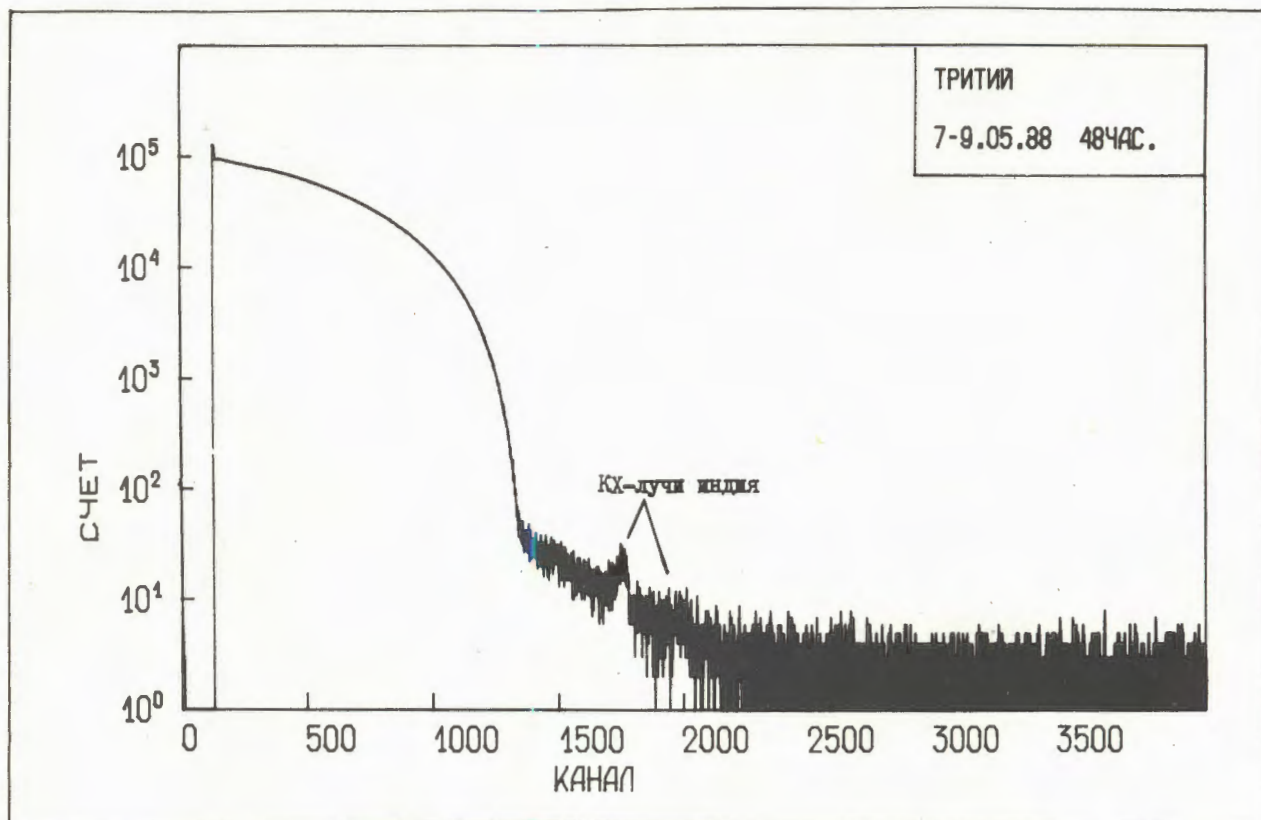
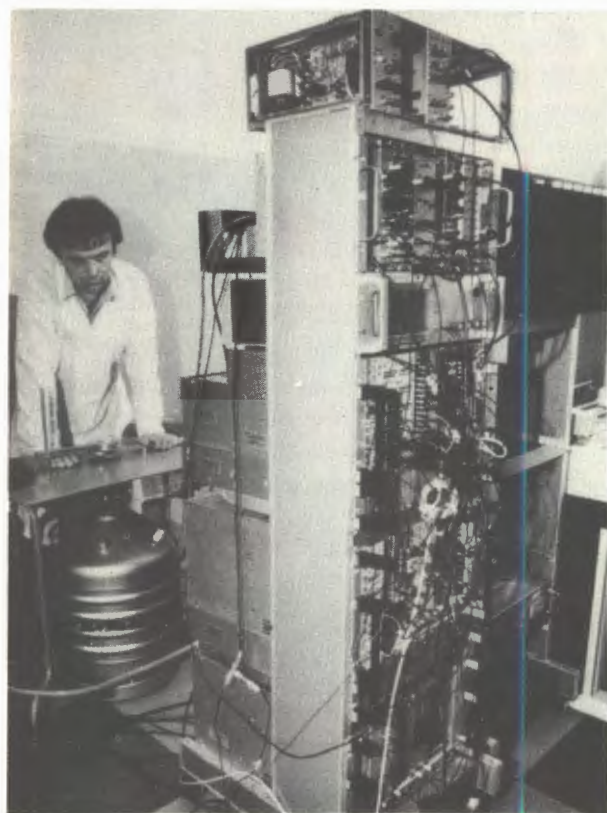


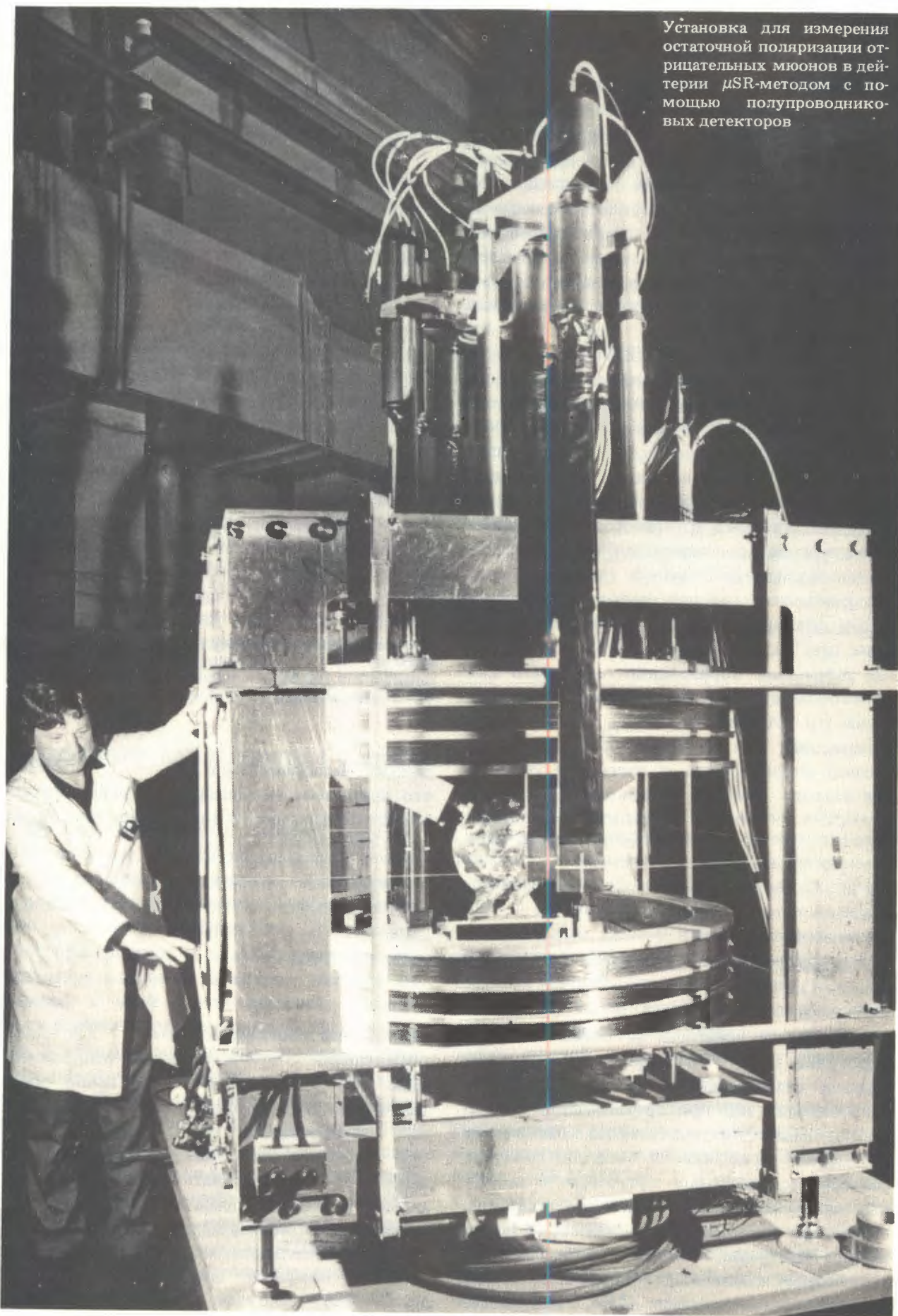
Рис. 3. Аппаратурный бета-спектр внедренного в Si(Li)-детектор трития, полученный в эксперименте по измерению разности масс ${}^3\text{H}$ - ${}^3\text{He}$



Аппаратура для исследований свойств нейтрино в процессах радиоактивного распада — проект "Нейтрино"

энергии распада трития ΔM только на малую величину (~ 3 эВ) энергии отдачи ядра. Исключаются также эффекты, связанные с потерями энергии электронов в веществе источника, так как в этом случае детектор и источник совмещены и имеет место "калориметрическая" постройка эксперимента. Впервые для градуировки спектрометра использованы гамма-кванты с энергией 14,4 кэВ — ${}^{57}\text{Co}$, 19,4 кэВ — ${}^{171}\text{Lu}$ и 31,7 кэВ — ${}^{182}\text{Ta}$, что позволило более корректно определить параметры приборной линии и провести энергетическую калибровку. Тритий внедрялся методом термодиффузии в монокристаллические образцы кремния, из которых по стандартной технологии изготавливались Si(Li)-детекторы, использовавшиеся для измерения бета-спектра. С учетом всех возможных систематических погрешностей получено значение $E_0 = (18576 \pm 5)$ эВ, что хорошо согласуется с данными других "калориметрических" экспериментов. Однако различие ΔM с данными экспериментов, выполненных на магнитных и электростатических спектрометрах (в том числе с данными экспериментов ИТЭФ^[13]), по-прежнему сохраняется.

Установка для измерения
остаточной поляризации отрицательных мюонов в дейтерии μ SR-методом с помощью полупроводниковых детекторов



С помощью Ge(Li)-детектора (объем 100 см^3 , разрешение $2,1 \text{ кэВ}$ на гамма-линии $1,3 \text{ МэВ } ^{60}\text{Co}$) измерен спектр гамма-лучей в реакции $^1\text{H}(n, \gamma)$ и определена энергия связи дейтрона $\epsilon_d = (2224564 \pm 10) \text{ эВ}$, что согласуется с данными других измерений на ППД, но расходится с величиной $\epsilon_d = (2224589,0 \pm 2,2) \text{ эВ}$, измеренной с помощью кристалл-дифракционного гамма-спектрометра (КДГС). В то же время результаты измерений гамма-лучей в области 2 МэВ из реакции $^{35}\text{Cl}(n, \gamma)$, выполненных на ППД, хорошо согласуются с данными КДГС^{/14/}.

В совместном ОИЯИ-ЦЕРН эксперименте PS-179 по изучению взаимодействия медленных антипротонов с ядрами измерены дифференциальные сечения упругого рассеяния антипротонов на ^4He , а также сечения рождения странных частиц в $\bar{p}^4\text{He}$ -аннигиляции при 600 МэВ/с . Полученные дифференциальные сечения упругого рассеяния удовлетворительно согласуются с результатами расчета по модели Глаубера (рис. 4). Изучение рождения странных частиц при аннигиляции антипротонов на ^4He показало, что даже при низких энергиях ($E \approx 180 \text{ МэВ}$), где запрещено образование Λ -частиц в элементарном акте $\bar{p}p$ -аннигиляции (порог реакции $\bar{p}p \rightarrow \Lambda \bar{\Lambda}$ составляет $p_{th} = 1435 \text{ МэВ/с}$), Λ -гипероны, тем не менее, рождаются с заметной вероятностью, в частности, отношение выхода Λ -частиц к выходу K_s^0 -мезонов оказалось аномально большим и составило $(0,9 \pm 0,2)$ ^{/15/}. Теоретический анализ этих

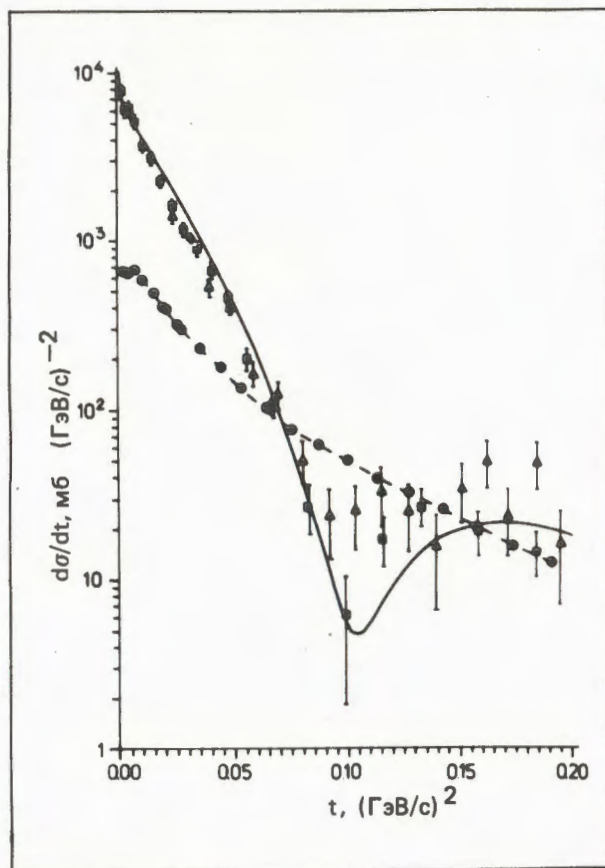


Рис. 4. Дифференциальные сечения упругого рассеяния на ^4He : ■ — антипротонов при кинетической энергии $T = 180 \text{ МэВ}$, ● — протонов при $T = 200 \text{ МэВ}$, ▲ — π^- -мезонов при $T = 174 \text{ МэВ}$

данных, выполненный в работе^{/16/}, показал, что основным источником Λ -гиперонов является перерассеяние аннигиляционных π -, K - и ω -мезонов.

СОЗДАНИЕ ДЕТЕКТИРУЮЩИХ И ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ

Создана и испытана на пионном пучке фазотрона ОИЯИ стримерная камера с лазерным освещением. Стримеры, локально нагревающие газ при термализации электронов, создают центры, заметно изменяющие показатели преломления газа, на которых рассеивается лазерное излучение. Стримерная камера, основанная на этом принципе, названная камерой с управляемыми тепловыми центрами, служит одновременно детектором и мишенью с водородным, дейтериевым или гелиевым (^3He , ^4He) напол-

нением при давлении до 5 атм ^{/17/}. Точность определения координат, достигаемая с помощью этой установки, в 4-5 раз выше, чем с обычными стримерными камерами. Принципы, разработанные при создании стримерной камеры с лазерным освещением, предполагается использовать при работе над вершинным детектором для экспериментов по физике элементарных частиц.

Идея использования многослойных "защитных" покрытий (из жаропрочного сплава ЭИ 968) заложена в основу разработан-

ной мишени, которая предназначена для исследования мюонного катализа ядерных реакций синтеза в смеси ($D_2 + T_2$) при давлениях до 1000 атм и температурах до 1050 К. Это новшество позволило уменьшить поток дейтерия через стенку мишени более чем в 100 раз^{/18/}.

Разработана новая система съема информации с дрейфовых камер параллельно-последовательного типа, позволяющая существенно сократить количество используемых ВЦП^{/19/}. Результаты исследования макета регистрирующей электроники для минидрейфовых камер, установленных в пучке частиц с энергией 10 ГэВ, показали, что созданная система может быть использована для съема информации с прецизионных дрейфовых камер, где реализована координатная точность $\sigma \sim 50$ мкм.

В магнитном поле на пучке частиц ускорителя ИФВЭ проведены испытания макета времяпролетной камеры с линией задержки в системе измерения координат. Достигнутая координатная точность 1-1,5 мм открывает возможность создания более крупных времяпролетных камер для экспериментов как в пучках элементарных частиц, так и в

пучках релятивистских ядер и многозарядных ионов^{/20/}.

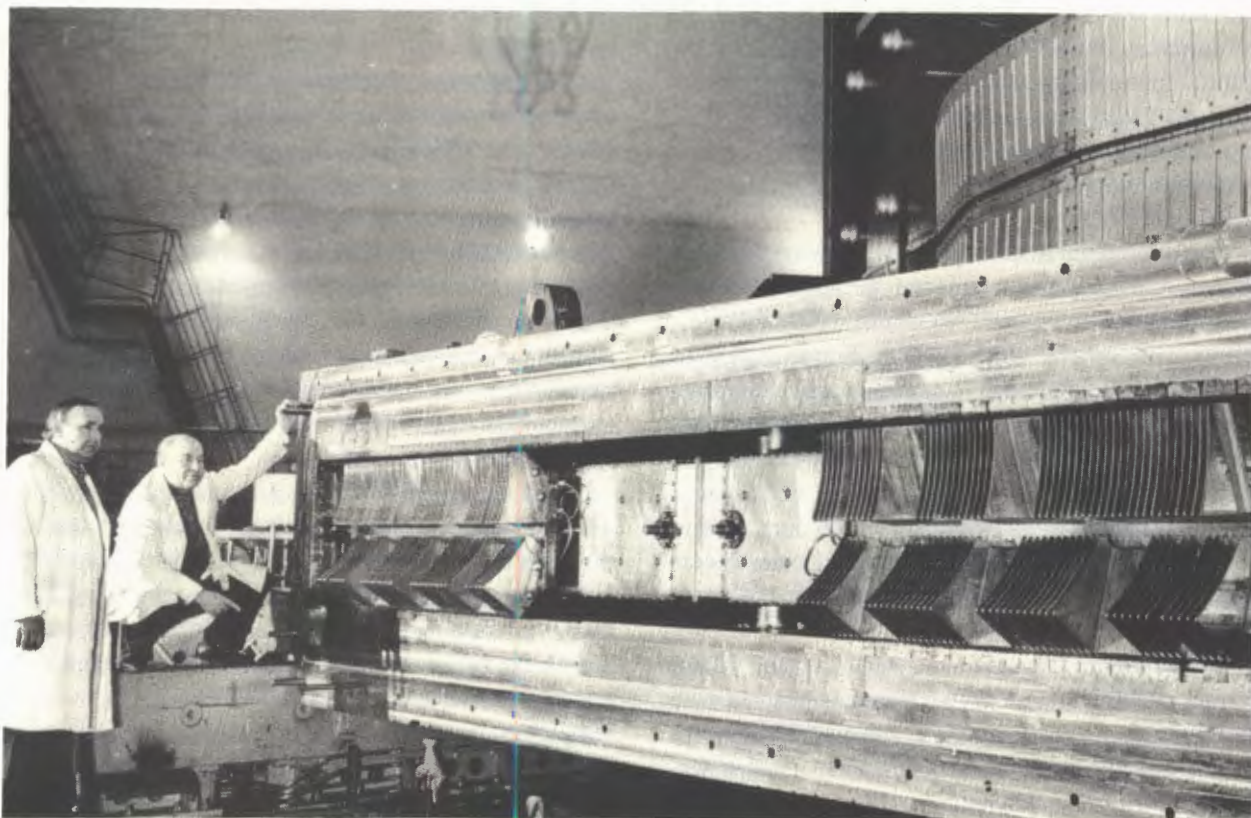
Проведены работы по созданию электронной аппаратуры и программного обеспечения для автоматизации и обработки данных в физических экспериментах. Осуществлена разработка 11 новых блоков в стандарте КАМАК. В их числе 8-входовый преобразователь для годоскопических систем с быстродействием 70 МГц, измеритель временных интервалов многочастичных событий для экспериментов с мюонами, логический триггер с быстродействием 95 МГц для установки "Гиперон"^{/21/}, буферный накопитель на 4К 16-разрядных слов, последовательный интерфейс для подключения к крейту КАМАК аппаратуры по стандарту V.24, блоки проверки многоканальных анализаторов и контроллеров^{/22/} и др. Большое внимание уделялось созданию программ управления разработанными блоками, а также расширению набора сервисных программ, облегчающих проведение отладки и ремонта электронных блоков. В распоряжение физиков-экспериментаторов передано 408 электронных блоков в стандарте КАМАК.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМ ФАЗОТРОНА

На фазотроне ОИЯИ смонтированы новые статорные пакеты на вариаторе частоты, что позволило улучшить характеристики режима растяжки пучка. Осуществлен режим растяжки выведенного протонного пучка при близкой к нулю производной зависимости основной дуантной частоты от времени. С этой целью частотная зависимость ускоряющего напряжения была изменена таким образом, чтобы нижняя частота диапазона точно равнялась частоте вывода пучка. Это было достигнуто путем уменьшения емкости вариатора частоты и создания системы автоматической подстройки частоты. С введением этого режима коэффициент перезахвата пучка увеличился до 75-80%, заметно уменьшилась неоднородность выведенного растянутого пучка ($\leq 20\%$), интенсивность растянутого пучка протонов доведена до 2 мкА^{/23/}.

Освоена методика измерения циркулирующего и выведенного пучков фазотрона с применением вторично-эмиссионных датчиков. С помощью этой методики измерены вертикальный размер пучка, максимальная амплитуда радиальных бетатронных колебаний и ее зависимость от тока пучка, а также определено вертикальное положение пучка в процессе ускорения. Предложен и реализован способ диагностирования фазовых потерь пучка этим методом^{/24/}.

В результате оптимизации параметров выведенного протонного пучка на мишени масс-сепаратора экспериментального комплекса ЯСНАПП-2 получены пучки с площадью сечения на мишени $\sim 0,5$ см² и коэффициент проводки пучка $\sim 85\%$. В этих условиях проведено два он-лайн сеанса измерений на установках комплекса.



Проведены испытания новых статорных пакетов фазотрона ОИЯИ

ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

На мюонном пучке фазотрона ОИЯИ с помощью μ SR-метода исследован высокотемпературный сверхпроводник $\text{HoBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ ($T_c \sim 93$ К). В результате экспериментов установлено, что при нулевом внешнем магнитном поле в области температур $4,2 \div 10$ К наблюдается быстрая деполяризация спина мюона (рис. 5), свидетельствующая о флуктуационном образовании магнитоупорядоченного состояния подсистемы атомов гольмия в исследуемом соединении^[25]. В условиях охлаждения образца в нулевом магнитном поле с последующим подъемом внешнего магнитного поля до требуемой величины в диапазоне $0 \div 1200$ Э получена зависимость глубины проникновения магнитного поля от температуры. Оценены также значения внешних магнитных полей, при которых образуется смешанное состояние. Так, при температуре 30 К, когда глубина проникновения равна ~ 1300 Å, смешанное

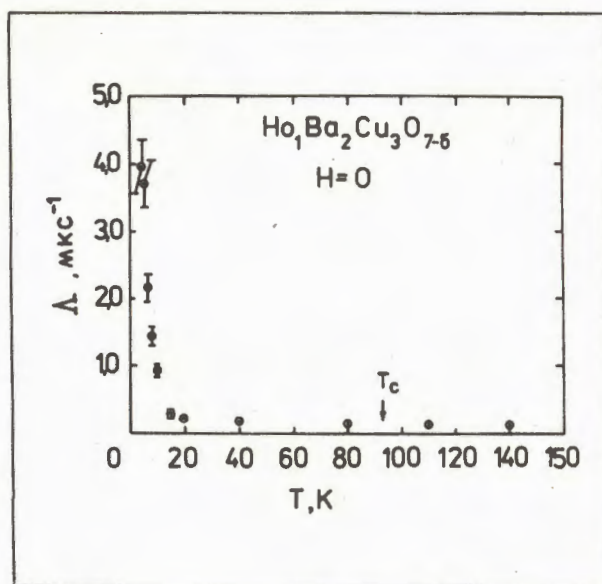


Рис. 5. Зависимость скорости релаксации спина мюона от температуры в высокотемпературном сверхпроводнике $\text{HoBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ при нулевом внешнем магнитном поле

состояние образуется в магнитном поле при $H_K > 20$ Э, а эффект диамагнитного экранирования в полях, меньших H_K , составляет $\sim 80\%^{126/}$.

Стеклоподобное поведение временной и температурной зависимостей тепловыделения высокотемпературного сверхпроводника $YBa_2Cu_3O_7$ ($T_c = 91K$) было обнаружено при измерении мощности тепловыделения после быстрого охлаждения образцов от равновесной температуры T_1 ($2,35 \leq T_1 \leq 15,11$) до 1,5K. Показано, что мощность тепловыделения строго пропорциональна t^{-1} в диапазоне $0,2 \text{ ч} \leq t \leq 30 \text{ ч}^{127/}$.

Исследование временных и амплитудных характеристик образцов отечественных фотоэлектронных умножителей (ФЭУ) на микроканальных пластинах с повышенной чувствительностью фотокатодов и коэффициентом сбора фотоэлектронов ($>70\%$) показало, что по временным характеристикам они могут конкурировать с самыми быстрыми ФЭУ традиционного типа и успешно применяться во временных спектрометрах ядерного излучения. Временное разрешение $2\tau_0 = 112$ пс, полученное со сцинтиллятором NE111 (для 50%-ного энергетического диапазона комптоновского спектра гамма-лучей ^{60}Co), сравнимо с рекордными достижениями и, по всей видимости, не является предельным^{128/}.

Электромиграционные исследования поведения астата ($^{210}, ^{211}\text{At}$) в хлорнокислых растворах в присутствии окислителей ($K_2\text{CrO}_7$, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$) подтвердили существование ранее обнаруженного в ЛЯП ОИЯИ катиона пятого галогена $\text{At}(\Theta)^+$ с индивидуальной подвижностью $U_{\text{At}(\Theta)}^0 = (3,80 \pm 0,05) \cdot 10^{-4} \text{ см}^2 \cdot \text{В}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$. Экспериментальные данные не противоречат представлению об $\text{At}(\Theta)^+$ как о протонированной гипоастатной кислоте с константой депротонирования $K_{\text{дп}} = (7,6 \pm 3,0) \cdot 10^{-5} \text{ моль} \cdot \text{л}^{-1}$. В растворах $K_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ при $\text{pH} > 1,7$ и в растворах без реагентов окислителей $\text{At}(\Theta)^+$ нестабилен и восстанавливается до нейтральной формы, по-видимому, At^0 ^{129/}.

Выполнен широкий круг исследований по оптимизации режимов работы нейтронного и π -мезонного каналов медико-биологического комплекса ОИЯИ. Изготовлено и испытано оборудование для диагностики протонного пучка при его транспортировке



Широкий круг исследований по оптимизации режимов работы нейтронного и π -мезонного каналов выполнен на медико-биологическом комплексе ОИЯИ

к нейтронной и мезонной мишеням. Исследованы физико-дозиметрические характеристики медицинского пучка нейтронов высоких энергий для ряда условий его получения и формирования и определена радиационная обстановка при дополнительной защите на нейтронном канале. Показано, что пучок нейтронов высоких энергий имеет практически такое же геометрическое распределение поглощенной дозы, как и широкий протонный пучок, и вместе с тем обещает дать в ряде случаев терапевтический выигрыш за счет преодоления радиорезистентности гипоксических опухолевых клеток^{130/}.

В 1988 г. курс лучевого лечения на широком протонном пучке завершили 5 пациентов с онкологическими заболеваниями.

Цикл исследований механизмов мутагенного действия ионизирующих излучений с разными физическими характеристиками на клетки с различным генотипом (проект РИТМ) показал, что закономерности индукции генных мутаций при действии тяжелых заряженных частиц аналогичны тем, что имеют место при гамма-облучении. Особенности мутагенного влияния корпускулярных излучений заключаются лишь в их разной биологической эффективности. Решающая роль в реализации радиационно-индуци-

рованного мутагенеза принадлежит репарационной SOS-системе клеток. Установлено, что вероятность закрепления мутаций, фор-

мирующихся из первичных повреждений ДНК, полностью определяется индуцибельными генами репарационной системы^{/31/}.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аммар Р. и др. — Препринт ФИАН №48, 1988.
2. Батусов Ю.А. и др. — ЯФ, 1988, 47, с.1004.
3. Батусов Ю.А. и др. — Письма в ЖЭТФ, 1988, 47, с.485.
4. Apokin V.D. et al. — In: Proc. of the 8th Int. Symp. on High Energy Physics, USA, University of Minnesota, September, 1988.
5. Антипов Ю.М. и др. — Препринт ИФВЭ 88-177, Серпухов, 1988.
6. Review of Particle Properties — Phys. Lett., 1986, 170B.
7. Афанасьев Л.Г. и др. — Препринт ОИЯИ P1-88-741, Дубна, 1988.
8. Vannikov A.V. et al. — JINR Preprint E1-88-476, Dubna, 1988.
9. Budagov Yu.A. et al. — In: Proc. of the 24th Int. Conf. on High Energy Physics, Munich, 1988, Contr. paper No.482.
10. Kopeliovich B.Z. et al. — Phys. Lett., 1988, v.209B, p.221.
11. Bardin D. et al. — Preprint CERN-DELPHI 88-43 PHYS 27, Geneva, 1988.
12. Бруданин В.Б. и др. — Сообщение ОИЯИ P6-88-936, Дубна, 1988.
13. Boris S. et al. — Phys. Rev. Lett., 1987, 58, p.2019.
14. Иванов А.И. и др. — В сб: Краткие сообщения ОИЯИ №3(29)-88, Дубна, 1988, с.27.
15. Батусов Ю.А. и др. — В сб: Краткие сообщения ОИЯИ №7(33) 88, Дубна, 1988, с.15.
16. Sapozhnikov M.G., Kharzeev D.E. — JINR Preprint E4-88-930, Dubna, 1988.
17. Содномын Э. и др. — Сообщение ОИЯИ 13-88-817, Дубна, 1988.
18. Архипов А.П. и др. — Препринт ОИЯИ P13-88-554, Дубна, 1988.
19. Давыдов Ю.И. и др. — Препринт ОИЯИ 13-88-899, Дубна, 1988.
20. Budagov Yu.A. et al. — In: Proc. of 24th Int. Conf. on High. En. Phys., Munich, 1988, Contr. pap., No.631.
21. Зинов В.Г., Селиков А.В. — В сб.: XIII Международный симпозиум по ядерной электронике, ОИЯИ, Д13-88-938, Дубна, 1988, с.238.
22. Журавлев Н.И. и др. — Сообщение ОИЯИ P10-88-937, Дубна, 1988.
23. Ворожцов С.Б. и др. — Сообщение ОИЯИ P9-88-472, Дубна, 1988.
24. Кольга В.В. и др. — В сб.: Анн. докл. XI Всесоюз. совещания по ускорителям заряженных частиц. ОИЯИ, P9-88-738, Дубна, 1988, с.155.
25. Duginov V.N. — In: JINR Rapid Communications No.4(30)-88, Dubna, 1988, p.63.
26. Гребинник В.Г. и др. — Сообщение ОИЯИ Д14-88-667, Дубна, 1988.
27. Sahling S. — JINR, E8-88-638, Dubna, 1988.
28. Ваврышук Я. и др. — Сообщение ОИЯИ P13-88-278, Дубна, 1988.
29. Чан Ким Хунг и др. — Сообщение ОИЯИ 12-88-500, Дубна, 1988.
30. Абазов В.М. и др. — Сообщение ОИЯИ 18-88-392, Дубна, 1988.
31. Токарова Б. и др. — Сообщение ОИЯИ P19-88-777, Дубна, 1988.

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ

В 1988 г. основные усилия коллектива лаборатории ядерных реакций были сконцентрированы на работах по синтезу новых топоров тяжелых элементов и исследованию свойств их радиоактивного распада, синтезу и изучению свойств нейтроноизбыточных изотопов легчайших элементов, на изучении механизма ядерных реакций. Широко велись работы по прикладной тематике. Большое внимание уделялось совершенствованию ускорителей: получению интенсивных пучков тяжелых ионов с улучшенными

параметрами на У-400; пучков тяжелых ионов с использованием внешней инжекции на У-200. В 1988 г. ускорители отработали для проведения научных исследований 5500 часов. Успешно развивалось международное сотрудничество с институтами стран-участниц ОИЯИ. Проведено два совместных эксперимента с национальным центром ГАНИЛ (Франция) по синтезу и исследованию свойств радиоактивного распада новых нейтроноизбыточных изотопов элементов от кислорода до аргона.

УЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ РАБОТЫ

ТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ОТОПОВ ТЯЖЕЛЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

1. С целью получения нового изотопа чатовия ^{263}Ku на пучке ионов ^{22}Ne энергией на мишени 118 МэВ на циклотроне У-300 и У-400 ЛЯР ОИЯИ исследована реакция $^{248}\text{Cm}(^{22}\text{Ne}, \alpha 3n)^{263}\text{Ku}$. Было проведено 9 облучений длительностью 1,5-4 ч максимальной интенсивностью пучка ионов $5 \cdot 10^{12} \text{ c}^{-1}$. Продукты реакции собирались на золотом сборнике. После каждого облучения в течение 30-80 мин проводилось селективное химическое выделение фракций 102 элемента и ^{263}Ku . Активность спонтанного деления измерялась на системе, включавшей детекторы осколков, γ -квантов и нейтронов (Ku), и при помощи трековых детекторов (102 элемент). Во всех опытах не было зарегистрировано ни одного события спонтанного деления фракции Ku. Также не было зарегистрировано событий спонтанного деления во фракциях 102 элемента с помощью трековых детекторов. Полученные результаты позволили

дать оценки сечения образования ²⁶³Ku при различных предположениях о моде распада (спонтанное деление или α -распад) и периоде полураспада этого нуклида (см табл.1).

Таблица 1

Пределы сечения образования ^{263}Ku (в нб), полученные в предположении, что его ядра с вероятностью 100% испытывают спонтанное деление или α -распад*

Период полу- распада, мин	$\sigma(f)$	$\sigma(a)$
10	2,75	0,075
20	0,25	0,075
30	0,10	0,080

* α -распад ^{263}Ku ведет к спонтанному делению ^{259}Md через цепочку распадов $^{263}\text{Ku} \xrightarrow{\alpha} ^{259}\text{102} \rightarrow \dots$ э.э., 25%, 58 мин $\rightarrow ^{259}\text{Md}$ с.д., 100%, 104 мин.

Для реакции $^{248}\text{Cm}(^{22}\text{Ne}, a3n)^{263}\text{Ku}$ расчет дает сечение образования $^{263}\text{Ku} = 1,1 \cdot 10^{-33} \text{ см}^2$ при энергии ^{22}Ne $E=117 \text{ МэВ}$.

Таким образом, получены достаточно низкие пределы поперечного сечения реакции $^{248}\text{Cm}(^{22}\text{Ne}, \alpha 3n)^{263}\text{Ku}$, что позволяет сделать некоторые выводы о свойствах изотопа ^{263}Ku . Ветвь α -распада не является главной для ^{263}Ku , в отличие от других известных нечетных изотопов курчатовия ($^{255}-^{261}\text{Ku}$). Если главной ветвью распада является спонтанное деление, то период полураспада ^{263}Ku $T_{1/2} < 20$ мин. Возможность электронного захвата для этого изотопа требует отдельного рассмотрения.

2. На кинематическом сепараторе "Василиса" исследовались реакции $^{22}\text{Ne} + \text{Au}$ и $^{22}\text{Ne} + ^{208}\text{Pb}$ в интервале энергий ионов

$\text{Ne } E_{\text{Ne}} \cong 100 \div 130 \text{ МэВ}$. Входная диафрагма обеспечивала отбор продуктов реакций с углами вылета менее $\pm 3^\circ$ по отношению к пучку. Регистрирующая аппаратура в фокальной плоскости сепаратора позволяла получать данные об энергии и времени пролета ядер отдачи, времени их прихода в детектор, энергии и времени α -распада нуклидов, "вбитых" в детектор.

В реакции $^{22}\text{Ne} + \text{Au}$ наблюдаемая активность в основном обусловлена распадом изотопов As и их дочерних продуктов. Вклад продуктов реакций типа (α, xn) не превышает 10%. Согласно оценке, для реакций с ионами ^{22}Ne отношение величин эффективности сепаратора $\epsilon_c(xn)/\epsilon_c(\alpha, xn) = 8 \pm 2$.

Экспериментальный зал циклотрона У-400. На снимке: установка ГНС — газонаполненный сепаратор для работ по синтезу новых трансформированных элементов и установка ИНСТРОН для прикладных исследований



Исходя из этого можно дать оценку отношения сечения $\sigma(xn)/\sigma(\alpha, xn) = 1,0$ для реакции $^{22}\text{Ne} + \text{Au}$.

В реакции $^{208}\text{Pb} + ^{22}\text{Ne}$ сечения (α, xn) -реакций оказались в 30-60 раз больше, чем сечения реакций с вылетом только нейтронов. Наблюдаемое значительное различие отношений сечений $\sigma(xn)/\sigma(\alpha, xn)$ для реакций $^{22}\text{Ne} + \text{Au}$ или ^{208}Pb не объясняется изменением соотношения между энергией связи нейтрона и энергией α -распада при переходе от As к U. Вместе с тем это отношение может в значительной степени определяться отношением делительных ширин

Γ_f/Γ_f' возбужденных ядер с атомным номером Z и Z-2, особенно в области, где делимость сильно меняется с изменением Z. Измерены характеристики распада изотопов $^{225}, ^{226}\text{U}$. Идентификация проводилась по наблюдению генетически связанных событий. Изотоп ^{226}U был идентифицирован по корреляционной цепочке $^{226}\text{U} \rightarrow ^{222}\text{Th} \rightarrow ^{218}\text{Ra} \rightarrow ^{214}\text{Rn}$. Изотоп ^{225}U был идентифицирован по корреляциям $^{225}\text{U} \rightarrow ^{221}\text{Th} \rightarrow ^{213}\text{Rn}$. Данные о характеристиках распадов изотопов $^{225}, ^{226}\text{U}$, полученных в наших экспериментах, приведены в табл.2 и работе^{/2/}.

Таблица 2

Данные из работы ^{/2/}			Табличные значения		
	Е, кэВ	I	$T_{1/2}$, мс	Е, кэВ	$T_{1/2}$, мс
^{225}U	7870 ± 20	100	30^{+20}_{-10}		
^{226}U	7570 ± 20	85 ± 5	250^{+150}_{-100}	7430 ± 20	100
	7420 ± 20	15 ± 5			

3. В ядерных реакциях $^{249}\text{Cf}(^4\text{He}, 3n)$ и $^{208}\text{Pb}(^4\text{He}, 2n)$ исследовалась стабильность ядер ^{250}Fm , $^{254}102$ и двухквазичастичных К-изомеров ^{250m}Fm , $^{254m}102$ относительно спонтанного деления^{/3/}. Спонтанное деление ^{250}Fm и $^{254}102$ из основного состояния было зарегистрировано и исследовано по существу впервые (см. табл. 3). Вместе с тем спонтанное деление из К-изомерных состояний не было обнаружено, несмотря на весьма высокую чувствительность использовавшихся методик. Для отношения парциальных периодов спонтанного деления из ос-

новного и изомерного состояний установлены следующие нижние границы: $T_{\text{SF}}^*/T_{\text{SF}} > 10^{-1}$ для ^{250m}Fm и $T_{\text{SF}}^*/T_{\text{SF}} > 5 \times 10^{-3}$ для $^{254m}102$. Это означает, что стабильность К-изомерных двухквазичастичных состояний ^{250}Fm и $^{254}102$ относительно спонтанного деления практически не уступает стабильности основных состояний этих ядер. Теоретические оценки $T_{\text{SF}}^*/T_{\text{SF}}$ также показывают^{/3/}, что из-за влияния эффектов специализации и блокировки на связанные с делением потенциальную энергию и эффективную массу спонтанное деление из К-изо-

Таблица 3

	Полный период полураспада, табл. значения	Ветвь спонтанного деления	Парциальный период спонтанного деления
^{250}Fm	30 ± 3 мин	$(6,9 \pm 1,0) \cdot 10^{-5}$	$0,83 \pm 0,15$ лет
^{250m}Fm	$1,8 \pm 0,1$ с	$\leq 8,2 \cdot 10^{-7}$	$\geq 0,07$ лет
$^{254}102$	55 ± 5 с	$(1,7 \pm 0,5) \cdot 10^{-3}$	$(3,2 \pm 0,9) \cdot 10^4$ с
$^{254m}102$	$0,28 \pm 0,04$ с	$\leq 2,0 \cdot 10^{-3}$	$\geq 1,4 \cdot 10^2$ с

мерных двухквазичастичных состояний не только не может быть облегчено, но, напротив, должно быть сильно запрещено по сравнению со спонтанным делением из основного состояния.

4. Изучен радиоактивный распад с испусканием нуклонных кластеров^{/4/} изотопов урана с массовыми числами 234, 235, 236. При исследовании ^{234}U в течение 420 суток измерений с помощью твердотельных трековых детекторов зарегистрирован 31 распад с испусканием Ne и 16 распадов с испусканием Mg. Вероятность такого типа распада по отношению к вероятности α -распада составляет $(3,9 \pm 1,0) \times 10^{-13}$ и $(2,3 \pm 0,7) \times 10^{-13}$ соответственно. На рис. 1 представлена зависимость логарифма парциального периода полураспада (экспериментальные данные) от натурального логарифма проницаемости кулоновского потенциального барьера для спонтанной эмиссии He, Ne, Mg из ядер изотопов урана (расчет). Цифры без скобок означают массовые числа изотопов урана, цифры в скобках — массовые числа кластеров. На этой систематике, аналогичной систематике Гейгера — Неттола для α -распада, проявляется запрет на испускание кластеров нечетными ядрами ^{233}U и ^{235}U .

Рис. 1. Расчетные зависимости периода полураспада от проницаемости кулоновского потенциального барьера для спонтанной эмиссии He, Ne, Mg из ядер изотопов урана

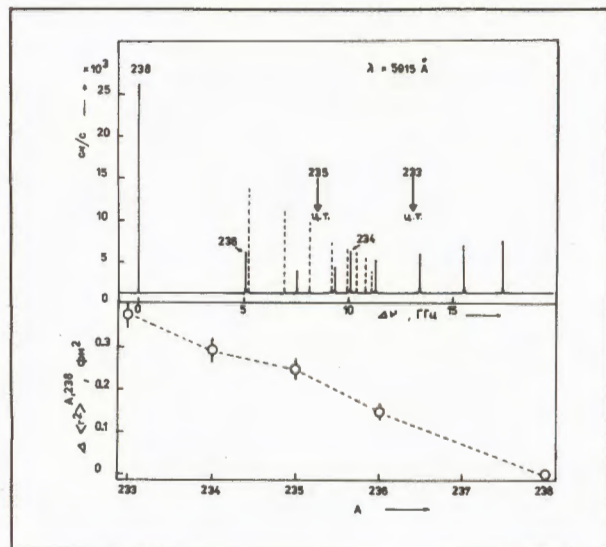
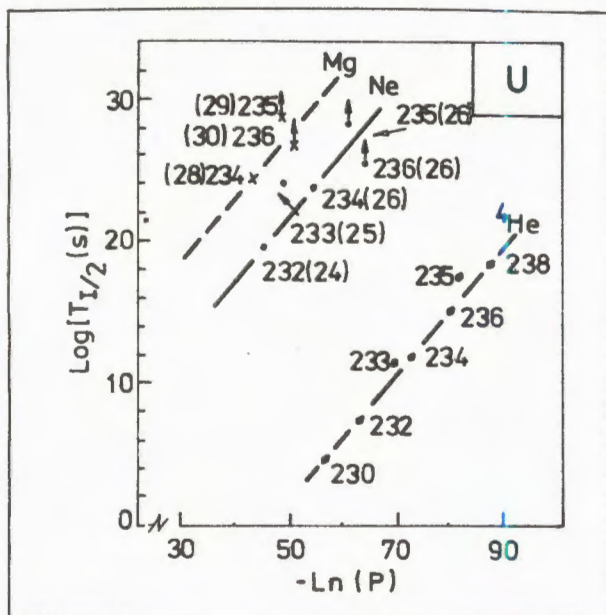


Рис. 2. Оптический спектр изотопов урана (вверху) и зависимость зарядового радиуса от массового числа (внизу)

5. На лазерном спектрометре методом резонансной флуоресценции измерены изотопические сдвиги и сверхтонкая структура оптических спектров атомов актинидных элементов — тория, урана и америция. Из этих спектров определены разности зарядовых радиусов для цепочки ядер урана с $A = 233 - 238$ (рис. 2). Видно монотонное изменение зарядового радиуса, что указывает на постоянство ядерных параметров, определяющих размеры и форму ядра (межнуклонные расстояния, толщина поверхностного слоя, деформация) в этой области массовых чисел. Для изотопов америция с $A = 241$ и 243 определены отношения магнитных и квадрупольных моментов:

$$\frac{\mu(^{243}\text{Am})}{\mu(^{241}\text{Am})} = 1,052; \quad \frac{Q(^{243}\text{Am})}{Q(^{241}\text{Am})} = 1,10.$$

6. На ускорителе Бэвалак в Беркли (США) проведено облучение трековых детекторов (кристаллов оливина из метеоритов) ионами ^{238}U с энергиями ≈ 30 и ≈ 70 МэВ/нуклон. Кристалл оливина является пороговым детектором, и ранее^{/5/} было установлено, что единственным параметром трека, который можно сопоставить с зарядом влетевшего в кристалл космического ядра, является его полная триви-

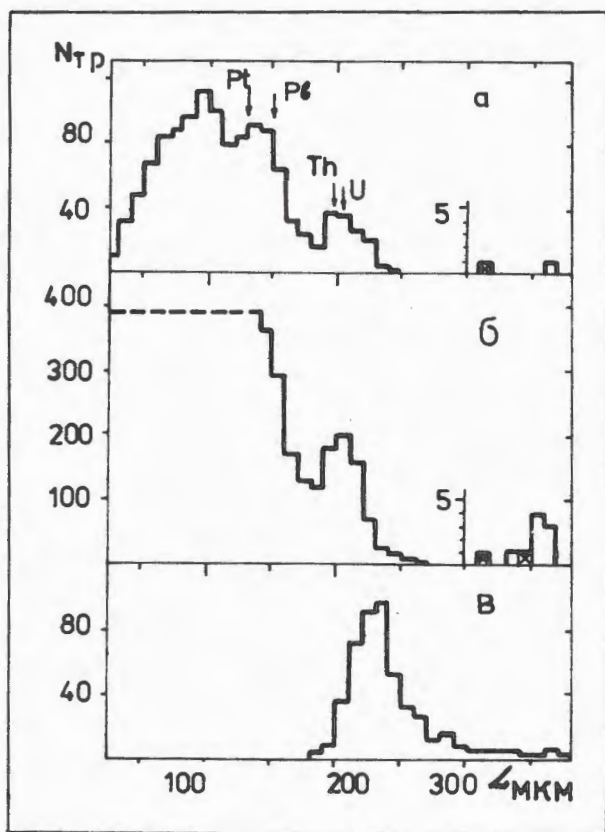


Рис. 3. Экспериментальные распределения травимых длин треков $L(Z)$ ядер космических лучей в кристаллах оливина из метеоритов (а и б) и распределение травимых длин треков ^{238}U в таких же кристаллах (в)

мая длина, т.е. длина такого трека, начало и конец которого находятся внутри кристалла. Сравнение распределений длин треков ядер космических лучей ^{15}N (рис. 3а,б) с распределением длин треков ^{238}U (рис. 3в) подтверждает справедливость утверждения, что треки длиной ~ 210 мкм могут быть треками ядер Th-U из космических лучей.

7. Продолжались работы по поиску спонтанно делящегося нуклида (СДН) в термальных рассолах п/о Челекен методами сорбции, экстракции, соосаждения, тонкослойной хроматографии, инверсионной вольтамперометрии и др. Изучено поведение микроэлементов — возможных аналогов СДН (Au, Hg, Tl, Pb, At)¹⁶. Высказано предположение о нахождении СДН в рассолах, подобно золоту и ртути, в виде соединений с органическими веществами. Исходя из этого содержание СДН в рассолах п/о Челекен оценивается менее

0,2 расп./сут $\cdot \text{м}^3$ ¹⁷. С учетом указанных выше результатов выполнены опыты по концентрированию сорбцией анионитом органических соединений из $\approx 100 \text{ м}^3$ рассола и проведено дальнейшее выделение фракций золота и ртути в препараты массой ≈ 1000 г. Полученные образцы изучаются в низкофоновой лаборатории на содержание СДН.

ИЗУЧЕНИЕ МЕХАНИЗМА ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ

1. На циклотроне У-400 в реакциях с ускоренными ионами с энергией 10-20 МэВ/нуклон продолжались эксперименты по поиску квазистационарных состояний в системах ^4H , ^5H , ^6H , ^7H . Обнаружены квазистационарные состояния в системах ^4H , ^6H . Получена верхняя граница образования системы ^7H в реакции $^9\text{Be} + ^{11}\text{B}$, которая составила $10^{-32} \text{ см}^2/\text{ср}$. При энергии пучка $^{11}\text{B} \approx 18$ МэВ/нуклон обнаружено возбужденное квазистационарное состояние в системе ^6H с энергией ~ 6 МэВ.

2. В рамках протокола о сотрудничестве между Лабораторией и Национальным центром по физике тяжелых ионов ГАНИЛ (Франция) продолжались эксперименты по синтезу и исследованию свойств сильно нейтроноизбыточных ядер легких элементов ^{18}F с использованием пучка ускоренных ионов ^{48}Ca с энергией 50 МэВ/нуклон. На магнитном спектрометре ГАНИЛ было синтезировано и идентифицировано всего 25 изотопов легких элементов: ^{29}F , ^{32}Ne , 35 , ^{36}Mg , 38 , ^{39}Al , $^{40-42}\text{Si}$, $^{43-46}\text{P}$, $^{45-48}\text{S}$, $^{46-50}\text{Cl}$, $^{49-51}\text{Ar}$ (рис. 4). На установке СПЕГ были исследованы свойства распада ядер вблизи оболочки с числом нейтронов $N = 20$, в частности, $^{24,26}\text{O}$, ^{27}F , $^{28-30}\text{Ne}$, $^{31,33}\text{Na}$ и $^{33,34}\text{Mg}$ (измерены массы и периоды полураспада). В этой области масс, согласно расчетам¹⁹, ожидается существование ядер с большим параметром деформации ($\beta_2 \geq 0,3$), а также возможность существования изомеров формы. В частности, учет деформации приводит к нестабильности кислорода ^{26}O , в отличие от общепринятых систематик, в которых ожидалась стабильность кислорода-26. Про-

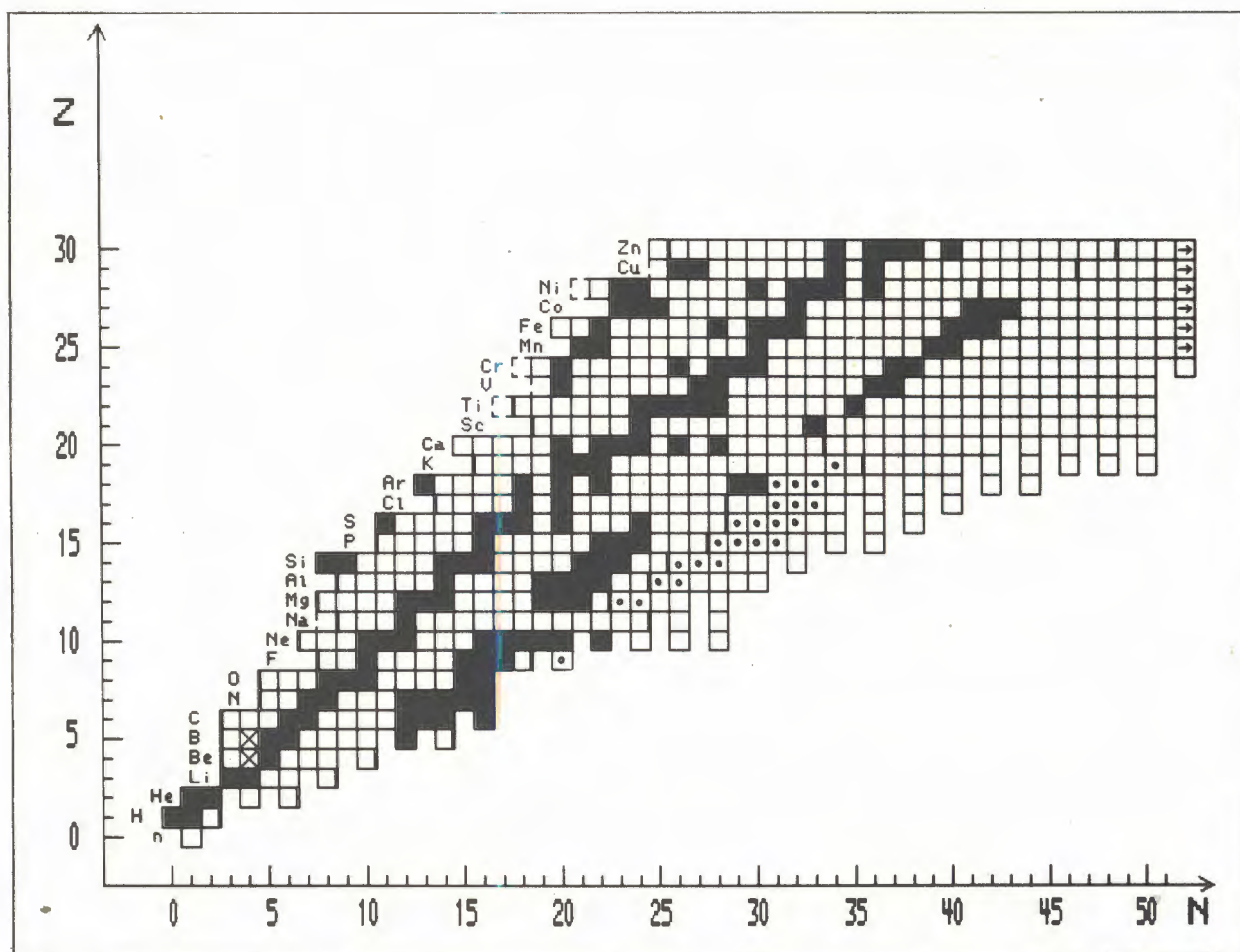


Рис. 4. Нейтрон-протонная диаграмма легких ядер. Черными квадратами в центральной части представлены известные стабильные ядра, черными квадратами по краям — ядра, свойства которых изучены в ГАНИЛ до настоящего эксперимента. Квадратами с точками обозначены ядра, стабильность которых установлена в совместном ЛЯР-ГАНИЛ эксперименте с помощью ускоренных ионов ^{48}Ca



Продолжаются совместные исследования на ускорителях ЛЯР ОИЯИ и Национального центра по физике тяжелых ионов ГАНИЛ во Франции. На снимке: участники эксперимента обсуждают последние результаты по синтезу и исследованию свойств радиоактивного распада новых нейтроноизбыточных изотопов

веденные эксперименты, показавшие нестабильность ^{26}O , подтвердили это предположение.

3. Измерены энергетические и угловые распределения легчайших ядер с $2 \leq Z \leq 8$ и $3 \leq A \leq 20$, образующихся при взаимодействии ядер ^{181}Ta и ^{232}Th с ионами ^{20}Ne (18 МэВ/нуклон) и ^{11}B (20 МэВ/нуклон). Показано, что изотопы с атомными номерами и массовыми числами, близкими к Z и A иона, образуются в основном в реакциях передачи. В образование более легких продуктов вносят вклад несколько процессов взаимодействия сталкивающихся ядер: мгновенный и последовательный развал ядер налетающих ионов после массивных передач, а также испарение кластеров из составной возбужденной системы или ее остатки. Обнаружено, что выход изотопов Li и Be с увеличением энергии ионов от 8 до 18 МэВ/нуклон возрастает почти на два порядка. Рассмотрены дальнейшие перспективы синтеза изотопов ^{10}Ne и ^{13}Li и получения вторичных пучков $^6, ^8\text{He}$ и $^8, ^9\text{Li}/^{10}\text{F}$.

4. На двухплечевом времяпролетном спектрометре установки ДЭМАС проведены измерения массовых и энергетических распределений осколков деления возбужденных составных ядер с Z^2/A в области от 32 до 44, образующихся при облучении ^{180}W , ^{198}Pt , ^{206}Pb , ^{232}Th , ^{233}U , ^{236}U , ^{239}Pu ионами ^{12}C , ^{16}O и ^{22}Ne . Проводилось

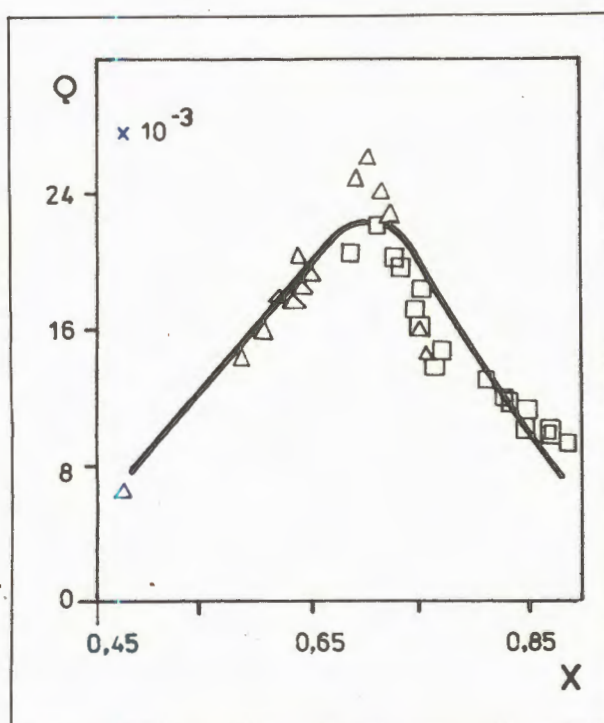


Рис. 5. Зависимость параметра жесткости потенциальной энергии Q в седловой точке от параметра делимости X . $\square$ — полученные экспериментальные значения. Δ — данные других работ

сравнение экспериментальных дисперсий массового распределения осколков и их кинетических энергий с теоретическими предсказаниями, в которых используются различные жидкокапельные модели в статическом или динамическом подходе. Показано, что экспериментальная зависимость дисперсии массы осколков (рис. 5) от па-

Установка ДЭМАС для исследования механизма взаимодействия тяжелых ионов с ядрами



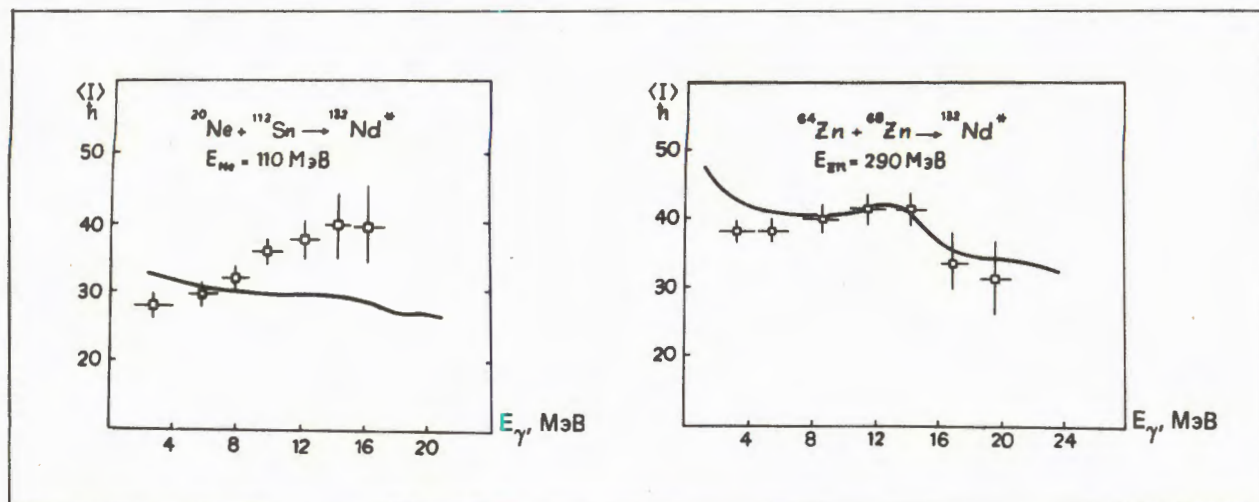


Рис. 6. Зависимость углового момента остаточных ядер от энергии γ -излучения для двух реакций с различным соотношением масс взаимодействующих ядер, приводящих к образованию составных ядер ^{132}Nd , с близкими по величине значениями энергии возбуждения. Экспериментальные данные сравниваются с расчетными (сплошная кривая), полученными для канала образования составного ядра в указанных реакциях

раметра делимости хорошо согласуется с расчетами по флуктуационно-диссипативной модели^[11].

5. Измерены сечения образования нейтронов деления в реакции $^{238}\text{U}(^{12}\text{C}, f)$ при энергии ионов ^{12}C , равной 105 МэВ. Из анализа экспериментальных данных получено, что среднее число нейтронов, испускаемых до деления, $\bar{\nu} = 4,2 \pm 0,6$, а их средняя энергия в системе центра масс составного

ядра (с.ц.м.) $E_{\text{pre}} = (2,5 \pm 0,3)$ МэВ. После деления из двух осколков испускается $6,1 \pm 0,5$ нейтронов со средней энергией $(1,6 \pm 0,2)$ МэВ в с.ц.м. осколка. Экспериментальная величина ν_{pre} оказалась больше, чем рассчитанная по статистической модели. Расчетная величина ν_{pre} может быть согласована с экспериментальной при учете добавочного числа нейтронов, испускаемых на стадии спуска от седловой точки до точки разрыва.

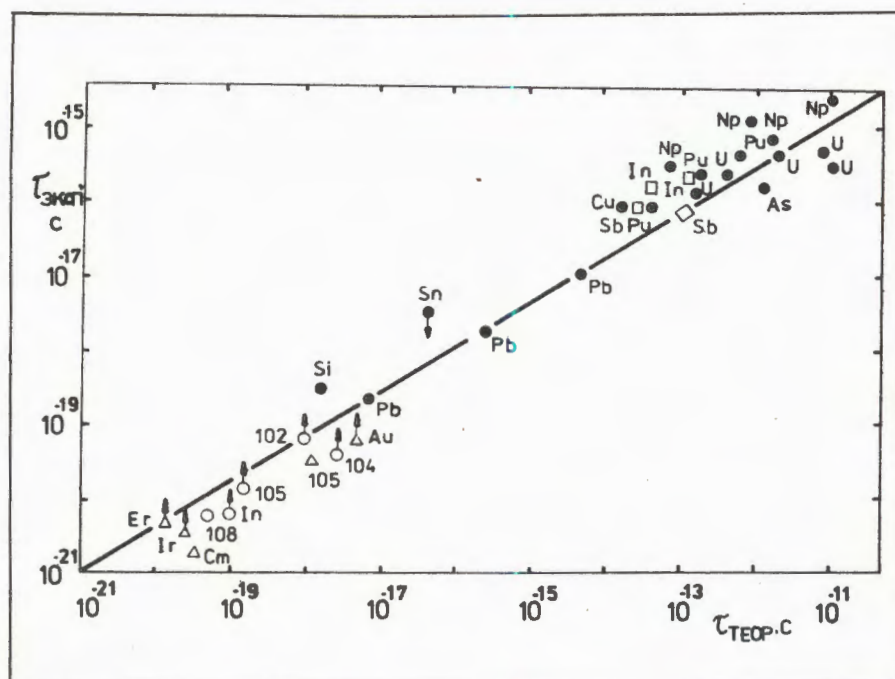


Рис. 7. Сравнение экспериментально определенных значений времени жизни возбужденных ядер с расчетом. Точки соответствуют следующим экспериментальным методам: ● — эффект теней, □ — (К-Х)-излучение вакансий, ○ — угловое распределение фрагментов, Δ — множественность предразвалных нуклонов

6. На ускорителе У-400 продолжались эксперименты по исследованию закономерностей выхода жесткой компоненты гамма-излучения в различных выходных каналах реакций.

В реакции $^{112}\text{Sn} + ^{20}\text{Ne}$ (100 МэВ) измерены спектры гамма-квантов в совпадении с α -частицами под углами 0° и 140° . Анализ этих данных и результатов экспериментов по измерению множественности γ -квантов продуктов реакций ^{20}Ne (110 МэВ) + ^{112}Sn и ^{64}Zn (290 МэВ) + ^{68}Zn (рис. 6), а также результатов работ^{112, 13/} показал возможность получения информации о динамике взаимодействия сложных ядер по смещению энергии пика гигантского резонанса в зависимости от угла регистрации заряженных частиц для асимметричных комбинаций масс ядер во входном канале реакции.

7. Исследованы новые возможности определения времени жизни сильновозбужденных ядерных систем на основе измерения углового распределения фрагментов, а также множественности предразвалных нуклонов. Результаты анализа имеющихся экспериментальных данных и данных, полученных с помощью эффекта теней и метода (К-Х)-излучения вакансий, сравниваются на рис. 7 с величинами, полученными в расчете по статистической модели при выборе ядерной температуры по формуле $T(U) = 1,94(U/A)^{1/3}$. Видно качественное соответствие результатов расчета и экспериментов^{14/}.

8. В реакции $^{181}\text{Ta} + ^{52}\text{Cr}$ (378 МэВ) были измерены сечения образования легких элементов с $4 \leq Z \leq 19$, вылетевших вперед в с.ц.м. Эти продукты могли образоваться за счет реакций глубоконеупругих передач. Однако при сравнении эксперименталь-

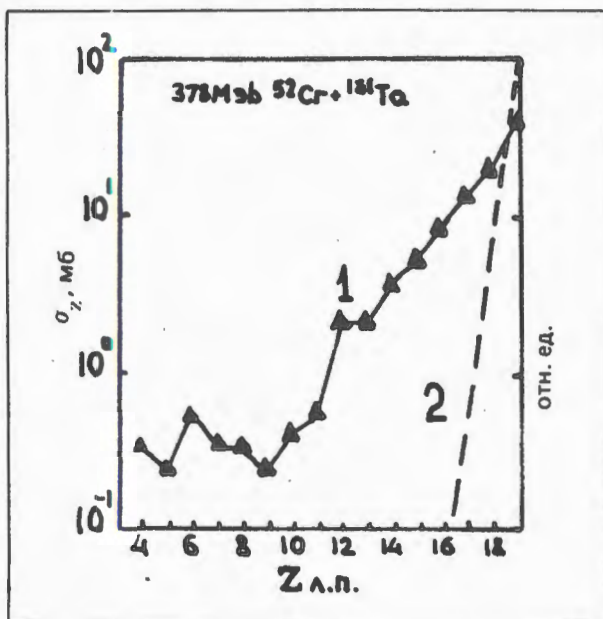


Рис. 8. Сечения образования легких элементов с $4 \leq Z \leq 19$, вылетевших вперед в с.ц.м. в реакции $^{181}\text{Ta} + ^{52}\text{Cr}$ (378 МэВ) (кривая 1). Результат расчета сечений образования легких элементов, продуктов глубоконеупругих передач по диффузионной модели ($T = 1,5$ МэВ, $\tau = 5 \cdot 10^{-22}$ с) (кривая 2)

ных зарядовых распределений с зарядовыми распределениями глубоконеупругих передач, рассчитанными для этой реакции по диффузионной модели, обнаружилось сильное различие (рис. 8). Экспериментальные значения охватывали широкий интервал по Z и обладали большей величиной, по сравнению с расчетными. Качественно этот эффект можно объяснить вкладом от центробежной фрагментации — распадом двойной ядерной системы, сформировавшейся в столкновениях с угловым моментом ℓ ниже критического как результат возрастания угловой скорости вращения системы при передаче значительного числа нуклонов от легкого к тяжелому ядру^{15/}.

РАЗРАБОТКИ В ОБЛАСТИ УСКОРИТЕЛЕЙ

1. На циклотроне У-400 ускорены, выведены и протраассированы на удаленную физическую мишень ионы Mn, Co, Cu, Kr с энергиями (4-2,5) МэВ/нуклон и интенсивностями $(1-2) \cdot 10^{12} \text{ с}^{-1}$. Пучки этих ионов предназначены для проведения исследо-

ваний по радиационному материаловедению и созданию ядерных фильтров.

2. На системе аксиальной инжекции ионов в циклотрон У-200 проведены исследования влияния пространственного заря-

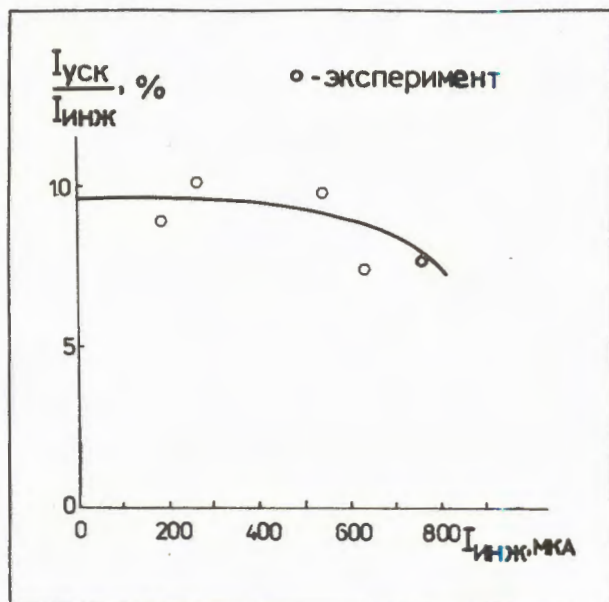


Рис. 9. Зависимость коэффициента трансмиссии пучка от его интенсивности. $I_{инж}$ — ток инжектированного пучка, $I_{уск}$ — ток ускоренного пучка

да пучка и эффективности банчеровки на коэффициент транспортировки ионов от ионного источника до физической мишени¹⁶. Для увеличения коэффициента захвата был использован двухзоровый банчер на первой гармонике ВЧ-напряжения. Получено увеличение интенсивности ускоренного пучка в 2 раза. Изучено влияние пространственного заряда в системе аксиальной инжекции. Исследован пучок ионов $^4\text{He}^{+1}$ с током до 800 мкА. Полученные результаты показывают удовлетворительное согласие теоретических и экспериментальных данных по влиянию пространственного заряда на коэффициент трансмиссии инжектируемого пучка. Показано, что эффективность транспортировки пучка от сепарирующего магнита до конечного радиуса ускорения составила 8-10%, вплоть до

значения тока $I_{инж} \approx 500$ мкА. При дальнейшем увеличении интенсивности пучка эффективность транспортировки уменьшется из-за влияния пространственного заряда (рис. 9).

3. Проводились разработки и исследования дугового источника ионов. В источник был введен дополнительный анод с потенциалом, отличающимся от потенциала основного анода¹⁷. Изучено влияние потенциала дополнительного анода на интенсивность и зарядовый состав извлекаемого ионного пучка и устойчивость разряда. Наблюдалось увеличение в 2-5 раз полного вытягиваемого тока и токов отдельных зарядностей.

4. Продолжались работы по автоматизации управления циклотронным ионным источником дугового типа. Разработан и реализован алгоритм автоматического управления¹⁸. Создана микропроцессорная система, позволяющая автоматически получать и поддерживать заданный ток ионного пучка У-400 за счет вариации параметров режима работы ионного источника¹⁹. Система выводит источник на заданный режим из выключенного состояния за среднее время 10-15 мин с отклонением от заданных параметров не более 5% и стабилизирует ток пучка с погрешностью $\sim 3\%$. На экран дисплея выводится таблица цифровых значений и аналоговых шкал контролируемых параметров, а также мнемосхема источника ионов и выпрямителей питания.

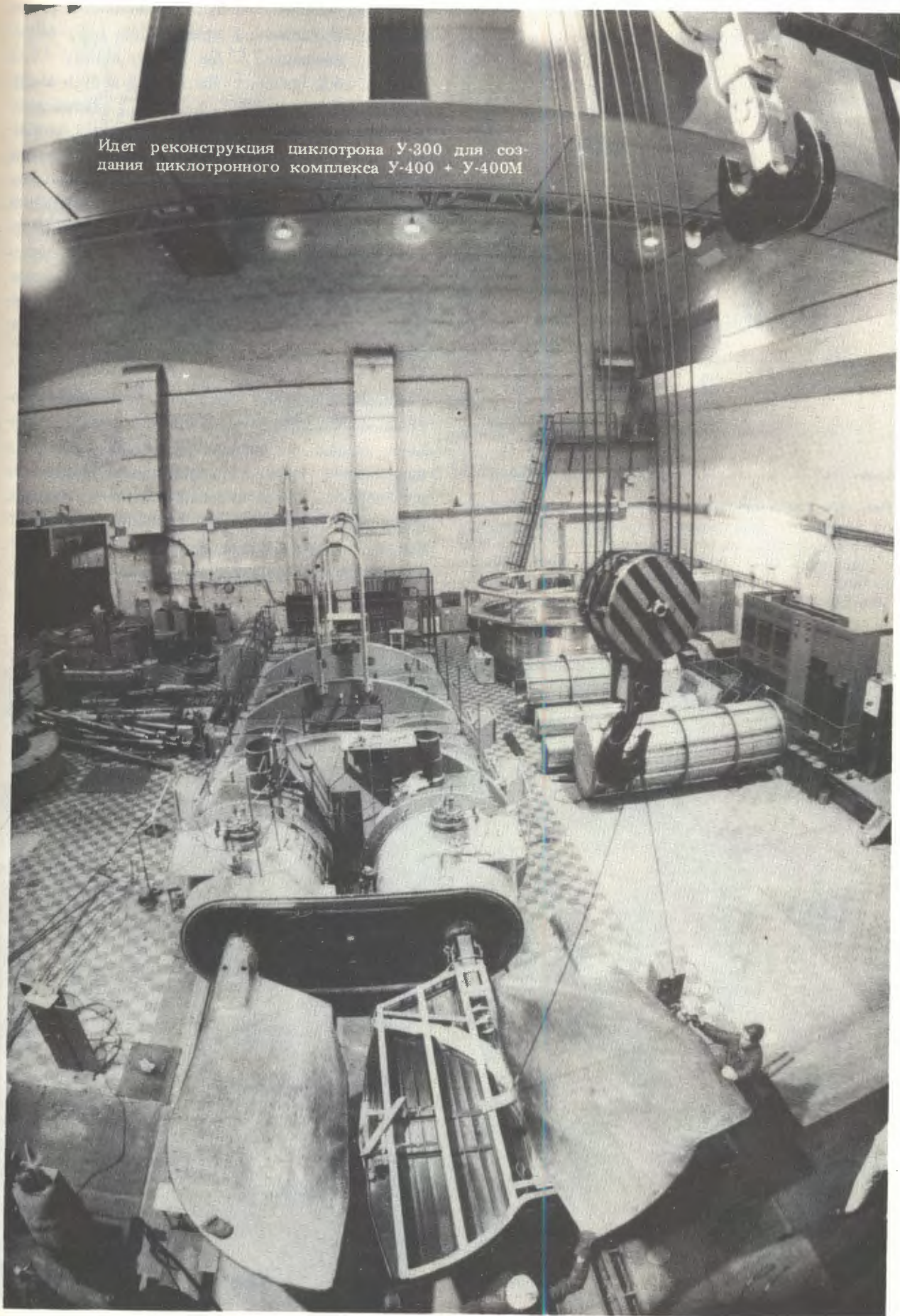
5. Продолжались работы по созданию циклотронного комплекса тяжелых ионов У-400 + У-400М. Изготовлены резонансные баки и штоки ускорителя У-400М. Начата разработка элементов системы вывода пучка.

НАУЧНО-ПРИКЛАДНЫЕ РАБОТЫ

1. С использованием методов электронной микроскопии исследованы изменения, возникающие под воздействием облучения ионами Ne и Ag конструкционного материала — аустенитной стали 12Х18Н9Т с различными добавками бора (0,003%), церия

(0,2%), иттрия (0,1%) в интервале температур $200 \div 650^\circ \text{C}$. Показано, что эти изменения аналогичны тем, что наблюдаются при нейтронном облучении. Существенно меняется дислокационная структура, появляются выделения карбидов типа M_{23}C_6 ,

Идет реконструкция циклотрона У-300 для создания циклотронного комплекса У-400 + У-400М



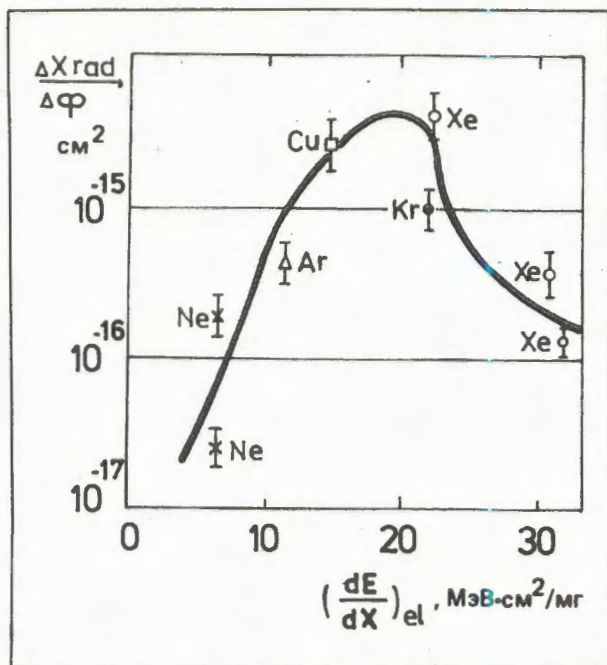


Рис. 10. Систематика повреждающей способности по параметру электронных энергетических потерь при воздействии на монокристалл Ge ионов: ^{20}Ne с энергиями 12 и 110 МэВ, ^{40}Ar — 25 МэВ, ^{63}Cu — 35 МэВ, ^{84}Kr — 73 МэВ, ^{129}Xe — 122 МэВ, ^{136}Xe — 56 и 116 МэВ

значительное влияние на изменение структуры оказывают температурные условия облучения^{/20/}.

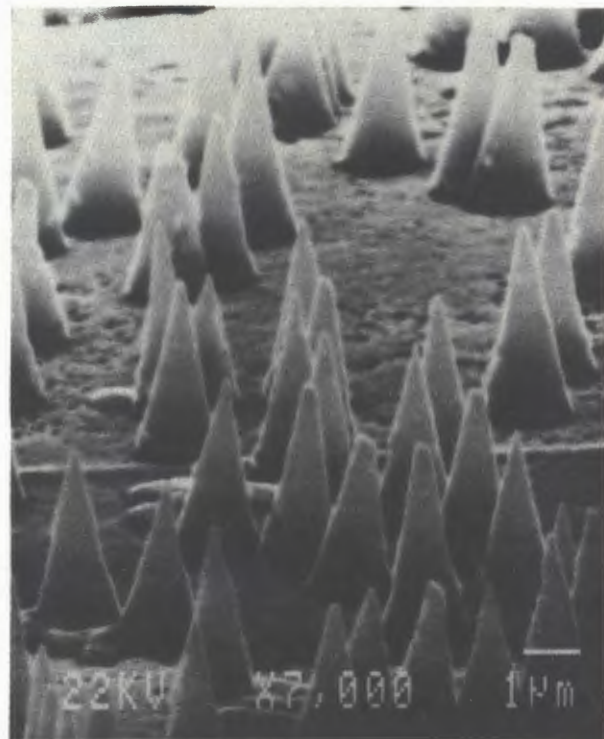
2. Проведено исследование повреждающей способности ионов от Ar до Xe с энергией $(0,5 \div 0,9)$ МэВ/нуклон при воздействии на полупроводниковые монокристаллы Si и Ge. Повреждающая способность систематизирована по параметрам ядерной и электронной тормозной способности ионов. В случае Ge спад повреждающей способности для очень тяжелых ионов (рис. 10) объясняется включением нового механизма рекристаллизации среды вдоль трека сильно-ионизирующей частицы^{/21/}.

3. Исследовалось радиационное упрочнение циркония, облученного ионами неона ($E_{\text{Ne}} = 230$ МэВ) и нейтронами ($E > 0,1$ МэВ) в одинаковых условиях. Измерялась зависимость предела текучести от дозы облучения, которая в обоих случаях имеет идентичный вид, но при облучении нейтронами эффект упрочнения достигается при дозе повреждений примерно на порядок меньшей, чем при облучении ионами неона^{/22/}.

4. Изучались спектры поглощения и механические свойства кристаллов LiF, облученных ионами ^{136}Xe (118 МэВ), ^{40}Ar (225 и 46,3 МэВ), ^{22}Ne (112,5 и 26,9 МэВ) с числом частиц $10^{10} - 10^{14} \text{ см}^{-2}$. Показано, что число образовавшихся анионных вакансий определяется полными ионизационными потерями тяжелых ионов. Наблюдаемые различия дозовых зависимостей концентраций точечных дефектов можно объяснить перекрытием треков ионов. Изменение механических свойств LiF определяется радиационными дефектами, образованными в результате упругих столкновений бомбардирующих ионов с атомами кристалла^{/23/}.

5. Разработана методика получения толстых металлических реплик треков тяжелых ионов в диэлектрических трековых детекторах (рис. 11). Методика позволила изготовить взрывозмиссионные катоды, имеющие равномерную игольчатую поверхность с плотностью острий $10^3 - 10^9 \text{ см}^{-2}$. Электронная пушка с данным катодом име-

Рис. 11. Микрофотография медной реплики с многоострийной поверхностью, сделанная на электронном микроскопе с увеличением 7000X. Плотность острий 10^7 см^{-2} , высота $h = 6,6$ мкм, диаметр основания $d = 1,5$ мкм, радиус кривизны вершины $r = 0,1$ мкм, угол раствора конуса $\theta = 12^\circ$



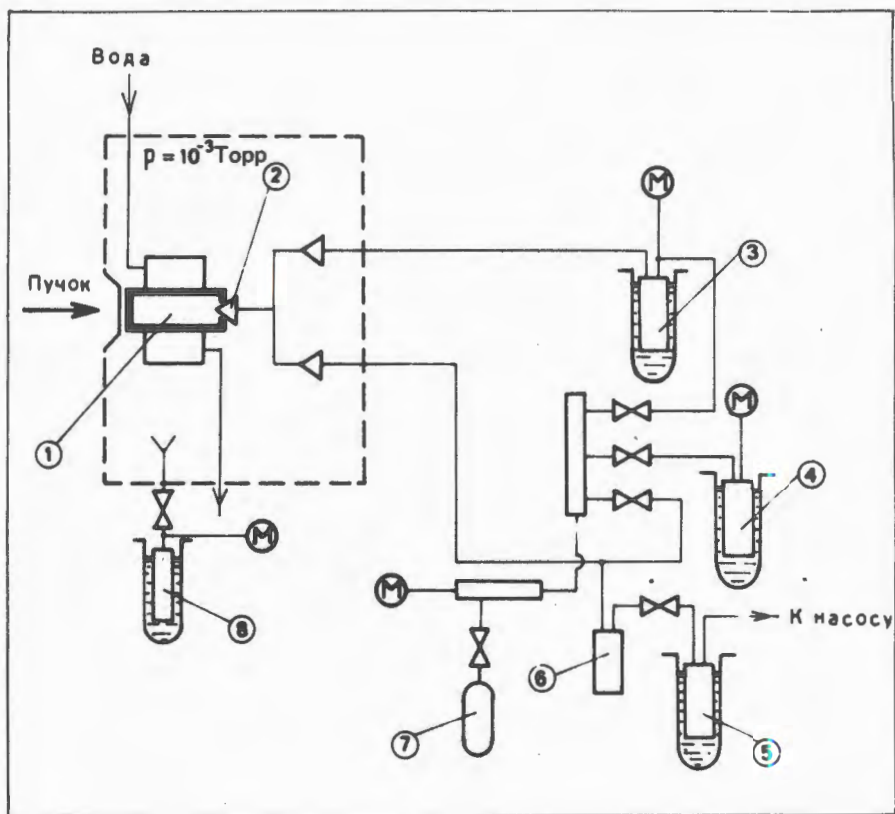


Рис. 12. Схема экспериментальной установки для получения ^{123}I в реакции $^{124}\text{Xe}(\gamma, n) ^{123}\text{Xe} \xrightarrow{\epsilon\beta^+} ^{123}\text{I}$: 1 — мишень, 2 — игольчатый вентиль, 3 — промежуточный объем, 4 — исходный объем, 5 — азотная ловушка, 6 — цеолитовая ловушка, 7 — транспортный баллон, 8 — газовый сборник



Стационарная установка на микротроне МТ-25 по производству йода-123 для медико-биологического применения

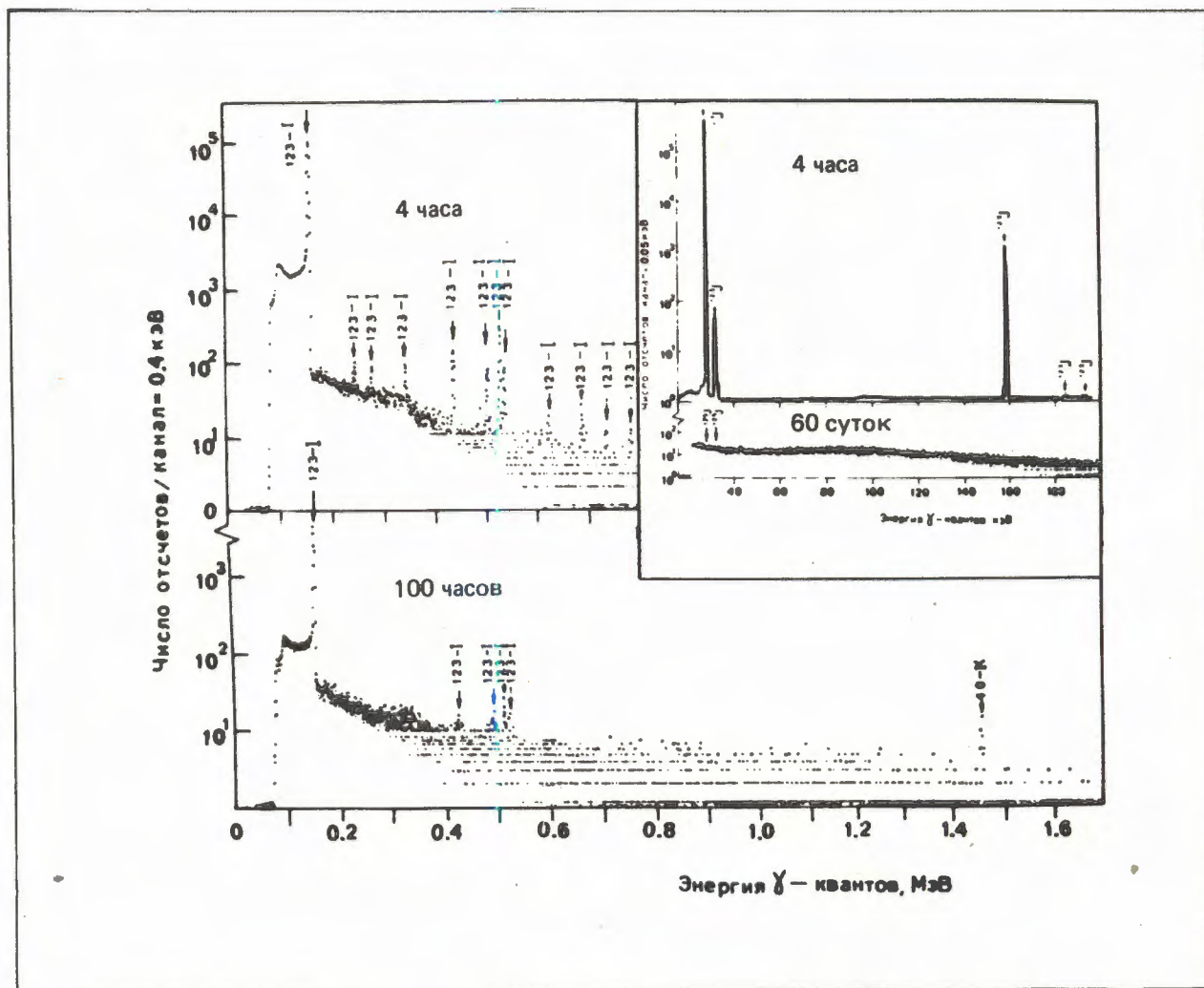
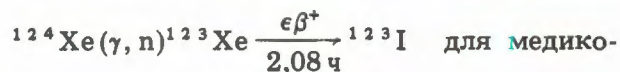


Рис. 13. Спектры γ -излучения препарата ^{123}I (линия с энергией 1,46 МэВ обусловлена фоном)

ет следующие параметры: $I = 200-900 \text{ А}$, $E = 100-300 \text{ кэВ}$. Показано, что одинаковые по форме и размерам острия-эмиттеры играют основную роль в формировании однородной катодной плазмы^[24].

6. Разработана методика получения радиоактивного препарата ^{123}I в реакции



биологических исследований. Препарат готовится в течение одного часа после окончания 10-часового облучения мишени массой 10 г из обогащенного ^{124}Xe пучком электронов микротрона МТ-25 с энергией 24 МэВ. Схематическое изображение конструкции установки представлено на рис. 12. Характеристики препарата: объем раствора $< 1 \text{ мл}$, удельная активность $\sim 200 \text{ мКи/мл}$,

pH раствора 7-10, содержание ионов натрия $< 10^{-5}$ моль/л, химическая форма йода в растворе — йодид $> 95\%$, примеси других активностей $< 10^{-6}$, примеси стабильных элементов $< 0,05 \text{ мкг}$, в том числе тяжелых металлов $< 0,005 \text{ мкг}$. Восстановленный йод сохраняет свою химическую форму и после растворения сухого остатка в слабом (pH = 7–9) растворе щелочи. Анализ примесей проводился с помощью γ и X-спектрометрии препарата. На рис. 13 показаны γ -спектры, измеренные в широком интервале времени выдержки образца от 4 часов до 60 дней. Все наблюдаемые пики γ -излучения обусловлены распадом изотопа ^{123}I . Радиоизотопы других элементов не обнаружены. Препарат удовлетворяет всем требованиям фармакопеи и может использоваться в радиомедицинской диагностике^[25].

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ АППАРАТУРА

1. Проводились эксперименты по наладке и измерению основных ионно-оптических характеристик ультрачувствительного масс-спектрометра ЛИДИА, который сооружается для осуществления локального анализа элементного состава пород, минералов и синтетических материалов^{/26/}. Схематически масс-спектрометр показан на рис. 14. Два дипольных магнита M1 и M2 и четыре магнитные квадрупольные линзы Q1-Q4 образуют ахроматическую зеркально-симметричную систему с промежуточным изображением O₂, основное значение которой состоит в преобразовании изображения источника масс-спектрометра из положения O₁ в положение O₃ и в выделении из всего массового спектра ионного пучка ограниченного диапазона масс, определяемого импульсным аксептансом установки. Дипольный магнит M3 и квадрупольная линза Q5 создают в фокальной плоскости O₄ изображение массовых линий, прошедших через ахроматическую систему.

Благодаря зеркальной симметрии на участке O₁-O₃ и использованию токовых катушек тонкой настройки двух типов ($\alpha 1$, $\alpha 2$) и ($\beta 1$, $\beta 2$)^{/27/}, создающих в маг-

нитах M1 и M2 соответственно линейную и квадратичную составляющие магнитного поля в радиальном направлении от осевой линии, удалось получить ахроматическое изображение источника O₁ в плоскости O₃ с точностью до учета хроматических aberrаций 2-го порядка включительно. Разрешение по массе $M/\Delta M \cong 300$ в фокальной плоскости O₄ достигается в результате устранения aberrаций 2-го порядка, наиболее сильно влияющих на ширину массовых линий. Для этого границы дипольного магнита M3 выполнены в виде дуг окружностей с соответствующими радиусами кривизны и использована токовая катушка $\beta 3$.

Для определения дисперсии установки в плоскостях O₂ и O₄ и разрешения по массе в фокальной плоскости O₄ был использован спектрометрический α -источник ²²⁶Ra интенсивностью $1 \cdot 10^4$ а/с в телесном угле 2π .

Измерения, выполненные с помощью источников α -частиц, показали, что аксептанс установки, дисперсия, диапазон пропускаемых импульсов, форма ахроматического изображения близки к расчет-

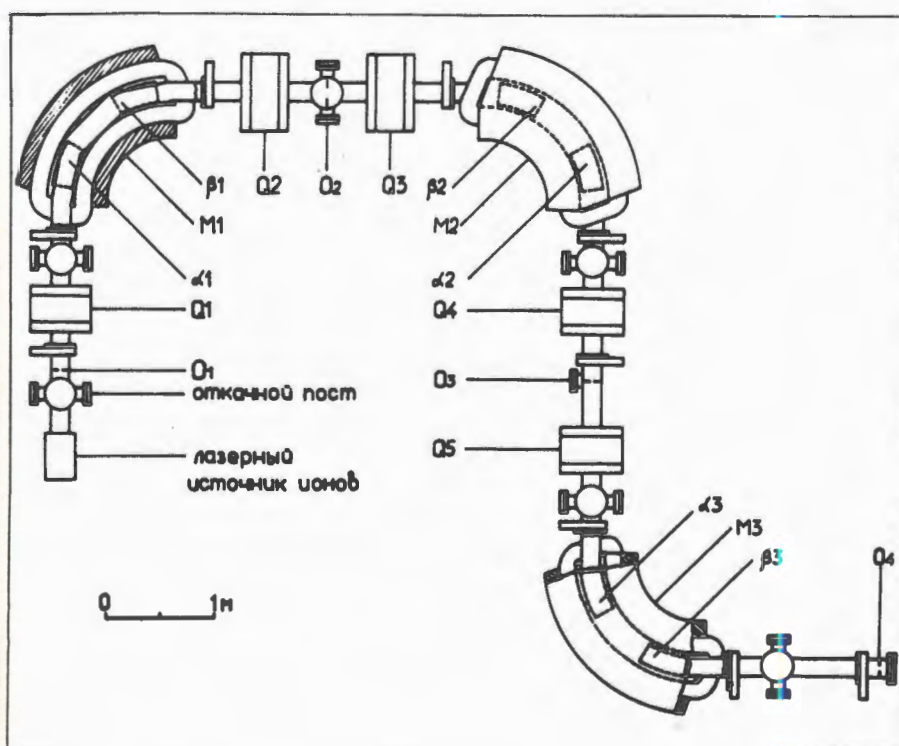
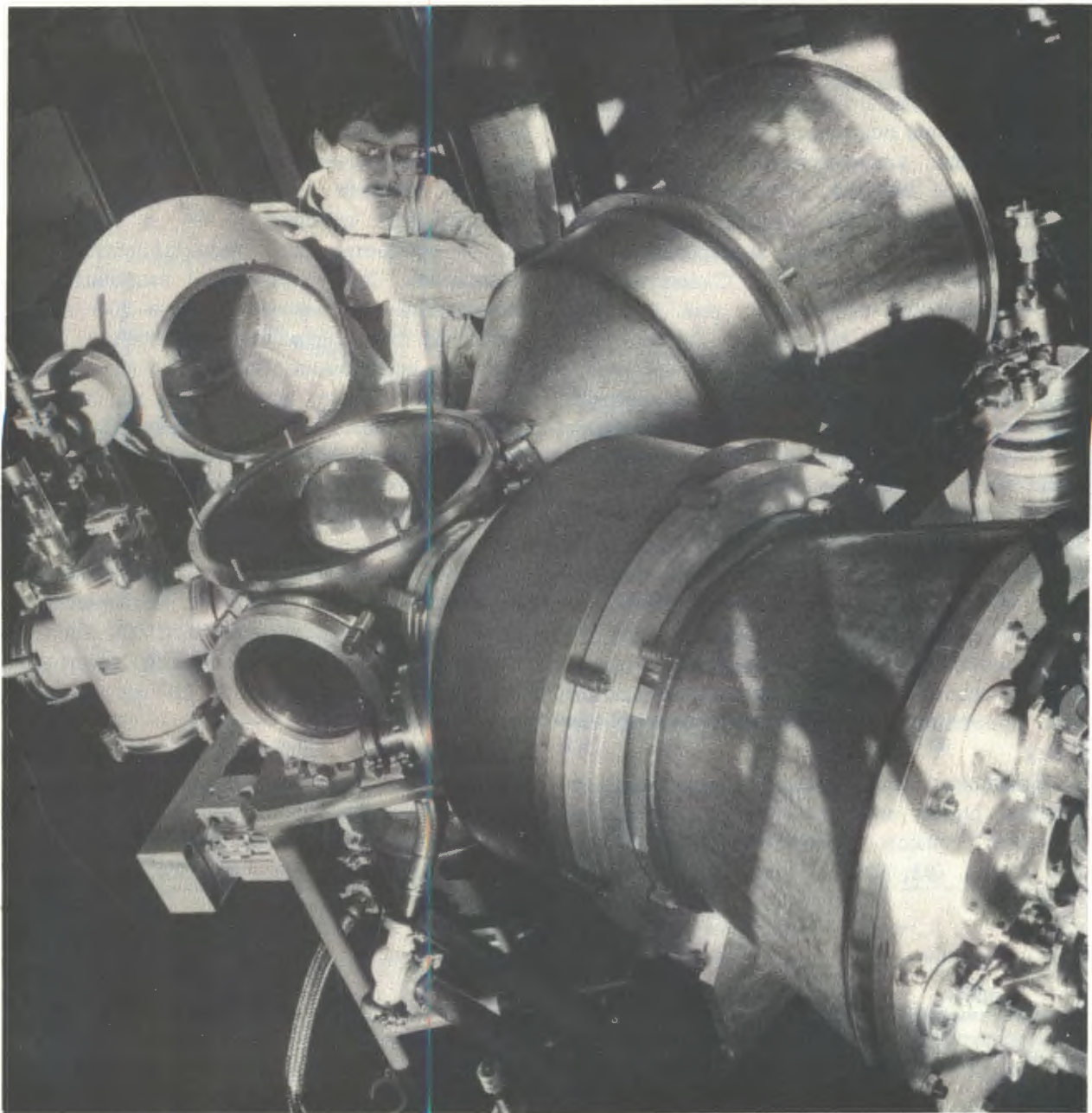


Рис.14. Схематическое изображение масс-спектрометра ЛИДИА



Экспериментальная проверка узлов первой очереди 4π -детектора продуктов ядерных реакций (установка "Фобос")

ным^{/27, 28/}. Масс-спектрометр подготовлен для проведения измерений с лазерным источником ионов.

2. Продолжались работы по созданию 4π -детектора множественных событий (установка "Фобос")^{/29/}. На стенде испытаны узлы брэгговских камер и газовой системы, рабочие параметры устройств исследовались с помощью α -источников. В ЦИЯИ (Россдорф, ГДР) разработаны электронные блоки съема информации с газовых детекторов

установки. Новые электронные блоки использованы в экспериментах по изучению вынужденного деления на циклотроне ЦИЯИ, в которых испытан детекторный модуль из лавинного счетчика и брэгговской камеры. Блоки подготовлены к серийному выпуску.

3. В процессе разработки эффективного метода химического выделения α -активного ^{261}Ku ($T_{1/2} \approx 1$ мин) из продуктов облучения ^{248}Sm ионами ^{18}O найдены условия для быстрого непрерывного выделения

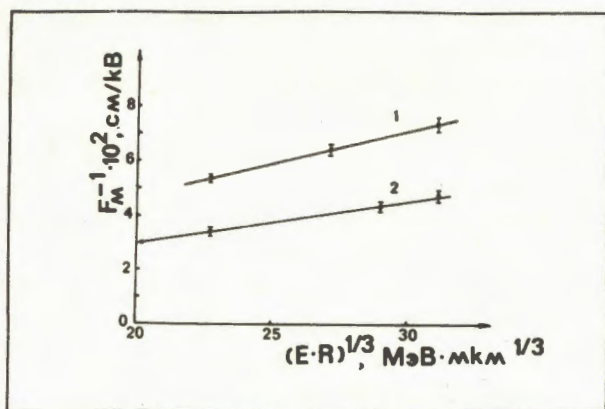


Рис. 15. Зависимость обратной величины пороговой напряженности электрического поля от произведения энергии на пробег частицы для двух детекторов

короткоживущих изотопов Hf, ближайшего химического аналога Ku. Работа проводится на пучке циклотрона У-400 на установке ХИПТИ. Продукты ядерных реакций, выбитые из облучаемой мишени, непрерывно транспортируются с помощью аэрозольной струи (Ar + NaCl) за время 5 с к аппаратуре на расстояние несколько метров за биологическую защиту. Здесь продукты растворяются в растворе, содержащем комплексообразователи, который затем подается на систему последовательно соединенных

хроматографических колонок, селективных к различным элементам. Время разделения не превышает 30 с. Динамический коэффициент очистки Hf от лантанидных элементов, которые являются аналогами актинидных элементов в задаче изучения Ku, превышает 10^6 . Это обеспечивает полное отделение нуклидов, которые своим излучением могли бы помешать идентификации и изучению спектров изотопов Hf(Ku).

4. Исследовался амплитудный отклик кремниевых поверхностно-барьерных детекторов на пучке ионов ^{40}Ar (360 МэВ). Результаты показывают, что мультипликация заряда, т.е. аномальное возрастание амплитуды регистрируемого спектрометрического сигнала, обусловленное размножением неравновесного заряда на границе металл-полупроводник, имеет место во всем диапазоне энергий (176 ÷ 320 МэВ). Показано, что пороговая напряженность электрического поля зависит от индивидуальных свойств детектора (рис. 15). Вероятность появления мультипликации заряда для частиц с различными энергиями и пробегами характеризуется параметром мультипликации $P_m = (ER)^{1/3} F_m$, где E, R, F_m — соответственно энергия, пробег и пороговое поле для данной частицы^[30].

ЛИТЕРАТУРА

1. Yereimin A.V. et al. — JINR Preprint E15-88-137, Dubna, 1988.
2. Андреев А.Н. и др. — Препринт ОИЯИ P7-88-830, Дубна, 1988.
3. Lazarev Yu.A. et al. — JINR Preprint E15-88-573, Dubna, 1988.
4. Tretiakova S.P. et al. — JINR Preprint E7-88-803, Dubna, 1988.
5. Перельгин В.П., Стеценко С.Г., Флеров Г.Н. — В сб.: Краткие сообщения ОИЯИ №7-85, Дубна, 1985, с.5.
6. Дмитриев С.Н. и др. — ОИЯИ, P12-88-400, Дубна, 1988.
7. Дмитриев С.Н. и др. — В сб.: Краткие сообщения ОИЯИ, №5 (31)-88, Дубна, 1988, с.13.
8. Guillemaud-Mueller D. et al. — JINR Preprint E7-88-650, Dubna, 1988; Preprint GANIL 88-14, 1988.
9. Luytostansky Yu.S. et al. — In: Proceeding of the 5th International Conference on Nuclei Far from Stability. Rosseau Lake, Canada, 1987, p.727.
10. Белозеров А.В. и др. — Сообщение ОИЯИ, P7-88-383, Дубна, 1988.
11. Адеев Г.Д. и др. — ЭЧАЯ, 1988, т.19, в.6, с.1229.
12. Каманин В.В. и др. — В сб.: Тезисы докладов XXXVIII Совещ. по ядерн. спектроскопии и структуре атомн. ядра. Л.: Наука, 1988, с.372.
13. Каманин В.В. и др. — В сб.: Тезисы докладов XXXVIII Совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра. Л.: Наука, 1988, с.373.
14. Карамян С.А. — Изв. АН СССР, сер. физ., 1988, т.52, с.2196.
15. Volkov V.V. — In: Fifth Int. Conf. on Clustering Aspects in Nuclear and Subnuclear Systems. Kyoto, Japan, 1988, p.220.

16. Богомолов С.Л. и др. — ОИЯИ, P19-88-641, Дубна, 1988.
17. Bogomolov S.L. et al. — In: *Contributed Papers and Abstracts of Invited Lectures and Progress Reports. 14 Summer School and Intern. Symp. on the Physics of Ionized Gases'88, Sarajevo, 1988*, p.463.
18. Касьянов А.А. и др. — ОИЯИ, P9-88-185, Дубна, 1988.
19. Касьянов А.А. и др. — ОИЯИ, P9-88-675, Дубна, 1988.
20. Гаевски М. и др. — Сообщение ОИЯИ 14-88-887, Дубна, 1988.
21. Karatryan S.A. et al. — JINR Preprint E14-88-731, Dubna, 1988.
22. Дидык А.Ю. и др. — В сб.: *Краткие сообщения ОИЯИ №5 (31)-88*, Дубна, 1988.
23. Дидык А.Ю. и др. — Препринт ОИЯИ 14-88-535, Дубна, 1988.
24. Акапьев Г.Н., Коренев С.А. — Препринт ОИЯИ 13-88-347, Дубна, 1988.
25. Оганесян Ю.Ц. и др. — Препринт ОИЯИ 18-88-758, Дубна, 1988.
26. Ter-Akopyan G.M. et al. — JINR Preprint E13-82-639, Dubna, 1982.
27. Богданов Д.Д. и др. — Препринт ОИЯИ, P7-88-596, Дубна, 1988.
28. Степанцов С.В. и др. — Препринт ОИЯИ P13-88-153, Дубна, 1988.
29. Совещ. по корреляционным экспериментам на пучках тяж. ионов, 20-25 января 1988, Дрезден, ГДР. Сб. анн., ОИЯИ, Д7-88-299, Дубна, 1988.
30. Кушнирук В.Ф. и др. — Препринт ОИЯИ P7-88-89, Дубна, 1988.

ЛАБОРАТОРИЯ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ

В 1988 г. реакторы ИБР-2 и ИБР-30 в соответствии с планом отработали для проведения физических экспериментов 10 циклов, т.е. около 2500 часов (ИБР-2 — на мощности 2 МВт, ИБР-30 — в бустерном режиме, на мощности 10 кВт). На реакторе ИБР-2 проводились исследования в основном по физике конденсированных сред, на бустере ИБР-30 — по физике атомного ядра.

В области физики конденсированных сред усилия коллектива Лаборатории были сосредоточены главным образом на исследовании фундаментальных проблем высокотемпературной сверхпроводимости. Получен ряд новых данных о структуре, динамике и электромагнитных свойствах новых сверхпроводников. Развита теория стеклоподобного их поведения, предложено модельное описание эффектов структурной неустойчивости. Получены новые результаты и в других разделах физики конденсированных сред, таких как физика металлических стекол, магнетизма, жидких кристаллов, жидких растворов, а также в структурных исследованиях биологических мембран.

В области физики атомного ядра основные усилия были сосредоточены на изучении взаимодействия нейтронов с ядрами и свойств возбужденных состояний ядер. Обнаружен и исследован α -распад новых компаунд-ядер, получены новые данные о спектрах γ -распада компаунд-состояний, о фрагментации заряда и массы осколков деления ядер резонансными нейтронами.

В области прикладных исследований работы велись по двум направлениям: создание и использование квантовых интерферометров и развитие методов элементного анализа. Создан сквид, работающий при азотной температуре и имеющий ре-

кордные характеристики для высокотемпературных сквидов.

Ряд новых результатов получен в области методических разработок. Весьма перспективной является разработанная методика получения нейтронограмм в течение одного импульса реактора ИБР-2. Расширяют экспериментальные возможности установка высокого давления для образцов, изучаемых на спектрометре КДСОГ-М, детектор множественности γ -квантов распада нейтронных резонансов, установленный на 500-метровой пролетной базе бустера ИБР-30, ионизационная камера с двумя сетками, позволяющая разделять частицы разного заряда и лучше дискриминировать фон.

Продолжалось совершенствование аппаратуры измерительно-вычислительного центра (ИВЦ) ЛНФ. Создавались новые экспериментальные установки и модернизировались действующие. На реакторе ИБР-2 проведены эксперименты по исследованию параметров активной зоны. Совместно с НИИЭФА (Ленинград) проводилась наладка первого участка ускорителя ЛИУ-30.

Успешно развивалось международное сотрудничество с институтами стран-участниц ОИЯИ. В 1988 г. в Лаборатории работали 90 сотрудников из стран-участниц (кроме СССР), посетили ЛНФ 183 специалиста. 82 сотрудника Лаборатории выезжали в научные центры стран-участниц (кроме СССР). Проведены эксперименты по исследованию свойств тяжелых фермионов в цериевых соединениях и фазовых переходов в суперионных кристаллах на нейтронном источнике Резерфордской ускорительной лаборатории (Англия). Сотрудники ЛНФ представили 21 доклад на крупных международных конференциях.

ФИЗИКА ЯДРА

1. Продолжались исследования эффектов несохранения пространственной четности (НПЧ) во взаимодействии резонансных нейтронов с тяжелыми ядрами. Были проведены новые измерения эффектов НПЧ в пропускании продольно-поляризованных нейтронов через образцы $^{232}\text{Th}^{11}$ и $^{239}\text{Pu}^{12}$. Для р-резонанса тория при 8,3 эВ получена величина асимметрии $P = (1,8 \pm \pm 0,9) \cdot 10^{-2}$, для другого резонанса 13,1 эВ величина асимметрии не выходит за пределы одной статистической ошибки. Для ^{239}Pu в интервале 1,1 ÷ 6,5 эВ значимая величина асимметрии продольно-поляризованных нейтронов не установлена. Эти результаты для ^{232}Th и ^{239}Pu сравниваются с известными данными в тепловой точке.

Механизм нарушения пространственной четности в реакциях с нейтронами исследован в работе¹³, где проведено сравнение феноменологических значений матричных

элементов нарушающего четность слабого нейтрон-ядерного взаимодействия, полученных из анализа экспериментов интегрального и дифференциального типа, и подтвержден вывод о доминировании Р-нечетного смешивания на стадии компаунд-ядра по сравнению с валентным механизмом.

2. Продолжены работы по систематическому изучению особенностей каскадного γ -распада компаунд-состояний деформированных ядер. Сопоставление схем распада ^{144}Nd , $^{163,165}\text{Dy}$, ^{168}Er , ^{175}Yb , $^{177,179}\text{Hf}$ и ^{183}W с результатами последних спектроскопических исследований позволило выявить¹⁴ как недостатки, так и преимущества методики двухквантовых каскадов. Показано, что изучение реакции $(n, 2\gamma)$ является независимым, эффективным и информативным способом установления схемы распада составного ядра до энергии возбуждения 4 МэВ и выше.

Монтаж первой очереди установки ПОЛЯНА для экспериментов с поляризованными ядрами на пучке нейтронов

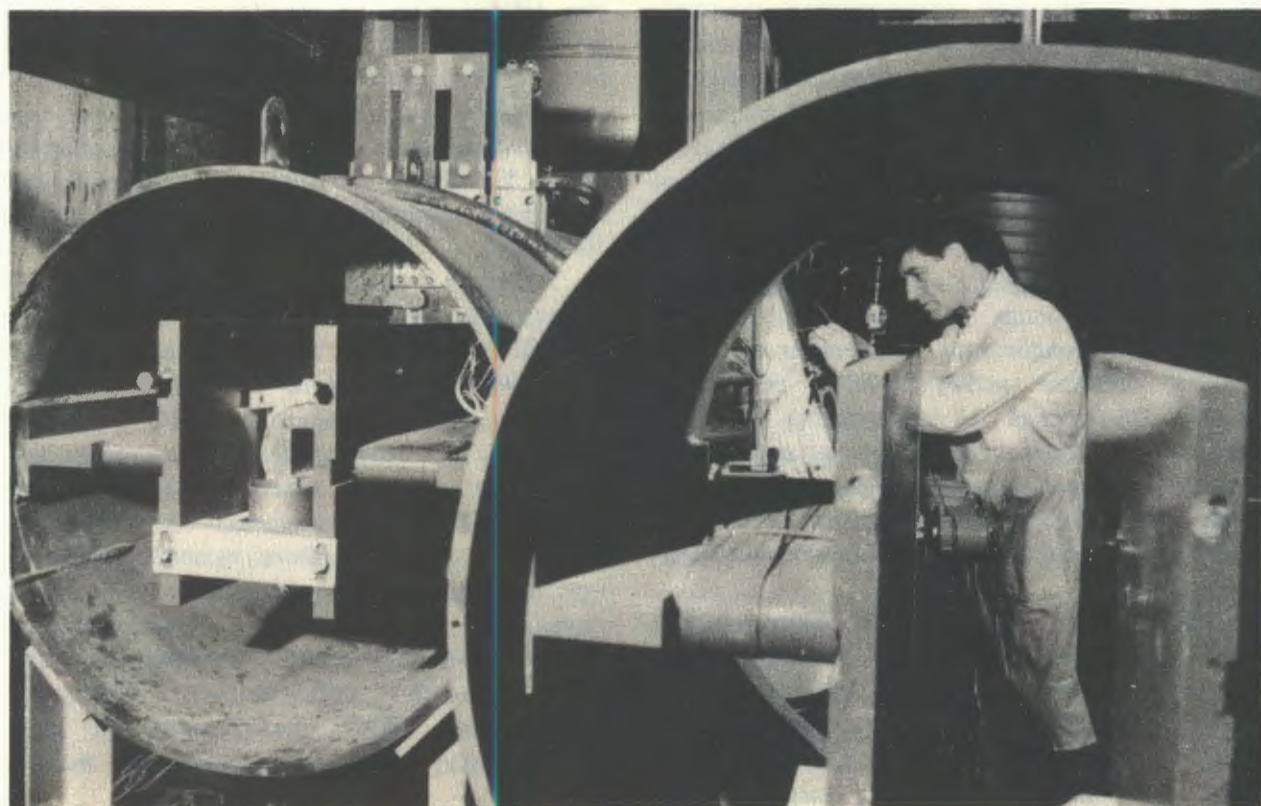
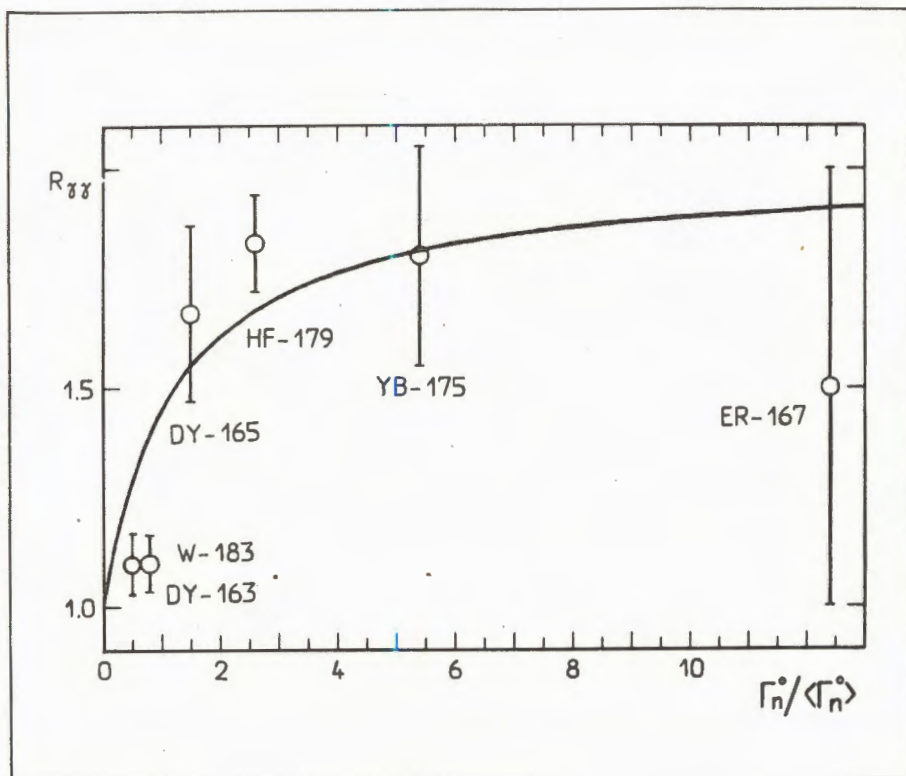


Рис.1. Отношение экспериментальной интенсивности к расчетной как функция отношения $\Gamma_n^0 / \langle \Gamma_n^0 \rangle$ для четно-нечетных деформированных ядер



Рассмотрена возможность установления порядка следования квантов в каскадах, когда энергия одного из переходов лежит в области $1 \div 1,5$ МэВ¹⁵.

Из анализа усредненных параметров каскадного распада показано, что форма распределения интенсивностей двухквантовых каскадов в четно-нечетных составных ядрах определяется величиной приведенной нейтронной ширины Γ_n^0 резонанса, ответственного за сечение захвата тепловых нейтронов¹⁶. На рис.1 представлена зависимость

$$R_{\gamma\gamma} = \Sigma I_{\gamma\gamma}^{\text{эксп.}} / \Sigma I_{\gamma\gamma}^{\text{теор.}}$$

(где $\Sigma I_{\gamma\gamma}^{\text{теор.}}$ получены в рамках статистической теории γ -распада) в функции отношения приведенной нейтронной ширины Γ_n^0 компаунд-состояния к ее среднему значению для изученных ядер. С экспериментальными точками сопоставляется зависимость, полученная в предположении корреляции Γ_n^0 с частью парциальных ширин $\Gamma_{\lambda g}$ первичных переходов.

Связанное с такой корреляцией превышение интенсивности каскадов наблюдается при вполне определенных значениях

промежуточных уровней каскада, совпадающих в пределах погрешности модельного расчета с максимумами силы фрагментированных состояний потенциала Сакоэна-Вудса¹⁷. Это говорит о том, что обнаруженное усиление двухквантовых каскадов обусловлено вкладом одночастичных γ -переходов между 4s- и 3p-оболочками.

3. Впервые обнаружен α -распад нейтронных резонансов ^{91}Zr и измерены α -ширины резонансов при $E_0 = 2,474, 1,531, 0,449$ кэВ: (165 ± 46) , (12 ± 7) и (31 ± 10) мкэВ соответственно¹⁸. Обнаружена реакция $^{187}\text{Os}(n, \alpha)^{184}\text{W}$ и получена оценка средней α -ширины $(4,4 \pm 2,6)$ мэВ¹⁹.

Совместно с Институтом ядерных исследований АН УССР выполнены исследования реакции $^{123}\text{Te}(n, \alpha)$ на фильтрованном пучке нейтронов при энергиях 2 кэВ¹⁰ и 24,5 кэВ¹¹ и получены значения сечений $\sigma_{n\alpha} = (1,4 \pm 1,3)$ мкб и $(2,8 \pm 0,8)$ мкб соответственно.

4. Информация о мгновенной эмиссии γ -квантов из осколков деления была использована для анализа фрагментации заряда и массы в процессе деления ^{235}U резонансными нейтронами¹².

С использованием таких параметров осколков, как вероятный заряд $Z_{вз}$ и неискаженный заряд $Z_{нз}$, были изучены распределения выхода мгновенных γ -квантов для легких и тяжелых осколков в зависимости от $\Delta Z = Z_{вз} - Z_{нз}$. Зависимости выхода γ -квантов от ΔZ образуют три группы для разных четностей атомного номера и массы осколков, которые хорошо описываются гауссовскими распределениями, что демонстрирует рис.2.

Были получены также элементарные распределения тяжелых и легких осколков и наблюдаены в них четно-нечетные эффекты $(37,1 \pm 3,4)\%$ и $(34,2 \pm 1,9)\%$ соответственно.

Данные по изобарическим распределениям и четно-нечетным эффектам позволили оценить динамические эффекты деления^{/13/}. Возникновение четно-нечетного эффекта можно объяснить предположением, что разрыв пар происходит на самой последней предравновесной стадии, когда энергия возбуждения компаунд-ядра ^{236}U составляет $(5,9 \pm 1,5)$ МэВ. Получены оценки энергии диссипации $E_{DIS} = (5,0 \pm 1,5)$ МэВ и энергии деформации $E_{DEF} = 13,6 \div 16,6$ МэВ.

Разработана модель, объединяющая концепцию каналов деления А.Бора и входных каналов деления^{/14/}, которая позволила удовлетворительно описать всю совокуп-

ность экспериментальных данных по флуктуациям делительных характеристик в нейтронных резонансах ^{235}U .

5. Завершен анализ большой совокупности данных о s- и p-волновых нейтронных силовых функциях и радиусах рассеяния, полученных из данных о дифференциальных сечениях упругого рассеяния нейтронов с энергией $1 \div 400$ кэВ, и проведено их сравнение с различными вариантами оптико-модельных расчетов^{/15/}.

6. В рамках гибридной модели кирального мешка (CBM) выполнены теоретические исследования сложной системы нуклона в ядерном веществе в зависимости от его плотности ρ и температуры T ^{/16/}. Существенную роль играет взаимодействие запертых в мешке кварков с пионным полем на границе мешка. Для ядерного вещества обычной плотности можно вычислить изменение нуклона и иных его характеристик: магнитного момента, поляризуемости и т.п. Применение модели киральных мешков позволяет исследовать, до каких пределов по ρ и T , достижимых в физике высоких энергий, ядерное вещество может состоять лишь из трехкварковых мешков-нуклонов.

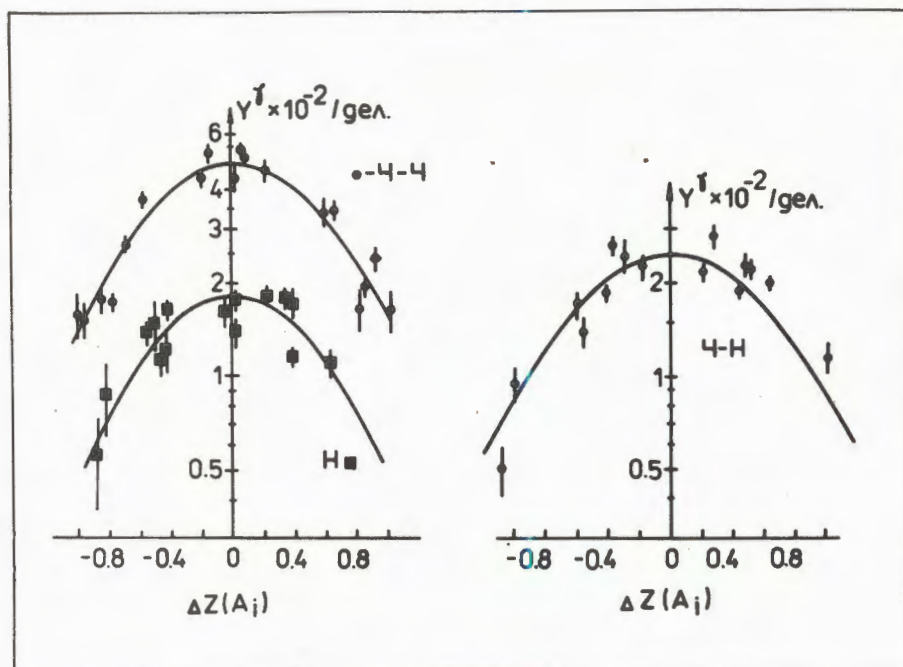


Рис.2. Изобарическое распределение выхода γ -квантов Y_γ в зависимости от отклонения заряда осколков ΔZ , где Ч и Н обозначают четное и нечетное число протонов и нуклонов в осколке соответственно

1. Совместно с сотрудниками Лаборатории теоретической физики развито модельное описание сверхпроводимости в высокотемпературных сверхпроводниках (ВТСП) на основе полярной модели металла¹⁷. Предложен механизм высокотемпературной сверхпроводимости, в основе которого лежит структурная неустойчивость новых сверхпроводников¹⁸. Развита микроскопическая теория структурного фазового перехода и связанных с ним акустических аномалий в купрате лантана¹⁹.

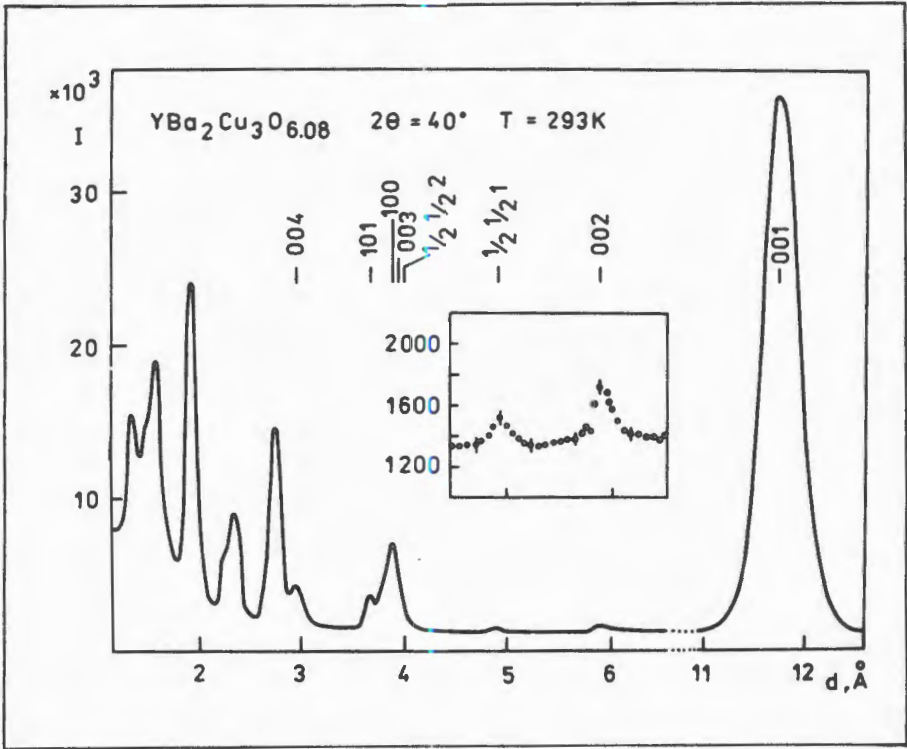
Предложено модельное описание стеклоподобного поведения высокотемпературных сверхпроводников²⁰. Получено новое описание фазовой диаграммы в переменных температура — внешнее магнитное поле, показана связь долговременной релаксации с незргодичностью системы. На основе полученных теоретических предсказаний предложена программа экспериментальных исследований электромагнитных свойств новых сверхпроводников методами поляризованных нейтронов, релаксации спина мюона и магнитометрии с помощью сквида.

2. На дифрактометре ДН-2 были выполнены детальные исследования структуры

ВТСП типа $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ ^{21,22}. Показано, что такой критический для ВТСП параметр, как содержание кислорода непосредственно в решетке, удастся измерить с точностью 0,5%. Подтверждено наличие антиферромагнитного упорядочения ионов меди в образцах с низким содержанием кислорода (рис.3). В ходе исследования образцов с частичным замещением меди на железо впервые обнаружена корреляция между температурой перехода в сверхпроводящее состояние и вероятностью нахождения железа в позиции Cu_2 , что подтверждает важную роль плоскостей CuO_2 в формировании сверхпроводящих свойств этого соединения. Не обнаружено признаков сверхструктуры в монокристаллах иттриевых и гадолиниевых сверхпроводников.

3. На спектрометре КДСОГ-М методом неупругого рассеяния нейтронов проведены исследования двух семейств ВТСП-материалов — лантановых и иттриевых керамик — $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_{4-y}$ и $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ ²³⁻²⁵. Преимущества спектрометра КДСОГ-М состоят в возможности одновременного измерения дифракции нейтронов и неупругого рассеяния, причем неупругое рассеяние измеряется со сбросом энергии, что позволяет исследовать динамику решетки при

Рис.3. Дифракционный спектр от образца $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6.08}$ при $2\theta = 40^\circ$. Наблюдается четкий пик при $d = 4,93 \text{ \AA}$, который интерпретируется как $(1/2 \ 1/2 \ 1)$ магнитный рефлекс от АФ-структуры



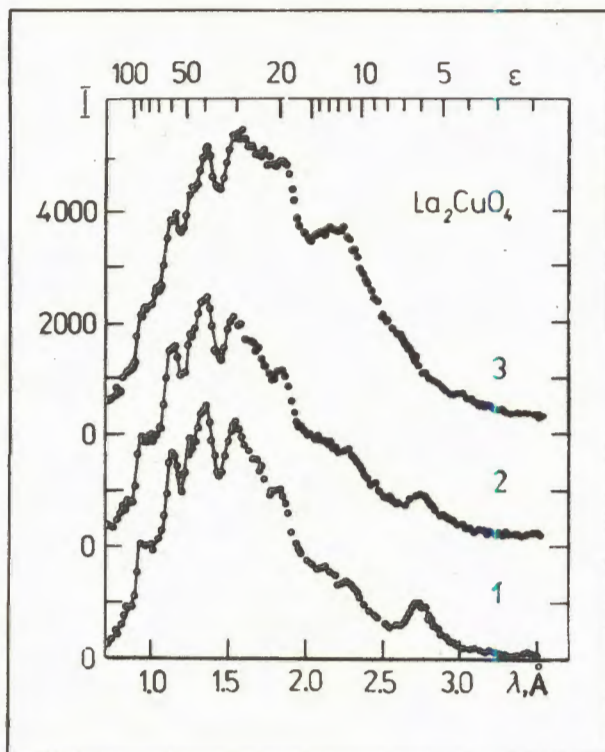


Рис.4. Спектры неупругого рассеяния нейтронов на La_2CuO_4 : 1 — $T = 10$ К, 2 — $T = 77$ К, 3 — $T = 290$ К. По вертикальной оси интенсивность, ϵ — переданная энергия, мэВ

низких температурах. На рис.4 показан спектр неупругого рассеяния нейтронов на La_2CuO_4 для температур 10, 77 и 290 К. Впервые однозначно установлено наличие в спектрах лантановых керамик линии около 6 мэВ при $T = 77$ и 10 К.

Спектры неупругого рассеяния и дифракции для соединений YBaCu_3O_x были исследованы для содержания кислорода $x = 6,95$; 6,45 и 6,15 при температурах 290, 80 и 10 К. Получены обобщенные функции плоскости фононных состояний, которые существенно меняются в широком диапазоне энергий (10 ÷ 90 мэВ) с ростом дефицита кислорода (рис.5). На сверхпроводящих образцах ($x = 6,95$ и 6,45) при понижении температуры наблюдается аномальный рост плотности состояний в диапазоне от 15 до 40 мэВ. Данный эффект отсутствует в несверхпроводящем образце ($x = 6,15$).

Как показывают модельные расчеты^{/26/}, наблюдаемые аномалии в функции распределения фононов хорошо согласуются с ангармонической моделью ВТСП^{/18/}.

4. Глубина проникновения магнитного поля Λ в ВТСП является важным параметром для понимания свойств этих материалов. Появившиеся в последнее время противоречивые экспериментальные данные заставляют искать новые подходы. В ЛНФ был предложен эксперимент^{/27/} по определению Λ с помощью отражения поляризованных нейтронов от тонкой пленки, напыляемой на монокристаллическую подложку. Эксперимент был выполнен при $T = 5,2$ К с пленкой из $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ толщиной 2000 Å, напыленной на поверхность {1,0,0} монокристалла SrTiO_3 вдоль оси C ^{/28/}. По зеркальному отражению поляризованных тепловых нейтронов получено следующее значение: $\Lambda = (970^{+600}_{-250})$ Å.

5. С помощью малоуглового рассеяния нейтронов в широком секторе диаграммы "концентрация — температура" выполнен цикл исследований свойств мицеллярных растворов додецилсульфата натрия^{/29/}. В указанных растворах обнаружена неизвестная ранее закономерность, связывающая агрегатное число n с концентрацией сурфактанта C , а именно $n \approx C^{1/4}$. Предложено модельное описание как этой закономерности, так и наблюдаемой зависимости агрегационного числа от температуры раствора.

Рис.5. Обобщенная функция фононных состояний $G(\epsilon)$ для $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ при $T = 80$ К (пунктир) и $T = 290$ К (точки) для $x = 6,95$; 6,45 и 6,15. ϵ — переданная энергия, мэВ

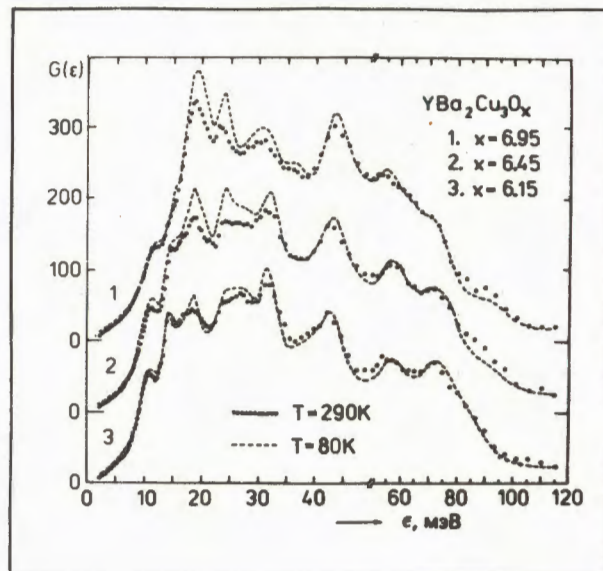
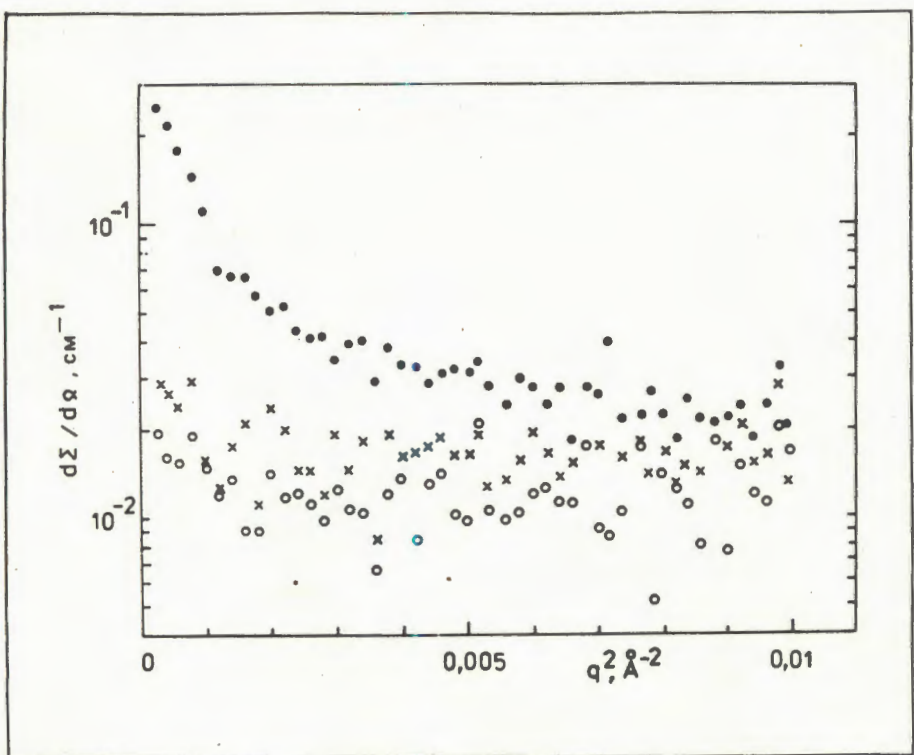


Рис.6. Сечение малоуглового рассеяния нейтронов в зависимости от образцов сплава $Ti_{41}Zr_{41}Si_{18}$: быстрозакаленный (●) и отожженный при $250^{\circ}C$ в течение 1 часа (x) и 24 часов (o)



6. Методом малоуглового рассеяния нейтронов исследованы аморфные быстрозакаленные сплавы $Ti-Zr-Si$ и $Ti-Zr-Ge$ ^{/30/}. В этих металлических стеклах наблюдались неоднородности, релаксирующие в "идеальное" стекло при низкотемпературном отжиге. На рис.6 показано сечение малоуглового рассеяния в зависимости от образцов сплава $Ti_{41}Zr_{41}Si_{18}$. Обнаружение указанного явления существенно для объяснения целого ряда свойств новых исследованных материалов и, вместе с тем, указывает на существование крупномасштабных (~100 Å) метастабильных атомных структур, более неравновесных, чем обычное аморфное состояние. Релаксация неоднородностей сопровождается аномальной зависимостью микротвердости сплава от температуры. Наблюдаемые нейтронно-оптические неоднородности не удается связать с неоднородностью химического состава или неоднородностью плотности упаковки атомов в стекле.

7. Методом дифракции нейтронов изучалось влияние диэстера гексилфосфоновой кислоты PAB_6 ($C_6H_{11}P(O)(OC_4H_9)_2$) на структуру мембран из общей липидной фракции яичного желтка PL (модельное соотношение $PL + PAB_6 = 2:1$)^{/31/}. Установ-

лено одновременное существование двух фаз с существенно отличающимися постоянными решетки при относительных влажностях $\psi = 15\%$ и 60% ($T = 22^{\circ}C$). При $\psi = 97\%$ наблюдалась только одна (L_a) фаза с $d = 48,1$ нм. С использованием дейтерий-меченного эстера и метода разностного фурье-синтеза определены распределения эстера и воды, а также другие структурные параметры мембран. Показано, что молекулы PAB_6 распределены в основном в липидной области, причем в центрально-углеродной части (гидрофобной) мембраны величина плотности распределения максимальна.

8. На спектрометре КОРА в дифракционном режиме проведены структурные и спектральные исследования фазовых переходов в дейтероизотопомерах ЭББА (этоксibenзилиден-бутиланилин)^{/32/}.

Установлено, что фаза C_1 образуется у всех изотопомеров как при быстром, так и при медленном охлаждении образца из нематической фазы. Переход в другие модификации, в отличие от МББА, происходит в довольно широком интервале температур, а порядок следования фаз может существенно зависеть от наличия примесей.

9. На основании проведенных магнитных и нейтронографических исследований $\text{Cu}_x\text{Zn}_{1-x}\text{Cr}_2\text{Se}_4$ при $x = 0,02$ и $x = 0,11$ установлено^{/33/}, что существует простая спиральная магнитная структура для $x = 0,02$ и коническая для $x = 0,11$ при температуре ниже 21 К. В случае $\text{Cu}_{0,11}\text{Zn}_{0,89}\text{Cr}_2\text{Se}_4$ коническая структура образуется в виде кластеров.

МЕТОДИЧЕСКИЕ И ДРУГИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

1. Для исследования свойств конденсированных сред в зависимости от давления и температуры создана экспериментальная установка на спектрометре КДСОГ-М, позволяющая одновременно измерять спектры как дифракции, так и неупругого некогерентного рассеяния нейтронов^{/34/}. Установка включает в себя газовый компрессор с максимальным давлением 1500 МПа, систему передачи и контроля давления в экспериментальной камере, гелиевый криостат с автоматическим регулятором температуры в пределах от 10 до 300 К для термостатирования образца. Тестовые измерения показали, что масса образцов может составлять от 2 до 32 г, а время экспозиции — от нескольких минут до

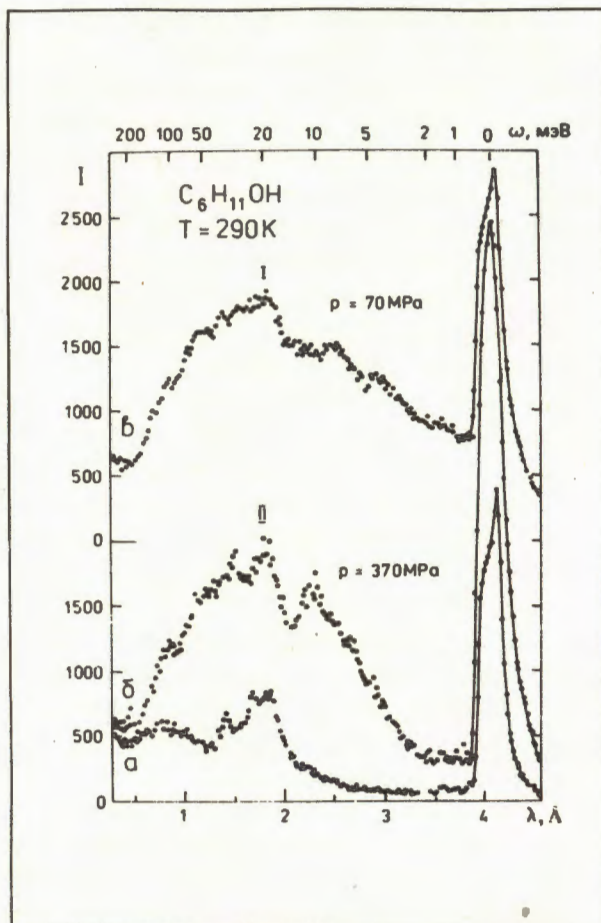


Рис.7. Спектры неупругого некогерентного рассеяния нейтронов от пустой камеры высокого давления (а) и от камеры высокого давления с образцом $\text{C}_6\text{H}_{11}\text{OH}$ (б, в)



На стометровой пролетной базе канала ИБР-2 ведется монтаж текстурного дифрактометра НСВР. На снимке: юстировка секции зеркального нейтронотода

Обсуждение результатов измерений сечений радиационного захвата и деления на детекторе множественности типа "Ромашка"



нескольких часов. На рис.7 показан пример спектров неупругого некогерентного рассеяния нейтронов для образца $C_6H_{11}OH$.

2. Продемонстрирована возможность измерения нейтронограмм с достаточной статистической точностью^{/35/} от одного импульса реактора ИБР-2. Это позволяет исследовать процессы длительностью несколько секунд и более с разрешением $\Delta t = 200$ мс, процессы с $t \leq 10$ мс с разрешением $\Delta t = 300$ мкс и процессы с $t > 10$ мс с разрешением $\Delta t = 300$ мкс при повторении процесса. Данная методика найдет применение в нейтронографическом исследовании переходных процессов в физике, химии, биологии.

3. На 500-метровой пролетной базе бустера ИБР-30 создан детектор множественности типа "Ромашка". Детектор состоит из 16 кристаллов NaI(Tl) общим объемом 36 л^{/36/}. Геометрическая эффективность регистрации одиночных γ -квантов $\sim 80\%$. Отношение эффективностей регистрации γ -квантов и рассеянных образцом нейтронов с энергией ниже 200 кэВ составляет более 600. Созданный детектор позволяет прово-

дить измерения сечений радиационного захвата нейтронов и деления, исследовать множественность излучений и эффекты резонансного самоэкранирования в диапазоне энергий от 20 эВ до 200 кэВ.

4. В рамках диффузного приближения построена теория распространения ультрахолодных нейтронов (УХН) по разветвленным нейтронводам и показана необходимость учета углового распределения УХН в нейтронводах^{/37/}.

5. Предложена методика использования ионизационной камеры с двумя сетками для идентификации и спектрометрии низкоэнергетических заряженных частиц с близкой энергией, но различным значением произведения массы на заряд^{/38/}. Методика позволяет проводить многомерные измерения совпадающих импульсов с катода и анода камеры. Схема отбора обеспечивает надежную идентификацию заряженных частиц разного сорта с близкой энергией и существенно улучшает отношение эффекта к фону в условиях плохого разрешения из-за присутствия в камере радиоактивной мишени.

1. Из высокотемпературной керамики $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ изготовлен двухиндуктивный радиочастотный квантовый интерферометр (сквид), функционирующий при температуре жидкого азота и проявляющий все основные особенности радиочастотного сквида^{/39/}. Уровень шумов высокотемпературного сквида в диапазоне высоких частот примерно в 3 раза превышает шумы обычного низкотемпературного сквида. Шумы типа $1/f$ начинаются примерно от 10 Гц, так что на низких частотах чувствительность созданного сквида в 20-30 раз меньше чувствительности низкотемпературного сквида (рис.8).

2. Рентгенофлуоресцентный и нейтронно-активационный методы, а в ряде случаев рентгеноспектральный анализ с протонным возбуждением и анализ с применением (p, n)-реакции были использованы для определения элементного состава различных водных объектов^{/40/}. Показана возможность получения пространственно-временных зависимостей концентраций элементов примесей в воде и использования таких данных при комплексном изучении санитарно-гигиенических показателей водных систем.

3. Методом нейтронно-активационного анализа изучалось содержание элементов в вяжущих компонентах и заполнителях тяжелых бетонов с целью идентификации нуклидов, дающих основной вклад в долгоживущую наведенную активность бетонов^{/41/}. Показано, что такими нуклидами являются ^{152}Eu , ^{154}Eu , ^{60}Co и ^{134}Cs ,

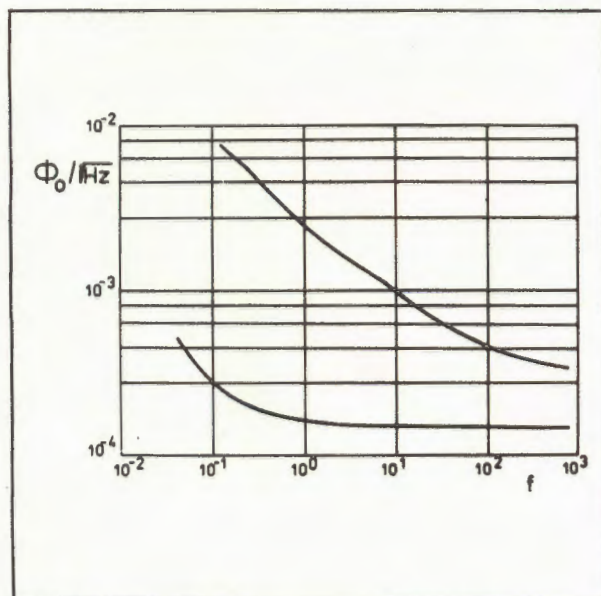


Рис.8. Фурье-спектр импульсов высокотемпературного сквида при $T = 78 \text{ K}$ (верхняя кривая) и стандартного низкотемпературного сквида при $T = 4 \text{ K}$ (нижняя кривая). f — частота, Гц, по оси ординат — плотность шумов, $\Phi_0/\text{Гц}^{1/2}$

и даны рекомендации об ограничении применения в конструкциях таких материалов, как магнетит, хромит, серпентит. Полученные результаты могут служить основой для оптимального выбора материалов при строительстве бетонной защиты нейтронных источников.

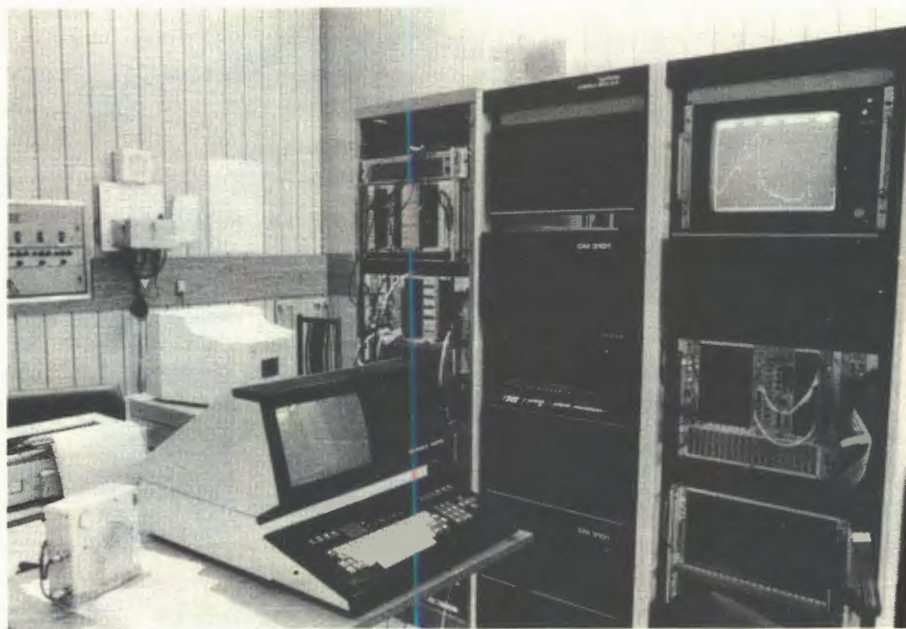
4. Предложены анализ элементного состава массивных образцов ВТСП методом ионного возбуждения характеристического рентгеновского излучения и исследование тонких пленок из материалов ВТСП методом резерфордского обратного рассеяния^{/42/}. Элементный состав может быть измерен с точностью не хуже чем 4,5, 4,0 и 4,5% для Cu, Y и Ba соответственно.

ИЗМЕРИТЕЛЬНО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР И ЭЛЕКТРОННАЯ АППАРАТУРА

В течение 1988 г. продолжалось развитие измерительных модулей ряда экспериментальных установок. Создана система автоматизации спектрометра СПН-1 на базе соединенных линиями связи ЭВМ СМ-1300 и двух микропроцессорных контроллеров, управляющих аппаратурой КАМАК^{/43/}.

Усовершенствован измерительный модуль спектрометра КОРА^{/44/}, обеспечивающий текущий контроль параметров установки и накопление спектрометрической информации. Разработан алгоритм программной сортировки и накопления большого массива информации.

Измерительно - вычислительный центр ЛНФ. Аппаратура для проведения экспериментов по высокотемпературной сверхпроводимости в одном из залов центра



Для спектрометра "Ромашка" создан измерительный модуль на базе ЭВМ СМ-1300 и вариант на персональном компьютере "Правец-16"^{/36/}.

Развито модульное программное обеспечение КАМАК для программных систем автоматизации экспериментов, реализуемых на языке Паскаль^{/45/}. На основе модульной организации этих программ разработаны служебные программы, инвариантные к методике эксперимента, выполняющие автоматическое формирование диспетчера прерываний, автоматический (или автоматизированный) сбор значений управляющих параметров для блоков КАМАК, автоматическую инициацию всех блоков

КАМАК в системе, эмуляцию отсутствующих блоков и др.

Продолжались работы по развитию и расширению локальной вычислительной сети (ЛВС) ЛНФ. В 1988 г. ЛВС расширена до 19 ЭВМ, создан анализатор ЛВС на базе ПК "Правец-16".

Из разработанных блоков можно отметить многофункциональный кодировщик номера детектора^{/46/}, предназначенный для преобразования порядкового номера детектора в параллельный двоичный код. Универсальность блока позволяет использовать его в виде составной части многоканального анализатора в автономном режиме или управляющего блока на связи с ЭВМ.

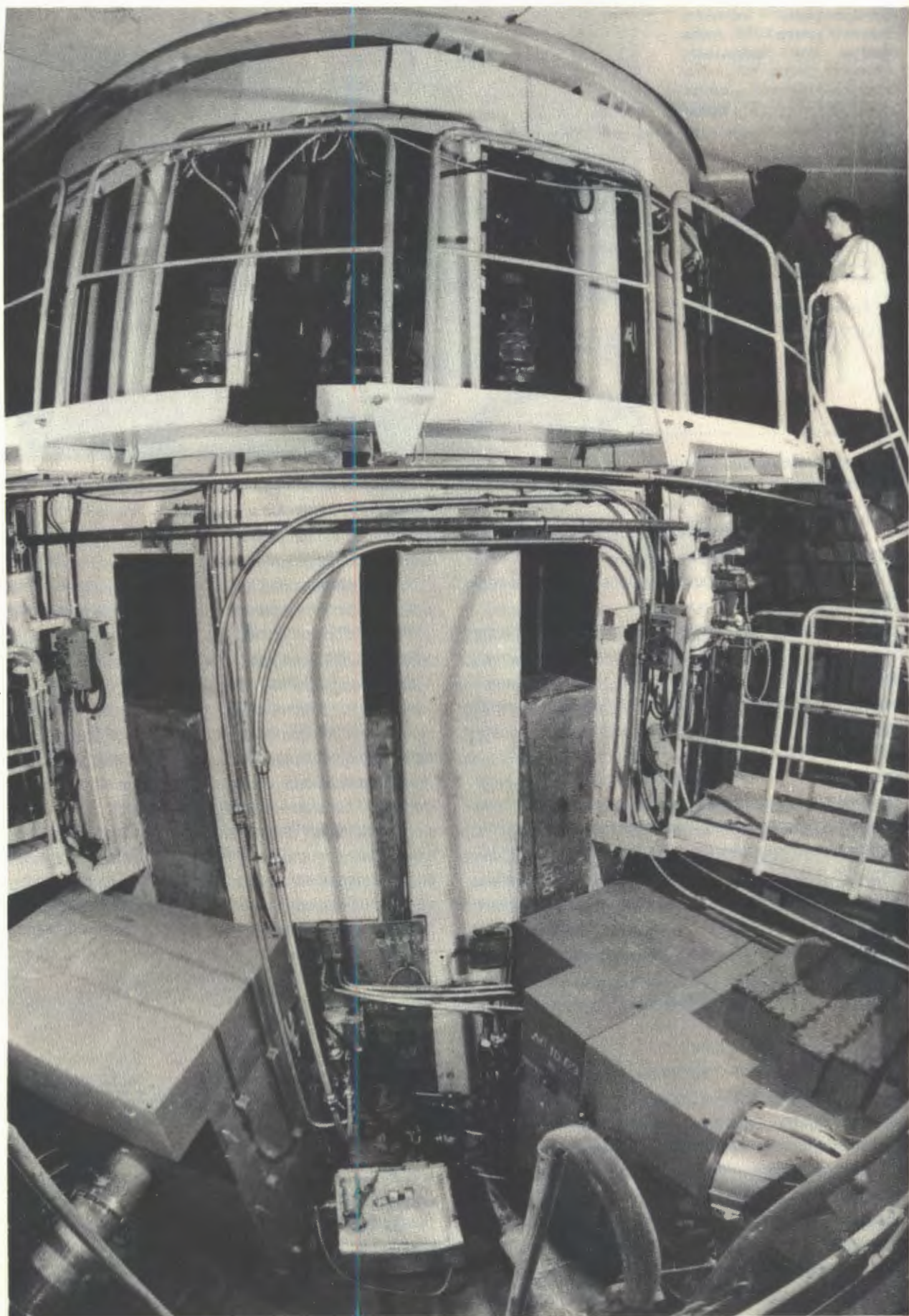
БАЗОВЫЕ УСТАНОВКИ

Продолжались исследования реактора ИБР-2. В июне 1988 г. проведены измерения мощностного эффекта реактивности с использованием устройства импульсной модуляции реактивности. Полученные результаты показывают, что импульсная характеристика обратной связи не имеет простого экспоненциального характера, как считалось ранее, а содержит не менее трех экспонент, что существенно влияет на анализ динамики реактора в быстрых процессах. Другой

существенный результат — сильная зависимость временных параметров обратной связи от расхода натрия.

Проведены^{/47-49/} измерения и анализ флуктуаций и параметров шумов мощности реактора ИБР-2.

В 8-м и 9-м циклах на мощности до 2 МВт на ИБР-2 реализован режим охлаждения канала УХН газообразным гелием при $T \sim 15$ К с использованием ХГУ. Получено 15-кратное увеличение потока УХН



с конвертора из гидрида циркония с наможенной водой.

На ускорителе ЛИУ-30 совместно с НИИЭФА продолжались работы по проводке пучка через первый ускорительный участок. Установлены 15 импульсных фокусирующих катушек, встроенных в секции

вместо индукторов, по длине 6 секций с шагом 700 мм. Дополнительно в промежутках между секциями установлены 5 линз, питаемых постоянным током. Внутри секций размещены трубки с полупроводящим покрытием. В результате после прохождения 6 секций получены следующие параметры электронного пучка: энергия $\sim 4,5$ МэВ, ток в импульсе ~ 160 А, длительность импульса ~ 400 нс.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алфименков В.П. и др. — ОИЯИ РЗ-88-318, Дубна, 1988.
2. Алфименков В.П. и др. — ОИЯИ РЗ-88-319, Дубна, 1988.
3. Бунаков В.Е. и др. — ОИЯИ РЗ-88-362, Дубна, 1988.
4. Бонева С.Т. и др. — Изв. АН СССР, сер. физ., 1988, т.52, №11, с.2082.
5. Бонева С.Т. и др. — ОИЯИ Р6-88-117, Дубна, 1988.
6. Boneva S.T. et al. — Z.Phys. A. — Atomic Nuclei, 1988, v.330, p.153.
7. Бонева С.Т. и др. — ОИЯИ РЗ-88-371, Дубна, 1988.
8. Гледенов Ю.М. и др. — ОИЯИ РЗ-88-806, Дубна, 1988.
9. Анджеевски Ю. и др. — ОИЯИ РЗ-88-824, Дубна, 1988.
10. Вертебный В.Л. и др. — ОИЯИ РЗ-88-67, Дубна, 1988.
11. Втюрин В.А. и др. — ОИЯИ РЗ-88-186, Дубна, 1988.
12. Богдзель А.А. и др. — ОИЯИ Р15-88-385, Дубна, 1988.
13. Гундорин Н.А. и др. — ОИЯИ Р15-88-386, Дубна, 1988.
14. Furman V.I. et al. — In: Nucl. Reactions. Proc. 17th Int. Symp. on Nucl. Phys., Gaussig, 1987. Drezden, ZFK, 1988, p.86.
15. Mitsyna L.V. et al. — JINR E3-88-237, Dubna, 1988.
16. Бунатян Г.Г. — ЯФ, 1988, т.48, вып.11, с.1290.
17. Bogolubov N.N. et al. — Physica C, 1988, v.153, p.99.
18. Aksenov V.L. et al. — Physica C, 1988, v.153, p.194.
19. Aksenov V.L. et al. — phys.stat.sol.(b), 1988, v.146, p.K1; v.146, p.K7.
20. Aksenov V.L. et al. — Physica C, 1988, v.156, p.18; p.235.
21. Balagurov A.M. et al. — In: JINR Rapid Communications, No.4(30)-88, Dubna, 1988, p.38.
22. Balagurov A.M. et al. — In: JINR Rapid Communications, No. 4(30)-88, Dubna, 1988, p.49.
23. Белушкин А.В. и др. — Письма в ЖЭТФ, 1988, т.47, с.216.
24. Натканец И. и др. — Письма в ЖЭТФ, 1988, т.48, с.166.
25. Belushkin A.V. et al. — Physica C, 1988, v.156, p.259.
26. Plakida N.M. et al. — JINR E17-88-822, Dubna, 1988.
27. Корнеев Д.А. и др. — ОИЯИ Р4-88-447, Дубна, 1988.
28. Гапонов С.В. и др. — ОИЯИ РЗ-89-1, Дубна, 1989.
29. Bezzabotnov V.Yu. et al. — J. Phys., 1988, v.98, p.5738.
30. Беззаботнов В.Ю. и др. — ОИЯИ Р14-88-290, Дубна, 1988.
31. Балагуров А.М. и др. — ОИЯИ Р14-88-390, Дубна, 1988.
32. Долганов В.К. и др. — ОИЯИ Р14-88-259, Дубна, 1988.
33. Низиол С. и др. — ОИЯИ Р14-88-446, Дубна, 1988.
34. Хабрыло С. и др. — ОИЯИ Р13-88-315, Дубна, 1988.
35. Миронова Г.М. — ОИЯИ Р13-88-326, Дубна, 1988.
36. Георгиев Г.П. и др. — ОИЯИ Р13-88-555, Дубна, 1988.
37. Голиков В.В. и др. — ОИЯИ РЗ-88-48, Дубна, 1988.
38. Гледенов Ю.М. и др. — ПТЭ, 1988, №3, с.55.
39. Bobrakov V.F. et al. — In: JINR Rapid Communications, No.4(30)-88, Dubna, 1988, p.101.

40. Кудряшов В.И. и др. – ОИЯИ 14-88-350, Дубна, 1988.
41. Беляков Ю.И. и др. – ОИЯИ 18-88-204, Дубна, 1988.
42. Пкхатов Р.А. – JINR E14-88-568, Дубна, 1988.
43. Гюнтер З. и др. – ОИЯИ P10-88-455, Дубна, 1988.
44. Грос Т. и др. – ОИЯИ P10-88-322, Дубна, 1988.
45. Кастилье Г. и др. – ОИЯИ P10-88-212, Дубна, 1988.
46. Жиронкин Г.Ф., Оганезов Г.А. – ПТЭ, 1988, №5, с.224.
47. Пепельшев Ю.Н. – ОИЯИ 13-88-58, Дубна, 1988.
48. Пепельшев Ю.Н. – ОИЯИ 13-88-59, Дубна, 1988.
49. Барчел М. и др. – ОИЯИ 13-88-345, Дубна, 1988.

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И АВТОМАТИЗАЦИИ

В 1988 г. усилия коллектива Лаборатории были направлены на обеспечение проводимых в ОИЯИ теоретических и экспериментальных исследований ресурсами ЭВМ. Выполнены работы по развитию и эффективному использованию устройств обработки

камерных снимков. Получили развитие численные и качественные методы решения нелинейных задач математической физики в связи с исследованиями, проводимыми в ОИЯИ. Созданы комплексы программ для обработки экспериментальных данных.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦЕНТРАЛЬНОГО ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

На ЭВМ ЕС-1061 введены в эксплуатацию новая версия транслятора с языка Фортран-77 и в опытную эксплуатацию — операционная система — система виртуальных машин. Эта система надежней предыдущих версий ОС и обеспечивает пользователям принципиально новые возможности для работы в интерактивном режиме. Создана система защиты файлов, обеспечивающая санкционированный доступ к информации в пакетном и диалоговом режимах. Эта система защиты располагает более удобными и разнообразными средствами по сравнению с имеющимися в стандартном аппарате защиты файлов¹¹.

Получило развитие общесистемное математическое обеспечение базовых ЭВМ. Усовершенствован набор программ статистической обработки информации об использовании ресурсов ЭВМ CDC-6500 (учет времени работы центрального процессора и каналов с момента очередного вызова операционной системы, а также отдельных пользователей терминалов и др.). В целях расширения общих возможностей системы в ее состав включен транслятор с алгоритмического языка Фортран-77. Таким образом, все базовые машины ОИЯИ имеют средства перевода с наиболее современного широко применяемого универсального языка программирования.

В библиотеку программ общего назначения ЭВМ БЭСМ-6 включены пакеты матричной алгебры, подготовлены описания для пользователей.

Создано тестовое математическое обеспечение плат-аналогов сетевого оборудования, в том числе платы 16-разрядного полудуплексного интерфейса, плат обслуживания асинхронных линий к абонентам, процессорной платы. Разработана новая версия сетевого программного обеспечения, рассчитанного на обслуживание узлов с платами-аналогами, а также на возможное увеличение числа абонентских линий к каждому узлу связи, на накопление статистики о работе сети и расширенный набор команд от абонентов.

В рамках подготовки эксперимента DELPHI выполнен комплекс работ по созданию терминальной станции для связи с вычислительным центром ЦЕРНа. В качестве интеллектуального терминала используется персональная ЭВМ "Правец-16". Выход на международные вычислительные сети осуществляется через аппаратуру Национального центра автоматизированного обмена информацией (НЦАО) на базе Всесоюзного научно-исследовательского института прикладных автоматизированных систем (Москва).

Вход в локальную сеть ЦЕРНа осуществляется набором сетевого адреса. Локальная сеть позволяет подсоединиться к любой ЭВМ. В частности, осуществлен выход на ЭВМ VAX 8800 и IBM 3090-200. С момента включения в сеть работа с терминала осуществляется в режиме, принятом в ЦЕРНе¹².

Созданы архив программных продуктов для персональных ЭВМ ОИЯИ, занимающий 207 дискет, а также автоматизированные средства доступа к каталогу данного архива. Успешно ведутся работы по внедрению программных систем проектирования и баз данных на персональных ЭВМ¹³.

Таблица

Эксплуатация базовых и электронно-вычислительных машин

ЭВМ	Годовой план, ч	Общее полезное время счета за год, ч	Среднесуточное полезное время, ч	Число пропущенных задач
ЕС-1061	6100	6550	19,1	197066/127350*
ЕС-1060	6100	6395	18,4	12436/3310*
CDC-6500	7300	7820	22,2	223360/80325*
БЭСМ-6	6600	7271	21,5	43581/13588*

* Число задач, пропущенных с терминалов.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМ АНАЛИТИЧЕСКИХ ВЫЧИСЛЕНИЙ НА ЭВМ

Предложена методика решения задач теории возмущений в квантовой механике на языке группы динамической симметрии с помощью системы компьютерной алгебры REDUCE. Создана программа вычислений в аналитическом виде энергии и волновых функций атома водорода в электрическом поле для произвольного порядка теории возмущений.

Сравнение с образцом является одним из важнейших этапов преобразования алгебраических выражений в современных системах аналитических вычислений на ЭВМ. Чем сложнее алгоритм вычислений, тем большую роль в них играют правила подстановок. Поэтому совершенствование аппарата сопоставления с образцом имеет важное значение для развития систем аналитических вычислений. Реализован метод повышения быстродействия аппарата подстановок системы REDUCE, основанный на идеологии компиляции образцов^{14,15}.

С использованием метода Крылова — Боголюбова для усреднения в высших приближениях исследован вопрос о влиянии нелинейных резонансов на амплитуды бета-тронных колебаний в циклическом ускоре-

теле. Программы реализованы с помощью системы аналитического программирования REDUCE-3.2. Получены достаточные условия ограниченности амплитуд бета-тронных колебаний под влиянием резонансов в третьем приближении для синхрофазотрона ОИЯИ^{16,17}.

С помощью системы аналитических вычислений REDUCE проведено исследование нелинейных интегрируемых систем дифференциальных уравнений. Для этой цели разработаны оригинальные алгоритмы и созданы эффективные программы. В результате получены новые конечно-зонные решения для системы Гарнье и для g-мерного анизотропного гармонического осциллятора. Найдены новые гамильтоновы системы с кубической нелинейностью, обладающие лаксовым представлением и достаточным набором независимых инволютивных интегралов. Предложен алгоритм решения дифференциальных уравнений со спектральным параметром типа Альфана. Условие интегрируемости пары таких уравнений приводит к широкому классу нелинейных дифференциальных уравнений типа Лакса — Новикова¹⁸⁻²⁰.

СОЗДАНИЕ И РАЗВИТИЕ СРЕДСТВ И МЕТОДОВ ВИЗУАЛЬНОЙ СВЯЗИ С ЭВМ

Для расширения графических возможностей персональных компьютеров типа РС-ХТ, в частности "Правец-16", разработан одноплатный графический контроллер, обеспечивающий вывод на экран цветных изображений в растре 1024 x 1024 элементов, количество цветов — 8. Разработано базовое программное обеспечение для управления дисплеем, генерации графических примитивов и реализации операций ввода/вывода, а также интерфейсные программы для стыковки с графическими пакетами АТОМ и ГРАФОР. Предложены алгоритмы и аппаратная реализация ряда основных функций растровой машинной графики: заполнение многоуголь-

ников, генерация линий, сглаживание и др. На основе персональной ЭВМ "Правец-16" и телевизионной камеры на матрице ПЗС создана автоматизированная система съема и цифровой обработки двумерных изображений. Программное обеспечение системы включает служебные и тестовые программы, а также программы улучшения разрешающей способности, контрастности, отношения сигнал/шум различными методами. Созданы программы специальной обработки: обнаружение и обход контуров изображения, пороговая фильтрация, вычисление основных пространственных параметров анализируемого объекта и др.^{11,12}.

Телевизионная система контроля оптических трековых детекторов на основе матрицы приборов с зарядовой связью и ПЭВМ "Правец-16"



МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Создана графическая многовариантная система ИРИС для представления информации при решении сложных задач моделирования и обработки экспериментальных данных.

Автономный вариант системы ИРИС/А используется на ЭВМ ЕС-1061 для статистического анализа и интерпретации физических результатов установки БИС-2, разработки алгоритмов распознавания многотрековых событий, исследований характеристик ре-

гистрирующей аппаратуры установки "Нейтронный детектор" и расчетов в области теоретической физики. Успешно применяется вариант системы ИРИС/А на персональных ЭВМ "Правец-16".

Введена в эксплуатацию интегрированная распределенная система машинной графики ИРИС/Р на базе неоднородного вычислительного комплекса, включающего персональную и центральную вычислительные маши-

ны. Центральная ЭВМ в пакетном режиме обрабатывает физическую информацию, формирует модуль объекта в базе данных и представляет ее в графическом метафайле. ПЭВМ интерпретирует метафайл — осуществляет вывод на дисплей-монитор, плоттер или графический точечно-мозаичный принтер^{/13,14/}.

Выполнена оценка возможностей методов наименьших квадратов и робастного оценивания линейных регрессионных параметров заряженных частиц в проволочных камерах на модельных и реальных данных. Показано, что робастное оценивание по

методу Тьюки лучше по сравнению с общепринятыми методами (разновидностями МНК и т.д.)^{/15/}.

Исследованы алгоритмы распознавания и фильтрации треков, регистрируемых мюонным спектрометром "Нейтринного детектора". Благодаря оригинальной идее количественной оценки коэффициента связи трековых элементов, регистрируемых в системе дрейфовых камер и тороидальных магнитов установки, был последовательно применен метод максимального правдоподобия, что обеспечило высокую эффективность распознавания треков^{/16/}.



Успешно ведутся работы по созданию и развитию алгоритмов и программного обеспечения электронных экспериментов и обработке данных. На снимке: обсуждение и анализ информации, полученной на установке "Нейтринный детектор"

РАЗВИТИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АВТОМАТИЧЕСКИХ И ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ КАМЕРНЫХ СНИМКОВ

С целью повышения точности и скорости измерений на приборах ПУОС в них вводятся матрицы ПЗС и персональные ЭВМ "Правец-16". Для сопряжения ПЭВМ с ЕС ЭВМ разработан интерфейс, использующий протокол обмена информацией локальной дисплейной системы ЕС-7920. Интерфейс подключается к ЕС ЭВМ через устройство

группового управления ЕС-7922 коаксиальным кабелем длиной до 1200 м. Максимальная скорость передачи данных между персональной и ЕС ЭВМ до 20 кбайт/с. В интерфейсе предприняты меры, исключаящие столкновение потоков информации между асинхронно работающими ПЭВМ и ЕС-7922.

В ЛВТА создается просмотрово-измерительный стол типа АИСТ, который обладает двумя масштабами вывода оптического изображения (17 и 70 крат)



Создан и успешно эксплуатируется блок связи крейта КАМАК с ЕС ЭВМ, который позволяет организовать работу аппаратуры, имеющей выход на магистраль КАМАК, в частности электронных блоков спирального измерителя и сканирующего автомата НРД, на линии с ЭВМ ЕС-1060^{/17/}.

При обработке фотоснимков с полутонной информацией на сканирующих автоматах часто возникает задача согласования динамического диапазона видеотракта автомата с диапазоном оптической плотности (коэффициента пропускания) обрабатываемого снимка. Для сканирующего автомата АЭЛТ-2/160 разработана методика денситометрической калибровки по стандартному ступенчатому клину, применяемому в денситометрической аппаратуре. При этом обеспечена компенсация пространственных амплитудных искажений автомата и достигнуто значительное расширение диапазона изме-

ряемой оптической плотности при достаточно высоком качестве измерений. Показана возможность использования автоматов на ЭЛТ в качестве денситометров с программным управлением. Применение денситометрической калибровки позволит расширить возможности автоматов на ЭЛТ по обработке полутонных фотоснимков^{/18/}.

При помощи полуавтоматических устройств ПУОС-САМЕТ измерено 418930 трековых событий на снимках с камер Лаборатории высоких энергий и Лаборатории ядерных проблем. Обеспечен ресурс на сканирующем автомате НРД в объеме 2665 часов (51533 события), на спиральном измерителе — 2200 часов (65900 стереотреков) для проведения массовой обработки снимков, на АЭЛТ-2/160 — ресурс в объеме 1600 часов (20000 треков) для измерения снимков с установки МИС.

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО РЕЛЯТИВИСТСКОЙ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКЕ

Продолжены исследования механизма ядерных реакций при релятивистских энергиях. Новые экспериментальные данные об импульсных спектрах протонов, вылетающих под углом 0,103 рад в реакциях $A(d,p)X$ при 9 ГэВ/с, подтверждают обнаружен-

ную ранее универсальность высокоимпульсных частей этих спектров, т.е. их независимость от ядра-мишени. Это означает, что форма этих спектров в решающей степени зависит от внутренней структуры дейтрона.

На основе измерений спектров дейтронов, образующихся под углом $0,139$ рад в реакциях $A(d, d)X$ на ядрах водорода, дейтерия и углерода при 9 ГэВ/с, определены дифференциальные сечения эксклюзивных реакций образования нуклонных резонансов ${}^1\text{H}(d, d)N^*$. Анализ этих данных позволил (на основе формализма многократного рассеяния) оценить параметры амплитуд рассеяния коротко-

живущих нуклонных резонансов на нуклонах.

Для магнитного спектрометра МАСПИК предложена система триггера, реализующая отбор событий по времени пролета. Принцип действия аппаратуры основан на использовании метода совпадений с программным управлением от ЭВМ, разрешающим временем совпадений, задержками и включением каналов^{/19-21/}.

РАЗРАБОТКА ПРИКЛАДНЫХ МЕТОДОВ ВЫЧИСЛЕНИЙ

Построено и реализовано в виде модульного комплекса программ семейство экономичных численных алгоритмов, основанных на клеточной декомпозиции области для решения двух- и трехмерных эллиптических уравнений, возникающих в задачах магнитостатики в рамках комбинированной постановки. Проведен анализ погрешности аппроксимации на основе метода Галеркина симметризованных нелинейных уравнений в комбинированной постановке.

Разработаны методы вычисления кратных континуальных интегралов с весом по условной мере Винера. Построены составные приближенные формулы, обладающие заданной суммарной степенью точности. Исследована мера континуального интегрирования в евклидовой квантовой теории поля с полиномиальными взаимодействиями бозонных полей нулевого спина в двумерном пространстве-времени. Для ядра ковариационного оператора меры получено представление в виде разложения по собственным функциям одной краевой задачи для уравнения теплопроводности^{/22-24/}.

Проведено теоретическое исследование релятивистских квазипотенциальных уравнений, описывающих связанную систему двух частиц в импульсном пространстве. Оценена погрешность дискретизации задачи на основе метода Галеркина в зависимости от шага сетки и радиуса обрезания исходного уравнения, заданного на полупрямой. На основе этих уравнений рассчитаны спектры масс и ширины ленточных распадов мезонов. Полученные значения хорошо согласуются с экспериментальными данными^{/25/}.

Для формирования однородного магнитного поля внутри и между секциями инжекторного участка линейного индукционного ускорителя ЛИУ-30 проводились расчеты влияния соосных ферромагнитных шимм. Показано, что использование шимм позволяет формировать однородное магнитное поле с отклонением от среднего значения, не превышающим $1-2\%$ внутри секций и 8% между секциями.

Исследовано решение нелинейной обратной задачи магнитостатики и рассчитана геометрия обмоток возбуждения безжелезного сверхпроводящего дипольного магнита, обеспечивающего однородность магнитного поля до 10^{-5} , внутри прямоугольной апертуры^{/26/}.

Исследованы свойства квазиклассического бозе-конденсата. Обнаружен качественно новый тип нелинейных возбуждений конденсата — солитоноподобные пузыри. Эти объекты (а они возникают в системах произвольной размерности), являясь принципиально неустойчивыми, ответственны за развал конденсата и связанной с ним сверхпроводимости.

В рамках двумерной релятивистской модели с изотопической симметрией обнаружены и исследованы процессы нетривиального взаимодействия досветовых и сверхсветовых солитонов, что указывает на возможность взаимодействия до- и сверхсветовых частиц^{/27/}.

Исследованы локализованные состояния (солитоны) с нетривиальной топологией в двух- и трехмерных моделях Гейзенберга. С помощью минимизации функционала энергии были найдены устойчивые солитоны.

Определен топологический заряд этих солитонов — решеточный аналог индекса Хопфа и разработан метод его вычисления^{/28/}.

Получены нетрадиционные обобщения компактных схем Гаусса для разложения квазитрехдиагональных матриц на факторизующие множители в случае, если некоторые из ведущих блочных угловых миноров обращаются в нуль, а также множество новых корректных ускоренных методов вычисления полного спектра и всех корневых векторов трехдиагональных матриц общего вида произвольной структуры^{/29,30/}.

Проведено исследование сходимости разложений для полумикроскопического потенциала (ПМП) и формфакторов неупругих переходов (ФМП). Получены новые замкнутые выражения для ПМП. Показано, что сходимость разложений ПМП и ФМП по малому безразмерному параметру улучшается с ростом энергии. Построено разложение матрицы плотности по параметрам динамической деформации. Развита формализация единого полумикроскопического описания взаимодействий нуклонов и α -частиц низких энергий с ядрами^{/31,32/}.

Создана программа, моделирующая неупругие взаимодействия адронов в области энергий от нескольких ГэВ до максимальных ускорительных энергий УНК ИФВЭ. Программа используется на ЭВМ ЕС-1061 и CDC-6500 и хорошо воспроизводит известные экспериментальные данные. Выполнено моделирование узких электромагнитных линий, инициируемых в атмосфере космическими частицами высоких энергий. Исследована точность аппроксимации адронных

взаимодействий реджевскими диаграммами с многопомеронным обменом. На примере полных и дифференциальных сечений упругого рассеяния на малые углы показано, что высокая точность аппроксимации в значительной степени обязана подгонке большого числа теоретических параметров.

С помощью программы монте-карловских расчетов ядерно-физических эффектов, инициируемых в средах адронами высоких энергий, промоделированы интенсивность и энергетические спектры γ -излучения, наведенного космическими лучами в тяжелых коллимирующих материалах, используемых на спутниках^{/33-35/}.

Разработан комплекс программ для расчета характеристик квантово-механических систем в гиперсферическом адиабатическом HSA-подходе. Проведен расчет элементов двухмерного базиса для задачи трех тел. Вычислены уровни энергии и волновые функции мезомолекулы $dt\mu$ в двухуровневом приближении и проведен оценочный расчет коэффициента прилипания в реакции мюонного катализа $dt\mu + \mu^4\text{He} + n$. В рамках HSA-подхода для двухэлектронных систем развит метод вычисления характеристик резонансных состояний путем экстраполяции по константе связи. Проведен тестовый расчет положения и ширины $1p^0$ -резонанса, формы отрицательного иона водорода, подтверждающий точность и эффективность вычислительной схемы.

Разработан новый метод расчета уровней энергии экситонных молекул. Полученные результаты хорошо согласуются с экспериментальными данными^{/36,37/}.

АСУ ОИЯИ

Получило развитие программное обеспечение систем управления базами данных (СУБД), используемых в ОИЯИ. Разработаны интерфейсы диалогового доступа к СУБД КВАНТ и ОКА в рамках диалоговой системы ТЕРМ, что обеспечивает возможность создания и использования интерактивных прикладных программ, в том числе в среде локальной терминальной сети ОИЯИ.

В связи с подготовкой к переходу на операционную систему виртуальных машин ЕС ЭВМ поставлены и адаптированы СУБД КВАНТ и система программирования КОБОЛ. Разработана и реализована система технологического сопровождения крупных программных комплексов АСУ, включающая, в частности, подсистему регистрации и учета выполнения программных модулей^{/38,39/}.

Создана САПР для инженеров-разработчиков электронной аппаратуры "Кентавр", которая работает на персональных ЭВМ типа IBM PC. Площадь проектируемых печатных плат определяется объемом памяти ОЗУ и при объеме 256К байт равна 320 x 320 мм. Текстовое представление данных на языке описания монтажных схем облегчает адаптацию САПР к новому технологическому оборудованию и удобно для обмена в вычислительных сетях. Работа с САПР основана на графическом, наглядном

представлении схем, использовании меню и функциональных клавиш. В настоящее время САПР включает оптимизирующий графический редактор и постпроцессоры для серийного технологического оборудования^{/40,41/}.

Исследована концепция организации работ сканирующих систем АЭЛТ-2/160 и АЭЛТ-МЭИ по типу центра коллективного пользования, предназначенного для автоматизированной обработки фотоизображений^{/42/}.

ЛИТЕРАТУРА

1. Базижев А.Д., Кореньков В.В. — ОИЯИ P11-88-314, P11-88-425, Дубна, 1988.
2. Водопьянов А.С. и др. — ОИЯИ P11-88-92, Дубна, 1988.
3. Мазепа Е.Ю. и др. — ОИЯИ P11-88-323, Дубна, 1988.
4. Abrashkevich A.G. et al. — JINR E4-88-404, Dubna, 1988.
5. Крюков А.П. и др. — ОИЯИ P11-88-402, Дубна, 1988.
6. Жидкова И.Е. — ОИЯИ P11-88-716, P11-88-722, Дубна, 1988.
7. Амирханов И.В. и др. — ОИЯИ P11-88-606, P11-88-714, Дубна, 1988.
8. Kostov N.A. — JINR E5-88-261, Dubna, 1988.
9. Inozemtsev V.I., Kostov N.A. — JINR E5-88-622, Dubna, 1988.
10. Gerdt V.P., Kostov N.A. — JINR E5-88-811, Dubna, 1988.
11. Брук К. и др. — ОИЯИ P11-88-847, Дубна, 1988.
12. Кулла П. и др. — ОИЯИ P10-88-647, Дубна, 1988.
13. Аниховский В.Е. и др. — ОИЯИ P10-88-227, Дубна, 1988.
14. Иванченко И.М. и др. — В сб.: Нейтринный детектор ИФВЭ — ОИЯИ, ОИЯИ, Д1,2,13-88-90, Дубна, 1988, с.192.
15. Bogdanova N.B., Bourilkov D.T. — JINR E10-88-277, Dubna, 1988.
16. Курбатов В.С. и др. — В сб.: Нейтринный детектор ИФВЭ — ОИЯИ, ОИЯИ, Д1,2,13-88-90, Дубна, 1988, с.175.
17. Краснослободцев В.И., Мороз В.И. — ОИЯИ P10-88-692, Дубна, 1988.
18. Лапчик Э.Д., Сенченко В.А. — ОИЯИ P10-88-9, Дубна, 1988.
19. Ажгирей Л.С. и др. — В сб.: Труды IX Международного семинара по проблемам физики высоких энергий, ОИЯИ Д1,2-88-272, Дубна, 1988, с.33.
20. Ажгирей Л.С. и др. — ОИЯИ P1-88-23, 13-88-437, Дубна, 1988.
21. Кожевников Ю.А., Лыткин Л.К. — ОИЯИ 13-88-627, Дубна, 1988.
22. Жидков Е.П. и др. — ОИЯИ P11-88-225, Дубна, 1988.
23. Greguš M. et al. — JINR E11-88-481, Dubna, 1988.
24. Lobanov Yu.Yu., Zhidkov E.P. — JINR E5-88-659, Dubna, 1988.
25. Жидков Е.П., Хоромский Б.Н. — ЭЧАЯ, 1988, т.19, вып.3, с.622.
26. Жидков Е.П. и др. — ОИЯИ P9-88-508, P11-88-335, Дубна, 1988.
27. Барашенков И.В. и др. — ОИЯИ P17-88-411, Дубна, 1988; ЯФ, 1988, т.48, с.886.
28. Боголюбская А.А., Боголюбский И.Л. — ОИЯИ P5-88-311, Дубна, 1988.
29. Емельяненко Г.А., Рахманов Т.Т. — ОИЯИ P11-88-598, Дубна, 1988.
30. Емельяненко Г.А., Им Ен Сек. — ОИЯИ P11-88-451, P11-88-452, P11-88-453, Дубна, 1988.
31. Князьков О.М., Кухтина И.Н. — ОИЯИ P4-88-306, Дубна, 1988.
32. Dao Tien B.Khoa et al. — JINR E4-88-673, Dubna, 1988.
33. Arkhestov G.Kh., Bestoev Kh.M. — JINR E2-88-343, Dubna, 1988.

34. *Shmakov S.Yu. et al. – JINR E2-88-732, Dubna, 1988.*
35. *Баращенко В.С. и др. – ОИЯИ P2-88-615, Дубна, 1988.*
36. *Абрашкевич А.Г. и др. – ЯФ, 1988, 48, с.945; ОИЯИ P11-88-744, P11-88-745, P4-88-746, P4-88-747, Дубна, 1988.*
37. *Maksimovic G. et al. – Phys.Rev.B, 1988, 38, p.3351.*
38. *Ершов А.М. – ОИЯИ P10-88-526, P10-88-527, Дубна, 1988.*
39. *Ершов А.М. и др. – ОИЯИ P10-88-270, P10-88-522, Дубна, 1988.*
40. *Коженкова З.И., Пахомов В.Л. – ОИЯИ 10-88-591, Дубна, 1988.*
41. *Бахуэлос А.П. – ОИЯИ P11-88-794, Дубна, 1988.*
42. *Бородюк В.П. и др. – ОИЯИ P10-88-283, Дубна, 1988.*

ОБЩЕИНСТИТУТСКОЕ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

Основные усилия коллектива Общесинститутского научно-методического отделения были направлены на исследования по новым методам ускорения, на методические разработки, связанные с созданием координатных детекторов, и на создание отдельных систем ускорительно-накопительного комплекса в ИФВЭ (Протвино).

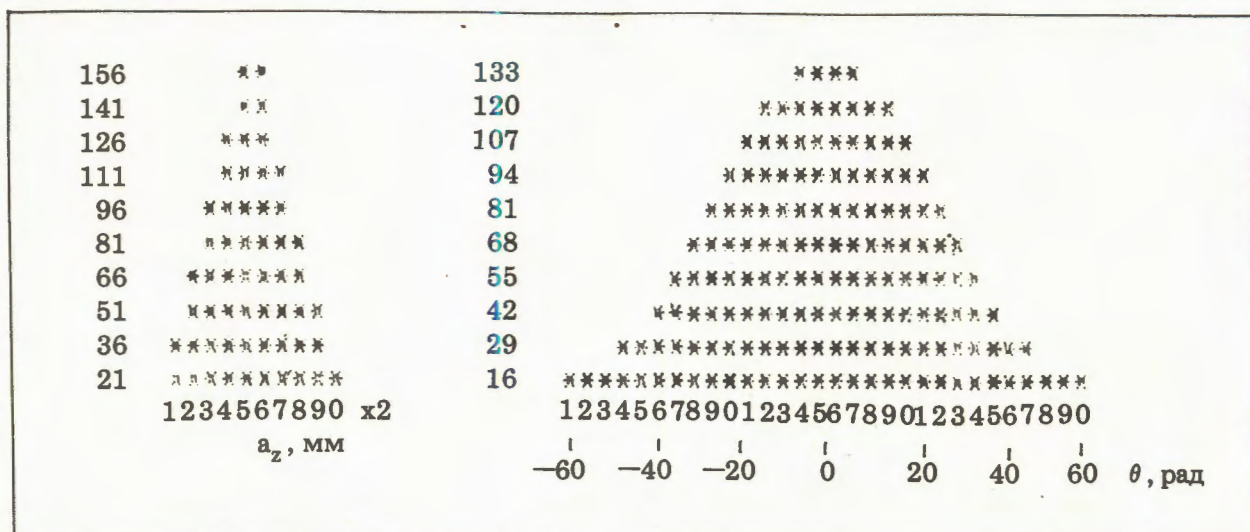
ИССЛЕДОВАНИЯ ПО КОЛЛЕКТИВНОМУ МЕТОДУ УСКОРЕНИЯ

На КУТИ-20 проведены исследования прохождения параметрического резонанса и резонанса аксиальных колебаний на собственных модах камеры при сжатии колец в модифицированной магнитной системе адгезатора^{1/}. Экспериментально показано, что увеличение нелинейных сил ионов и нелинейного разброса частот аксиальных колебаний приводит к уменьшению потерь частиц с ростом интенсивности колец^{1/2/}.

По результатам экспериментальных и теоретических исследований уточнены требования к параметрам систем адгезатора и электронного пучка^{3/}. С целью дальнейшего улучшения параметров инжектируемого пучка разработаны и созданы электронная пушка с регулируемой намагниченностью катода и устройство компенсации когерентного смещения пучка в инжекторе электронов. В результате внедрения этих устройств удалось увеличить фазовую плотность инжектируемого пучка примерно в 1,5 раза.

Создано программное и аппаратное обеспечение для измерения в реальном масштабе времени n-траектории кольца. Созданная система позволяет существенно облегчить настройку режимов сжатия и повысить эффективность исследований^{4/}. Завершен цикл исследований по разработке методов и созданию на их основе информационно-измерительных систем для диагностики электронно-ионных колец на малых радиу-

Рис.1. Мгновенные картины пучка в инфракрасном свете: слева размер малого сечения кольца, справа — угловое распределение излучения



сах. В качестве носителя информации используется синхротронное излучение в инфракрасной области. Созданные системы позволяют измерять число электронов в кольце, наблюдать динамику сжатия кольца на малых радиусах (геометрические параметры кольца и распределение электронов по его сечению), измерять угловое распределение электронов в сгустке, оценивать энергию электронов, исследовать их аксиальные бетатронные колебания (рис.1). Все измерительные системы вошли в число штатных устройств диагностики ускорителя и работают в реальном масштабе времени¹⁵.

Одной из возможностей существенного увеличения ускоряющей способности элект-

ронных колец является использование длительного удержания для повышения зарядности ионов и увеличения плотности электронов. Для подготовки к проведению исследований в этом направлении начаты эксперименты по длительному удержанию колец на промежуточном радиусе, равном 8 см. Создана магнитная система длительного удержания и аппаратура для измерения параметров ионов с использованием характеристического излучения и излучения в области вакуумного ультрафиолета. Экспериментально проверена возможность длительного ($\sim 10 \div 20$ мс) удержания электронно-ионных колец. Зарегистрировано характеристическое излучение Kr и Xe.

Создана автоматизированная система управления ускорительной установкой для экспериментов с трубчатым электронным пучком¹⁶. Автоматизация реализована на основе микропроцессорной системы МИК и ПЭВМ "Правец-16", связанных между собой посредством двухпортового ОЗУ¹⁷.

С целью исследования других вариантов высокоэффективных ускоряющих систем подготовлены и проведены эксперименты по генерации и усилению СВЧ-излучения мощными релятивистскими электронными пучками линейных индукционных ускорителей. На ЛИУ-3000 проведены исследования режимов генерации ЛСЭ со спиральным ондулятором. По результатам исследований создан и оптимизирован усилитель 8-миллиметрового диапазона с выходной мощностью 1—3 МВт¹⁸. Совместно с ИПФ АН СССР (Горький) разработан, создан и экспериментально опробован релятивистский СВЧ-усилитель черенковского типа на базе секции ЛУЭК.

Предложен вариант линейного ускорителя на радиальных линиях с высоким темпом набора энергии, в котором вместо низкоэффективного лазерного коммутатора используется коммутатор с импульсным электрическим управлением¹⁹.

НОВЫЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ РАЗРАБОТКИ

Исследованы характеристики больших дрейфовых камер (4 x 2 м) установки "Нейтронный детектор", размещенной на

Стендовая наладка секций ЛУЭК коллективного ускорителя тяжелых ионов



нейтринном пучке ускорителя У-70 (Протвино). Спектрометр содержит 36 камер, работающих в импульсном режиме питания электродов. Ширина плато по эффективности регистрации треков в камерах, при пороге срабатывания электроники 1 мкА, составляет 100 В (рис.2), точность регистрации 1 мм. Вероятность ошибки в определении левых и правых треков составляет несколько процентов. На основе моделирования электрических полей в дрейфовой ячейке рассмотрены условия, позволяющие улучшить однородность зон собирания электронов на сигнальные проволоки^{/10/}.

В рамках разработанной математической модели трековых изображений сформулированы правила построения вершинных функций для произвольных (незамкнутых) кривых, которые позволяют определить координаты распада частицы без предварительного восстановления траекторий. С помощью математического метода локализации окрестности глобального максимума удалось реализовать на практике поиск координаты первичного взаимодействия ядер магния с образованием продуктов, имеющих прямые траектории, без предварительного восстановления вторичных траекторий. Результаты подобного подхода к анализу многотрековых событий свидетельствуют

Рис.2. Зависимости эффективности регистрации треков (1) и частоты шумов (2) для дрейфовых камер мюонного спектрометра. Заштрихованные области характеризуют разброс зависимостей для 36 камер

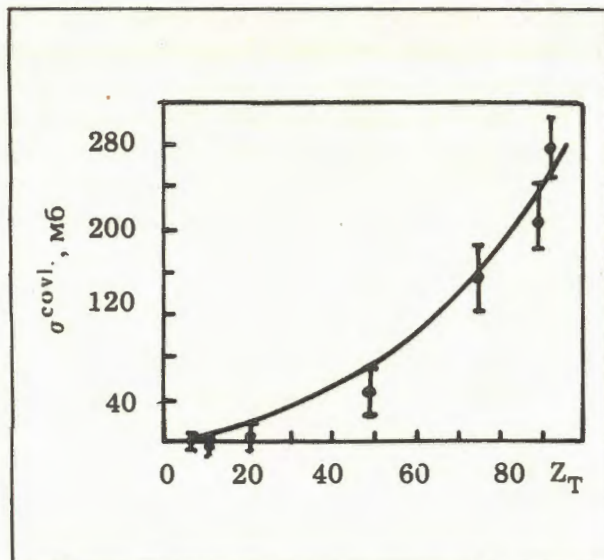
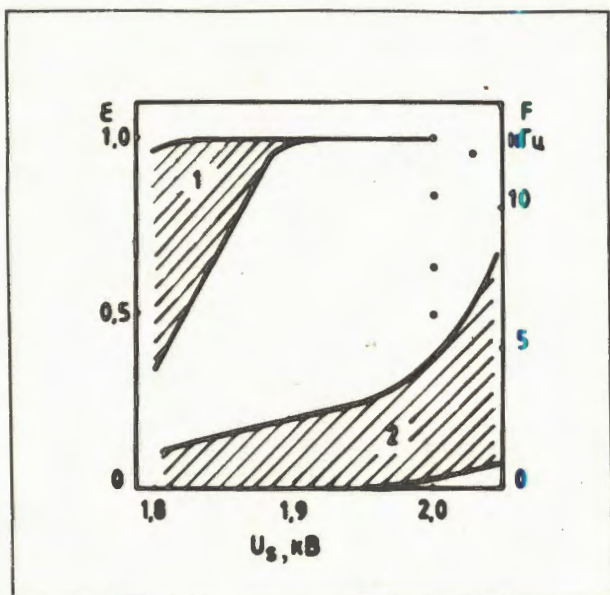


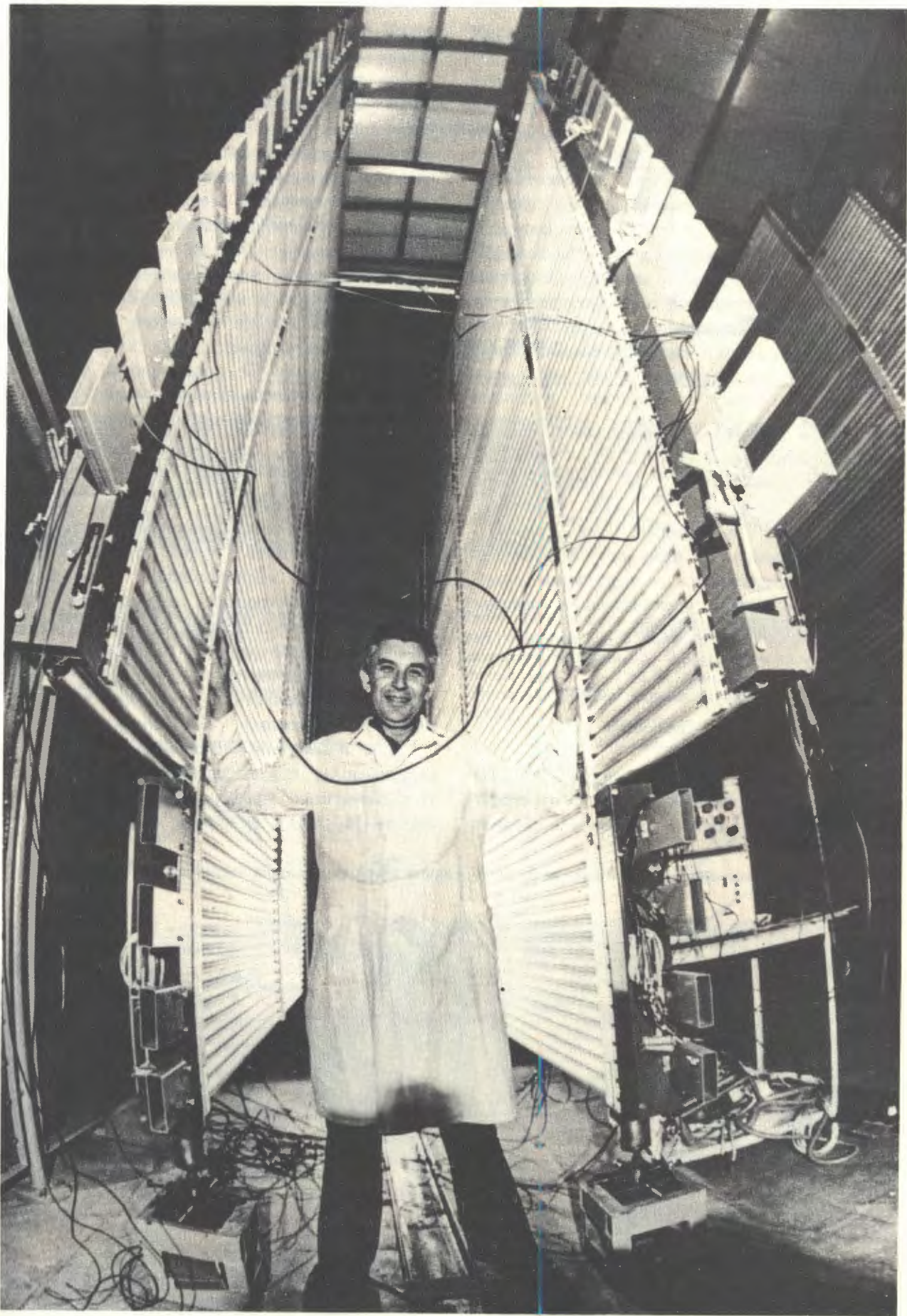
Рис.3. Сравнение экспериментальных данных и теоретических значений сечения образования ^{18}O при фоторасщеплении ядра ^{19}F с импульсом 4 АГэВ/с

о его конкурентоспособности в сравнении с традиционными методами анализа, особенно при больших множественностях^{/11,12/}.

Исследована зависимость сечения фрагментации ^{19}F от атомного номера ядра мишени и выделен вклад кулоновского механизма фрагментации, который сравнивается с расчетом (рис.3). Основной вклад в исследуемый процесс дает фотовозбуждение на фторе гигантского Е1-резонанса^{/13/}.

Разработана регистрирующая электроника для координатного детектора мюонного спектрометра комплекса "Меченые нейтрино", включающего 7000 каналов измерения времени дрейфа. Объем электроники составляет 500 блоков КАМАК и 900 плат усилителей-формирователей. Электроника серийно выпускается в ОП ОИЯИ. Возможности электроники: регистрация многотрековых событий (мертвое время измерительного канала 40 нс); запись во внутреннюю память блоков ВЦП только значащей (ненулевой) информации, что уменьшает мертвое время электроники при выводе данных в ЭВМ; эффективность регистрации при любых положениях входных им-

Координатные плоскости из дрейфовых трубок комплекса "Меченые нейтрино" на испытательном стенде ОНМО



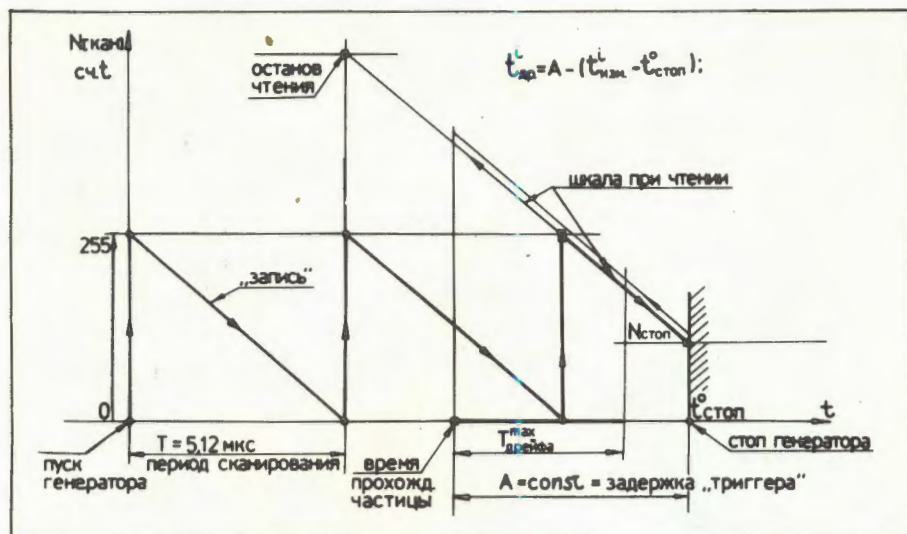


Рис.4. Временная диаграмма работы измерителя времени (соответствует режиму работы "Общий стоп")

пульсов от детекторов равна 100%; диапазон измерения времени 5,12 мкс; точность измерения времени $\pm 2,5$ нс; возможность измерения времени в двух режимах: "Общий старт" и "Общий стоп" (рис.4); наличие встроенного контроля и возможности дистанционного тестирования электроники на канале ускорителя в составе экспериментальной установки¹⁴.

РАБОТЫ, СВЯЗАННЫЕ С СОЗДАНИЕМ УНК

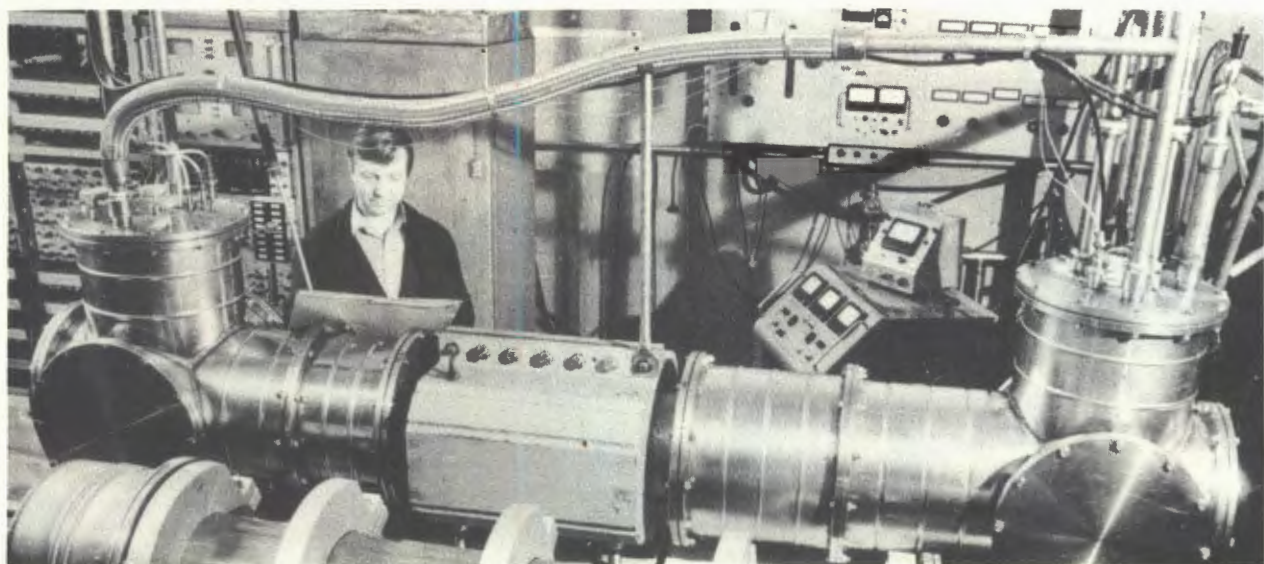
На протонном синхротроне У-70 в ИФВЭ проведены исследования процесса перегруппировки пучка с использованием I очереди

ВЧ-станции на частоте 200 МГц (созданного в ОНМО квазинепрерывного канала мощностью 100 кВт). Станция показала надежную работоспособность. Получены зависимости коэффициента перехвата от интенсивности ускоренного пучка протонов¹⁵.

Проведены исследования по выбору материала электродов разрядников для мощного коммутатора II очереди станции перегруппировки пучка (импульсного канала). Эксперименты показали, что электроды из углепластика в рабочих режимах могут выдерживать $\sim 10^7$ включений¹⁶.

Для измерения локальных и электрических полей создан датчик на основе электрооптического эффекта Поккельса в кристалле $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$. Эффект можно рассмат-

Установка для криогенных и тепловых испытаний модели сверхпроводящих магнитов "проточного типа" для УНК



ривать как индуцированное электрическим полем линейное двулучепреломление. Изменение состояния поляризации света преобразуется в амплитудную модуляцию интенсивности. Импульсы светового излучения передаются по многомодовому волоконному световоду. Пространственное разрешение определяется чувствительным элементом (не более 1 см). Временное разрешение ограничено быстродействием фотодетектора (не более 10 нс). Созданный датчик позволяет измерять поля напряженностью от 30 до 1500 кВ/м. Он обеспечивает гальваническую развязку от высоковольтных источников и помехозащищенность линии передачи информации. С помощью этого датчика проведены автоматизированные измерения распределения электрического поля в модуле секции ЛИУ¹¹⁷.

Создан автоматизированный импульсный холловский магнитометр (МИХ-3), позволяющий измерять топографию и градиенты импульсных и постоянных магнитных полей

как в пространстве, так и во времени. Характеристики МИХ-3: время измерения — 0,2 мкс; шаг между измерениями по времени — 30 мкс и более; диапазон измеряемых полей — до 2,5 Тл; погрешность измерения — (0,1–0,2)%; чувствительность — 10^{-5} Тл. МИХ-3 калибруется по ЯМР-магнитометру, который дает абсолютную точность 10^{-5} %. Имеется встроенная микропроцессорная система и связь с ПЭВМ "Правец-16". Регистрация результатов — визуально-графически-цифровая. Аппаратура и программное обеспечение могут быть без изменения использованы для исследования широкого спектра магнитных систем, при этом сменяемыми элементами являются пробник с датчиком Холла, конструкция которого должна быть выполнена в соответствии с характерными геометрическими размерами исследуемых магнитных элементов, и система механического перемещения пробника в исследуемом объеме¹¹⁸.

Рис.5. Зависимости пороговой нагрузки Q_c (кружки) и температуры поверхности твердого тела — источника нагрузки T_c (треугольники) от температуры гелия для вертикальной (светлые) и горизонтальной (темные) ориентаций; $d = 0,40$ мм

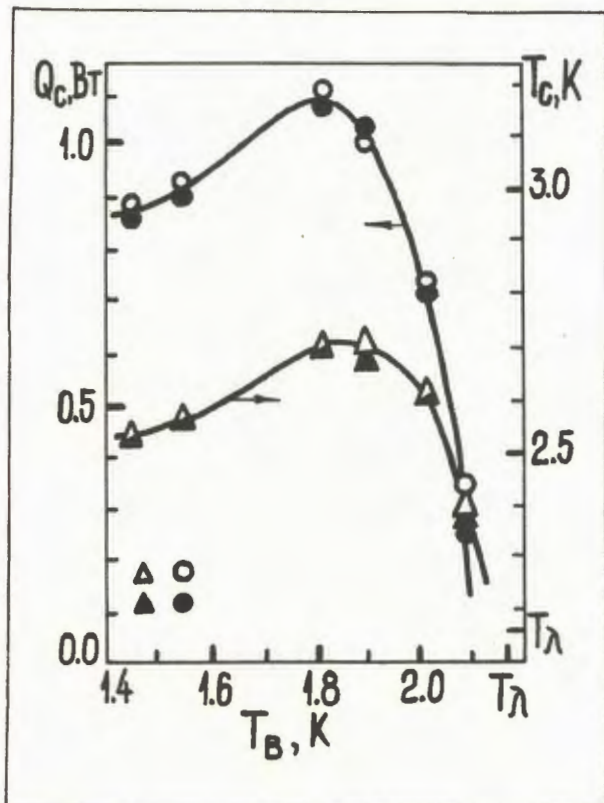
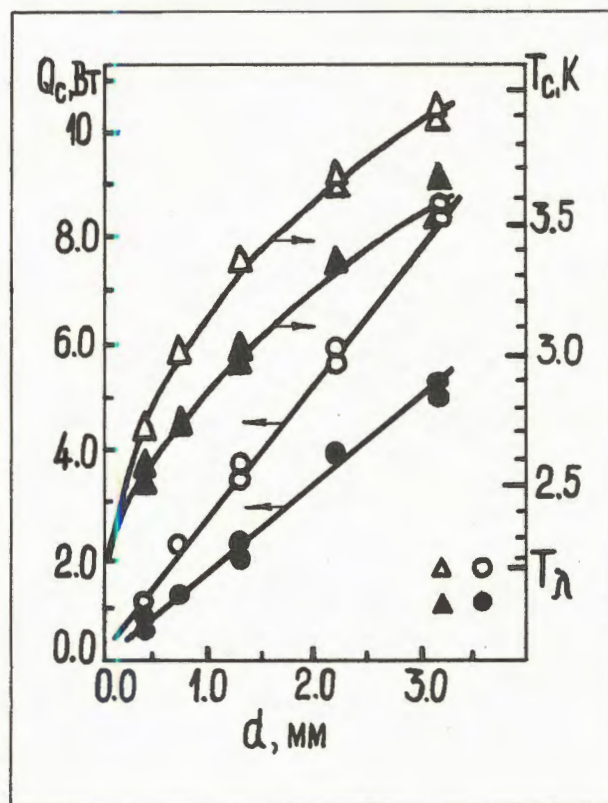


Рис.6. Зависимости пороговой нагрузки Q_c (кружки) и температуры поверхности твердого тела — источника нагрузки T_c (треугольники) от ширины зазора для $T_B = 1,82$ К (светлые) и $T_B = 1,45$ К (темные); горизонтальная и вертикальная ориентации



Для проточных частей сверхпроводящих магнитов современных ускорителей (HERA, УНК, КЕК) характерны горизонтальные каналы кольцевого и круглого сечений. Таким системам свойственны низкие массовые скорости ($m < 50 \text{ кг/м}^2 \text{ с}$) и околоадиабатические условия. Для этих условий на криогенном стенде ОНМО исследованы гидродинамические характеристики, истинные объемные паросодержания и структуры двухфазных потоков гелия (в связи с отсутствием в литературе этой важной практической информации). Показано, что границы существования расслоенных режимов течения примерно на порядок отличаются от соответствующих границ для известных

карт режимов течения. Для рассмотренных условий и геометрий каналов гидравлические сопротивления и истинные объемные паросодержания заметно отличаются от известных гомогенных зависимостей и могут рассчитываться на основе аналитически полученных соотношений¹⁹.

Продолжались исследования импульсной теплопередачи по узким каналам в сверхтекучем гелии. Определены зависимости пороговой нагрузки Q_c и соответствующей температуры поверхности твердого тела — источника импульсной нагрузки T_c от температуры гелия в сосуде T_v и ширины зазора кольцевого канала d (рис.5,6)²⁰.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александров В.С. и др. — ОИЯИ Р9-88-423, Дубна, 1988.
2. Алексахин Ю.И. и др. — ОИЯИ Р9-88-424, Дубна, 1988.
3. Александров В.С. и др. — ОИЯИ Р9-88-366, Дубна, 1988.
4. Лебедев Н.И. и др. — В сб.: Аннотации докладов. XI Всесоюзное совещание по ускорителям заряженных частиц, ОИЯИ Р9-88-738, Дубна, 1988, с.24.
5. Голутвин И.А. и др. — ОИЯИ 9-88-356, Дубна, 1988.
6. Архипов О.В. и др. — В сб.: Аннотации докладов. XI Всесоюзное совещание по ускорителям заряженных частиц, ОИЯИ Р9-88-738, Дубна, 1988, с.27.
7. Глейбман Э.М., Малахов Н.А. — ОИЯИ Р10-88-490, Дубна, 1988.
8. Викторов Ю.Б. и др. — В сб.: Аннотации докладов. XI Всесоюзное совещание по ускорителям заряженных частиц, ОИЯИ Р9-88-738, Дубна, 1988, с.146.
9. Красных А.К., Офицеров М.М., Перельштейн Э.А. — В сб.: Аннотации докладов. XI Всесоюзное совещание по ускорителям заряженных частиц, ОИЯИ Р9-88-738, Дубна, 1988, с.147.
10. Барабаш Л.С. и др. — ОИЯИ Р1-88-516, Дубна, 1988.
11. Яцуненко Ю.А. — В сб.: Краткие сообщения ОИЯИ №7(33)-88, Дубна, 1988, с.47.
12. Yatsunenkov Yu.A. — JINR E1-88-907, Dubna, 1988.
13. Головин В.М. и др. — ОИЯИ Р1-88-175, Дубна, 1988.
14. Замятин Н.И. — ОИЯИ 13-88-457, Дубна, 1988.
15. Балалыкин Н.И. и др. — В сб.: Аннотации докладов. XI Всесоюзное совещание по ускорителям заряженных частиц. ОИЯИ Р9-88-738, Дубна, 1988, с.71.
16. Балалыкин Н.И., Коренев С.А., Костюченко С.В. — В сб.: Аннотации докладов. XI Всесоюзное совещание по ускорителям заряженных частиц. ОИЯИ Р9-88-738, Дубна, 1988, с.70.
17. Горчаков В.К. и др. — ОИЯИ Р9-88-542, Дубна, 1988.
18. Жабицкий В.М. и др. — ОИЯИ Р13-88-684, Дубна, 1988.
19. Filippov Yu.P. et al. — In: Proc. 12th Intern. Cryogenic Engineering Conf., Guildford, 1988, p.198.
20. Filippov Yu.P. et al. — In: Proc. 12th Intern. Cryogenic Engineering Conf., Guildford, 1988, p.290.

**МЕЖДУНАРОДНЫЕ
СВЯЗИ
И НАУЧНОЕ
СОТРУДНИЧЕСТВО**



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

Международное научно-техническое сотрудничество ОИЯИ имеет большое значение для выполнения научно-исследовательских работ Института, предусмотренных Проблемно-тематическим планом ОИЯИ.

Основные итоги 1988 г. по международному научно-техническому сотрудничеству:

- проведены совместные исследования по 88 темам с научными центрами стран-участниц, в том числе по 23 темам с международными и национальными организациями других стран;

- для решения вопросов научно-технического сотрудничества и участия в научных совещаниях и конференциях командировано в страны-участницы более 550 специалистов, а в другие страны — 178 сотрудников ОИЯИ;

- для совместных работ, консультаций и совещаний из стран-участниц принято более 1300 специалистов, из научных центров других стран и международных организаций — 177 ученых;

- проведено 5 крупных международных конференций, а также 35 научных и научно-организационных совещаний.

СОТРУДНИЧЕСТВО С НАУЧНЫМИ ЦЕНТРАМИ СТРАН-УЧАСТНИЦ ОИЯИ

Научная программа ОИЯИ выполняется в рамках международного сотрудничества с более чем 300 научными организациями стран-участниц. Этим в значительной степени обусловлены достигнутые Институт в 1988 г. результаты в области теоретической и экспериментальной физики, в развитии ускорительной техники, в создании новых детекторов частиц и электронной аппаратуры, в проведении научно-прикладных разработок.

Активное научно-техническое сотрудничество осуществляется с институтами Советского Союза, и в первую очередь — с Институтом физики высоких энергий (Протвино). В 1988 г. в ИФВЭ проводились исследования на шести физических установках ОИЯИ, продолжалась проработка физической программы экспериментов на УНК. Сотрудники ОИЯИ участвовали в разработке и создании узлов для УНК.

Лаборатория теоретической физики. Международное научно-техническое сотрудничество ЛТФ традиционно реализуется в рамках четырех направлений исследований. Это теория элементарных частиц и структура теории поля, теория атомного ядра, теория конденсированного состояния вещества. Эти исследования объединяют усилия более 200 ученых из ведущих научных центров всех стран-участниц. Укреплению сотрудничества физиков-теоретиков из стран-участниц послужила 27 сессия секции Ученого совета ОИЯИ по теоретической физике, состоявшаяся в Кракове (ПНР).

Для повышения эффективности краткосрочных визитов в ЛТФ специалистов из других научных центров дирекция Лаборатории регулярно информировала страны-участницы о проводимых в Лаборатории тематических семинарах.

Продолжалось тесное сотрудничество с группой теоретиков из МНР, которая развивает метод стохастического квантования с нелокальным формфактором, в частности, были проведены исследования функции Грина скалярного поля в стохастическом пространстве.

Совместно с физиками ИЯФ ЧСАН ведется вычисление спиновых эффектов КХД.

В сотрудничестве с физиками из ЧССР, НРБ и ГДР опубликованы три статьи, посвященные результатам вычислений электро-

Объединенный институт принял участие в Международной выставке "Наука — 88", проходившей в Москве



слабых радиационных поправок для процессов глубоконеупругого ер-рассеяния при энергиях ускорителя HERA (ФРГ).

В течение последних лет интенсивно ведется сотрудничество с ЦИЯИ АН ГДР (Россендорф). По результатам совместных работ в 1988 г. опубликована статья, посвященная описанию массового и энергетического распределения осколков деления на основе адиабатического потенциала. В этой работе теоретические результаты сравниваются с экспериментальными данными, полученными в ЛЯР ОИЯИ.

В области теории конденсированного состояния международное сотрудничество наиболее ярко проявилось в исследованиях по высокотемпературной сверхпроводимости.

Лаборатория высоких энергий. Научная программа ЛВЭ, охватывающая 22 темы Проблемно-тематического плана, осуществлялась на основе многостороннего сотрудничества специалистов всех стран-участниц ОИЯИ. Исследования, проводимые в Лаборатории, охватывают широкий круг проблем, связанных с изучением фундаментальных явлений в области физики высоких энергий и релятивистской ядерной физики. Результаты этих исследований, выполненные в сотрудничестве с учеными разных стран,

доложены в 1988 г. на международных конференциях (49 докладов) и представлены в 149 публикациях.

В рамках исследований адронного рождения и свойств очарованных частиц и узких барионных резонансов (коллаборация физиков НРБ, ВНР, ГДР, СССР и ЧССР) сотрудники Пловдивского университета, ВХТИ, ИИЯЭ и ЦЛАНП БАН (София) приняли участие в анализе экспериментальных данных и подготовке публикаций по рождению очарованных барионов в пр-взаимодействиях. Специалистами ЦИФИ ВАН усовершенствованы четыре трехкоординатные пропорциональные двухметровые камеры.

В работах по изучению кварковой структуры нуклонов и ядер во взаимодействиях ядер и нейтрино с легкими и тяжелыми ядрами участвуют ученые из НРБ, ВНР, ГДР, МНР, ПНР, СРР, СССР и ЧССР. Так, в 1988 г. в ИЯП (Сверк) закончен просмотр и обработка большого объема фильмовой информации, полученной в отдельных экспериментах, а сотрудниками ЦИФ (Бухарест) обработано около 20% всей информации с двухметровой пропановой камеры.

Совместные работы по исследованию механизма неупругих столкновений релятивистских ядер ведут физики НРБ, МНР, ПНР, СРР, СССР и ЧССР. В ИЯФ (Краков)

изготавливаются узлы установки "Слон", в ИЯФ ЧСАН (Ржеж) и Карловом университете (Прага) проводятся работы по улучшению характеристик полупроводниковых детекторов.

В создании установки ОИЯИ, предназначенной для исследования поляризованных явлений на внутреннем пучке УНК (проект "Парус-Нептун") участвуют специалисты НРБ, ПНР, СССР и ЧССР. В ИЯП (Сверк) и Варшавском университете изготовлен ряд электронных и механических узлов установки.

Большой вклад в исследования множественного кумулятивного рождения частиц на спектрометре ГИБС (коллаборация НРБ, ГДР, ПНР, СРР, СССР, ЧССР) внесли сотрудники ИРЭ ВПИ (Варшава). С их участием была усовершенствована сама установка, а также матобеспечение контрольной системы. В ИФЛУ (Лодзь) выполнены исследовательские работы по совершенствованию высоковольтного импульсного питания камеры ГИБС.

В разработке и создании аппаратуры для физических исследований и автоматизации процесса получения и обработки данных с использованием ЭВМ в Лаборатории участвуют специалисты практически всех стран-участниц.

Лаборатория ядерных проблем. Коллектив Лаборатории проводил совместные научные исследования и разработки по 25 темам Проблемно-тематического плана научно-исследовательских работ с более чем 80 институтами и научно-исследовательскими организациями стран-участниц Института.

В исследованиях адронизации кварков и глюонов в адрон-ядерных взаимодействиях специалистами из Софийского университета, ИЯИЯЭ БАН (София), ЦИФИ ВАН (Будапешт), ФИ ЧСАН и Карлова университета (Прага) выполнен анализ фильмовой информации с установки РИСК. Изучены процессы рождения частиц большого поперечного импульса. Эти работы позволят прояснить пространственно-временную картину механизма взаимодействия элементарных составляющих адронов — кварков и глюонов.

Для установки "Нейтронный детектор" (сотрудничество НРБ, ВНР, ГДР, МНР, СРР и СССР) в ЦИФИ ВАН (Будапешт)

разработан интерфейс с программными и аппаратными средствами измерительно-вычислительного комплекса на базе ЭВМ СМ-3. В ИФВЭ АН ГДР (Цойтен) изготавливается лазерная система контроля параметров вершинного детектора установки.

В работах по изучению свойств ядер, далеких от полосы бета-стабильности (программа ЯСНАПП), принимают участие ученые НРБ, ВНР, ГДР, МНР, КНДР, ПНР, СРР, СССР и ЧССР. Для проведения совместных исследований из ЦИФИ ВАН (Будапешт) поставлены в ОИЯИ химическое оборудование и ЭВМ "Commodore 64". В Институте физики Университета им. М.Кюри-Склодовской (Люблин) создана и испытана мишень — ионный источник для масс-сепаратора комплекса ЯСНАПП-2. Испытания показали, что данный узел может быть использован для получения радиоактивных изотопов в режиме он-лайн фазотрона ОИЯИ. В ИЯФ (Краков) продолжалось изготовление оборудования для переработки массивных мишеней. По этой же теме в Институте атомной энергии (Варшава) была проведена контрольная сборка устройства КОБРА.

В исследованиях мезоатомных и мезомолекулярных процессов мюонного катализа участвуют физики НРБ, ПНР, СССР и ЧССР. Совместно с сотрудниками ИЯИЯЭ БАН (София) разработан алгоритм эффективности регистрации нейтронов реакции ядерного синтеза в $tt\bar{\mu}$ и $dd\bar{\mu}$ молекулах большими детекторами с жидкими сцинтилляторами.

В создании комплекса аппаратуры для изучения биологического действия корпускулярных излучений принимают участие специалисты НРБ, ГДР, МНР, ПНР, СРР, СССР и ЧССР. В ИЯИЯЭ БАН (София) проводятся совместные исследования закономерностей и механизмов индукции бактериального профага при действии ионизирующих излучений разного качества. В ИЯХТ (Варшава) изучаются летальные эффекты, возникающие при действии разных видов излучения на клетки млекопитающих, в ИЯП (Варшава) — микродозиметрические характеристики излучений. Исследования мутагенного влияния ионизирующих излучений на микроорганизмы проводились совместно с Институтом биофизики ЧСАН (Брно).



В сентябре 1988 г. в ИАЭ (Сверк, ПНР) группой специалистов ЛЯП ОИЯИ проведена приемка устройства КОБРА, изготовленного в Польше по контракту ТЕХСНАБЭКСПОРТ — ПОЛАТОМ (СССР-ПНР). Устройство предназначено для облучения массивных мишеней на выведенном пучке протонов фазотрона ОИЯИ с целью получения радионуклидов медицинского назначения

Получили дальнейшее развитие работы по автоматизации физических исследований с применением ЭВМ и персональных компьютеров. С участием специалистов НРБ разработаны в стандарте КАМАК многоканальные анализаторы и контроллеры для связи с персональной ЭВМ "Правец-16". Сотрудники ТУ (Дрезден) принимали участие в создании электронных систем автоматического управления фазотроном ОИЯИ, в создании установки МЕГА комплекса МЮСПИН. С учеными из ИПП (Бухарест) ведутся совместные работы по оптимизации мониторингового комплекса установки ГЕНОМ. На кафедре низких температур математико-физического факультета Карлова университета в сотрудничестве с ОИЯИ осуществлен монтаж и запуск поляризованной протонной замороженной мишени.

Лаборатория ядерных реакций. Международное научно-техническое сотрудничество с институтами и организациями стран-участниц ОИЯИ проводилось в рамках

7 тем Проблемно-тематического плана научно-исследовательских работ.

В работах по синтезу трансформиевых и сверхтяжелых элементов и поиску в природе редких атомных ядер и ядерных превращений участвовали научные организации НРБ, ВНР, ГДР, КНДР, МНР, СРР, СССР и ЧССР. В ИЯИЭ БАН (София) разработана высокочувствительная масс-спектрометрическая методика элементного анализа вещества, которая используется при создании установки ЛИДИА. Специалисты ЦИИРИ АН ГДР (Лейпциг) участвуют в разработке полупроводниковых детекторов для новой установки — газонаполненного сепаратора. В ИЯП (Сверк) ведутся работы по созданию пропорциональных счетчиков нейтронов.

Исследование механизма взаимодействия тяжелых ионов с ядрами ведут специалисты НРБ, ВНР, СРБ, ГДР, ПНР, СРР, СССР и ЧССР. С Базой развития и внедрения Единого центра по физике БАН (София) заключен контракт, в соответствии с которым в НРБ будут изготовлены все механические

узлы установки "Фобос". В Болгарии уже изготовлен уникальный механический каркас и реакционная камера установки, изготовлена часть брэгговских ионизационных камер, которые проходят испытания на пучке ускорителя У-400. В сотрудничестве с ЦИЯИ АН ГДР (Россендорф) проводились эксперименты по изучению механизма взаимодействия сложных ядер на установке ДЭМАС. Исследован механизм нового процесса "холодного" быстрого деления. Совместно с ЦИЯИ ведется разработка детектирующих устройств и электроники установки "Фобос". Большой вклад внесли сотрудники ИЯП (Сверк) в наладку электронной аппаратуры и программного обеспечения установки ДЭМАС.

Изучение глубоконеупругих столкновений сложных ядер и свойств нуклидов, удаленных от долины бета-стабильности, осуществляли специалисты практически всех стран-участниц. В ИЯИЯЭ БАН (София) проводились совместные разработки лазерной методики измерения радиусов ядер на циклотронах ОИЯИ. Продолжается сотрудничество с Университетом (Улан-Батор) в исследовании лазерного излучения при резонансном возбуждении атомов. На установке МСА ведутся совместные с ИЯФ (Краков) эксперименты по взаимодействию тяжелых ионов с ядрами.

В разработке и использовании ядерно-физических методов для прикладных целей участвуют ученые всех стран-участниц Института. Совместно с Университетом им. Э.Этвеша (Будапешт) на пучке циклотрона У-400 ведутся исследования в области радиационного материаловедения. В экспериментах используется созданное в университете электронное оборудование, университет представил также образцы материалов. Специалисты СРВ участвовали в разработке методик и аппаратуры для прикладных исследований, выполняемых с помощью микротрона.

Лаборатория нейтронной физики. Международное научно-техническое сотрудничество Лаборатории осуществлялось в соответствии с 6 темами Проблемно-тематического плана ОИЯИ. В работах по высокотемпературной сверхпроводимости, а также в традиционных для ЛНФ направлениях исследований принимали участие ученые большинства стран-участниц Института. За прошедший год

Лаборатория организовала 4 международных рабочих совещания, в редакции научных периодических изданий представлено около 180 работ для публикации.

В Братиславе на кафедре ядерной физики Университета им. Я.А.Коменского разработана методика измерений пр- и па-реакций при $E = 1 \div 5$ МэВ. С помощью этой методики на реакторе ИБР-30 готовятся прецизионные измерения спектра быстрых нейтронов. Совместно с ИЯФ (Ржеж) проводилось изучение реакции ${}^7\text{Be}(n,p)$ при $E_n = 2$ кэВ (Ржеж) и $E_n = 24$ кэВ (ЛНФ).

Сотрудниками ИЯИЯЭ БАН (София) получены новые данные по нейтронным сечениям конструкционных материалов для реакторов, а также начаты работы по экологии болгарской акватории Черного моря. Специалистами ЦИФИ (Будапешт) накоплен большой экспериментальный материал, полученный с помощью спектрометра КОРА: дифракционные и корреляционные спектрограммы различных объектов, в частности, уникальные данные о твердых жидкостях. Совместно с польскими учеными запущена установка высокого давления (15000 атм) для спектрометра КДСОГ-М, на которой проводятся измерения пластичных кристаллов, суперионных проводников и высокотемпературных сверхпроводников.

На нейтронном дифрактометре ДН-2 совместно с Институтом физики ПАН (Вроцлав) изучено распределение атомов железа в структуре высокотемпературных сверхпроводников типа 1-2-3. Проводились исследования аномального поведения высокотемпературных сверхпроводящих керамик на основе иттрия, в которых участвовали ученые НЦНИ (Ханой). Сотрудники ФИ ЧСАН (Прага) внесли вклад в создание и исследование массивных образцов сверхпроводящих керамик на основе иттрия и висмута, а также напыляемых пленок. Разработан сквид на основе высокотемпературного сверхпроводника, изучены его свойства.

В сотрудничестве с ТУ (Дрезден) создана и совершенствуется система локальной сети ЭВМ измерительного центра ЛНФ. Совместно с польскими специалистами создана передвижная измерительная система, испытанная на пучках ИБР-2 и реактора ИЯИ АН УССР (Киев). Польские ученые предоставили для нее микрокомпьютер

ZX SPECTRUM с монитором и набором электронных блоков.

Специалистами ЦИЯИ АН ГДР (Россендорф) внедрена установка по контролю кислорода в теплоносителе (натрии) реактора ИБР-2, что значительно повышает безопасность эксплуатации реактора.

Лаборатория вычислительной техники и автоматизации. В 1988 г. Лаборатория сотрудничала с различными организациями стран-участниц ОИЯИ по 16 темам Проблемно-тематического плана научно-исследовательских работ и международного сотрудничества.

Совместно со специалистами из всех стран-участниц Института успешно выполнялась одна из главных задач ЛВТА — эффективное использование и развитие Центрального вычислительного комплекса. В рамках сотрудничества с Вычислительным центром (ЛИВЦ) Софийского университета в Болгарию передана версия программной системы ТЕРМ для управления работой подключенных к ЕС ЭВМ терминалов, а также программа КЕРМИТ. В свою очередь ЛВТА получила около 40 дискеток с программными продуктами для персональных ЭВМ ОИЯИ. При активном участии ряда болгарских научных организаций в Дубне был организован семинар "Применение персональных ЭВМ в физических исследованиях". В рамках договоров с ЦИИРИ АН ГДР (Лейпциг) и ЦИЯИ АН ГДР (Россендорф) проведена совместная работа по комплектации библиотек программ общего назначения и их сервисному обслуживанию. В Центре научного приборостроения АН ГДР (Берлин) выполнено проектирование и изготовление печатных плат для графического процессора, разработанного в ЛВТА. Совместно с вычислительным центром ЦИФРОНЕТ в Сверке и Кракове проводились работы по развитию технических и программных средств для ЭВМ фирмы CDC. По разработанной совместно с ИАЭ (Сверк) документации изготовлены печатные платы и произведена наладка мультиплексора терминалов.

В развитии и использовании систем аналитических вычислений участвовали специалисты НРБ, ВНР, СРВ, ГДР, КНДР, СССР и ЧССР. Совместно с Единым центром математики и механики БАН (София)

проводились работы по комплектации библиотеки программ системы REDUCE. Из ЕЦММ получена новая версия программы для вычислений преобразования Лапласа, в ЕЦММ переданы программы матричного пакета. Сотрудники Университета им. К.Маркса (Лейпциг) участвовали в работах по расширению матричного модуля системы аналитических вычислений МATH для ПЭВМ типа IBM PC, создан пакет процедур для построения матричного характеристического многочлена. Совместно со специалистами Карлова университета (Прага) проведены работы по исследованию применимости ПЭВМ типа IBM PC для численно-аналитических расчетов спектра черенковского излучения в анизотропных кристаллах.

В рамках сотрудничества по разработке алгоритмов и созданию математического обеспечения для обработки данных с установки "Нейтринный детектор" на ЭВМ Центрального вычислительного комплекса ЦИФИ ВАН (Будапешт) был адаптирован вариант программы, подготовленной в ЛВТА.

Совместно с народным предприятием "Карл Цейс" (Йена) выполнялись работы по созданию универсального измерительного стенда для ПЗС-матриц. В Йене разработаны оптические узлы стенда. В рамках этой темы вместе со специалистами Словацкой высшей технической школы (Братислава) создана система съема и цифровой обработки двумерных изображений, в состав которой входят ТВ-камера на основе матрицы ПЗС, системный контроллер, монитор и ПЭВМ "Правец-16".

Общезинститутское научно-методическое отделение. В 1988 г. в ОНМО осуществлялось научно-техническое сотрудничество по 9 темам Проблемно-тематического плана ОИЯИ с научными центрами НРБ, ВНР, ГДР, КНДР, МНР, ЦНР, СРР, СССР и ЧССР.

Для завершения работ по созданию КУТИ-20 в Софийском университете проведены совместные исследования СВЧ-методики измерения параметров катодной плазмы. На основе проведенных экспериментов выработаны рекомендации по улучшению конструкции и параметров электронной пушки со взрывозмиссионным катодом. Совместно со специалистами ЦИФИ ВАН

(Будапешт) проведена работа по испытанию электронной аппаратуры в стандарте MULTIBUS для создания систем распределенной обработки данных и в АСУ КУТИ-20. Физики ТУ (Дрезден) участвовали в разработке технологии обезгаживания материалов. С целью создания системы диагностики кольцевого сгустка заряженных частиц по синхротронному излучению в ТУ проведено измерение характеристик образцов пьезоэлектрических материалов после их экспонирования в потоках нейтронов на установках ОИЯИ.

В исследованиях по развитию методики координатных детекторов частиц и ядер совместно со специалистами ЦИФИ ВАН (Будапешт) проведена работа по освоению технологии многослойных печатных плат и гибридных микросхем, выработаны предложения по внедрению в ОИЯИ автоматизированной системы контроля качества печатных плат. В ЦИЯИ АН ГДР (Россендорф) начата работа по освоению технологии производства полупроводниковых координатных детекторов с целью организации их производства в ОИЯИ. Группа специа-

листов из ГДР (ТУ, Дрезден) участвовала в работе по завершению монтажа нового компактного кристалл-дифракционного спектрометра. Из ГДР для этой установки получены сверхточные системы измерения длин перемещения и другие узлы.

Совместно со специалистами ИФТ АН МНР (Улан-Батор) начаты работы по созданию автоматизированных измерительных систем для УНК и микротронной лаборатории ИФТ. С ИЯФ ЧСАН (Ржеж) продолжены работы по созданию прецизионного измерителя магнитного поля.

По общепитутской теме "Исследование высокотемпературной сверхпроводимости" совместно со специалистами ЭИ САН (Братислава) проведены исследования состава и структуры тонких Y-Cu-пленок, образцы которых изготовлены в ОНМО. Начаты работы по созданию компактного In-Sb-детектора с магнитным полем, формируемым Sm-Co магнитами, для исследования образцов высокотемпературных сверхпроводников в инфракрасном диапазоне синхротронного излучения.



НАУЧНЫЕ СОВЕЩАНИЯ

В 1988 г. ОИЯИ организовал и провел пять крупных международных совещаний.

В июне в Дубне состоялся IX Международный семинар по проблемам физики высоких энергий, в котором приняли участие ученые из стран-участниц, а также Италии, Канады, США, Франции, ФРГ, Японии. Семинар был посвящен вопросам релятивистской ядерной физики и квантовой хромодинамики.

Успешно прошел в Варне XIII Международный симпозиум по ядерной электронике, организованный совместно с Институтом ядерных исследований и ядерной энергетики Болгарской академии наук. Симпозиум был посвящен вопросам автоматизации ядерно-физических исследований в ОИЯИ, институтах стран-участниц и других физических центрах.

120 специалистов из 10 стран приняли участие в Международной школе молодых ученых по проблемам ускорителей заряженных частиц, которая проводилась в Дубне в сентябре.

В программу Международной школы по вопросам применения ЭВМ в физических исследованиях, проходившей в Дубне, были включены лекции и дискуссии по следующим направлениям: информационно-вычислительные комплексы в научных исследованиях, их математическое обеспечение; система сбора и обработки экспериментальных данных; персональные ЭВМ и микроэлектроника в физических исследованиях.

XI Всесоюзное совещание по ускорителям заряженных частиц, организованное ОИЯИ, ГКАЭ СССР и АН СССР, состоялось в конце октября в Дубне. В нем приняли участие 350 специалистов. На совещании были заслушаны доклады о современных тенденциях развития ускорителей и их использовании для научных исследований.

Большое значение для научной деятельности ОИЯИ имели рабочие совещания. В течение года было проведено 24 совещания, в том числе по исследованиям на двухметровой пропановой камере, установке "Людмила", спектрометрах ГИБС, СИГМА-АЯКС, МИС, РИСК, по исследованиям механизмов высокотемпературной



В работе IX Международного семинара по проблемам физики высоких энергий, организованном ОИЯИ и АН СССР, приняли участие более двухсот ученых — представителей крупнейших научных центров из 17 стран

сверхпроводимости, исследованиям конденсированных сред на реакторе ИБР-2 и другие.

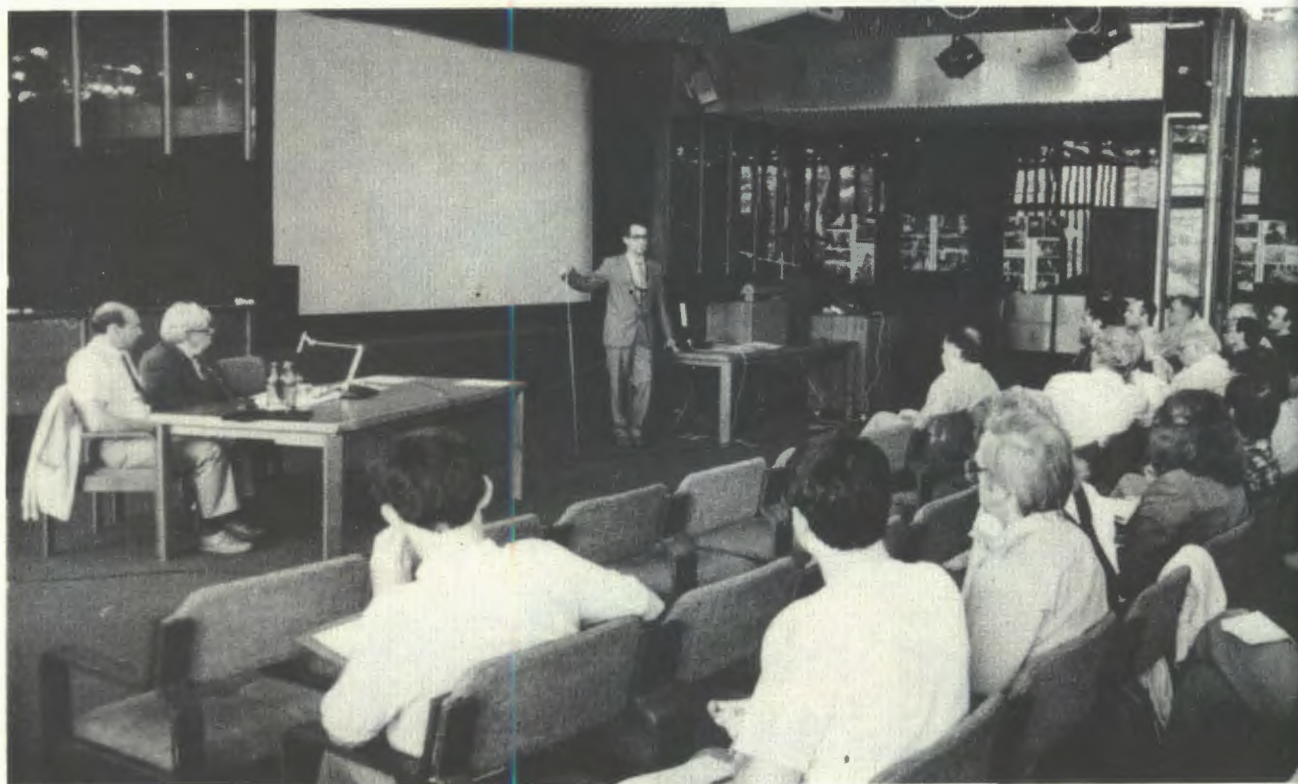
УЧАСТИЕ ОИЯИ В МЕЖДУНАРОДНЫХ И НАЦИОНАЛЬНЫХ КОНФЕРЕНЦИЯХ

В 1988 г. ОИЯИ командировал в страны-участницы 108 специалистов для участия в 43 международных и национальных конференциях.

Специалисты Института были лекторами и слушателями на международных школах в Брашове (СРР), Варне (НРБ), представили доклады на 4 Конференцию по применению радиоизотопов в физике (Лейпциг, ГДР), Международную конференцию "Взаимодействие адронов — теория и феноменология" (Бехине, ЧССР), 5 Международный симпозиум по реакциям вызванным нуклонами (Смоленице, ЧССР).

На 22 Международном симпозиуме по теории элементарных частиц (Аренсхооп, ГДР) с докладами и оригинальными сообщениями выступили ученые из ОИЯИ,

ЦЕРН, Англии, Болгарии, Венгрии, ГДР, Дании, Ирландии, СССР, ФРГ, ЧССР. Делегация сотрудников ОИЯИ участвовала в работе 32 семестра Международного математического центра им. С.Банаха (Варшава). Международный симпозиум "Мезоны и легкие ядра", проводившийся в Бехине (ЧССР) с 5 по 10 сентября, был посвящен обсуждению актуальных проблем и перспектив развития в области физики взаимодействия частиц с легкими ядрами. ОИЯИ направил на симпозиум и предварявшее его рабочее совещание представительную делегацию физиков, выступивших с актуальными научными сообщениями и обзорным докладом. 18 Международный симпозиум по ядерной физике "Физика и химия деления" (Гауссиг, ГДР) был посвящен 50 годовщине открытия ядерного деления. В международный комитет симпозиума вошли академики Н.Н.Боголюбов, Г.Н.Флеров, И.М.Франк. Специалисты ОИЯИ представили доклады на этот симпозиум. В связи с тем, что в ОИЯИ проводятся работы с использованием лазеров импульсного и непрерывного действия, было полезным и важным участие ученых



Института в Европейской конференции по перспективам развития квантовой электроники, проходившей в Бухаресте (СРР) с 29 августа по 3 сентября.

Специалисты Института участвовали более чем в 40 международных конференциях, симпозиумах и школах, проведенных в 12 странах, не являющихся членами ОИЯИ.

Ученые представили доклады и приняли участие в XXIV Международной конференции по физике высоких энергий в Мюнхене (ФРГ). Группа специалистов Института выступила с докладами на VIII Международном симпозиуме по спиновым явлениям в физике высоких энергий, состоявшемся в Миннеаполисе (США). Ученые ОИЯИ — многие в качестве приглашенных докладчиков — направлялись на традиционные международные совещания: по нейтронной физике и астрофизике (США), по ядро-ядерным столкновениям (Франция), по математической физике (Великобритания), по аспектам кластеризации в ядерных и субъядерных системах (Япония), по гиперядерной физике (Италия) и ряд других. Значительный интерес специалистов, работающих в области

создания и совершенствования ускорительной техники, вызвала I Европейская конференция по ускорителям заряженных частиц, проходившая в Риме, в которой также участвовали физики Института. Крупная Международная конференция по высокотемпературным сверхпроводникам, материалам и механизмам сверхпроводимости состоялась в Швейцарии. На конференции выступили с докладами специалисты ОИЯИ, занимающиеся теоретическими и экспериментальными проблемами высокотемпературной сверхпроводимости.

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

ОИЯИ традиционно поддерживал связи с научными центрами стран-неучастниц Института и проводил совместные работы с учеными этих стран по 23 темам.

Успешно продолжалось сотрудничество с Европейским центром ядерных исследований. Важным достижением является

С 21 по 23 июня в Дубне проходило Рабочее совещание "Механизмы высокотемпературной сверхпроводимости", в котором приняли участие ученые из ОИЯИ, институтов стран-участниц и других стран



организация линии связи ОИЯИ — ЦЕРН через Европейскую вычислительную сеть. В рамках программы DELPHI предложен эксперимент по прецизионному измерению параметров теории электрослабых взаимодействий в процессе $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^- (\gamma)$. По этому вопросу подготовлены две публикации и сделан доклад на "Неделе DELPHI" в Лиссабоне. Завершен монтаж и выполнена сборка адронного калориметра этой установки в подземном зале ускорителя LEP. Ведется подготовка к комплексным испытаниям. Полностью завершена обработка данных, полученных на водородной мишени совместного эксперимента NA-4, и анализ структурных функций протона в моделях квантовой хромодинамики. Получены предварительные результаты по структурным функциям дейтрона. В сотрудничестве с учеными ЦЕРН с помощью установки МИС-2 на ускорителе продолжался набор статистики трехпионных систем с целью поиска возбужденных состояний пиона. На установке СИГМА-АЯКС проведены сеансы набора данных с целью эксклюзивного изучения реакций с испусканием кумулятивных протонов во взаимодействии адронов с ядрами при 40 ГэВ/с. Совместные исследования на ускорителе LEAR (ЦЕРН) по изучению взаимодействия антипротонов низких энергий с ядрами (эксперимент PS-179) показали, что существуют необычные закономерности в образовании странных нейтральных частиц. Выполнены обязательства ОИЯИ по эксперименту PS-201. Изготовлен и отправлен в ЦЕРН первый модуль гамма-детектора установки OBELIX, с помощью которой на ускорителе LEAR будет проводиться изучение взаимодействий антинуклонов с энергией до 2 ГэВ с ядрами. На основе развитой в Дубне модели независимых кварк-глюонных струн для релятивистских ядерных столкновений проведен анализ данных, полученных в ЦЕРНе коллаборациями WA-80 и NA-35. Обсуждение результатов этого анализа с сотрудниками ЦЕРНа позволило оценить полученные значения плотности энергии и барионного заряда, установить основной механизм взаимодействия.

Совместно с сотрудниками Национального института ядерной физики (Италия) выполнены расчеты упругого и неупругого рассеяния мезоатомов на ядрах изотопов

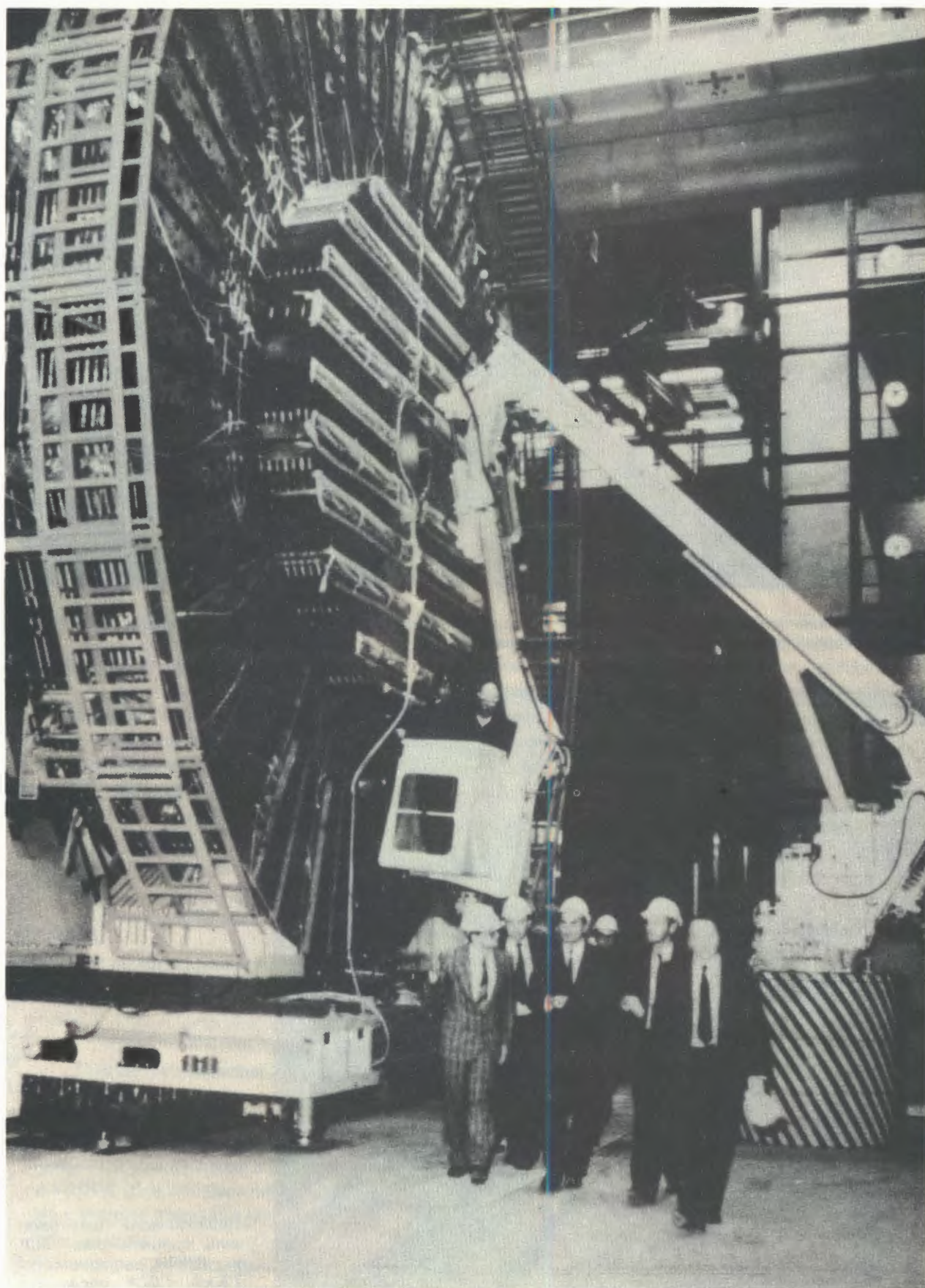
водорода в области энергий столкновения от 0,004 до 50 эВ.

Интенсивно развивались контакты с научными центрами Франции. Совместно с Центром ядерной спектроскопии и масс-спектрометрии Национального института физики ядра и физики частиц (Орсэ) изучались нейтрино в радиоактивном распаде с помощью электростатического спектрометра и короткой магнитной линзы. В Центре ядерных исследований (Сакле) начата подготовка аппаратуры, предназначенной для проведения на фазотроне ОИЯИ эксперимента по рождению π^0 -мезонов в протон-ядерных соударениях. Продолжены эксперименты по синтезу и изучению свойств новых экзотических ядер на ускорителе ГАНИЛ (Кан). В реакции ионов ^{48}Ca с мишенью из ^{64}Ni , изготовленной в ОИЯИ, было получено еще 6 новых изотопов, лежащих на границе ядерной стабильности, измерялись периоды полураспада 10 и масса 15 новых изотопов в районе ядер с магическим числом нейтронов $N = 20$.

На ускорителе Бэвалак (США) проведены калибровки трековых детекторов, которые позволили более четко идентифицировать следы тяжелых ядер в кристаллах из метеоритов. Широко осуществлялось сотрудничество по проблеме, связанной с поисками сверхтяжелых элементов в космических объектах.

Продолжалось сотрудничество между ОИЯИ и Университетом в Ювяскюля (Финляндия) по исследованию структуры ядер переходных областей деформации с применением методов ядерной ориентации установки СПИН на циклотроне Университета. Особо следует отметить работу по созданию новой уникальной установки на ИБР-2 — фурье-дифрактометра высокого разрешения, проведенную ОИЯИ в сотрудничестве с ЛИЯФ АН СССР (Гатчина) и Центром технических исследований (Хельсинки). Этот дифрактометр позволит выйти на принципиально новый уровень исследований структуры поликристаллических веществ и, в первую очередь, структуры высокотемпературных сверхпроводников.

Физики-теоретики Дубны поддерживают научные связи с Институтом Н.Бора (Копенгаген), научными центрами СФРЮ, Международным центром физики в Триесте, а также с научными центрами ряда других стран.



В рамках программы DELPHI (ЦЕРН — ОИЯИ) завершен монтаж адронного калориметра в подземном зале ускорителя LEP. Ведется подготовка к комплексным испытаниям.



Состоялся визит в ОИЯИ министра науки и искусства Баварии (ФРГ) Вольфганга Вильда. На снимке: В.Вильд (второй слева) в Лаборатории ядерных реакций



Полномочный Представитель правительства СССР в ОИЯИ, председатель ГКАЭ СССР профессор А.Н.Проценко во время посещения Опытного производства Института



Полномочный Представитель правительства ПНР в ОИЯИ М.Совински (справа) в измерительном центре ЛНФ

ЭКСКУРСИИ В ОИЯИ

1988 году в Объединенном институте ядерных исследований были приняты 73 экскурсионные группы общей численностью 1377 человек. С деятельностью Инсти-

тута ознакомились студенты различных вузов стран-участниц ОИЯИ, персонал секретариата СЭВ, стипендиаты МАГАТЭ, сотрудники посольств ГДР, НРБ, ЧССР, делегация Государственного агентства по атомной энергии ПНР и многие другие.

СПРАВКА

о развитии международного сотрудничества и связей Объединенного института ядерных исследований за период 1965-1988 гг.

№ п/п	Вид сотрудничества	1965	1970	1975	1980	1985	1987	1988
1.	Количество командировок специалистов из стран-участниц в ОИЯИ (без совещаний, но с учетом приездов по контрактам)	203	446	1026	1216	1469	1366	1218
2.	Количество командировок специалистов ОИЯИ в страны-участницы (* без учета выездов по вызовам)	171	287	474	558	600	545*	554*

3. Количество научных, методических и научно-организационных совещаний ОИЯИ	19	28	42	40	49	49	42
4. Количество командировок на международные конференции и в научные центры стран-неучастниц	69	166	131	109	119	138	178
5. Количество приездов специалистов из стран-неучастниц	27	176	226	93	144	218	255
6. Количество стипендиатов ОИЯИ	—	8	11	7	3	11	7

ПЕРЕЧЕНЬ

научных и научно-организационных совещаний,
проведенных Объединенным институтом ядерных исследований в 1988 году

№ п/п	Название совещания	Время проведения	Место проведения	Количество участников
<i>I. Совещания, школы и симпозиумы</i>				
1.	IX Международный семинар по проблемам физики высоких энергий	14-19 июня	Дубна	200
2.	XIII Международный симпозиум по ядерной электронике	12-18 сентября	Варна, НРБ	180
3.	Международная школа молодых ученых по проблемам ускорителей заряженных частиц	13-22 сентября	Дубна	120
4.	XI Всесоюзное совещание по ускорителям заряженных частиц	25-27 октября	Дубна	350
5.	Международная школа по вопросам применения ЭВМ в физических исследованиях	28 ноября — 3 декабря	Дубна	160
<i>II. Рабочие совещания</i>				
1.	Совещание по исследованиям высокотемпературных сверхпроводников	15-18 января	Дубна	40
2.	Совещание по исследованиям на "Нейтринном детекторе"	19-21 января	Дубна	50
3.	Совещание по корреляционным экспериментам на пучках тяжелых ионов	20-25 января	Дрезден, ГДР	50
4.	Совещание по исследованию механизма неупругих столкновений релятивистских ядер методом ядерных фотоэмульсий	2-4 февраля	Дубна	30

5. Совещание по исследованиям на установке БИС-2	15-17 марта	Дубна	50
6. Совещание по исследованиям на установке "Людмила"	22-24 марта	Дубна	30
7. Совещание по исследованиям на установке РИСК	19-21 апреля	Дубна	50
8. Совещание по экспериментам на установке СИГМА-АЯКС	19-21 апреля	Дубна	40
9. Совещание по исследованию множественного кумулятивного рождения частиц и развитию спектрометра ГИБС	26-28 апреля	Дубна	50
10. Совещание по поиску и исследованию многочастичных состояний и корреляций при взаимодействиях релятивистских ядер с протонами	24-26 мая	Дубна	25
11. Совещание по исследованиям на двухметровой пропановой камере	24-26 мая	Дубна	50
12. Совещание по исследованиям с мечеными нейтрино	21-23 июня	Дубна	50
13. Совещание по исследованиям механизмов высокотемпературной сверхпроводимости	21-23 июня	Дубна	50
14. Совещание по активационному анализу на реакторе ИБР-2	26-28 июня	Дубна	50
15. Совещание по совместному ОИЯИ-ЦЕРН эксперименту NA-4	1-2 сентября	Дубна	50
16. Совещание по исследованиям конденсированных сред на реакторе ИБР-2	6-8 сентября	Дубна	50
17. Совещание по исследованиям спиновых эффектов при распаде ориентированных ядер	5-10 сентября	Прага, ЧССР	50
18. Совещание по проекту "Парус"	27-29 сентября	Дубна	40
19. Совещание по исследованиям на установке БИС-2	27-29 сентября	Дубна	50
20. Совещание по спектрометру с вершинным детектором	4-6 октября	Дубна	40
21. Совещание по генетическому действию корпускулярных излучений	4-6 октября	Дубна	50
22. Совещание по созданию излучателя и детектора гравитационных волн	11-13 октября	Дубна	50
23. Совещание по исследованиям на двухметровой пропановой камере	1-3 ноября	Дубна	50
24. Совещание по исследованиям на установке МИС-2	1-3 ноября	Дубна	45

III. Научно-организационные совещания

1. 63 сессия Ученого совета ОИЯИ	12-14 февраля	Дубна	100
2. Комитет Полномочных Представителей стран-участниц ОИЯИ	1-3 марта	Дубна	80

3. Совещание контрольной комиссии Финансового комитета	31 мая — 3 июня	Дубна	20
4. 64 сессия Ученого совета ОИЯИ и его секций по физике высоких и физике низких энергий и теорети- ческой физике	7-11 июня	Дубна	100
5. НКС по физике высоких энергий	14-15 ноября	Дубна	40
6. НКС по физике низких и промежуточных энергий	17-18 ноября	Дубна	40
7. НКС по теоретической физике	21-22 ноября	Дубна	40
8. НКС по единой технической политике	21-22 ноября	Дубна	30
9. НКС по исследованию конденсиро- ванных сред ядерными методами	24-25 ноября	Дубна	40
10. 65 сессия Ученого совета ОИЯИ	6-8 декабря	Дубна	100
11. Заседание Финансового комитета	8-10 декабря	Дубна	20

ПЕРЕЧЕНЬ

международных и национальных конференций, симпозиумов, совещаний и школ,
в которых принимали участие специалисты
Объединенного института ядерных исследований в 1988 году

№ п/п-	Наименование	Время проведения	Место проведения	Количество участников
<i>1. В странах-участницах</i>				
1.	24 Школа по теоретической физике	13-27 января	ПНР, Карпач	1
2.	Международная школа по рассеянию нейтронов	25-29 января	ГДР, Штадт Велен	3
3.	9 Совещание "Высокий вакуум, границные поверхности/тонкие пленки"	15-17 февраля	ГДР, Дрезден	1
4.	17 Совещание по физике и технике низких температур	1-4 марта	ГДР, Гауссиг	4
5.	Весенний симпозиум ИФВЭ	8-10 марта	ГДР, Цойтен	2
6.	26 Школа по ядерной физике	4-8 апреля	ГДР, Хольцхау	9
7.	8 Европейская конференция по конденсированным средам	6-9 апреля	ВНР, Будапешт	3
8.	18 Международный симпозиум по электронной структуре металлов и сплавов	11-15 апреля	ГДР, Гауссиг	4
9.	4 Совещание представителей социа- листических стран по связи с ИНИС	11-15 апреля	ВНР, Вышеград	1
10.	IX Конференция по технике низких температур	19-21 апреля	ЧССР, Усти на Лабе	2
11.	20 Международный симпозиум по физике радиационной защиты	25-29 апреля	ГДР, Гауссиг	2
12.	Конференция "Уравнения в частных производных"	25-30 апреля	ГДР, Хольцхау	2
13.	Международная школа "Программирование-88"	21-30 мая	НРБ, Варна	11

14. 2 Международная конференция по электронно-лучевым технологиям	31 мая — 6 июня	НРБ, Варна	1
15. 7 Семинар "Проблемы информации и ее применения в управлении, обучении и научных исследованиях"	5-11 июня	НРБ, Гелечица	2
16. Международная конференция по аппаратным программным средствам для систем управления реального времени КАМАК-88	25-30 мая	ПНР, Варшава	1
17. Международный симпозиум "Взаимодействие адронов — теория и феноменология"	27-30 июня	ЧССР, Бехине	4
18. V Международный симпозиум по реакциям, вызванным нуклонами	20-25 июня	ЧССР, Смоленице	4
19. 3 Коллоквиум по качественной теории дифференциальных уравнений	22-25 августа	ВНР, Сегед	1
20. Международное совещание "Передовые рубежи непертурбативной теории поля"	18-22 августа	ВНР, Егер	1
21. Европейская конференция статистиков	19-26 августа	ГДР, Берлин	1
22. Международная конференция по численным методам и приложениям	22-27 августа	НРБ, София	4
23. Международная конференция "Спектроскопия и столкновение ионов"	29 августа — 2 сентября	СРР, Бухарест	1
24. 10 Международная конференция по химической термодинамике	29 августа — 2 сентября	ЧССР, Прага	2
25. Международная конференция "Тенденции в квантовой электронике"	29 августа — 3 сентября	СРР, Бухарест	2
26. Международная школа "Достижения экспериментальной ядерной физики"	30 августа — 9 сентября	СРР, Брашов	1
27. Международная школа по ядерной физике	2-11 сентября	ПНР, Миколайки	2
28. Рабочее совещание по малочастичным системам	1-2 сентября	ЧССР, Прага	4
29. 4 Международная конференция по физике магнитных материалов	4-10 сентября	ПНР, Щирк Бяла	2
30. Международная конференция "Мезоны и легкие ядра"	5-10 сентября	ЧССР, Бехине	5
31. 3 Международный симпозиум по современной оптике	13-16 сентября	ВНР, Будапешт	2
32. Международная конференция по ионной имплантации в полупроводниках и других материалах, взаимодействию пучков с поверхностью и ионной технологии	12-17 сентября	ПНР, Люблин	3
33. IV Конференция по применению радиоизотопов и радиационных процессов	19-23 сентября	ГДР, Лейпциг	1

34. V Международный симпозиум по взаимодействиям сверхвысоко-энергетических космических лучей	29 августа — 5 сентября	ПНР, Лодзь	1
35. 10 Совещание "Применение функциональных методов и методов теории функций"	26 сентября — 1 октября	ЧССР, Стара Тура	2
36. 6 Международная школа по теории вероятностей и математической статистике	28 сентября — 9 октября	НРБ, Варна	2
37. V Международная школа "Автоматизация и научное приборостроение"	11-20 октября	НРБ, Варна	2
38. 32 Семестр Международного математического центра им. О.Банаха	сентябрь-октябрь	ПНР, Варшава	9
39. 7 Осенняя школа по физике твердого тела	31 октября — 4 ноября	ГДР, Кордобанг	1
40. Международная конференция "Структура адронов-88"	14-18 ноября	ЧССР, Пиештяны	2
41. Международный симпозиум по физике и химии деления ядра	21-25 ноября	ГДР, Гауссиг	4
42. III Международное совещание по применению позиционно-чувствительных детекторов	12-16 декабря	ГДР, Хольцхау	5
43. V Международная школа по физике конденсированного состояния	18-25 сентября	НРБ, Варна	1
44. 22 Международный симпозиум по теории элементарных частиц	16-22 октября	ГДР, Аренсхооп	2

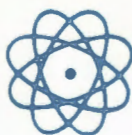
II. В странах-неучастницах

1. XVI Международное рабочее совещание по свойствам ядер и ядерным возбуждениям	Австрия, Шладминг	18-22 января	3
2. Рабочее совещание по изучению высокотемпературных сверхпроводников методом μ SR; посещение SIN	Швейцария, Виллиген	23 февраля — 1 марта	1
3. Международная конференция по высокотемпературным сверхпроводникам, материалам и механизмам сверхпроводимости	Швейцария, Интерлакен	29 февраля — 4 марта	3
4. Международная конференция по спиновым явлениям в ядерной физике; посещение научных центров	США, Теллурайд	14-21 марта	4
5. Рабочее совещание по мюонному катализу, посещение научных центров	США, Санибел	2-22 мая	2
6. II Международный семинар "Модель оболочек и структура ядра"	Италия, Капри	16-20 мая	2
7. XVI Совещание сотрудников по связи с ИНИС	Турция, Стамбул	24-27 мая	1
8. Международная конференция по ядерным данным для науки и техники	Япония, Мито	30 мая — 3 июня	1

9. XIII Международная конференция по нейтринной физике и астрофизике "Нейтрино-88"	США, Бостон	6-11 июня	5
10. III Международная конференция по ядро-ядерным столкновениям	Франция, Сен-Мало	6-11 июня	5
11. I Европейская конференция по ускорителям заряженных частиц; заседание рабочей группы ИКФА по новым методам ускорения	Италия, Рим, Капри	5-19 июня	6
12. Международная конференция по спин-поляризованным квантовым системам	Италия, Турин	20-24 июня	1
13. XIII Международный симпозиум по разрядам и электрической прочности вакуума	Франция, Париж	27-30 июня	1
14. Международный семинар по физике высоких энергий и космологии	Италия, Триест	27 июня — 5 августа	1
15. Летняя школа Американского физического общества "Будущее физики высоких энергий"; заседание рабочей группы ИКФА по аппаратуре	США, Сноу-масс	4-9 июля	1
16. VIII Международная конференция по мощным пучкам заряженных частиц	ФРГ, Карлсруэ	4-7 июля	1
17. I Международная объединенная конференция по компьютерной алгебре	Италия, Рим	4-8 июля	2
18. Международное рабочее совещание "Нелинейные эволюционные уравнения: интегрируемость и спектральные методы"	Италия, Комо	4-15 июля	2
19. II Международная конференция по ядерной химии и радиохимии	Великобритания, Брайтон	11-15 июля	2
20. XX Конференция Европейской группы по атомной спектроскопии	Австрия, Грац	12-15 июля	1
21. Международная конференция по рассеянию нейтронов	Франция, Гренобль	12-15 июля	3
22. XII Международная конференция по криогенной технике	Великобритания, Саутгемптон	12-15 июля	2
23. IX Конгресс Международной ассоциации по математической физике	Великобритания, Суонси	18-27 июля	4
24. V Международная конференция по аспектам кластеризации в ядерных и субъядерных системах	Япония, Киото	25-29 июля	3
25. Международная конференция по магнетизму	Франция, Париж	25-29 июля	2
26. Международная конференция по ядерным методам в магнетизме	ФРГ, Мюнхен	1-4 августа	1
27. Международная конференция по возбужденным барионам Гордоновская конференция по фотоядерной физике	США, Трой США, Плимут	4-6 августа 8-12 августа	1
28. XXIV Международная конференция по физике высоких энергий	ФРГ, Мюнхен	4-10 августа	8

29. XIV Летняя школа и международный симпозиум по физике ионизированных газов	СФРЮ, Сараево	14-21 августа	2
30. Теоретическое рабочее совещание "Двумерная конформная теория поля"	США, Аспен	14 августа — 16 сентября	1
31. Международный симпозиум по микропроцессорам и микропрограммированию "Евромикро-88"	Швейцария, Цюрих	29 августа — 1 сентября	2
32. Рабочее совещание по он-лайн ориентации атомных ядер	Великобритания, Оксфорд	1-4 сентября	1
33. Заседание оргкомитета совместной школы ЦЕРН-ОИЯИ по физике	Нидерланды, Амстердам	3-9 сентября	2
34. X Международная конференция по методу граничных элементов	Великобритания, Саутгемптон	6-9 сентября	1
35. Конференция европейских пользователей ЭВМ фирмы CDC	Австрия, Вена	12-16 сентября	2
36. Международный симпозиум по гиперядерной физике	Италия, Леньяро	12-16 сентября	2
37. VIII Международный симпозиум по спиновым явлениям в физике высоких энергий	США, Миннеаполис	12-17 сентября	4
38. Рабочее совещание по новым направлениям исследований в области нейтринной физики	США, Батавия	14-17 сентября	1
39. XXIV Международная школа по физике элементарных частиц	СФРЮ, Дуилово	18-25 сентября	1
40. 74 Национальный конгресс Итальянского физического общества	Италия, Урбино	5-9 октября	1
41. Заседание Комитета по ядерной физике Европейского физического общества	ФРГ, Дармштадт	28-29 октября	1

**ОБЩЕИНСТИТУТСКИЕ
СЛУЖБЫ**



ОТДЕЛ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И РАДИАЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Деятельность Отдела радиационной безопасности и радиационных исследований в 1988 г. была направлена на обеспечение радиационного контроля на рабочих местах сотрудников Института и в окружающей среде, развитие и совершенствование средств радиационного контроля, в том числе автоматизированных систем, создание опорных полей излучений, а также на проведение радиационных исследований в новых неизученных режимах работы ядерно-физических установок ОИЯИ и развитие методов прогнозирования радиационной обстановки и защиты.

Радиационный контроль осуществлялся на следующих ядерно-физических установках ОИЯИ:

- импульсном реакторе ИБР-30;
- импульсном реакторе ИБР-2;
- синхрофазотроне в режиме ускорения протонов и релятивистских ядер с энергией несколько ГэВ/нуклон;
- фазотроне в режиме ускорения протонов до энергии 660 МэВ;
- циклотронах У-200, У-300 и У-400 в режимах ускорения ионов с энергиями до 20 МэВ/нуклон;
- микротроне МТ-25 на энергию электронов 25 МэВ;
- первой очереди коллективного ускорителя тяжелых ионов КУТИ-20;
- линейном ускорителе ЛИУ-30 при энергии электронов до 8 МэВ, а также ЛИУ-3000; при проведении работ с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений.

Контроль радиационной обстановки и индивидуальных доз внешнего облучения персонала в зонах радиационного воздействия позволил организовать деятельность подразделений Института так, что годовой уровень облучения персонала и населения не превысил ни предельно допустимых доз, ни пределов доз. К концу 1988 г. на индивидуальном дозиметрическом контроле (ИДК) в ОИЯИ состояло 2574 человека, из них 191 сотрудник, прикомандированный к ОИЯИ из сторонних организаций. Годовая

доза облучения у 98,9% сотрудников, работающих в радиационно-вредных условиях труда, не превысила 15 мЗв (1,5 бэр), что ниже регламентированной величины. Доза облучения в окружающей среде от ядерно-физических установок Института составляет пренебрежимо малую величину по сравнению с природной дозой радиации; радиоактивность внешней среды в районе расположения ОИЯИ обусловлена наличием в ней естественных радиоактивных элементов и продуктов глобальных выделений, на фоне которых вклад работы установок Института в загрязненность окружающей среды не обнаружен.

С целью развития и совершенствования средств радиационного контроля совместно с сотрудниками ЛВЭ введена в эксплуатацию система автоматизированного сбора, накопления, обработки и представления информации о дозах и мощностях доз нейтронов на комплексе синхрофазотрона¹¹. Введена в опытную эксплуатацию автоматизированная система стационарного дозиметрического контроля нейтронов вокруг циклотрона У-400.

На реакторе ИБР-30 введена в эксплуатацию автоматизированная система сбора и обработки дозиметрической информации на 32 канала. Введен в опытную эксплуатацию второй уровень радиационного контроля на базе персонального компьютера "Правец-16".

Проведенные работы позволили повысить качество и оперативность радиационного контроля, а также увеличить объем получаемой информации.

В области радиационных исследований завершено изучение радиационной обстановки на комплексе фазотрона ЛЯП, результаты которого показали необходимость установления дополнительной защиты в зале ускорителя.

Измерены дозиметрические характеристики полей излучения за защитами каналов транспортировки пучков легких релятивистских ядер, ускоренных на синхрофазотроне до энергии 3,65 ГэВ/нуклон¹². Создан

и апробирован алгоритм прогнозирования радиационной обстановки и защиты на ускорителях тяжелых ионов с энергиями от десятков МэВ/нуклон до десятка ГэВ/нуклон.

Совершенствовались методы спектрометрии нейтронов высокой энергии за защитой ускорителей; созданный в отделе для

этих целей прибор не имеет аналогов и обладает высокой чувствительностью¹³.

Подведены итоги изучения комплекса ИБР-2 как источника ионизирующих излучений; основные результаты доложены на 19 Международном симпозиуме "Физика радиационной защиты" в Дрездене¹⁴.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бalandиков А.Н. и др. – ОИЯИ Р9-88-738, Дубна, 1988.
2. Бамблевский В.П. и др. – ОИЯИ 16-88-613, Дубна, 1988.
3. Крылов А.С., Тимошенко Г.Н. – ОИЯИ 16-88-65, Дубна, 1988.
4. Arkhipov V.A. et al. – Kernenergie, 1988, 31, No.5, 209.

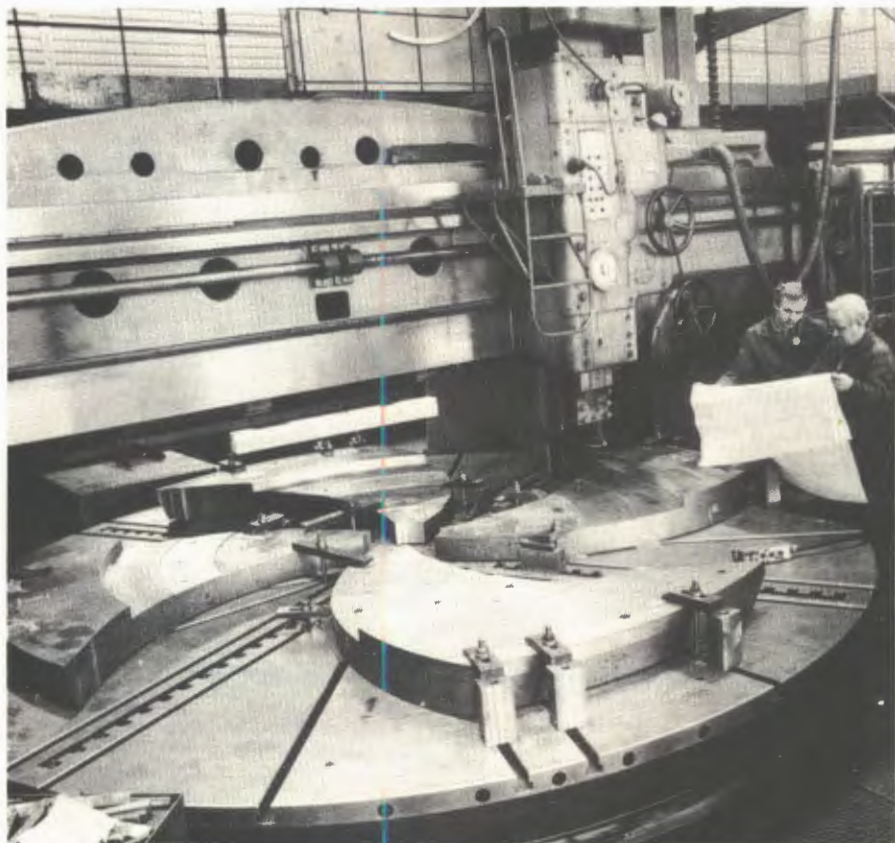
ОПЫТНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

В 1988 г. коллектив Опытного производства выполнил по заказам лабораторий ОИЯИ большой объем работ по модернизации базовых установок Института, созданию экспериментального оборудования, из-

готовлению радиоэлектронной и детектирующей аппаратуры.

На механическом участке продолжались работы по созданию сверхпроводящей магнитной системы нуклотрона (ЛВЭ): изго-

Изготовление полюсных наконечников магнита для циклотрона У-400М



товлены криостаты и ярмо дипольных магнитов, 50 комплектов систем подвесок и выпрямительные шкафы. Для циклотрона У-400 (ЛЯР) изготовлены 3 источника многозарядных ионов, а также ряд других узлов ускорителя. По заказу АН МНР создан ряд узлов микротрона, включая магнитные линзы системы вывода пучка. Для спектрометра НЕРА (ЛНФ) изготовлены специальные поворотные платформы с азотными криостатами. Продолжались работы по созданию магнитопровода для установки МАРС. Изготовлена вакуумная камера для магнита прототипа ускорителя ДЦ-1 (ЛЯП).

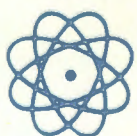
В течение года выпущено более 500 блоков питания, 45 комплектов координатных

полуплоскостей из дрейфовых трубок с блоками регистрирующей электроники, около 1650 блоков аппаратуры в стандарте КАМАК, 24 пропорциональные камеры, более 31 тысячи печатных плат. Изготовлена первая партия каркасов для электроники в стандарте ЕВРОМЕХАНИКА.

Продолжалось освоение приемов изготовления многослойных печатных плат. Введен в эксплуатацию пресс, опробован разработанный применительно к условиям ОП технологический процесс, изготовлена опытная партия плат для ЛВТА.

Изготовлено большое количество нестандартного оборудования для ряда подразделений Института.

НАУЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ



ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ОТДЕЛ

В 1988 г. издательский отдел ОИЯИ выпустил в свет 917 наименований сообщений и препринтов ОИЯИ. Было издано 246 служебных материалов.

Вышли из печати 10 сборников трудов различных конференций, школ и совещаний, организованных ОИЯИ. Среди них: Труды школы ОИЯИ-ЦЕРН по физике (НРБ-87), Международного совещания "Механизмы высокотемпературной сверхпроводимости", Симпозиума по избранным проблемам статистической механики, Совещания по проблемам квантовой теории поля и др.

В серии брошюр "Лекции для молодых ученых" опубликованы лекции В.С.Машкевича "Индетерминистская квантовая динамика", А.Т.Филиппова "Введение в теорию суперструн", А.А.Белькова, В.Н.Первушина, Д.Эберта "Низкоэнергетические предсказания современных киральных лагранжианов, основанных на динамике кварков", М.И.Добролюбова, А.Ю.Игнатьева, М.Е.Шапошникова "Элементарные частицы и космология", J.Ambjörn "Non-Perturbative Field Theory/Field Theory on a Lattice" и ряд других.

Продолжался выпуск "Кратких сообщений ОИЯИ", приобретающих статус журнала. В семи сборниках, изданных в 1988 г., опубликовано около 60 статей, содержащих оригинальные научные, научно-технические, методические и прикладные результаты.

По решению дирекции ОИЯИ с 1988 г. начал выходить информационный бюллетень "Новости Объединенного института ядерных исследований", адресованный широким кругам научной общественности. "Новости ОИЯИ" выходят ежеквартально и сообщают о новых научных результатах, полученных в лабораториях Института, о ходе крупных экспериментов, создании новых установок, открытиях и изобретениях и т.д. Широко представлена хроника ОИЯИ.

Информационный бюллетень "Новости ОИЯИ" читают как в лабораториях Инсти-

тута, так и в научных центрах стран-участниц. Получают его все научные центры, сотрудничающие с Дубной.

В редакции журналов, на различные конференции, симпозиумы и т.д., проводившиеся как в странах-участницах, так и в других странах, издательским отделом было направлено 1336 статей и докладов, содержащих результаты работ ученых Дубны.

Статьи сотрудников ОИЯИ публиковались в таких журналах, как "Журнал экспериментальной и теоретической физики", "Теоретическая и математическая физика", "Приборы и техника эксперимента", "Ядерная физика", "Физика элементарных частиц и атомного ядра", "Атомная энергия", "Journal of Physics", "Physics Letters", "Zeitschrift für Physik", "Nuclear Physics", "Nuclear Instruments and Methods" и др.

В 45 стран мира рассылались публикации Дубны. В 1988 г. в списке рассылки публикаций ОИЯИ появилось 26 новых адресов.

В научно-техническую библиотеку Объединенного института ядерных исследований в 1988 г. поступило в порядке обмена 9629 публикаций из 39 стран, в том числе 1736 из ЦЕРНа. В порядке обмена же в НТБ бесплатно поступает 122 наименования научных журналов из 22 стран.

Оперативному информированию читателей научно-технической библиотеки о новых поступлениях служат выпускаемые издательским отделом экспресс-бюллетени НТБ и патентного отдела. Увидел свет традиционный ежегодный "Библиографический указатель работ сотрудников ОИЯИ за 1987 г." и "Отчет о деятельности ОИЯИ за 1987 г."

Издательским отделом выполнялись многочисленные заказы лабораторий на ксерокопирование.

Выполнено свыше 4,5 тысяч заказов на переплетные работы.

Для обработки экспериментальной информации и других целей отпечатано свыше 700 тысяч различных бланков.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БИБЛИОТЕКА

В 1988 г. число читателей Научно-технической библиотеки и ее филиалов составило 4673 человека. Количество выданной за год литературы и просмотренной на выставках новых поступлений составило 370 тыс. экземпляров. По заявкам читателей получено по межбиблиотечному абонементу (МБА) 2411 названий. Выполнено более 720 читательских заявок, поступивших из библиотек Советского Союза.

По всем источникам комплектования (покупка, подписка, книгообмен) в 1988 г. поступило более 16 тыс. экземпляров книг, препринтов, периодических изданий, в том числе 8 тыс. на иностранных языках. Продолжалась работа по очистке фонда от устаревшей литературы.

На 1 января 1989 г. библиотечный фонд составил около 400 тыс. экземпляров, из них более 166 тыс. — на иностранных языках.

Все поступившие издания своевременно обрабатывались и отражались в центральном каталоге и в каталогах филиалов. Картотека новых поступлений пополнилась 17536 карточками, тематические картотеки — 20518 карточками. Картотека публикаций сотрудников Института пополнилась 4211 карточками.

Подготовлен и издан с использованием персональной ЭВМ "Правец-16" "Указатель работ сотрудников ОИЯИ за 1987 г.". Ежедневно выпускались экспресс-бюллетени "Книги", "Препринты", "Статьи" (156 номеров), содержащие информацию о новых публикациях (22486 наименований). Ежедневно обновлялись выставки новых поступлений книг, препринтов, на которых представлено 8978 новых наименований.

В НТБ организовано 9 тематических выставок.

Подготовка к изданию "Указателя работ сотрудников ОИЯИ за 1987 год" с использованием персональной ЭВМ "Правец-16"



ПАТЕНТНЫЙ ОТДЕЛ

ПРАВОВАЯ ОХРАНА ОТКРЫТИЙ

В 1988 году в СССР зарегистрировано 3 открытия, в числе авторов которых есть сотрудники ОИЯИ:

— "Закономерность резонансного образования мюонных молекул дейтерия", авторы: В.П.Джелепов (ОИЯИ), Э.А.Весман (Университет, Тарту), С.С.Герштейн (ИФВЭ), П.Е.Ермолов (МГУ), В.Е.Фильченков (ОИЯИ);

— "Закономерности изменения температуры тепловых нейтронов при диффузии", авторы: И.М.Франк (ОИЯИ), А.В.Антонов,

А.И.Исаков, В.И.Попов (ФИАН), К.Д.Толстов (ОИЯИ);

— "Явление вращения плоскости поляризации жестких γ -квантов", авторы: В.Г.Барышевский (Университет, Минск), В.Л.Любошиц (ОИЯИ), В.М.Лобашев, А.П.Серебров, Л.М.Смотрицкий (ЛИЯФ АН СССР).

Всего за период 1958-1988 гг. в СССР зарегистрировано 33 открытия, сделанных с участием сотрудников Объединенного института ядерных исследований.

ЗАЩИТА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЙ

	1988 г.	1958-1988 гг.
Получено положительных решений по заявкам на изобретения	45	1205
Использовано изобретений	23	558

РАЦИОНАЛИЗАТОРСКИЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ

	1988 г.	1958-1988 гг.
Использовано рационализаторских предложений	432	14094
Экономический эффект от использования изобретений и рационализаторских предложений (тыс. руб.)	125,3	3201

**АДМИНИСТРАТИВНО-
ХОЗЯЙСТВЕННАЯ
ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ**



КАДРЫ

Численность сотрудников Объединенного института ядерных исследований на 31 декабря 1988 г. составила 7343 человека.

В Объединенном институте ядерных исследований работают 5 академиков: Н.Н.Боголюбов, А.М.Балдин, Б.М.Понтекорво, Г.Н.Флеров, И.М.Франк, 5 членов-корреспондентов академий наук: Н.Н.Говорун, В.П.Джелепов, И.Звара, М.Г.Мещеряков, Д.В.Ширков, 180 докторов наук, 618 кандидатов наук.

В 1988 г. принято 807 человек, из них:

- научных сотрудников — 228
- инженеров — 204

- техников и мастеров — 8
- рабочих — 271
- учеников — 19
- служащих — 59
- младшего обслуживающего персонала — 18.

Уволено из ОИЯИ за этот же период в связи с окончанием срока работы и по другим причинам 868 человек. В течение года присвоены ученые звания профессора 4 сотрудникам, старшего научного сотрудника — 20, младшего научного сотрудника — 15.

В 1988 г. защитили кандидатские диссертации 37 сотрудников, докторские — 9.

Категория работников

Численность

	в лабораториях и Управлении	в производственных подразделениях	всего
Научные работники	1357	3	1360
Инженеры	1672	283	1955
Техники и мастера	133	134	267
Рабочие	1771	1454	3225
Ученики	6	7	13
Служащие	265	189	454
Младший обслуживающий персонал	4	65	69
Всего:	5208	2135	7343

Новостройки Дубны



ФИНАНСОВАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

Комитет Полномочных Представителей правительств государств-членов ОИЯИ для проведения научно-исследовательских работ, капитального строительства и других мероприятий, связанных с деятельностью Института, на 1988 г. ассигновал 49 млн руб. На финансирование объектов, сооружаемых совместно с другими организациями, передано централизованно 0,5 млн руб. Получено централизованно 1,5 млн руб. Фактические расходы за год составили 47,8 млн руб.,

или 97,5% по отношению к годовым ассигнованиям.

Проблемно-тематический план научно-исследовательских работ за 1988 г. выполнен в полном объеме, в сметной стоимости и по номенклатуре. Фактические расходы составили 33,4 млн руб. или 98,7% к сметной стоимости. Достигнута экономия 0,4 млн руб.

Распределение бюджета по разделам приведено в таблице:

Наименование разделов	Ассигнования на год, млн руб.	Фактические расходы за год, млн руб.	% к плану
I. Административно-управленческие и хозяйственные расходы	7,8	7,6	97,4
II. Расходы на научно-исследовательскую деятельность	27,2	25,7	94,5
Итого по основной деятельности	35,0	33,4	95,3
III. Капитальные вложения на строительство научно-исследовательских и других объектов	14,0	14,4	103,1
Всего	49,0	47,8	97,5



КАПИТАЛЬНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

Затраты на капитальное строительство научно-исследовательских и других объектов планировались в сумме 14 миллионов

рублей. Выполнение годового плана капитального строительства показано в таблице:

Структура капитальных вложений	Годовой план, млн. руб.	Фактическое выполнение, млн. руб.	% выполнения
Всего капитальных вложений, в том числе:	14,0	14,4	103,1
1. Строительно-монтажные работы	2,7	2,1	77,8
2. Оборудование и инвентарь	10,7	11,7	109,3
3. Проектно-изыскательские и прочие затраты	0,5	0,6	120,0
Ввод в действие основных средств (фондов)	13,2	15,1	114,4

В 1988 году завершено строительство химического корпуса комплекса ИБР-2



ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

В состав Объединенного института ядерных исследований входят производственные, вспомогательные и обслуживающие

подразделения. Деятельность этих подразделений за 1988 г. характеризуется основными показателями, приведенными в таблице:

Показатели	Годовой план	Фактическое выполнение	% выполнения
1. Объем готовой продукции, выполненных работ и оказанных услуг, млн руб.	16,3	17,2	105,0
2. Результаты финансово-хозяйственной деятельности, млн. руб.	0,4	1,7	
3. Затраты на один рубль готовой продукции, выполненных работ и оказанных услуг (коп.)	97,2	90,2	
4. Численность работающих	2356	2136	