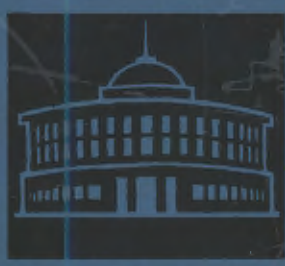


Экз. лит. 1971

ДУБНА · 1971

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

СЗМ
0-292



JOINT INSTITUTE FOR NUCLEAR RESEARCH

1971 · DUBNA

СЗМ
0-292

P - 6468

О Т Ч Е Т

О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

ОБЪЕДИНЕННОГО

ИНСТИТУТА

Я Д Е Р Н Ы Х

И С С Л Е Д О В А Н И Й

с. ф. 3401

ЕЖЕГОДНОЕ ИЗДАНИЕ

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

ОГЛАВЛЕНИЕ

Цели и задачи Объединенного института ядерных исследований	4
Лаборатории и основные установки ОИЯИ	5
Введение	6
Проблемный план ОИЯИ на 1971 год	16
Научно-исследовательские работы, выполненные лабораториями ОИЯИ в 1971 году	
Лаборатория теоретической физики	20
Лаборатория высоких энергий	28
Лаборатория ядерных проблем	44
Лаборатория ядерных реакций	62
Лаборатория нейтронной физики	82
Лаборатория вычислительной техники и автоматизации	98
Отдел новых методов ускорения	108
Руководящие и консультативные органы	
Международные связи	
Деятельность руководящих и консультативных органов	114
Премии ОИЯИ за 1970 год	118
Международные связи и научное сотрудничество	120
Научная информация	
Издательский отдел	146
Научно-техническая библиотека	148
Изобретательство, рационализация и патентная служба	150
Общеинститутские службы	
Административно-хозяйственная деятельность	
Отдел радиационной безопасности	154
Совет по радиоэлектронике	156
Административно-хозяйственная деятельность	158

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объединенный институт ядерных исследований имеет своей целью:

обеспечение совместного проведения теоретических и экспериментальных исследований в области ядерной физики учеными государств - членом Института;

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

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

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

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

Устав ОИЯИ, глава II

ЛАБОРАТОРИИ И ОСНОВНЫЕ УСТАНОВКИ ОИЯИ

Лаборатория теоретической физики

Лаборатория высоких энергий
Синхрофазотрон для ускорения протонов до энергии 10 Гэв

Лаборатория ядерных проблем
Синхроциклотрон для ускорения протонов до энергии 680 Мэв

Лаборатория ядерных реакций
Циклотроны для ускорения многозарядных ионов

Лаборатория нейтронной физики
Импульсный реактор на быстрых нейтронах

Лаборатория вычислительной техники
и автоматизации
10 электронных вычислительных машин

Отдел новых методов ускорения

ВВЕДЕНИЕ

Объединенный институт ядерных исследований успешно начал осуществление новой пятилетней программы своего развития /1971-1975 г.г./. Основное внимание в истекшем году было сосредоточено на таких первоочередных проблемах, как создание комплекса ИБР-2, исследование коллективного метода ускорения и эксперименты на серпуховском ускорителе.

Строительные работы на ИБРе-2 велись с опережением графика. Продолжалось выполнение проектно-конструкторских задач по реактору ИБР-2 и инжектору ЛУ-30, были испытаны макет подвижного отражателя и макет тепловыделяющих элементов реактора. Заказы на изготовление систем ИБРа-2 размещаются в промышленности. Производились работы по инженерному обеспечению экспериментов на этом реакторе.

Построено главное здание и стендовый корпус Отдела новых методов ускорения. Завершен монтаж высокоточного линейного ускорителя СИЛУНД, ускорен до энергии 500 кэв электронный пучок с током 2000 а /номинальная энергия ускорителя 3 Мэв/. Изготовлен армированный вариант камеры адгезатора-2, на теплом резонаторе достигнут устойчивый режим работы при напряженности электрического поля $E \sim 90$ кв/см и магнитного поля $H \sim 10^4$ гс.

На ускорителе Института физики высоких энергий /Серпухов/ завершен большой цикл экспериментов по исследованию упругого pp - и pd -рассеяния на малые углы. В области энергий от 8 до 70 Гэв подробно изучены энергетические зависимости параметра наклона дифракционного конуса упругого pp -и pd -рассеяния и отношения действительных частей амплитуд рассеяний к мнимым. Показано, что при высоких энергиях простая дифракционная модель не соответствует природе взаимодействия, т.к. ядерная материя обладает не только свойством поглощения, но и свойством преломления. Впервые установ-



1. Состоялось официальное открытие установки с двухметровой жидководородной пузырьковой камерой "Людмила". Созданная коллективом Объединенного института ядерных исследований камера запущена на пучке 76 Гэв ускорителя Института физики высоких энергий /Серпухов/. По случаю открытия установки в ИФВЭ состоялся митинг.

лено, что радиус pp -рассеяния логарифмически растет с возрастанием энергии в интервале от 10 до 70 Гэв. Полученные опытные данные согласуются с расчетами, выполненными на основе дисперсионных соотношений.

Продолжается исследование асимптотического поведения амплитуд рассеяния нейтральных K -мезонов в опытах по регенерации мезонов. В проведении экспериментов и обработке данных вместе с учеными ОИЯИ принимают участие физики и инженеры ИФВЭ /Серпухов/, ЦИФИ /Будапешт/, ФИ ЧСАН /Прага/, ФИ БАН /София/ и ИФВЭ ГАН /Цойтен/. Найдено, что фаза разности амплитуд упругого рассеяния вперед K^0_p и \bar{K}^0_p приблизительно постоянна в исследованном интервале импульсов $14+42$ Гэв/с и ее модуль убывает с ростом энергии падающих K -мезонов как $\sim 1/E^{1/2}$.

Более 100 тыс. фотографий получено на двухметровой пропановой камере, облученной в пучке π^- -мезонов с энергией 40 Гэв. Ведется исследование π^-p -взаимодействия и рождения частиц в π^-C -соударениях. Большим успехом явился запуск установки с двухметровой жидководородной камерой "Людмила" на пучке серпуховского ускорителя. 10 фотоэмульсионных камер облучены протонами с энергией $50+70$ Гэв, они обрабатываются во многих лабораториях стран - участниц ОИЯИ.

На ереванском синхротроне завершены измерения дифференциального сечения упругого ep -рассеяния при энергии 4,13 Гэв в области малых переданных импульсов. Определение значения электромагнитного радиуса протона дало величину $0,79 \pm 0,04$ ферми.

Теоретики Объединенного института провели многие исследования в области физики элементарных частиц и атомного ядра. Закончен цикл работ по нелокальной теории скалярного поля. Построена нелокальная квантовая теория электромагнит-

ных и слабых взаимодействий с унитарной, причинной и градиентно-инвариантной S -матрицей. На основе методов суммирования всех асимптотик мезодинамики рассмотрены глубоко неупругие фотон-нуклонные и фотон-фотонные процессы. Предсказано равенство сечений рассеяния продольно поляризованного γ -кванта на протоне и нейтроне, что может быть проверено экспериментально. Сформулирован принцип автомодельности, определяющий асимптотическое поведение сечений сильных, электромагнитных и слабых взаимодействий адронов.

Разработаны количественный метод изучения малонуклонных систем, метод связанных каналов для ядерных реакций. Получены интересные результаты по теории деформированных ядер. Существенный прогресс достигнут в полумикроскопическом описании высоковозбужденных состояний ядер. Подход может служить базой для изучения структуры нейтронных резонансов.

В связи с экспериментами, проводящимися в ОИЯИ на импульсном реакторе, были выполнены важные работы по теории твердого тела и конденсированных сред.

На синхрофазотроне в опытах с релятивистскими дейтронами $/6+10$ Гэв/с/ обнаружен кумулятивный эффект - многобаррионное столкновение с концентрацией энергии на одном пионе. Сечение кумулятивного рождения пионов дейтронами на ядрах меди составляет около 5% от сечения рождения их нуклонами. Рожденные пионы регистрировались системой дифференциальных черенковских счетчиков. С помощью фотоэмульсий, облученных дейтронами, найдено, что доля ядерного протонного стриппинга дейтрона относительно всех неупругих взаимодействий составляет $/14+2\%$.

При использовании двухканальной электронной установки, состоявшей из ливневых спектрометров и искровых камер

и регистрировавшей радиационные распады η^0 -мезона, исследовано дифференциальное сечение реакции $\pi^- p \rightarrow n \eta^0$ при импульсе пионов 3,36 Гэв/с.

Продолжались исследования /на основе снимков с 55-сантиметровой пропановой камеры/ двух- и многобарионных резонансов. Измерения с увеличенной статистикой подтвердили, что системы Λp при массах 2058 Мэв и 2127 Мэв образуются в S -состоянии, при массе 2252 обнаружены поляризационные эффекты. На синхрофазотроне проведено облучение однометровой водородной пузырьковой камеры в сепарированном пучке дейтронов импульсом 3,37 Гэв/с.

В экспериментах с однометровой пропановой пузырьковой камерой на пучке π^- -мезонов с импульсом 5 Гэв/с синхрофазотрона получены новые данные о процессе когерентного рождения комплекса из трех пионов на чистом ядре углерода. Сечение процесса составляет $264 \pm 37 / 10^{-30} \text{ см}^2$ и резко падает с уменьшением энергии первичных частиц. При изучении πC -взаимодействия обнаружены события рождения двух Λ^0 -гиперонов, это указывает на возможность образования долгоживущего нейтрального мезона с $M = 1,9 \pm 2$ Гэв и $S = 2$ при взаимодействии π^- -мезона с квазидейтроном в ядре углерода.

На синхроциклотроне ОИЯИ закончен ряд экспериментов по проверке законов сохранения и изучению структуры частиц. В поисках редких распадов мезонов достигнуты наиболее низкие оценки верхних границ относительных вероятностей процессов: для $\mu^+ \rightarrow e^+ e^+ e^-$ $R < 3,5 \cdot 10^{-9}$ и для $\pi^+ \rightarrow e^+ e^+ e^- \nu_e$ $R \leq 5 \cdot 10^{-9}$. Исследование процесса обратного электророждения пионов $\pi^- p \rightarrow e^+ e^- n$ при энергии 2/5 Мэв в области времениподобных переданных импульсов вплоть до $q^2 = 2 / \text{ферми}^{-2}$ дало значение формфакторов пиона и нуклона $F_\pi = F_1^\nu = 1,07^{+0,14}_{-0,17}$ /в предположении $F_\pi = F_1^\nu / 1$.

С помощью спектрометра с гелиевой стримерной камерой высокого давления изучается рассеяние заряженных пионов на гелии. В результате обработки 120 тысяч стереофотографий, полученных в пучке пионов от синхроциклотрона с энергией $96 \pm 6,0$ Мэв, измерены угловые распределения упруго рассеянных π^+ - и π^- -мезонов в интервале углов $25 \pm 165^\circ$. Полные сечения упругого рассеяния равны $\sigma^- = 50,7 \pm 1,8$ мб и $\sigma^+ = 40,7 \pm 3,3$ мб.

При исследовании кластерной структуры ядер измерены электронными методами высокоэнергетические спектры дейтронов и ^3He под углом $5,5^\circ / \text{л.с.к.}$, соответствующие процессам квазиупругого рассеяния ускоренных протонов и мезонообразования на нуклонах и двухнуклонных ассоциациях в ядрах Li , Be и C .

Завершено изучение энергетических спектров и относительных вероятностей вылета протонов, дейтронов и тритонов при захвате отрицательных пионов ядрами Be , Al , C , Ca , Cu , Cd и Pb . Измерения велись с помощью системы кремниевых поверхностно-барьерных детекторов. Результаты позволяют предполагать, что механизм захвата пионов определяется структурными свойствами ядер и, вероятно, не зависит от природы первоначального элементарного акта взаимодействия.

Фотозмульсионным методом исследовано образование 8B при захвате остановившихся π^- -мезонов ядрами азота.

В работах по синтезу и изучению свойств трансформированных элементов на ускорителе тяжелых ионов был синтезирован изотоп курчатовия с массовым числом 259. Измеренный период полураспада изотопа равен $t_{1/2} = 4,5$ сек, период спонтанного деления составляет $T_{sd} \geq 25$ сек. В химических опытах ^{259}Ku был выделен методом фронтальной термохроматографии хлоридов. После ускорения на циклотроне У-300 пятизарядных ионов фосфора были предприняты попытки поиска случаев спонтанного

деления изотопа $^{262}107$ среди продуктов реакции полного слияния ядер $^{235}\text{U} + ^{31}\text{P}$. Наблюдался спонтанно делящийся излучатель с $T_{1/2} \approx 1$ сек, который может быть отнесен к 107 -му элементу.

Проводился поиск сверхтяжелых элементов в природе. В соляной шахте на глубине 1100 м водного эквивалента велись измерения среднего числа нейтронов на акт спонтанного деления для образцов галенита, свинцовых стекол, конкреций и 150 проб переработанных полиметаллических руд. Продолжалось выполнение программы поисков возможных объектов концентрации сверхтяжелых элементов, в частности подземных природных вод, содержащих химические аналоги сверхтяжелых элементов: свинец, ртуть, таллий и др.

На циклотронах У-200 ОИЯИ и У-120 Института атомной физики в Бухаресте при облучении мишеней из Th , Pu и Am α -частицами с энергиями в диапазоне 21-36 МэВ получено несколько спонтанно делящихся изомеров Pu , Cm и Bk . Измерены сечения образования этих изомеров.

В исследованиях нейтроноизбыточных изотопов легких элементов получено дополнительное экспериментальное указание на ядерную нестабильность ^{10}He . В опытах с более тяжелыми ионами при облучении ^{232}Th ионами ^{40}Ar были выявлены 17 новых нейтроноизбыточных изотопов в области от $Z=12$ до $Z=17$ и измерены сечения их образования.

На реакторе ИБР-30 для работ с ультрахолодными нейтронами создана новая установка. Проведены исследования влияния температуры, материала конвертора и геометрии замедлителя на выход УХН.

Поиск ядер, для которых возможна α -реакция на резонансных нейтронах, привел к обнаружению α -распада из резонансов цинка-64, цинка-67, гафния-177. Детальные измерения ранее обнаруженного альфа-распада резонансов самария-147 позволили впервые проверить предсказания статисти-

ческой теории относительно распределения парциальных альфа-ширин. Экспериментальные и теоретические распределения находятся в удовлетворительном согласии. Были измерены также спектры альфа-частиц тройного деления для 11-ти резонансов урана-235.

В рамках разрабатываемого в ОИЯИ метода исследования $n\bar{e}$ -взаимодействия были выполнены измерения дифракции нейтронов под фиксированным углом по времени пролета одновременно для двух монокристаллов вольфрама с различным содержанием изотопа ^{186}W . Значение амплитуды взаимодействия найдено равным $a_{ne} = -1,32 \pm 0,11 \cdot 10^{-16}$ см.

Завершены проводившиеся с помощью электростатического генератора эксперименты по определению длины нейтрон-нейтронного рассеяния a_{nn} из кинематически полного опыта по реакции $^3\text{H}(t, n\ ^4\text{He})n$. Получено следующее значение этого параметра: $a_{nn} = -15,0 \pm 1,0$ ферми.

Большой успех достигнут в мессбауэровской спектроскопии на цинке-67, ядро которого имеет рекордно узкую относительную ширину линии: $\sim 10^{-15}$. С помощью нового метода измерено квадрупольное расщепление линии для окиси цинка. Измерен также температурный сдвиг линии, непосредственно определен знак градиента электрического поля в окиси цинка.

В ОИЯИ продолжалось объединение электронных вычислительных машин в единую систему. Разработаны алгоритмы математического обеспечения многомашинной системы и написаны обслуживающие программы в рамках мониторинговой системы "Дубна" для БЭСМ-6. Сдана в опытную эксплуатацию линия связи "Минск-2" с БЭСМ-6, при этом время обработки экспериментальных гамма-спектров с использованием написанных на ФОРТРАНе программ сокращается примерно в 100 раз. Совместно с ЦИФИ Венгерской АН продолжались работы по развитию аппаратуры

О Р Г А Н Ы У П Р А В Л Е Н И Я
О Б Ъ Е Д И Н Е Н Н О Г О И Н С Т И Т У Т А Я Д Е Р Н Ы Х И С С Л Е Д О В А Н И Й

КОМИТЕТ ПОЛНОМОЧНЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ

Академик Х. Христов (Народная Республика Болгария)
 Профессор П. Тетени (Венгерская Народная Республика)
 Профессор Нгуен Ван Хью (Демократическая Республика Вьетнам)
 Доктор Ф. Гальберт (Германская Демократическая Республика)
 Ким Ген Чун (Корейская Народно-Демократическая Республика)

Профессор Д. Цэвэгмид (Монгольская Народная Республика)
 Доктор С. Анджеевски (Польская Народная Республика)
 Профессор И. Урсу (Социалистическая Республика Румыния)
 А.М. Петрусьящ (Союз Советских Социалистических Республик)
 Академик Я. Кожешик (Чехословацкая Социалистическая Республика)

Финансовый комитет

По одному представителю от
каждой страны-участницы
ОИЯИ

УЧЕНЫЙ СОВЕТ ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Председатель - академик Н.Н. Боголюбов

профессор А. Мизул

профессор Н. Солном

Ученый секретарь - к.ф.м.н. Ю.А. Щербаков

Народная Республика Болгария	Венгерская Народная Республика	Демократическая Республика Вьетнам	Германская Демократическая Республика	Корейская Народно-Демократическая Республика	Монгольская Народная Республика	Польская Народная Республика	Социалистическая Республика Румыния	Союз Советских Социалистических Республик	Чехословацкая Социалистическая Республика
академик Г. Наджаков академик Э. Джаков академик Х. Христов	академик Л. Яноши академик А. Коя профессор Л. Пал	профессор Нгуен Ван Хью	академик К. Лянтус профессор Г. Музюль профессор Г. Хебер	Ким Ген Чун Кан Вон Хен	профессор Д. Чултэм	профессор А. Хрынчевич профессор Е. Яник профессор Р. Сосновски	академик Х. Хулубей академик Ш. Шапайка профессор И. Урсу	академик Г.Н. Флеров профессор В.П. Джелепов профессор А.А. Логунов	профессор Ю. Дубински доктор И. Звара

Ученый совет
по физике высоких энергий
Председатель - профессор А. Мизул
Ученый секретарь -
к.ф.м.н. М.Г. Шафранова

Ученый совет
по теоретической физике
Председатель - профессор Д.И. Блохинцев
Ученый секретарь -
д-р ф.м.н. Е.М. Барбашов

Ученый совет
по физике низких энергий
Председатель - профессор Н. Солном
Ученый секретарь -
к.ф.м.н. Ю.П. Попов

Камерный комитет
Председатель - к.ф.м.н.
Нгуен Дие Ты

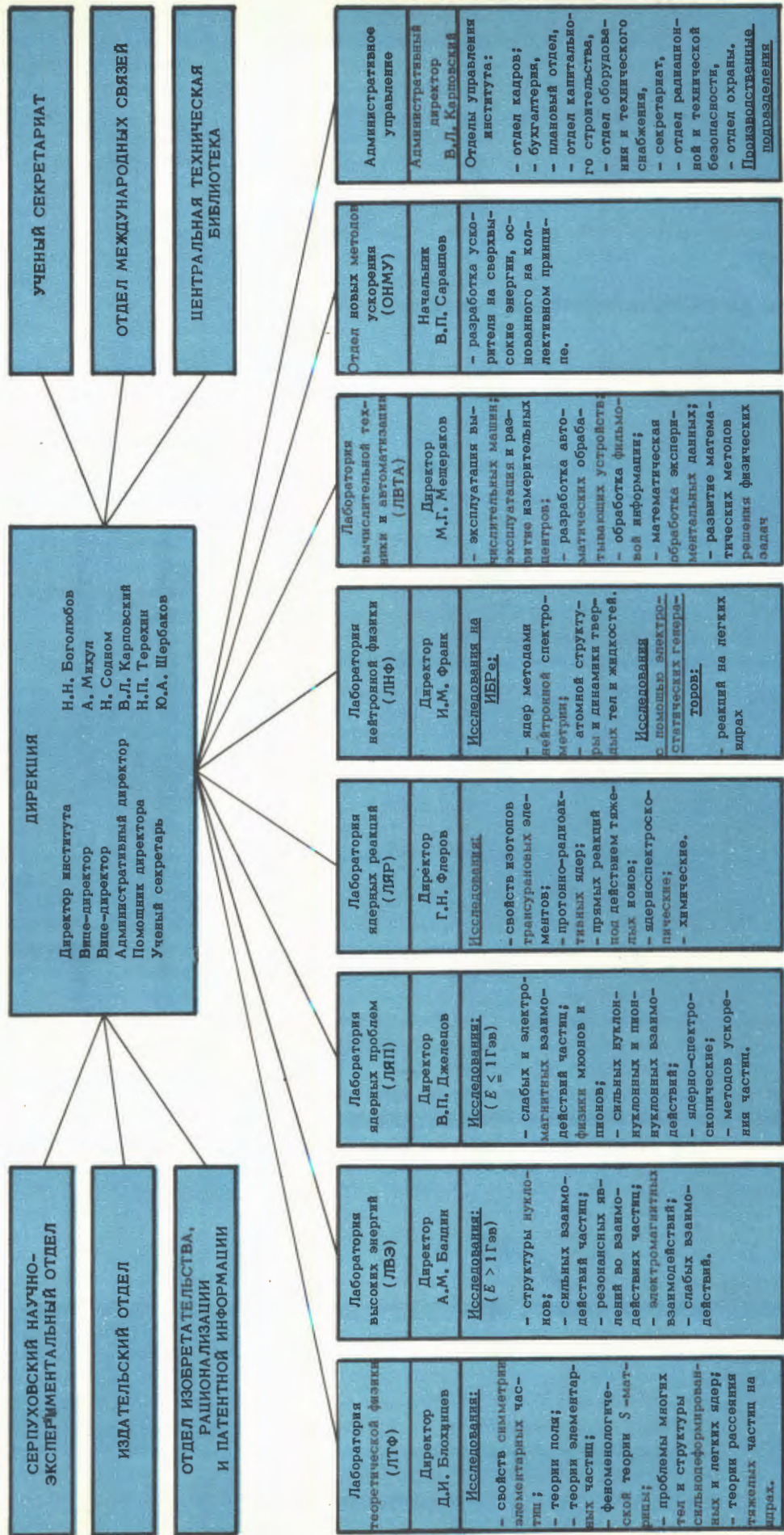
Комитет по электронным
экспериментам
Председатель - проф. П. Зелински

Фотозумельсионный комитет
Председатель - проф. П. Марков

Комитет по нейтронной физике
Председатель - проф. Е. Яник

Комитет по ядерной физике
Председатель - проф. Я. Жалич

СТРУКТУРА
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ



и математического обеспечения фортран-ных станций на основе венгерских ЭВМ типа ТРА. Закончено создание канала связи базовой машины БЭСМ-6 с другими ЭВМ на все восемь направлений.

Значительно повышена эффективность системы математического обеспечения БЭСМ-6 благодаря вводу в эксплуатацию нового автокодного варианта программы-диспетчера и расширению библиотеки программ. Перевод машины полностью на мультипрограммную работу повысил эффективность использования центрального процессора в 1,5-2 раза. Новый вариант системы поставляется национальным учреждениям стран - членов ОИЯИ.

Совместно с организациями ГДР и СССР продолжалось изготовление сканирующего устройства "Спиральный измеритель". Смонтирован и настраивается первый образец прибора.

Сдана в эксплуатацию система приема, накопления и обработки спектрометрической информации /ПОФИ-2/, созданная на базе аппаратуры измерительного центра Лаборатории нейтронной физики и ЭВМ БЭСМ-4.

Важное место в деятельности математиков ОИЯИ занимают прикладные задачи, которые связаны с работами, выполняемыми в лабораториях института. Среди этих задач - аналитические и численные исследования нелинейных уравнений теории плазмы и релятивистских электронных и электронно-ионных колец, обусловленные разработкой в ОИЯИ коллективного метода ускорения. Разрабатывался метод расчета квантовомеханической задачи трех тел, велись работы по расширению комплекса программ для модельных расчетов свойств сложных ядер и многие другие.

В Объединенном институте продолжалось усовершенствование базовых установок. Был завершён монтаж нового инжектора синхрофазотрона - ЛУ-20. Проведена модернизация действующего жесткофоку-

сирующего инжектора, даваемый им ток возрос до 16 ма. Изготовлен источник полностью ионизированных легких атомов, вплоть до атомов кислорода. На синхроциклотроне, благодаря дополнительной регулировке магнитного канала, коэффициент вывода увеличен на 20%, интенсивность выведенного пучка протонов достигает сейчас 10^{12} прот/сек. Усовершенствованная система растяжки мезонного пучка обеспечивает длительность импульсов до 70% от цикла ускорения. Выполнен большой цикл работ, связанных с предстоящей реконструкцией синхроциклотрона.

С помощью тандемной системы двух циклотронов - У-300 и У-200 - осуществлено ускорение ионов ксенона. Выведены пучки ионов $^{132}_{54}\text{Xe}^{+27}$ интенсивностью $\sim 3 \cdot 10^9$ част/сек с энергией ~ 700 Мэв и ионов $^{136}_{54}\text{Xe}^{+30}$ интенсивностью $\sim 3 \cdot 10^8$ част/сек с энергией 850 Мэв. Получены предварительные результаты исследования взаимодействия ионов ксенона с ядрами тантала, тербия, висмута, урана.

Улучшены параметры системы ИБР-30+ инжектор. В реактор установлена плутониевая мишень с усовершенствованной системой гелиевого охлаждения. На ускорителе введена частота 50 гц с увеличением СВЧ-мощности с 10 до 16 Мвт в каждой ускорительной секции.

Среди методических разработок истекшего года самой крупной была упомянутая выше двухметровая водородная пузырьковая камера. Для экспериментов на внутренних пучках ускорителей изготовлен новый вариант струйной мишени, в которой струя сконденсированного водорода шириной 8 ± 10 мм имеет плотность 10^{-6} г/см³. Продолжались работы по созданию пятиметрового искрового спектрометра и релятивистских спектрометров со стримерными камерами /установки СКМ-200 и РИСК/. Успешно развивалась методика проволочных искровых и пропорциональных камер в опытах с частицами высоких энергий.

Для исследований конденсированных сред с помощью нейтронов созданы и введены в действие краковско-дубненский спектрометр обратной геометрии и варшавский фононный спектрометр. Они разработаны с учетом перспективы их использования на новом импульсном реакторе ИБР-2.

Ученые ОИЯИ расширяют рамки применения методики экспериментов на линии с электронными вычислительными машинами. В связи с этим продолжается усовершенствование аппаратуры измерительных центров накопления и обработки информации экспериментальных лабораторий института и оснащение их ЭВМ.

Объединенный институт успешно развивал международные научные связи. Важным видом сотрудничества является проведение учеными института совместно со специалистами в национальных лабораториях стран - участниц ОИЯИ физических исследований и методических разработок. Число таких работ в 1971 году составляло 270. Сюда относятся совместные эксперименты как на основных установках ОИЯИ, так и на ускорителях и реакторах в Москве, Серпухове, Ереване, Софии, Бухаресте, Будапеште, Лейпциге. Из Дубны в лаборатории стран-участниц поставляются для обработки материалы в виде снимков с пузырьковых камер, ядерных фотоэмульсий, магнит-

ных лент, регулярно ведутся поставки радиоактивных изотопов. В обработке снимков с двухметровой пропановой камеры ОИЯИ сотрудничает с 18 лабораториями 8 стран, 80% экспериментального материала передано в эти лаборатории, где его обработкой занято около 100 человек. Среди наиболее крупных совместных методических разработок - магнитный искровой спектрометр, спиральный измеритель, спектрометры для нейтронных опытов. Лаборатории стран - членов активно участвуют в разработке аппаратуры для опытов на строящемся в Дубне новом реакторе ИБР-2.

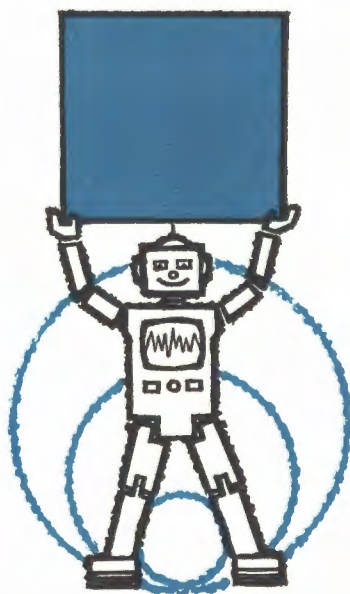
Ежегодно в Дубну приезжает много иностранных ученых. В 1971 году Объединенный институт посетили около 550 специалистов из стран-участниц /не считая участников совещаний/ и 225 - из других стран. В то же время в страны-участницы выезжали около 400 сотрудников ОИЯИ.

В 1971 году Объединенный институт организовал 11 научных и 16 научно-организационных совещаний, в которых приняли участие около 2000 специалистов из ОИЯИ и разных стран. Среди этих совещаний Международный симпозиум по физике высоких энергий в Дрездене /совместно с ГАН/, Международная школа по физике высоких энергий в Варне /совместно с ЦЕРНом/, Международная конференция по физике тяжелых ионов в Дубне и др.

Н. Трогашов

директор Объединенного института
ядерных исследований

ПРОБЛЕМНЫЙ ПЛАН
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
НА 1971 ГОД



Научно-исследовательская, методическая и научно-организационная деятельность Объединенного института ядерных исследований в 1971 году проводилась в соответствии с планами, утвержденными Ученым советом ОИЯИ на его XXIX сессии:

- планами научно-исследовательских и методических работ лабораторий,
- планами сотрудничества и совместных работ с институтами стран-участниц,
- планом поездок сотрудников ОИЯИ в страны-участницы.

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

Лаборатория высоких энергий

Проведение научных исследований на ускорителе ИФВЭ и на синхрофазотроне по следующим проблемам:

1. Асимптотическое поведение амплитуд бинарных реакций.
2. Электромагнитная структура элементарных частиц и свойства векторных мезонов.
3. Свойства резонансов и множественное рождение частиц.
4. Релятивистская ядерная физика.
5. Облучение двухметровой пропановой камеры на ускорителе ИФВЭ и рассылка материалов с этой установки в страны-участницы.
6. Монтаж и облучение двухметровой жидководородной пузырьковой камеры в ИФВЭ.
7. Завершение работ по созданию нового инжектора синхрофазотрона - линейного ускорителя на 20 Мэв, системы медленного вывода пучка протонов, исследования по ускорению легких ядер и созданию новых режимов ускорителя.

8. Развитие методики нитяных искровых камер и бесфильмового съема информации /совместно с ЛВТА/.

9. Создание комплекса аппаратуры по исследованию излучения фотонов и электронов в адронных столкновениях /установка "Фотон"/.

10. Разработка стримерных камер /совместно с ЛВТА/.

11. Развитие и создание криогенных систем /водородные и гелиевые ожижители, мишени, совершенствование водородных камер/ и сверхпроводящих устройств /исследование по сверхпроводникам, разработка узлов коллективного линейного ускорителя/.

Лаборатория ядерных проблем

1. Завершение исследований по поиску новых тяжелых частиц, антиядер и монополя Дирака на ускорителе ИФВЭ.

2. Экспериментальная проверка законов сохранения лептонного заряда в редких распадах мезонов.

3. Исследование захвата мюонов протонами и ядрами.

4. Изучение структуры элементарных частиц и кластерной структуры ядер.

5. Исследование свойств короткоживущих изотопов по программе ЯСНАПП.

6. Изготовление магнита и других узлов МИС, монтаж магнита в ИФВЭ и магнитные измерения.

7. Дальнейшее развитие лабораторного центра накопления и обработки информации и, в первую очередь, ввод в эксплуатацию ЭВМ "Хьюлетт-Паккард 2116В".

8. Разработка /совместно с ИФВЭ ГАН и МИФИ/ магнитно-ионизационного спектрометра со стримерной камерой на базе магнита МИС /установка РИСК/.

9. Окончание рабочего проектирования реконструкции действующего синхроциклотрона в сильноточный фазотрон. Изготовление тяжелого оборудования и продолжение исследований по сильноточным протонным ускорителям.

10. Составление проектного задания на установку У-120М.

11. Совершенствование вывода протонов из фазотрона.

Лаборатория ядерных реакций

1. Поиск и изучение физических и химических свойств сверхтяжелых элементов в предполагаемой области стабильности $Z \approx 110$ и $N \approx 184$.

2. Синтез элемента 106 и синтез сверхтяжелых элементов в области $Z \approx 125$ и $N \approx 184$.

3. Синтез и изучение свойств распада нейтроноизбыточных изотопов, а также изучение структуры ядер.

4. Реконструкция циклотрона У-300 в У-400.

Лаборатория нейтронной физики

1. Исследование нейтронных резонансов ядер и развитие исследований с поляризованными нейтронами.

2. Изучение фундаментальных свойств нейтрона и развитие работ по ультрахолодным нейтронам.

3. Изучение реакций на легких ядрах, вызываемых заряженными частицами.

4. Изучение атомной и магнитной структуры, а также динамики кристаллов и жидкостей ядерными методами.

5. Развитие работ по ядерной электронике, по усовершенствованию измерительного центра лаборатории и по разработке измерительного центра для ИБРа-2.

6. Проектные и опытно-конструкторские работы по созданию ИБРа-2.

**Лаборатория
вычислительной техники
и автоматизации**

1. Развитие системы вычислительных машин на базе БЭСМ-6, CDC -1604A, БЭСМ-4 и малых ЭВМ.

2. Развитие математического обеспечения системы вычислительных машин.

3. Завершение работ по созданию макетного образца спирального измерителя.

4. Разработка сканирующего устройства с управляемой от ЭВМ электроннолучевой трубкой.

5. Развитие стандартных систем программ для обработки снимков пузырько-

вых камер, магнитных искровых спектрометров и стримерной камеры.

6. Создание математического обеспечения экспериментов по исследованию ядерных процессов при релятивистских энергиях.

7. Теоретические исследования и расчеты, связанные с разработкой коллективного метода ускорения.

**Отдел
новых методов
ускорения**

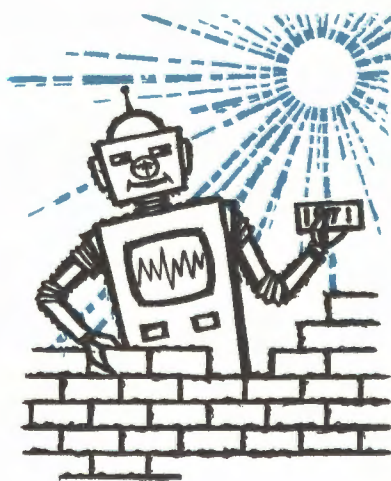
1. Эксперименты по ускорению α -частиц коллективным методом.

2. Получение устойчивой работы теплового резонатора с параметрами 90 кв/см при 10^4 гс.

3. Монтаж ускорителя электронов СИЛУНД с номинальными параметрами 3 Мэв, 2000 а и электрическая наладка его.

4. Выпуск рабочего проекта ускорителя СИЛУНД на стадии опытного образца.

**НАУЧНО -
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ
РАБОТЫ,
ВЫПОЛНЕННЫЕ
ЛАБОРАТОРИЯМИ
ОИЯИ В 1971 ГОДУ**



ЛАБОРАТОРИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

Свойства симметрии элементарных частиц

Построена алгебраическая реализация киральной симметрии $SU(3) \times SU(3)$. Получен интересный результат о восстановлении классификации частиц по симметрии с определенным нарушением этой симметрии /вида $\{(3, 3^*) + (3^*, 3)\}$ / массовым оператором.

Преодолены некоторые трудности с электромагнитным взаимодействием в киральной динамике, дано состоятельное описание распада $\eta \rightarrow 3\pi$.

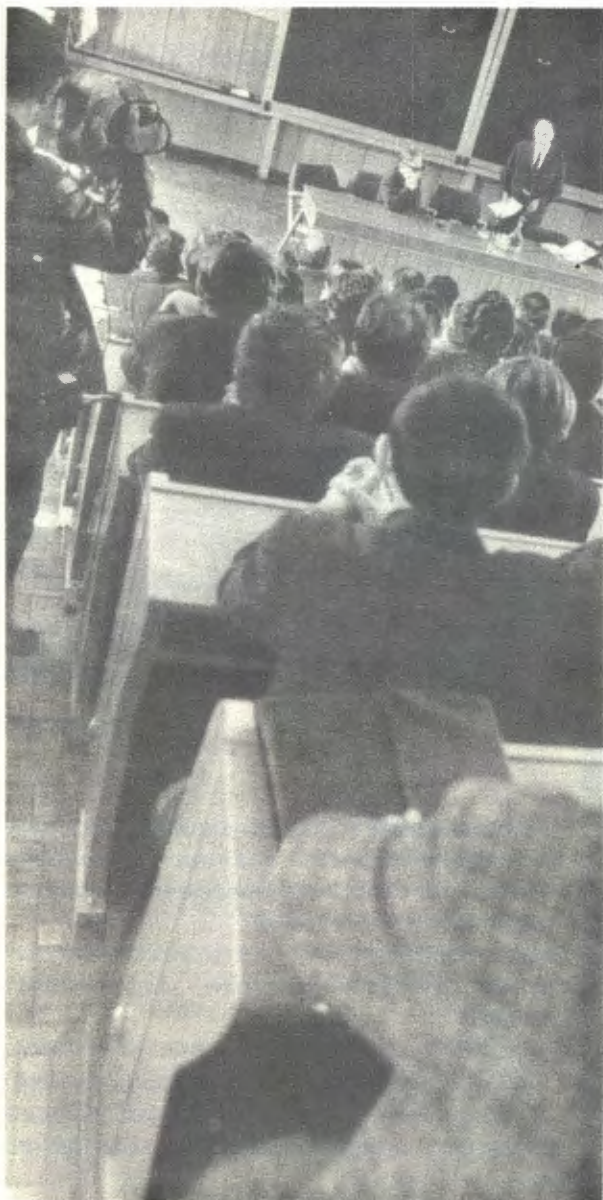
Получено представление группы Лоренца на комплексной сфере. Изложена общая теория коэффициентов Клебша-Гордона и рассмотрена их связь с разными разделами математики. Предложена формальная теория асимметричного ротатора.

Рассмотрена связь параквантования с унитарной симметрией адронов. Изучена модель ядра со спаренными нуклонами и показана связь парастатистики с формализмом квазиспина. Разработан вариант трехтриплетной модели кварков с перестановочной симметрией S_3 , удовлетворяющей закону сохранения "триальности" и допускающей существование гипотетических мезонов с одинаковыми квантовыми числами.

Структура теории поля. Нелинейные и нелокальные теории

Исследовались варианты включения градиентной группы в нелокальную теорию поля. Закончены работы по построению нелокальной квантовой электродинамики, и предложена нелокальная теория электродинамики и слабых взаимодействий с W -бозоном.

Создан общий метод вычисления суперпропагаторов в локализуемых и нелокализуемых теориях поля.



2. В ОИЯИ организован общепитутский научный семинар, работой которого руководит академик Н.Н. Боголюбов. На первом заседании семинара с докладом об элементарных частицах и гравитации выступил академик М.А. Марков.

Проведены исследования в области квантовых теорий поля с неполиномиальными лагранжианами. Выяснены регуляризующие свойства суперпропатора в различных случаях взаимодействия элементарных частиц. Доказана конечность теории с неполиномиальными лагранжианами в высших порядках теории возмущений. Это направление зародилось в Лаборатории теоретической физики и широко развивается в других физических центрах.

Аналитические и асимптотические свойства амплитуд

На основе ранее развитого метода суммирования всех асимптотик мезодинамики изучались глубоко неупругие процессы γp - и $\gamma\gamma$ -рассеяния. Были выяснены: а/ связь актуальной в настоящее время масштабной инвариантности с градиентной инвариантностью, б/ необходимость проявления масштабной инвариантности и для продольных γ -квантов. Предсказаны равенство сечений рассеяния продольного γ -кванта на протоне и нейтроне, а также функциональная зависимость амплитуд рассеяния как продольных, так и поперечных фотонов только от одной переменной $S/q_1^2 q_2^2$. Предложен механизм фоторождения пионов и каонов в области малых передач импульса, объясняющий экспериментальную ситуацию в этой области и позволивший выяснить вопрос об элементарности π - и K -мезонов.

Сформулирован принцип автомодельности, определяющий асимптотическое поведение сечений в сильных электромагнитных и слабых взаимодействиях адронов. В рамках этого принципа дан ряд соотношений и ограничений на асимптотическое поведение сечений процессов упругого и неупругого взаимодействий адронов в пределе высоких энергий. Выводы этого подхода, объединяющего результаты, полученные при

использовании ряда ранее известных моделей, доступны экспериментальной проверке.

Функциональные методы и модели в теории поля

В рамках метода функционального интегрирования продолжалось исследование высокоэнергетического поведения амплитуд рассеяния частиц в квантовой теории поля. Получен ряд новых результатов по редже-эйкональному представлению амплитуд, в частности амплитуд с виртуальными блоками Венециано.

На основе приближения прямолинейных путей рассмотрен важный вопрос обоснования релятивистского эйконального представления амплитуд рассеяния в квантовой теории поля. Показано, что в нескольких моделях квантовой теории поля несовместны условия конечности S -матрицы и ограниченности снизу гамильтониана. Продолжались работы по корпускулярной интерпретации взаимодействующих полей. Написан обзор о применении метода функционального интегрирования в теории поля и квантовой механике.

Неперенормируемые теории

Развитый ранее метод решения уравнений Эдвардса в неперенормируемых теориях поля обобщен на случай, когда импульсы всех трех частиц отличны от нуля. На примере уравнения Шредингера с сингулярным потенциалом изучены различные приближенные методы вычисления модифицированного / с учетом неаналитической зависимости от константы связи / ряда теорий возмущений в неперенормируемых теориях поля.

Теория поля и неевклидовы геометрии

Предпринято дальнейшее исследование квантовой теории поля с неевклидовым пространством относительных импульсов. Установлено, что в новой схеме возникает инвариантное упорядочение по дискретному времени, позволяющее сформулировать принцип причинности в развиваемой теории и построить S -матрицу в виде T -экспоненты. На основе квантования полей в пространствах де Ситтера установлена связь между космологическими требованиями и видом взаимодействия элементарных частиц.

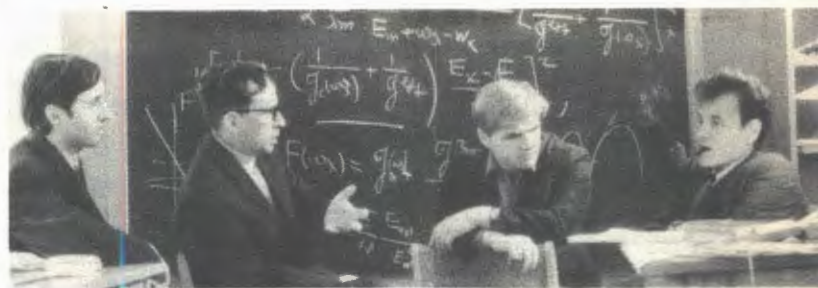
Взаимодействие элементарных частиц. Приближенные релятивистские и нерелятивистские уравнения в теории поля

С привлечением фурье-анализа на группе Лоренца построено квазипотенциальное уравнение, описывающее рассеяние спинорной частицы на скалярной.

Дано обобщение метода фазовых функций на случай релятивистского разностного уравнения.

Проведено исследование асимптотических решений квазипотенциальных уравнений и уравнений Бете-Солпитера на основе развитых операторных методов их решения.

Найдены и исследованы квазипотенциальные уравнения для пион-нуклонной системы с учетом спина и разности масс. Продолжалось исследование нелинейных разностных систем в функциональной формулировке уравнений типа Чу-Лоу. Доказано существование трехмерного инвариантного многообразия решений уравнений Чу-Лоу с трехрядной матрицей кроссинг-



симметрии, которое обладает единственной неподвижной точкой, связанной с физическим порогом. Найден алгоритм построения этого многообразия.

Электромагнитные и слабые взаимодействия элементарных частиц при высоких энергиях

Проведено исследование по проверке модели векторной доминантности в пион-нуклонных столкновениях с образованием лептонных пар. Предложен эксперимент, который включен в программу работ Лаборатории высоких энергий.

Исследованы вопросы о рассеянии света на свете с рождением двух бозонов и о связи сечений процессов $e^+ + e^- \rightarrow e^+ + e^- + 2$ бозона и $\gamma + \gamma \rightarrow 2$ бозона. Написан обзор по дисперсионным соотношениям и формфакторам элементарных частиц.

Изучен процесс "глубоко неупругого" образования пионов при взаимодействии высокоэнергетических дейтронов с ядрами. Рассмотрено влияние виртуального возбуждения нуклонных изобар в ядрах на процессы образования изобар в ядерных реакциях при высоких энергиях.

Рассмотрены электромагнитные переходы в легких ядрах с учетом нового типа "тороидных" формфакторов.

Слабые взаимодействия

Детально исследовались некоторые редкие распады мезонов, экспериментальное изучение которых проводится или планируется. Проведены расчеты и анализы распадов $\pi \rightarrow 3e + \nu$, $K \rightarrow \mu + 3$, интересных с точ-

ки зрения сужения слабоэлектромагнитной структуры пиона и проверки гипотезы о ν -взаимодействии. Рассмотрена возможность изучения формфактора нейтрино посредством гигантского резонанса при рассеянии на легких ядрах.

Составные модели и структура элементарных частиц

Установлена связь метода когерентных состояний для высокоэнергетического рассеяния и кварковых моделей, что представляет большой интерес в связи с развиваемыми в настоящее время моделями взаимодействий элементарных частиц при высоких энергиях /дроплетная, партонная, кварковая/. В рамках кварковых моделей адронов с осцилляторными и другими потенциалами проведено исследование соответствующих уравнений и получен ряд данных о законах сохранения токов и распадов адронов в этих моделях.

На основе алгоритма Фурье развит метод обработки экспериментальных данных, позволяющий получить информацию о наличии структуры у резонансов.

В рамках моделей множественного рождения частиц найдено важное ограничение на асимптотическое поведение средней множественности вторичных частиц, которое может быть непосредственно проверено на существующих и будущих ускорителях.

Квантовая механика и мезоатомы

Разработан алгоритм вычисления спектра собственных значений и функций задачи двух центров, а также матричных элемен-

тов по этим функциям. Доказана самосогласованность метода возмущенных стационарных состояний в трехтельных задачах квантовой механики. На этой основе создан метод расчета сечений различных процессов в системе трех частиц, взаимодействующих по закону Кулона.

Вычислены энергии связи системы трех заряженных частиц.

В рамках теории гамильтоновых систем доказана имеющая важные применения теорема о существовании двоякоасимптотических решений этих систем.

Ядерная проблема многих тел

В полумикроскопической модели для описания ядерных колебаний учтены корреляции между квазичастицами и коллективными возбуждениями в ядрах. Получена система взаимосвязанных уравнений для основных характеристик возбуждений обоих видов. Исследован ряд частных случаев этой задачи.

На основе микроскопической модели ядра разработан метод расчета, с помощью которого вычислены энергии коллективных O^+ -состояний, возбуждаемых в реакциях двухнуклонной передачи в ядрах с $A \sim 56$. Достигнуто качественное согласие с экспериментальными данными.

В теории коллективного движения в атомных ядрах сформулирован общий метод микроскопирования ядерных моделей. Решена обратная задача роторной модели. Исследована фермионная реализация динамических симметрий и изучены электромагнитные переходы в схеме SU_3 . Проведен учет спаривания в ротонной теории вращения.

Структура

сложных ядер

Изучались свойства деформированных ядер редкоземельной и трансурановой областей в рамках сверхтекучей модели ядра с использованием потенциала Саксона-Вудса. Проведено уточнение метода расчета одночастичных состояний в потенциале Саксона-Вудса с разложением по функциям Штурма-Лиувилля. Рассчитаны энергии и волновые функции неротационных состояний многих /с нечетными A / деформированных ядер.

Изучено усложнение структуры ядерных состояний с ростом энергии возбуждения. Показано, что взаимодействие квазичастиц с фононами ответственно за фрагментацию одночастичных состояний.

Предложен новый подход к исследованию структуры высоковозбужденных состояний. Дана операторная форма волновой функции высоковозбужденного состояния и вычислены приведенные вероятности α - и γ -переходов. Рассмотрены корреляции между нейтронными и парциальными радиационными ширинами на нейтронных резонансах.

Проведены вычисления энергии деформации ядер при больших значениях параметров деформации. Асимметрия в массовом распределении осколков деления объяснена в рамках статистического подхода как результат влияния заполнения оболочек в осколках деления.

Разработан метод выделения координаты центра тяжести в двухчастичной оболочечной функции для потенциала конечной глубины.

В неадиабатической модели вращения нечетных атомных ядер изучены магнитные свойства вращательных полос с учетом поляризационных эффектов, а также ряд динамических эффектов. Показана возможность описания вращательных полос в нечетных ядрах при использовании коллективных параметров соседних четно-четных ядер.

Проводились исследования эффективных спиновых и изоспиновых взаимодействий и связанных с ними коллективных возбуждений /магнитный дипольный и гамов-теллеровский резонансы, аналоговые возбуждения/. Исследовались монополярные возбуждения в области актинидов.

Изучены свойства низколежащих состояний в нечетных сферических и переходных ядрах. Проведен расчет энергий уровней "аномальной" четности в изотопах Cd , Te , Xe . Достигнуто качественное согласие с экспериментальными данными. Вычислены однофононные состояния в четно-четных ядрах.

Исследованы низколежащие возбужденные состояния квадрупольного типа в четно-четных сферических и переходных ядрах. Построен конечный бозонный гамилтониан для описания таких возбуждений.

Развита модель процесса деления ядер в реакциях с тяжелыми ионами, в рамках которой объяснены основные закономерности, наблюдавшиеся как в двойном, так и тройном делении.

Теория ядерных реакций

В исследованиях общей теории ядерных реакций решена проблема о существовании строгих границ на параметры рассеяния в реакциях типа $A+B \rightarrow a+b+c$. Предложен метод описания реакций с использованием базисных функций теории структуры ядер.

Изучались реакции передачи одного и двух нуклонов на сферических и деформированных ядрах при низких энергиях. Предложен новый метод вычисления формфакторов, сильно зависящих от формы ядерного потенциала. Рассмотрено упругое и неупругое рассеяние протонов на ядрах $^{148, 154}Sm$ в методе связанных каналов. Разработана теория возмущений для многоступенчатых прямых ядерных реакций. С помощью разработанного высокоэнерге-

тического приближения исследованы реакции упругого и неупругого рассеяния электронов на ядрах.

В области промежуточных энергий рассмотрен основной канал при захвате мю-мезонов сложными ядрами с вылетом нейтронов. Изучен спектр и асимметрия нейтронов. Показано, что ядерная структура играет определяющую роль в характере поведения указанных величин.

Ядерные силы и теория легких ядер

Рассмотрена точно решаемая статистическая модель конечного ядра, учитывающая мезонную природу самосогласованного потенциала. С помощью этой модели показана устойчивость сферической формы ядер по отношению к малым деформациям.

Для гигантского резонанса в легких ядрах, возбуждаемого при поглощении гамма-квантов и мю-мезонов, доказано, что нижняя ветвь резонанса формируется из переходов без изменения изоспина, а верхняя - из переходов с $\Delta T = 1$.

В задаче нахождения двусторонних оценок физических характеристик двух- и трехчастичных систем предложены эффективные процедуры для нахождения таких оценок. Разработаны методы решения трехнуклонных уравнений для состояний с положительной энергией.

Вопросы теории твердого тела и конденсированных сред

Методом неравновесного статистического оператора исследованы некоторые неравновесные процессы в конденсированных средах.

На основе численных расчетов проведено исследование термодинамики сильно ангармонических кристаллов и изучено явление динамической неустойчивости их. Рассмотрены ангармонические эффекты в металлах и магнетиках.

В электронной теории неупорядоченных металлов и ферромагнетиков получены некоторые решения для ферро- и антиферромагнетиков с сильной анизотропией.

Разработка программ расчетов

Совместно с ЛВТА разработан ряд программ для расчетов задач ядерной проблемы многих тел, структуры сложных ядер, теории ядерных реакций.

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

В лаборатории продолжались фундаментальные исследования в области физики элементарных частиц при высоких энергиях, велись разработки, имеющие целью совершенствование техники и методики эксперимента, а также работы по усовершенствованию синхрофазотрона. При этом основные усилия коллектива лаборатории были направлены на реализацию программы, осуществляемой ОИЯИ на ускорителе Института физики высоких энергий /Серпухов/.

Научные исследования ЛВЭ проводила в тесном контакте с Лабораторией вычислительной техники и автоматизации и лабораториями стран - участниц ОИЯИ.

Научно- исследовательские работы

Поведение
амплитуд рассеяния
в зависимости
от энергии взаимодействующих частиц

◇ Завершена обработка цикла экспериментов по изучению упругого pp - и pd - рассеяния на малые углы. Эксперименты были выполнены на ускорителе ИФВЭ с помощью электронной установки - годоскопа из полупроводниковых детекторов на линии с БЭСМ-3М. Использовались располагаемые в камере ускорителя мишени: сверхзвуковые струйные газовые /водородная и дейтериевая/, а также пленочная полиэтиленовая.

Подробно исследованы в области энергий от 8 до 70 Гэв энергетические зависимости параметра наклона дифракционного



конуса упругого pp - и pd -рассеяний и отношения действительных частей амплитуд pp - и pd -рассеяний к мнимым a_{pp} и a_{pd} /.

а/ Дифференциальные сечения измерены /в относительных единицах/ в десяти энергетических интервалах для pp -рассеяния в интервале передач импульсов $0,0008 \leq |t| \leq 0,12$ /Гэв/с/² и для pd -рассеяния в интервале передач импульсов $0,002 \leq |t| \leq 0,15$ /Гэв/с/². Показано, что в указанном интервале энергий дифракционные конусы для pp - и pd -взаимодействий сужаются и описываются функцией вида $b_{pp, pd} = b_0 + 2b_1 \cdot \ln(S/S_0)$, где S - квадрат полной энергии в системе центра масс, $S_0 = 1$ Гэв². Для pp -взаимодействия $b_0 = 6,8 \pm 0,3$ /Гэв/с/⁻² и $b_1 = 0,47 \pm 0,09$ /Гэв/с/⁻².

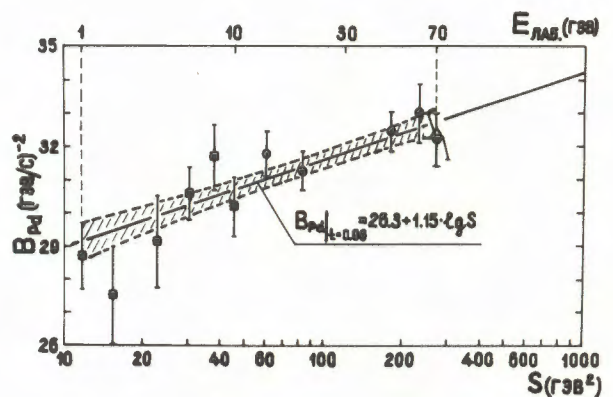
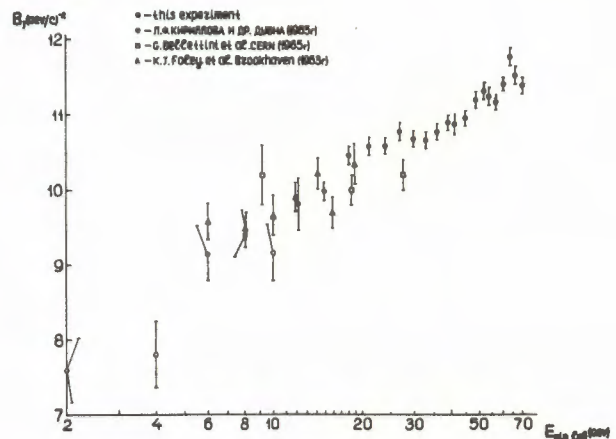
б/ Найдено, что величины отношений реальных частей амплитуд упругого pp - и pd -рассеяний к мнимым при $t=0$ изменяются для pp от $0,35 \pm 0,05$ при 8 Гэв до $0,10 \pm 0,02$ при 70 Гэв; и для pd - от $0,26 \pm 0,04$ при 15 Гэв до $0,15 \pm 0,04$ при 70 Гэв.

в/ Параметр наклона конуса pp -рассеяния, вычисленный по модели Глаубера, хорошо совпадает с измеренной функцией $b_{pp}(E)$. Из этого следует, что асимптотические свойства амплитуд pp - и pn -рассеяний одинаковы.

Таким образом, в результате осуществления этого цикла экспериментов:

1/ еще раз были продемонстрированы большие возможности ранее предложенного и разработанного в ЛВЭ метода изучения упругого рассеяния частиц на малые углы, основанного на регистрации угла и импульса медленной частицы отдачи. Он оказался пригодным вплоть до самых больших энергий, достижимых на современных ускорителях;

2/ были разработаны и внедрены в исследования на ускорителях в области высоких энергий сверхзвуковые струйные га-



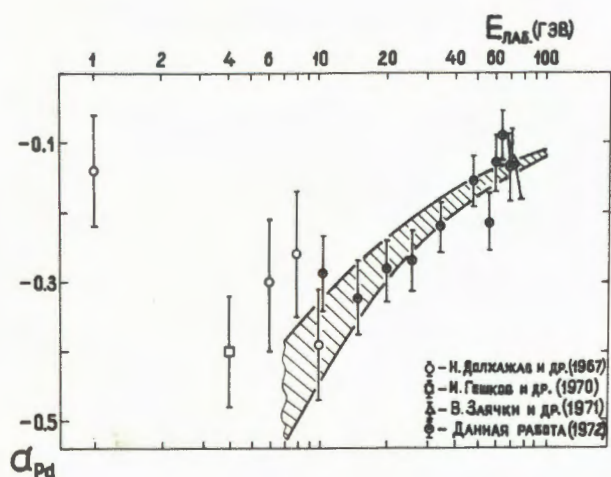
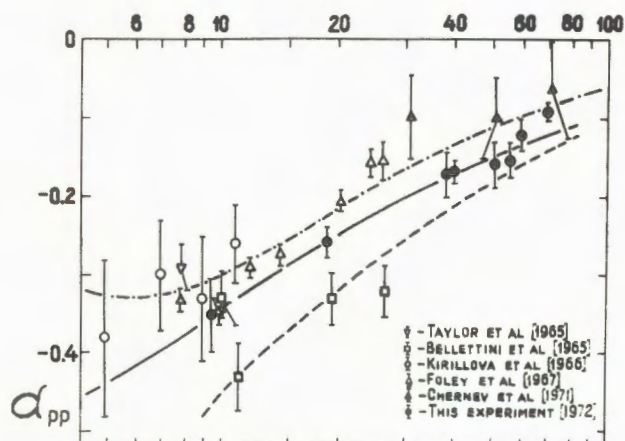
зовые водородные и дейтериевые мишени, которые весьма эффективно использовались внутри камеры ускорителя благодаря многократному прохождению ускоряемых частиц через мишень;

3/ было показано, что при высоких энергиях простая дифракционная модель не соответствует природе взаимодействия, так как ядерная материя обладает свойством не только поглощения, но и преломления /например, при энергии около 10 Гэв реальная часть амплитуды рассеяния составляет около 30% от мнимой/;

4/ впервые показано, что радиус сильного взаимодействия в pp -соударениях логарифмически растет с ростом энергии в интервале от 10 до 70 Гэв.

3. Зависимость параметра наклона дифференциального сечения упругого pp - и pd - рассеяния от энергии вблизи 0° / ϕ - результаты данной работы/.

4. Результаты измерения отношения вещественной части амплитуды к мнимой в упругом pp - и pd - рассеянии / ϕ - данные ЛВЭ/.



Полученные экспериментальные данные находятся в соответствии с современными теоретическими представлениями, в частности, согласуются с расчетами, выполненными на основе дисперсионных соотношений /см. рис. 3,4/.

◇ Исследование асимптотического поведения амплитуд рассеяния нейтральных каонов проводится в опытах по регенерации короткоживущих нейтральных каонов долгоживущими, проходящими мишень-регенератор. Эксперименты осуществляются на ускорителе ИФВЭ с помощью электронной установки - магнитного искрового спектрометра на линии с ЭВМ БЭСМ-3М, - которая состоит из 18 двухкоординатных бесфильмовых искровых камер, анализирующего магнита, детекторов электронов и мюонов и сцинтилляционного годоскопа-триггера.

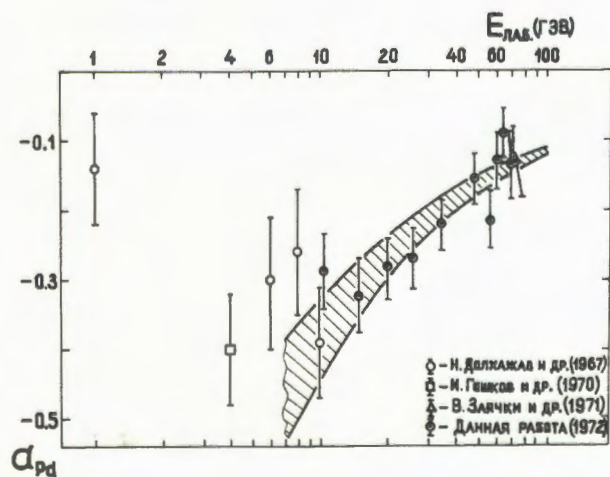
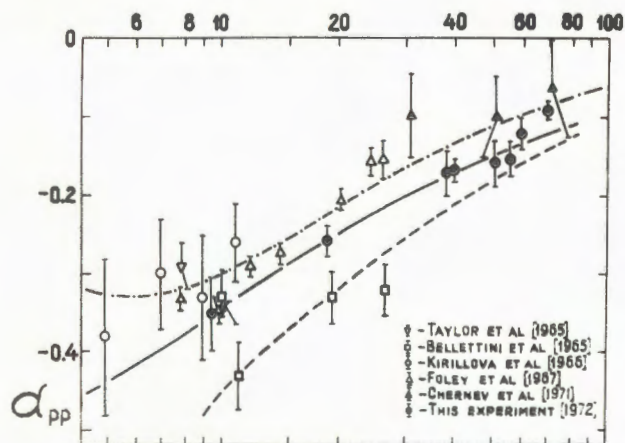
В проведении экспериментов и обработке данных принимают участие группы физиков и инженеров из ЛВТА и СНЭО ОИЯИ, ИФВЭ /Серпухов/, ЦИФИ /Будапешт/, ФИ ЧСАН /Прага/, ФИ БАН /София/ и ИФВЭ ГАН /Цойтен/.

К настоящему времени завершен набор данных на ускорителе и проведена их частичная обработка. В качестве мишени-регенератора использовалась трехметровая жидководородная мишень.

Физические результаты получены для интервала импульсов $14+42$ Гэв/с. Найдено, что фаза разности амплитуд упругого рассеяния вперед K^0p и \bar{K}^0p приблизительно постоянна в исследуемом интервале импульсов и равна $-118 \pm 13^\circ$, а ее модуль убывает с ростом импульса p падающих на мишень-регенератор каонов приблизительно как $p^{-1/2}$. Эти результаты показаны на рис. 6, они находятся в соответствии со следствиями теоремы Померанчука, касающейся разности полных сечений взаимодействия частиц и античастиц с нуклоном в асимптотике.

3. Зависимость параметра наклона дифференциального сечения упругого pp - и pd - рассеяния от энергии вблизи 0° / $\frac{d\sigma}{d\Omega}$ - результаты данной работы/.

4. Результаты измерения отношения вещественной части амплитуды к мнимой в упругом pp - и pd - рассеянии / $\frac{\sigma_r}{\sigma_i}$ - данные ЛВЭ/.



Полученные экспериментальные данные находятся в соответствии с современными теоретическими представлениями, в частности, согласуются с расчетами, выполненными на основе дисперсионных соотношений /см. рис. 3,4/.

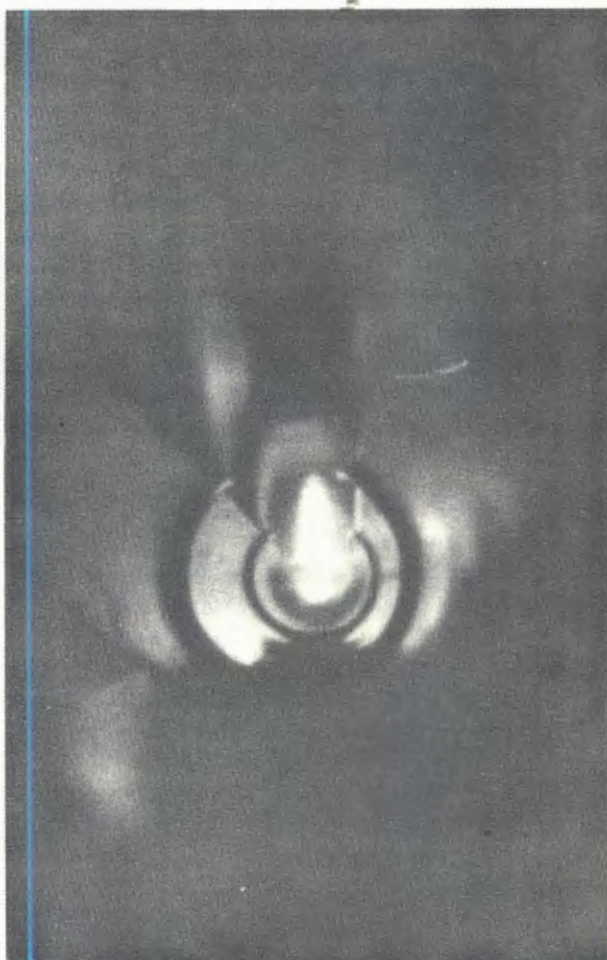
◇ Исследование асимптотического поведения амплитуд рассеяния нейтральных каонов проводится в опытах по регенерации короткоживущих нейтральных каонов долгоживущими, проходящими мишень-регенератор. Эксперименты осуществляются на ускорителе ИФВЭ с помощью электронной установки - магнитного искрового спектрометра на линии с ЭВМ БЭСМ-3М, - которая состоит из 18 двухкоординатных бесфильмовых искровых камер, анализирующего магнита, детекторов электронов и мюонов и сцинтилляционного годоскопа-триггера.

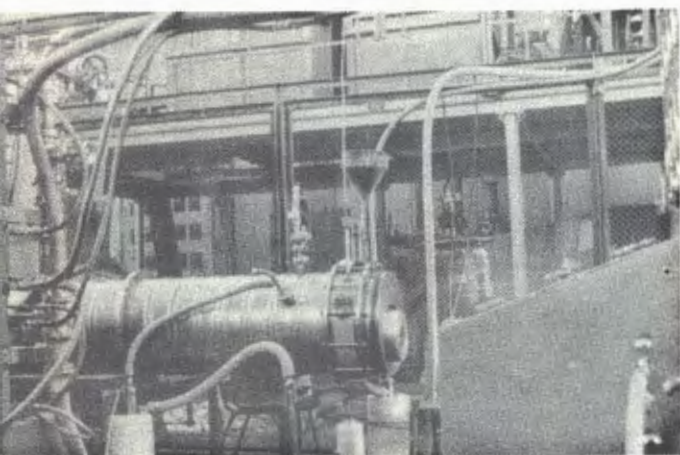
В проведении экспериментов и обработке данных принимают участие группы физиков и инженеров из ЛВТА и СНЭО ОИЯИ, ИФВЭ /Серпухов/, ЦИФИ /Будапешт/, ФИ ЧСАН /Прага/, ФИ БАН /София/ и ИФВЭ ГАН /Цойтен/.

К настоящему времени завершен набор данных на ускорителе и проведена их частичная обработка. В качестве мишени-регенератора использовалась трехметровая жидководородная мишень.

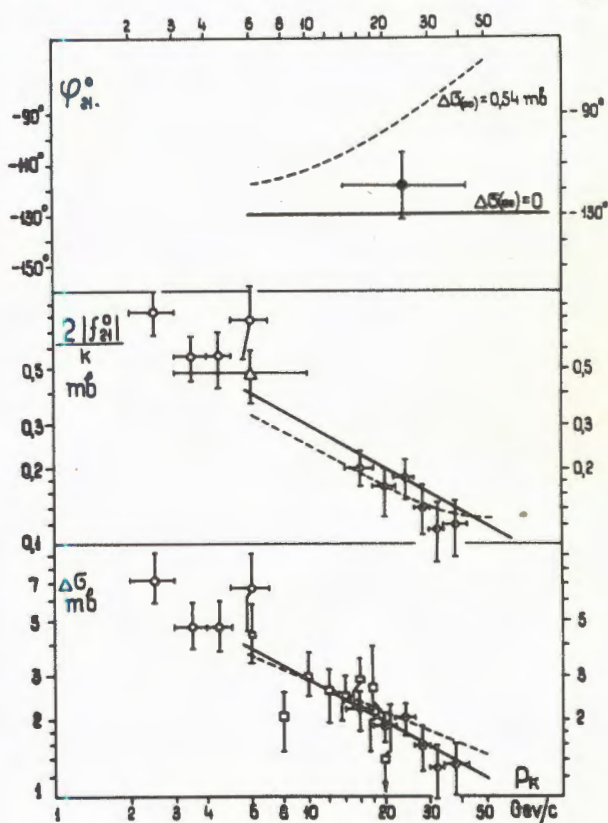
Физические результаты получены для интервала импульсов $14+42$ Гэв/с. Найдено, что фаза разности амплитуд упругого рассеяния вперед K^0p и \bar{K}^0p приблизительно постоянна в исследуемом интервале импульсов и равна $-118 \pm 13^\circ$, а ее модуль убывает с ростом импульса p падающих на мишень-регенератор каонов приблизительно как $p^{-1/2}$. Эти результаты показаны на рис. 6, они находятся в соответствии со следствиями теоремы Померанчука, касающейся разности полных сечений взаимодействия частиц и античастиц с нуклоном в асимптотике.

5. Установка с трехмерной дефлекторной мишенью предназначена для исследования резонанса K^0 - мезонов на дейтронах.





6. Результаты измерения амплитуды $K_L^0 \rightarrow K_S^0$ -регенерации и их сравнение с известными экспериментальными данными и расчетами по модели комплексных моментов.



◇ Упругое π^-p -рассеяние на малые углы при энергиях 40 и 50 Гэв исследуется с помощью магнитного искрового спектрометра на линии с ЭВМ. Установка проработала на серпуховском ускорителе около 200 часов. Зарегистрировано и записано на магнитные ленты около 5 миллионов "триггеров", из них около 15000 соответствует событиям упругого π^-p -рассеяния в области кулоновской интерференции $/2,5 \times 10^{-3} \leq |t| \leq 10^{-2} / \text{Гэв}^2 /$ при обеих энергиях.

Механизм рождения и распада частиц и резонансов. Поиск новых резонансов

◇ Исследование π^-p -взаимодействий и рождения частиц в π^-C -взаимодействиях осуществляется на основе снимков, полученных с двухметровой пузырьковой пропановой камеры ОИЯИ, облучаемой в пучке π^- -мезонов с импульсом 40 Гэв/с на серпуховском ускорителе.

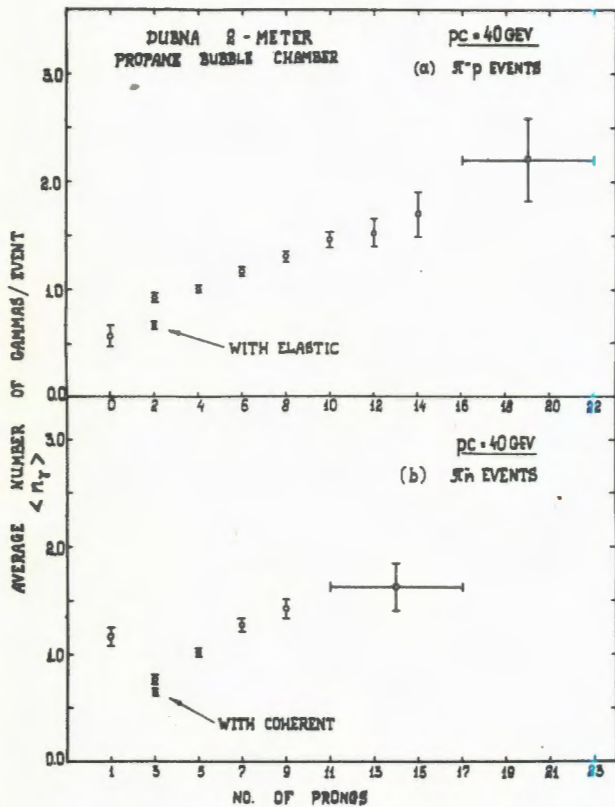
В обработке фотографий /по согласованным программам/ принимают участие физики из Алма-Аты, Будапешта, Бухареста,

Варшавы, Дубны, Кракова, Москвы, Серпухова, Софии, Ташкента, Тбилиси, Улан-Батора и Ханоя.

Получены первые физические результаты:

а/ Средняя множественность заряженных частиц в π^-p -взаимодействиях равна $5,21 \pm 0,06$. Распределение по множественности вторичных частиц согласуется с моделью, в которой распределение пар π -мезонов подчиняется закону Пуассона. При этом средние множественности заряженных частиц в событиях с нейтральными странными частицами и без них совпадают.

б/ Число гамма-квантов растет с ростом множественности в π^-p - и π^-n -соударениях /рис. 7/.



7. Зависимость среднего числа γ -квантов от множественности вторичных заряженных частиц.

◇ Взаимодействие отрицательных пионов с протонами при импульсе 5 Гэв/с изучается на основе снимков с одномоетровой водородной пузырьковой камеры, облученной на синхрофазотроне. Совместно с ЛТФ ОИЯИ, ИФВЭ ГАН /Цойтен/, университетом в Кошице, ФИ /Улан-Батор/, Бухарестским университетом измерено около 3000 шестилучевых, 27000 четырехлучевых, 7750 двухлучевых событий, которые изучаются с целью определения сечений каналов реакций /включая рождение резонансов/, исследования корреляций продольных и поперечных импульсов, анализа спин-четности для области A -мезона.

◇ Взаимодействие протонов и отрицательных пионов с нуклонами и ядрами при энергиях около 70 Гэв. Проведено 3 цикла облучения эмульсионных камер протонами с энергией 50-70 Гэв. 10 рабочих эмульсионных камер распределены для обработки по лабораториям стран-участниц ОИЯИ.

При энергии 67 Гэв определена средняя множественность заряженных частиц в pp -взаимодействиях, которая равна $6,6 \pm 0,2$. Ее зависимость от энергии в системе центра масс описывается функцией $E^{0,7}$.



8. Установка "Мамонт" для получения импульсных магнитных полей напряженностью свыше 200 кГс, изготовленная в ЦЕРНе, работает в экспериментальном зале серпуховского ускорителя. С помощью "Мамонта" произведены пробные облучения фотоэмульсионных камер ОИЯИ.

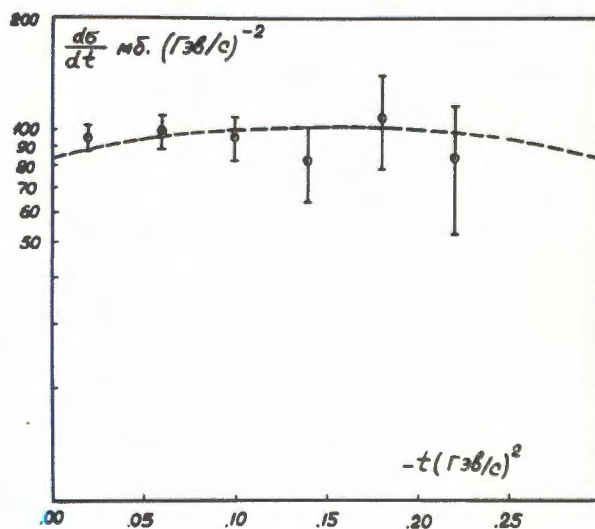
Электромагнитная структура элементарных частиц

◇ Для измерения электромагнитных размеров отрицательных пионов в опытах по исследованиям π^-e -рассеяния в лаборатории создана установка - бесфильмовый искровой спектрометр на линии с ЭВМ и прецизионная жидководородная мишень. В 1971 году установка проработала на пучке отрицательных пионов с импуль-

сом 50 Гэв/с серпуховского ускорителя около 600 часов. Записано на магнитные ленты около 3 миллионов "триггеров", что соответствует около 150 тыс. событий π^-e -рассеяния с передачей энергии электрону от 12 до 35 Гэв. Экспериментальные данные обрабатываются.

◇ По радиационным распадам η^0 -мезона, зарегистрированным двухканальной электронной установкой, состоящей из ливневых черенковских спектрометров полного поглощения и искровых камер, изучалось дифференциальное сечение реакции $\pi^-p \rightarrow n \eta^0$ при импульсе пионов 3,36 Гэв/с.

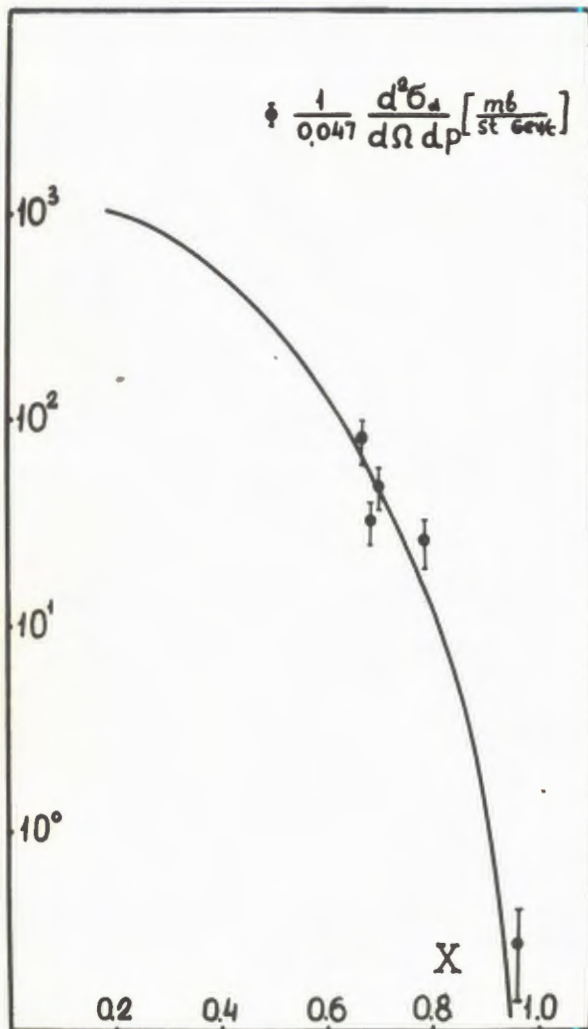
На рис. 9 представлены результаты измерений сечений в интервале переданных импульсов $0 \leq |t| \leq 0,25$ /Гэв/с/² и их аппроксимация кривой, вычисленной по модели комплексных моментов.



9. Дифференциальное сечение реакции $\pi^-p \rightarrow \eta^0 n$ при импульсе 3,36 Гэв/с.

Релятивистская ядерная физика

◇ Рождение пионов при столкновении релятивистских дейтронов 6 ± 10 Гэв/с/, ускоренных на синхрофазотроне, с ядрами меди регистрировалось с помощью электронной установки, состоящей из газовых



10. Сравнение результатов измерения сечения рождения пионов дейтронами с кривой, аппроксимирующей экспериментальные данные о сечениях рождения пионов протонами.

дифференциальных черенковских годоскопических счетчиков. Обнаружен кумулятивный эффект - многобарионное столкновение с концентрацией энергии на одном пионе. Сечение кумулятивного рождения пионов ядрами дейтерия на меди составляет около 5% от сечения рождения пионов на том же ядре нуклонами. Это находится в согласии с предсказаниями теории масштабной инвариантности сильных взаимодействий /рис. 10/.

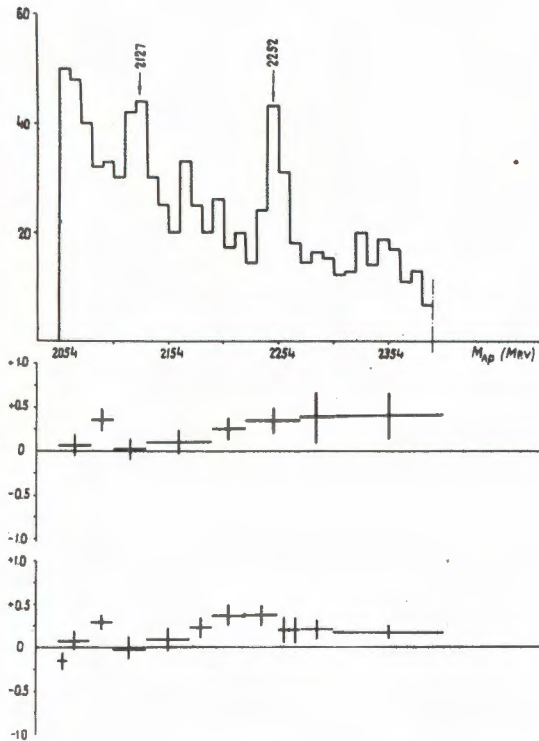
◇ Ядерные эмульсии были облучены дейтронами с энергией 9,4 Гэв, ускоренными на синхрофазотроне, с целью изучения ядерного протонного стриппинга. Найдено, что доля протонного стриппинга дейтрона среди всех неупругих взаимодействий дейтронов с ядрами эмульсии составляет $14 \pm 2\%$.

Поиски и исследование резонансов в двух- и многобарионных системах

Наличие пиков в спектре эффективных масс Λp , обнаруженное ранее, подтвердилось с увеличенной статистикой: 1548 и 586 событий в nC - и πC -взаимодействиях соответственно. Характер зависимостей коэффициента асимметрии углового распределения в системе покоя (Λp), а также средней поляризации Λ -гиперонов, полученных для однопротонных событий /рис. 11/, подтверждает прежние выводы о том, что пик при 2058 Мэв/с^2 вызван большой отрицательной длиной рассеяния (Λp), а пик при 2127 Мэв/с^2 - большой отрицательной длиной рассеяния ΣN . Пик при 2252 Мэв/с^2 объясняется существованием резонанса (Λp).

Концентрация событий вблизи суммы масс в спектре эффективных масс ($\Lambda\Lambda$)мо-

$\frac{E_{\pi^+}}{E_{\pi^-}}$ AND $\frac{p_{\pi^+}}{p_{\pi^-}}$ RATIOS
FOR 806 ONE-PROTON EVENTS



жет быть вызвана отрицательной длиной рассеяния ($\Lambda\Lambda$), а особенность при 2370 Мэв/с², возможно, - резонансом ($\Lambda\Lambda$) /рис. 12/.

В спектре масс pp особенностей не обнаружено.

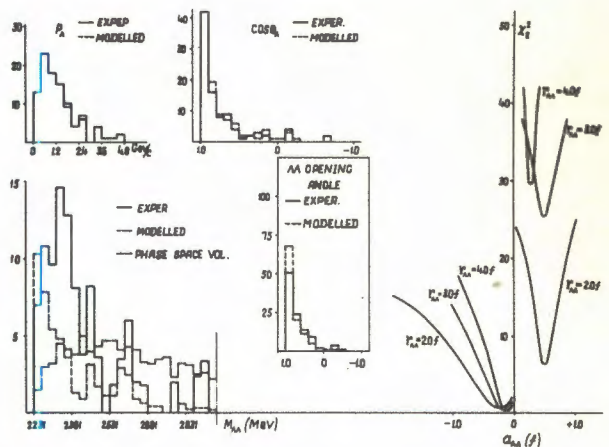
Таким образом, показано, что в исследуемой области спектров масс двухбарионных систем со странностью резонансы возможны, тогда как в отсутствие странности их, по-видимому, нет.

Теоретические исследования

В работах по изучению интерференционных явлений в физике элементарных частиц установлено, что измерение корреляций

11. Спектр эффективных масс (Λp) из взаимодействий πC при $\langle P \rangle = 7,5$ Гэв/с одним протоном в конечном состоянии, коэффициенты асимметрии и поляризации Λ -гиперонов.

12. Спектр эффективных масс ($\Lambda\Lambda$). Справа показана зависимость χ^2 от длины рассеяния.



между тождественными частицами позволяет оценить форму области, в которой они образуются, и длительность процесса испускания. На этой основе создан метод измерения ширины узких резонансов. Предложен также способ измерения времени жизни сильно возбужденных ядер в интервале $10^{-18} + 10^{-22}$ сек и измерения длительности процесса испускания π -мезонов при столкновении релятивистских ядер.

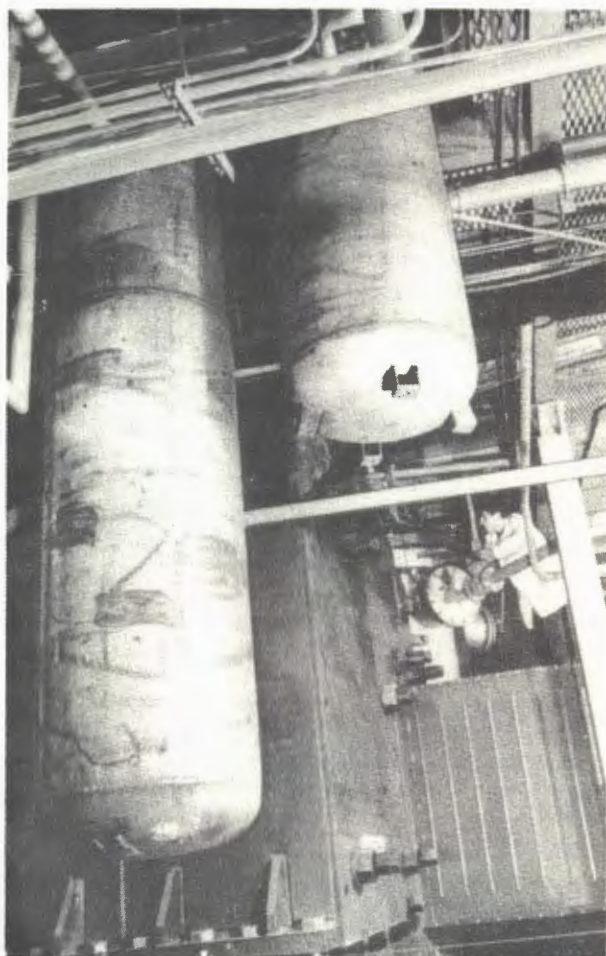
В связи с экспериментальным обнаружением предсказанного в ЛВЭ эффекта вращения плоскости поляризации гамма-квантов в намагниченном железе проведен более подробный теоретический анализ этого явления.

Разработана эффективная программа моделирования мультипериферических событий.

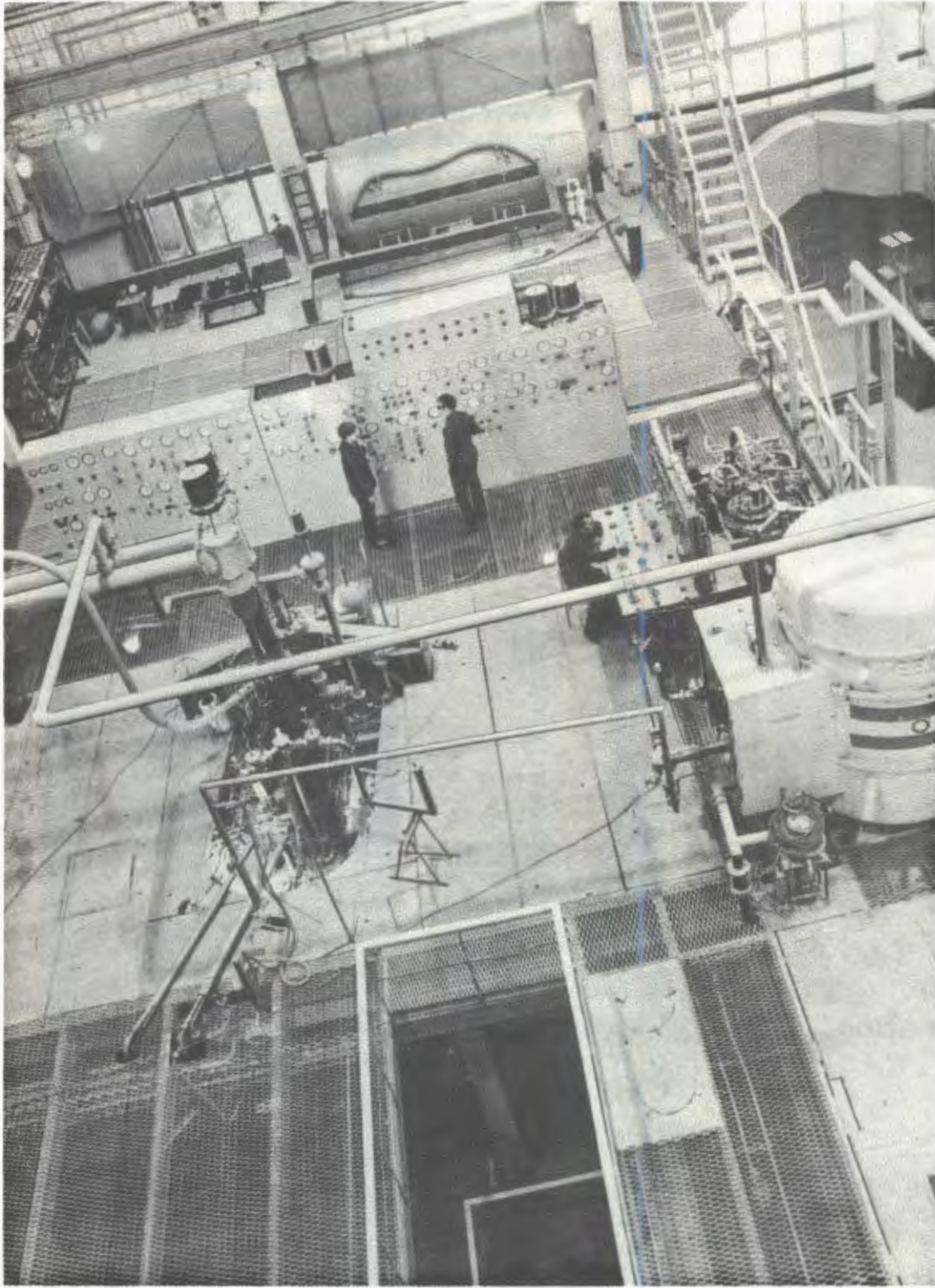
Совершенствование действующих и разработка новых физических приборов и установок

◇ Двухметровая водородная пузырьковая камера "Людмила" перебазирована из ЛВЭ в ИФВЭ /Серпухов/, где успешно проведен ее комплексный пуск на пучке протонов с энергией 35 Гэв. Получено для методических целей около 1000 снимков при фотографировании без магнитного поля и около 6000 рабочих снимков - с магнитным полем.

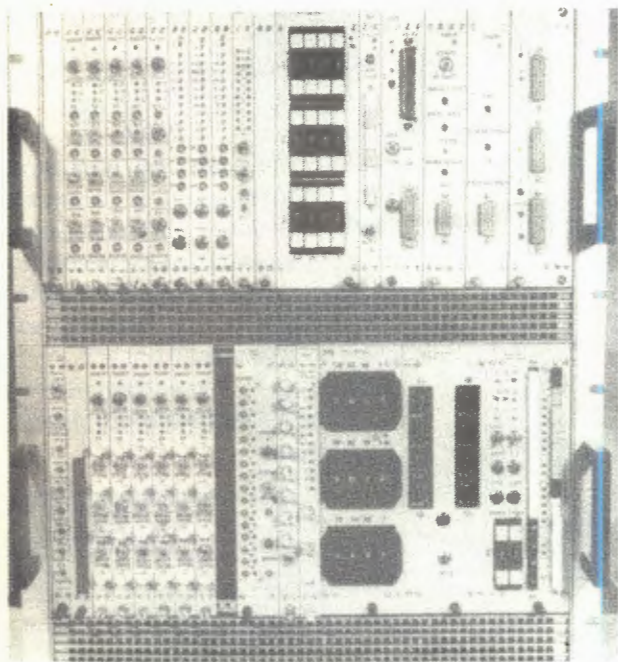
◇ Разработаны и использованы в экспериментальных электронных установках 6 пропорциональных камер.



13. Двухметровая жидководородная пузырьковая камера ОИЯИ "Людмила" запущена на пучке протонов с энергией 35 Гэв ускорителя ИФВЭ /Серпухов/.



◇ Создан набор стандартных цифровых блоков в стандарте САМАС /15 типов/ для связи с ЭВМ и автоматизации измерений, а именно: блоки-преобразователи аналого-цифровой, цифро-аналоговый, двоичного кода в десятичный; счетчик на 80 Мгц /24 разряда/; счетчик на 40 Мгц /2x16 разрядов/; кварцевый генератор часов; блоки набора констант; десятичный дисплей; контроллеры: ручной, ЭВМ ТРА и НР2116В; интегратор /рис. 14/.

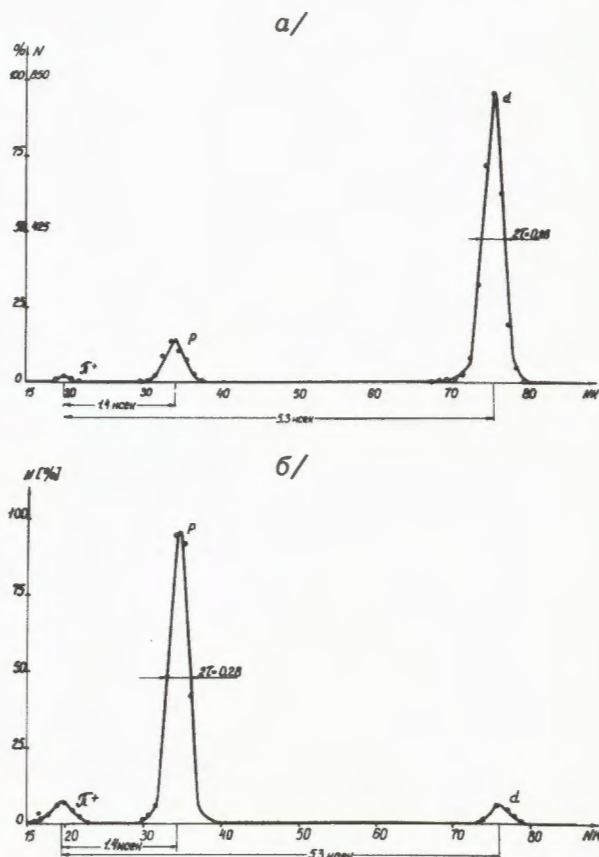


14. Цифровые блоки, выполненные в стандарте САМАС.

◇ Завершена разработка в стандарте "Вишня" блоков дифференциального дискриминатора и двойных схем совпадений.

◇ Начато изготовление быстрой электроники в стандарте САМАС. Разработано 17 основных блоков.

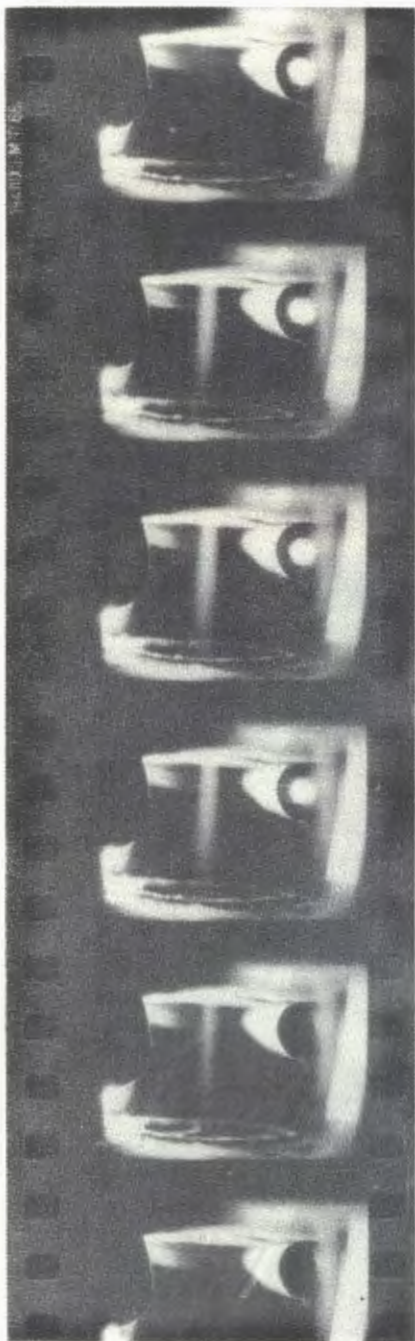
◇ Закончена разработка и проведены испытания спектрометра по времени пролета. С его помощью измерен массовый состав пучков синхрофазотрона. Рис. 15 иллюстрирует разрешающую способность спектрометра.



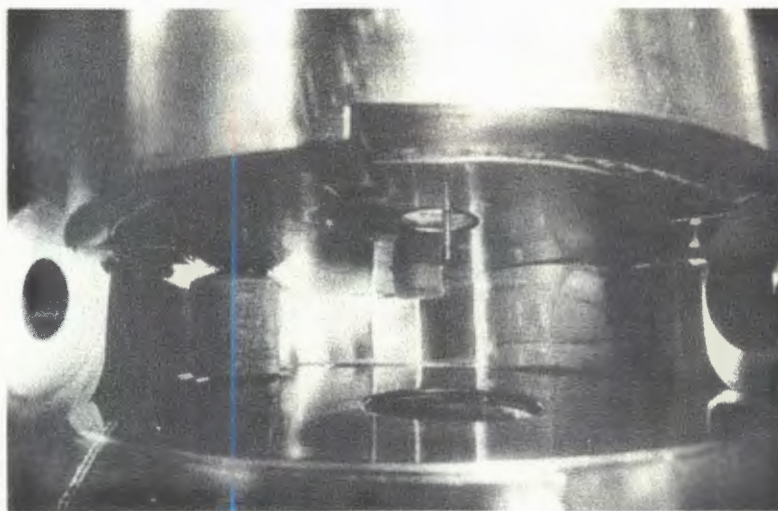
15. Спектр масс частиц сепарированного /а/ и несепарированного /б/ дейтронных каналов синхрофазотрона.

◇ Спроектирован, изготовлен и испытан новый вариант струйной мишени для экспериментов на внутренних пучках ускорителей. Получена в вакууме струя сконденсированного водорода плотностью 10^{-6} г/см³ и шириной 8-10 мм. На рис. 16

показаны общий вид струйной мишени и фотографии струи сконденсированного водорода при скорости съемки 32 кадра в сек.



16. Изготовлен новый вариант струйной водородной мишени для экспериментов на внутренних пучках ускорителей. Плотность струи сконденсированного в вакууме водорода $\sim 10^{-6}$ г/см³, ширина - 8-10 мм. Фотография струи получена при скорости съемки 32 кадра в сек.

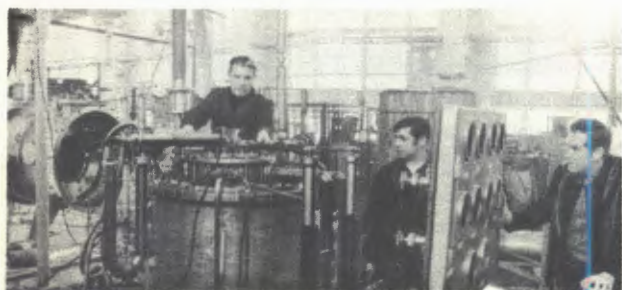


Облучение пузырьковых камер

◇ Двухметровая водородная пузырьковая камера "Людмила" - получено 6 тысяч фотографий при облучении протонами с импульсом 35 Гэв/с.

◇ Двухметровая пропановая пузырьковая камера - сделано 86 тысяч фотографий при облучении отрицательными пионами с импульсом 40 Гэв/с.

◇ Однометровая водородная пузырьковая камера - получено 40 тысяч фотографий при облучении дейтронами с импульсом 3,37 Гэв/с.



17. Многоцелевой гелиевый охладитель с детандером для работы с крупными сверхпроводящими устройствами и поддержания в них температур до 4°К.

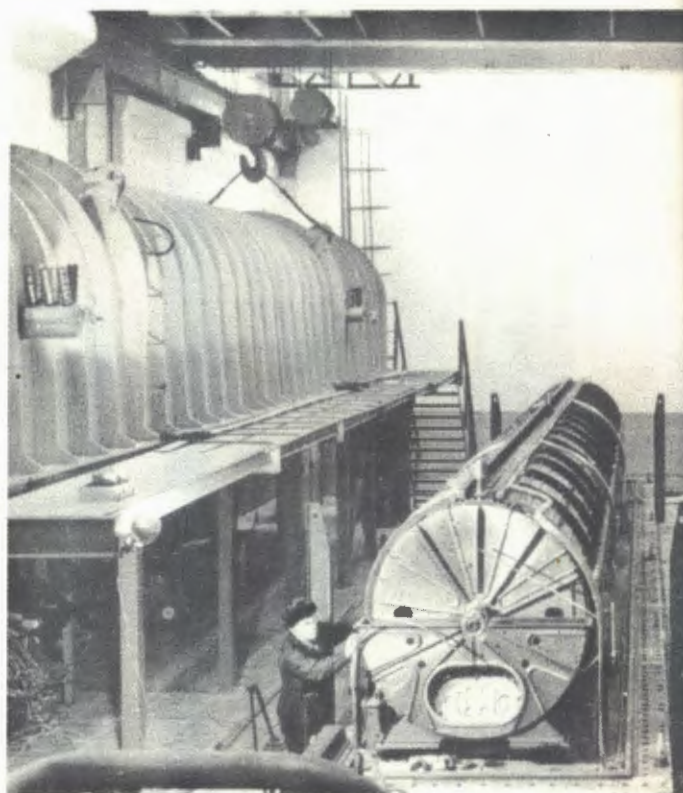
Модернизация и усовершенствование синхрофазотрона

◇ На ЛУ-20 ведутся электромонтажные работы. Закончен монтаж высокочастотной системы для возбуждения резонатора.

◇ Проведена модернизация действующего инжектора ЛУ-9. Инжектируемый в синхрофазотрон протонный ток возрос с 1,5 до 16 ма. Введен в эксплуатацию дебанчер и модулятор энергии.

◇ Закончено конструирование источника многозарядных ионов. Выполнены чертежи источника, пульта управления криогенной частью. Ведется изготовление узлов источника.

◇ Ведутся разработки контрольно-измерительной аппаратуры. Создана система измерения и контроля стабильности средней энергии пучка протонов, ускоренных модернизированным линейным ускорителем ЛУ-9М. Изготовлена аппаратура для измерения и контроля геометрических характеристик пучка протонов на входе в поворотные /инфлекторные/ пластины. Сделаны



приборы для автоматизированного измерения уровня высокочастотного поля резонатора ЛУ-20 и блоки для магнитных измерений квадрупольных линз ЛУ-9М.

◇ *Велись работы по системе вывода ускоренного пучка из синхрофазотрона.* Проведены основные расчеты вывода пучка с использованием резонанса $2/3$. Разработаны и установлены в камере синхрофазотрона формагнит и форлинза с естественным охлаждением. Смонтированы в камере синхрофазотрона полюсные обмотки для создания оптимальных условий при выводе пучка из ускорителя. Введена в действие система резонансной раскачки пучка.

Проведены эксперименты и осуществлен заброс ускоренного пучка в форсистему с помощью резонанса $2/3$ на расчетную глубину около 200 мм. Осуществлено отделе-

ние выводимого пучка, пучок сфокусирован и выведен в место расположения второго выводного магнита.

Эксплуатация синхрофазотрона

Запланированное время работы ускорителя - 3284 часа.

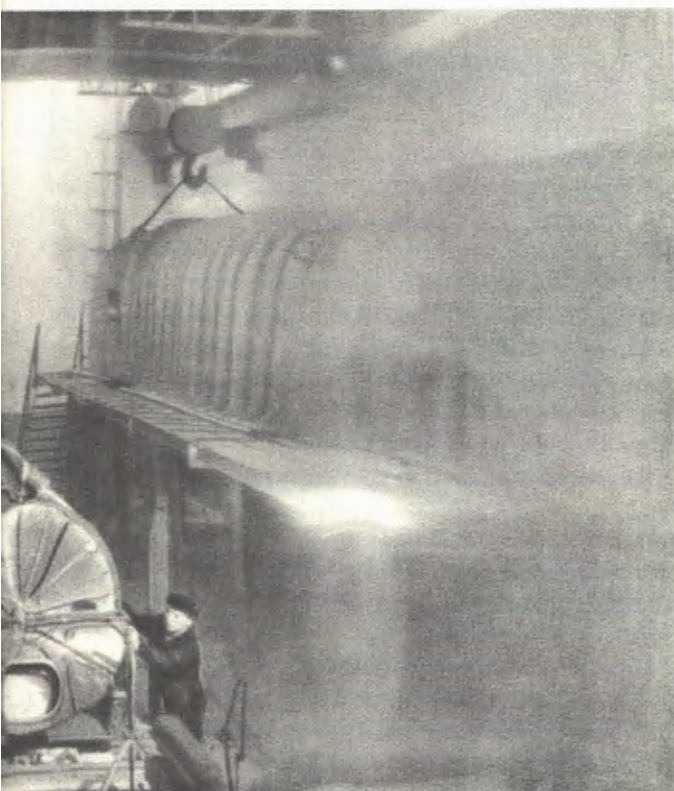
Ускоритель работал:

а/ на экспериментальные исследования по физике элементарных частиц 1490 часов со средней интенсивностью $5,1 \times 10^{10}$ ускоренных протонов или $2,3 \times 10^9$ ускоренных дейтронов за цикл ускорения;

б/ на совершенствование систем ускорителя 1590 часов.

18. *Заканчивается сооружение нового инжектора синхрофазотрона - линейного ускорителя протонов на 20 Мэв.*

19. *Система предварительного отклонения для создаваемого на синхрофазотроне устройства медленного вывода пучка, состоящая из септум-магнита /напряженность поля 3 кгс/ и линзы /градиент 100 гс/см/.*



ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

Научная программа лаборатории осуществлялась по следующим главным направлениям: проведение фундаментальных исследований по актуальным вопросам физики элементарных частиц и атомного ядра, проведение разработок, связанных с реконструкцией действующего синхротрона в сильноточный фазотрон, и развитие методов исследований, включая подготовку экспериментов на ускорителе 76 Гэв в Серпухове.

Научно- исследовательские работы

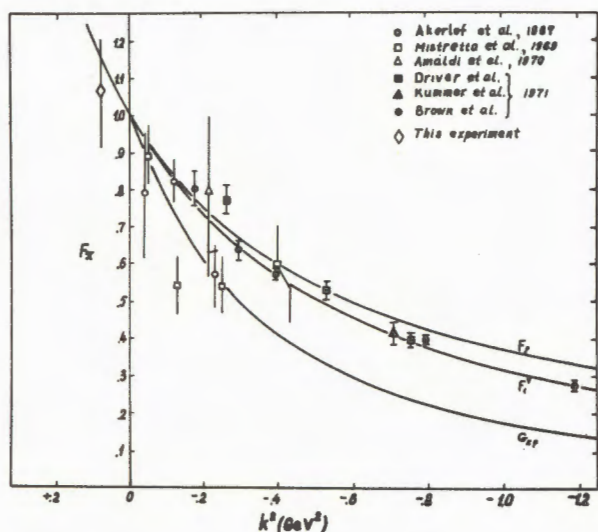
Проверка
законов сохранения.

Структура частиц

◇ Эксперименты по поиску крайне редких распадов мезонов $\pi^+ \rightarrow e^+ e^+ e^- \nu$ и $\mu^+ \rightarrow e^+ e^+ e^-$ выполнены с помощью цилиндрической искровой камеры в магнитном поле, управляемой сцинтилляционным годоскопом. Исследования предприняты с целью обнаружения новых типов фермионных взаимодействий, определения слабых формфакторов пиона и проверки закона сохранения лептонного заряда. В этих экспериментах удалось дойти до наиболее низких значений верхних границ вероятностей редких распадов мюонов и пионов.

Верхний предел для относительной вероятности распада $\mu^+ \rightarrow e^+ e^+ e^-$ снижен до $3,5 \cdot 10^{-9}$. Этот результат свидетельствует о высокой степени достоверности выполнения закона сохранения лептонного заряда.

Снижена до $5 \cdot 10^{-9}$ верхняя граница для относительной вероятности распада $\pi^+ \rightarrow e^+ e^+ e^- \nu$. Это приводит к выводу, что если и существует шестифермионное взаимодействие, то интенсивность его на не-



20. Электрический формфактор пиона, установленный в экспериментах по электроорождению. Ромбом обозначена точка, полученная в Лаборатории ядерных проблем в предположении $F_{\pi} = F_1^V$.

21. Дифференциальное сечение упругого $e p$ -рассеяния в области малых передаваемых импульсов, измеренное на внутреннем пучке электронов с энергией 4,4 Гэв ереванского ускорителя.

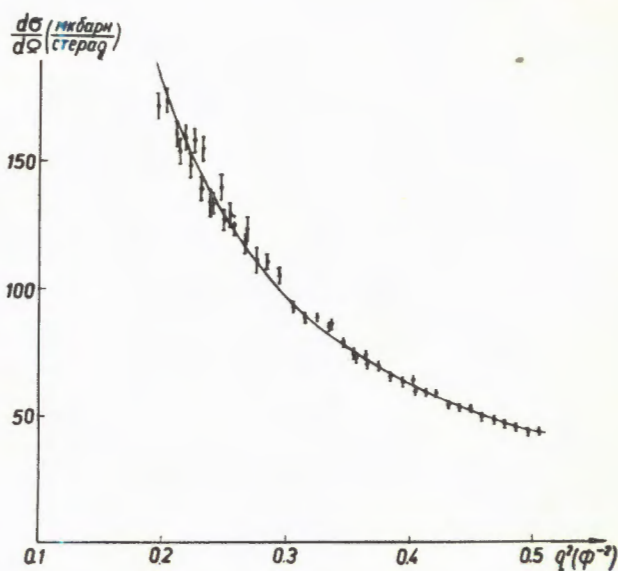
сколько порядков ниже теоретически предсказанной.

◇ Продолжалось исследование процесса обратного электророждения пионов $\pi^- p \rightarrow e^+ e^- n$ при энергии пионов 275 Мэв.

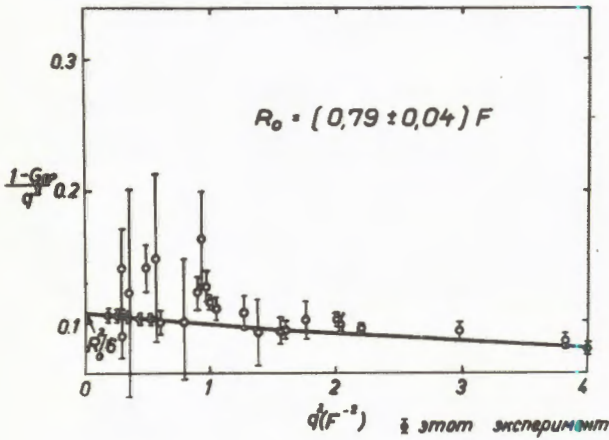
Измерения проводились с помощью модернизированной электронной установки с большой апертурой, работающей на линии с ЭВМ. В результате анализа около 300 зарегистрированных случаев реакции обратного электророждения в области времениподобных переданных импульсов вплоть до $q^2 = 2$ /ферми/ $^{-2}$ получено следующее значение формфакторов пиона и нуклона /в предположении равенства $F_{\pi} = F_1^V$ /:

$$F_{\pi} = F_1^V = 1,07^{+0,14}_{-0,17}$$

◇ Эксперимент по изучению сечения упругого $e p$ -рассеяния при 4,13 Гэв завершен на электронном синхротроне в Ереване. Работа велась группой физиков Дубны, Еревана и Бухареста. Впервые измерения дифференциального сечения осуществлены в области малых переданных импульсов: $0,135 < q^2 < 0,506$ /ферми/ $^{-2}$. Это позволило исключить произвол в экстраполяции



и наиболее непосредственно определить значение электромагнитного радиуса протона, которое оказалось равным $0,79 \pm 0,04$ ферми. Эта величина хорошо согласуется с ранее известным значением 0,8 ферми, полученным путем экстраполяции данных из области больших переданных импульсов. Новые экспериментальные данные опровер-



гают предположение о существовании в распределении заряда протона малоинтенсивной области с большим радиусом. Они также противоречат представлению о большой роли нелинейных эффектов в квантовой электродинамике.

Взаимодействия нуклонов и мезонов с нуклонами и ядрами

◇ В экспериментах с пропановой пузырьковой камерой на пучке пионов с импульсом 5 Гэв/с выполнен следующий цикл исследований:

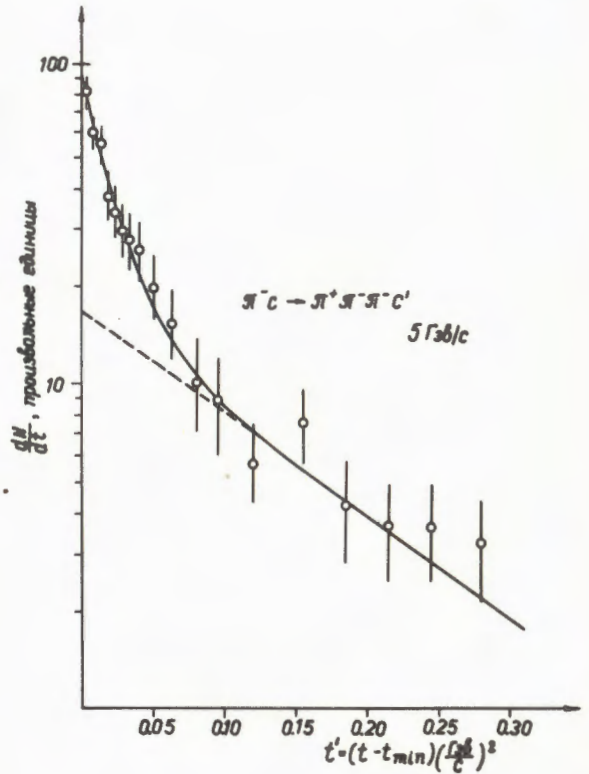
а/ Получены новые данные о процессе когерентного рождения комплекса из трех пи-мезонов на ядре углерода под воздействием π^- -мезонов. При столь низком импульсе налетающих пионов, близком к энергетическому порогу, этот процесс на чистом ядре /не считая ядра дейтрона/ ранее не наблюдался. Показано, что процесс идет по схеме $\pi^- C \rightarrow A_1^- C \rightarrow \rho^0 \pi^- C \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^- C$. Сечение когерентного рождения пионов $\pi C \rightarrow 3 \pi C$ при $P_{\pi^2} = 5$ Гэв/с составляет $1/264 \pm 37 / \cdot 10^{-30} \text{ см}^2$. Обнаружено резкое

22. Поведение электрического формфактора протона в области малых передаваемых импульсов. Черными точками показаны результаты исследований, выполненных объединенной группой Лаборатория ядерных проблем - Ереван-Бухарест.

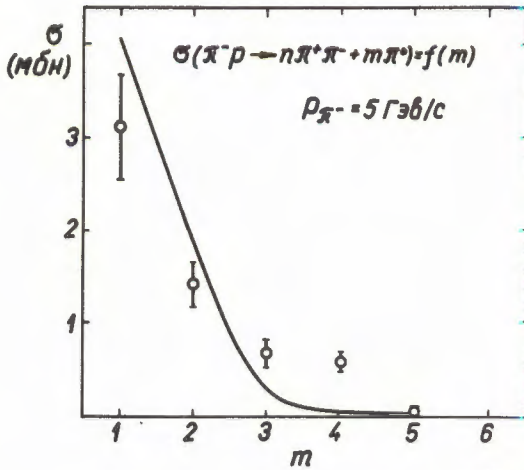
23. Распределение событий, соответствующих когерентному рождению трех пионов на ядре углерода. t' - квадрат 4-импульса, переданного налетающим пионом системе из трех пионов. Сплошная кривая - сумма двух экспонент: $Ae^{-b_1 t'} + Be^{-b_2 t'}$;

$$b_1 = (51,7 \pm 11,8) (\text{Гэв/с})^{-2},$$

$$b_2 = (7,25 \pm 2,20) (\text{Гэв/с})^{-2}.$$

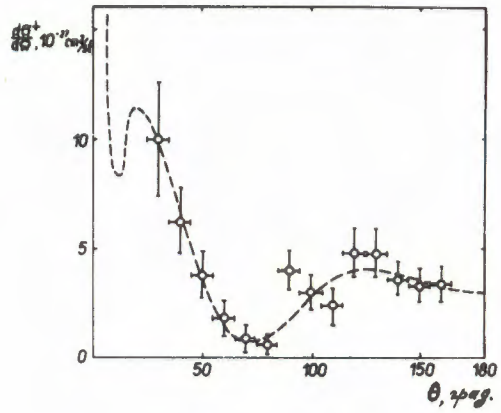
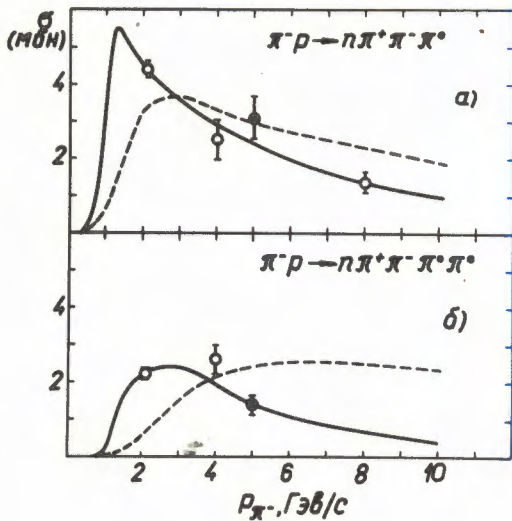


падение сечения когерентного рождения с уменьшением энергии падающих частиц. На основании исследования зависимости числа случаев рождения трех пионов от передан-

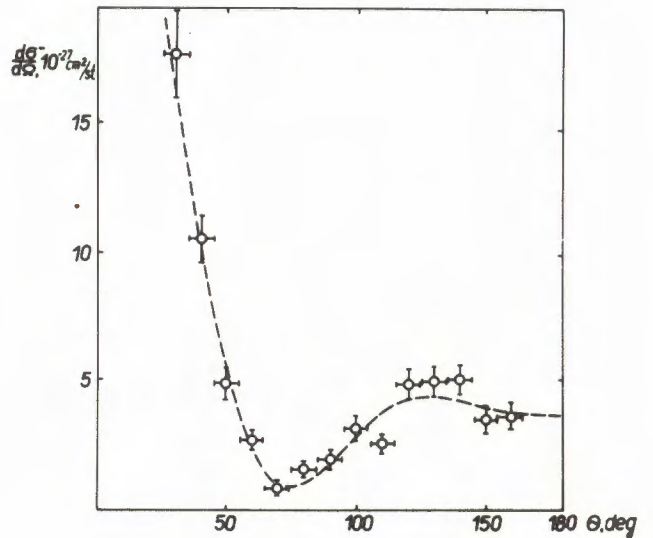


25. Зависимость сечений реакций $\pi^- p \rightarrow n \pi^+ \pi^- + m \pi^0$ от числа образуемых π^0 -мезонов. Кривая соответствует предсказаниям статистической модели.

26. Сечения реакций $\pi^- p \rightarrow n \pi^+ \pi^- \pi^0$ и $\pi^- p \rightarrow n \pi^+ \pi^- 2 \pi^0$ в зависимости от импульса налетающего π^- мезона. Пунктиром показаны предсказания реджезованной мультипериферической модели, сплошные линии соответствуют эмпирической модели. Черным кружком обозначены экспериментальные данные, полученные в Лаборатории ядерных проблем.



27. Дифференциальное сечение упругого рассеяния π^+ на He.



28. Дифференциальное сечение упругого рассеяния π^- на He.

$$\sigma(\pi^- p \longrightarrow \pi \pi^+ \pi^- 3\pi^0) = 860 \pm 140 \text{ мкб},$$

$$\sigma(\pi^- p \longrightarrow \pi \pi^+ \pi^- 4\pi^0) = 560 \pm 90 \text{ мкб},$$

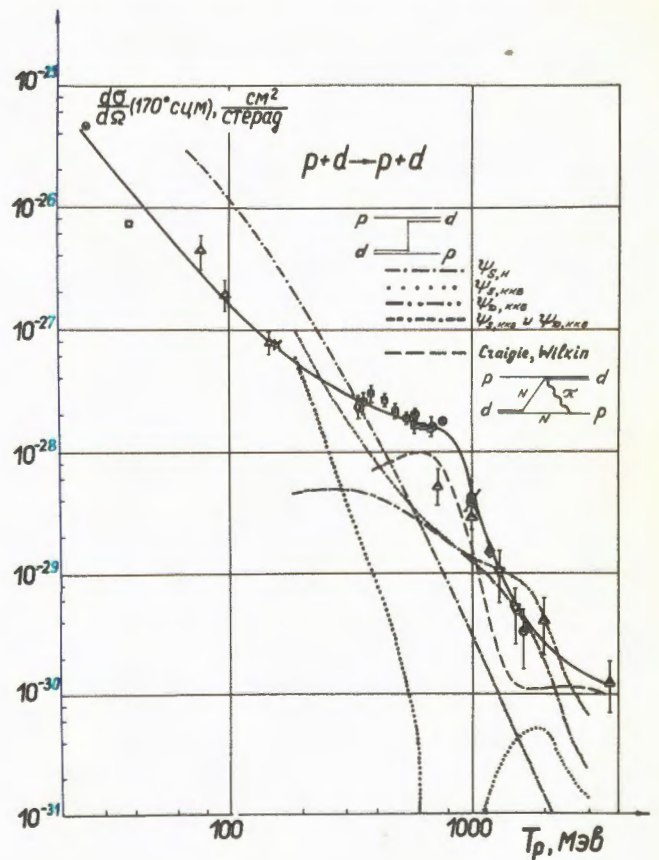
$$\sigma(\pi^- p \longrightarrow \pi \pi^+ \pi^- 5\pi^0) = 50 \pm 25 \text{ мкб}.$$

◇ На стримерном спектрометре с гелиевой стримерной камерой высокого давления проводится цикл экспериментов по изучению рассеяния положительных и отрицательных пионов на гелии в области резонанса $3/2, 3/2$ с целью получения сведений об электромагнитной структуре пиона. В 1971 году с помощью этой установки было сделано около 500 тыс. стереофотографий /при производительности 10^4 фотографий в час/. В настоящее время проведена обработка 120 тыс. фотографий, полученных в пучке пионов с энергией $97 \pm 6,0$ Мэв. Зарегистрировано и обмерено свыше 1000 случаев рассеяния. Измерены угловые распределения упругого рассеяния π^+ - и π^- -мезонов на гелии в интервале углов $25+165^\circ$. Полные сечения упругого рассеяния равны $\sigma^- = 50,7 \pm 1,8$ мб, $\sigma^+ = 40,7 \pm 3,3$ мб. Новые экспериментальные данные позволили провести фазовый анализ с учетом P - и D -волн.

29. Энергетическая зависимость упругого $p d$ -рассеяния назад. По оси абсцисс отложена кинетическая энергия налетающих протонов в лабораторной системе, по оси ординат - дифференциальное сечение упругого $p d$ -рассеяния в с.ц.м. на угол 170° /черными квадратиками отмечены данные, полученные в Лаборатории ядерных проблем/. Сплошная кривая проведена по экспериментальным точкам. Теоретические кривые вычислены по модели подхвата с различными волновыми функциями дейтрона / Ψ_{sn} - хюльтеновская функция для S -состояния, Ψ_{skkb} и Ψ_{dkkb} - соответственно S -волновая и D -волновая функции/. Пунктирная кривая соответствует результатам расчета по резонансной модели.

◇ Измерено дифференциальное сечение упругого $p d$ -рассеяния на угол 170° с.ц.м. в диапазоне энергий налетающих протонов 355-665 Мэв. Идентификация дейтронов осуществлялась по величине ионизационных потерь и времени пролета методикой сцинтилляционных счетчиков. Обнаружено, что энергетическая зависимость упругого $p d$ -рассеяния назад имеет четко выраженный "излом" в области энергий около 700 Мэв. Это является первым прямым указанием на доминирующую роль резонансного механизма, предсказанного в ряде теоретических работ.

◇ С целью дальнейшего изучения кластерной структуры ядер были исследованы высокоэнергетичные участки спектров дейтронов и ^3He , соответствующие процессам квазиупругого рассеяния и мезоно-



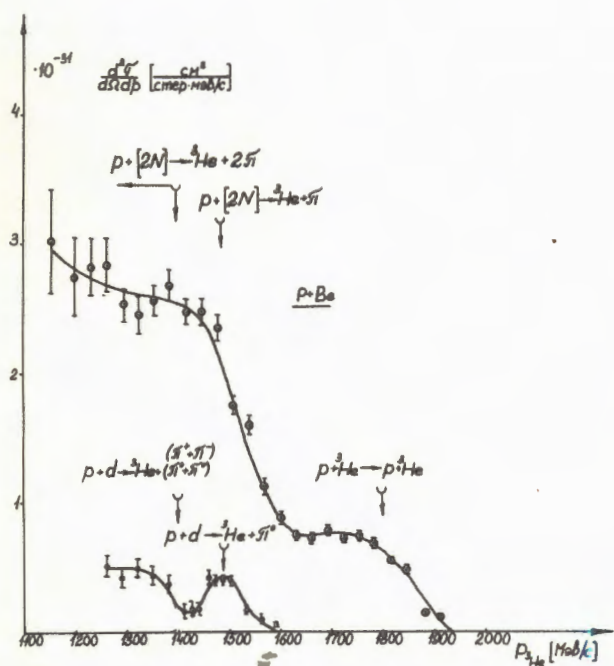
образования на нуклонах и двухнуклонных ассоциациях в легких ядрах.

Высокоэнергетичные спектры дейтронов измерены на ядрах Li , Be и C для угла $5,5^\circ$ л.с. в диапазоне энергии налетающих протонов от 385 до 665 Мэв. Результаты этих экспериментов показали, что энергетические зависимости выхода дейтронов в пике, кинематически соответствующем упругому pd -рассеянию, близки к соответствующей зависимости для свободного pd -рассеяния, в то время как выход дейтронов в максимуме, кинематически соответствующем дейтронам от реакции $pp \rightarrow d\pi^+$, растет при увеличении энергии протонов. Этот факт является еще одним подтверждением того, что механизмы образования этих двух групп дейтронов существенно отличаются друг от друга и действительно связаны с такими различными квазисвободными процессами, как



Высокоэнергетичные спектры ядер 3He были изучены при энергии протонов 665 Мэв на ядрах Li , Be и C под углом $5,5^\circ$ л.с. Для этих спектров обнаружено значительное увеличение выхода 3He при энергиях, кинематически соответствующих процессу одиночного мезообразования на двухнуклонных ассоциациях в легких ядрах. Ранее такой процесс не наблюдался. Значительное превышение /в 15-20 раз/ выхода 3He в этой области энергий над выходом 3He из элементарного процесса $pd \rightarrow He^3\pi^0$ указывает на то, что 3He образуется при взаимодействии налетающих протонов не только с дейтронными ассоциациями, но и с ассоциациями типа (nn) -, (pp) - и (np) -пар в состоянии с изотопспином I.

Полученный результат показывает также, что короткоживущие корреляции двух нуклонов в легких ядрах могут исследовать-



30. Высокоэнергетичные спектры ядер 3He , образованных при соударении протонов /энергия 665 Мэв/ с ядрами Be и d под углом $5,5^\circ$ в лабораторной системе. По оси абсцисс отложен импульс ядер 3He , по оси ординат - двойное дифференциальное сечение в л.с. Стрелками показаны значения импульсов, кинематически соответствующие реакциям на свободных ядрах.

ся не только в реакциях квазиупругого вы- бивания дейтронов, но и в процессах мезо- нообразования на двухнуклонных ассоциа- циях, сопровождающихся вылетом высоко- энергетичных вторичных частиц.

◇ Импульсные спектры ядер трития, образуемых протонами с энергией 670 Мэв на ядрах D , 6Li , 7Li , ${}^{12}C$, ${}^{27}Al$, Cu , Pb , и спектры ядер 3He , образуемых на ядрах 6Li , 7Li , ${}^{12}C$, Cu , Pb , изме- рены под углами $1,8^\circ$ и $4,5^\circ$. Показано, что дифференциальные сечения рассмат- риваемых процессов описываются выражением

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} \approx A^x, \text{ где } A - \text{ массовое число ядра-}$$

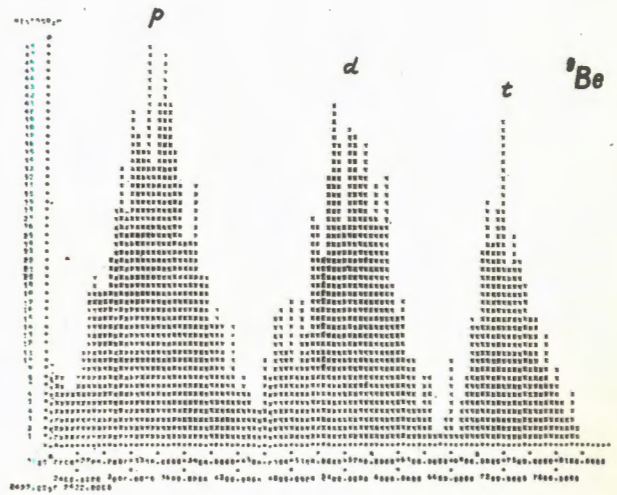
мишени, а x зависит от вида реакции.

Спектры дейтронов, испускаемых под углами $6,5^\circ$, $9,5^\circ$, $13,5^\circ$ и 16° л.с. при взаимодействии протонов с энергией 670 Мэв с ядрами H , D , 6Li , 7Li , C , Al ,

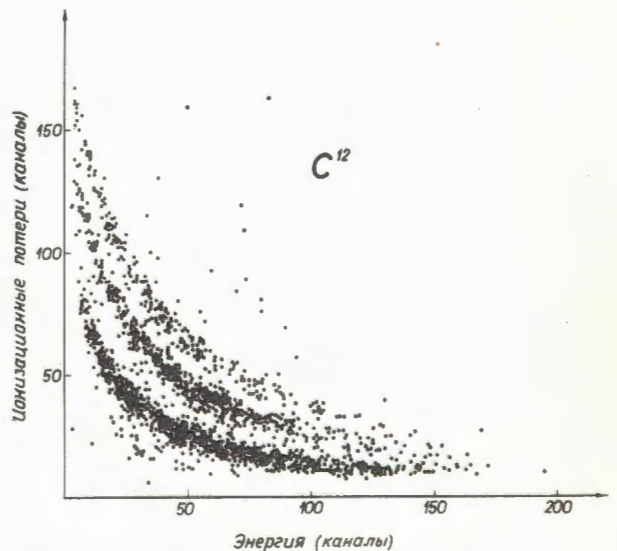
Cu , Rh , Rb , исследованы в интервале импульсов $700+1700$ Мэв/с. Измерены так- же дифференциальные сечения выхода дейт- ронов из ядер в реакции $p[N] \rightarrow \pi d$ и $p[2N] \rightarrow pd$. Новые данные интерпрети- рованы с точки зрения прямых ядерных реакций. Показано, что при малых углах вылета дейтронов их спектры хорошо опи- сываются полюсной диаграммой. Для боль- ших углов при описании спектров необходи- мо использовать также треугольную диаг- рамму.

◇ Закончены эксперименты по изме- рению деполяризации в упругом pn -рассе- янии при энергии 612 Мэв, выполненные ме- тодом искровых камер. В результате най- дены следующие значения: $D_{pn}/52^\circ/ = 0,86 \pm 0,11$; $D_{pn}/94^\circ/ = 0,67 \pm 0,11$; $D_{pn}/125^\circ/ = 0,49 \pm 0,24$. Эти данные уточняют единственный набор фазовых сдвигов для NN -рассеяния, полученный ранее при 635 Мэв.

◇ Завершено определение энергетичес- ких спектров и относительных вероятностей вылета протонов, дейтронов и тритонов при



31. Спектр масс заряженных частиц от захвата пионов на бериллии.



32. Распределение заряженных частиц, образованных при захвате пионов углеродом, по ионизационным потерям и полной энергии.

захвате отрицательных пионов ядрами Be , Al , C , Ca , Cu , Cd и Pb . Измерения осуществлены с помощью системы кремниевых поверхностно-барьерных детекторов. Энергетические спектры имеют экспоненциальный характер и простираются до 100 Мэв. Выход протонов в зависимости от заряда ядра имеет максимум в области кальция. Выходы дейтронов и тритонов с ростом заряда сначала резко падают, затем в пределах ошибок остаются постоянными.

Анализ данных этих экспериментов показал, что для объяснения механизма захвата пионов необходимо привлечь наряду с двухнуклонными кластерами также и кластеры типа 3He , 4He , 6Li , вклад от которых может достигать гораздо больших значений, чем это ранее предполагалось.

Полученные результаты позволяют высказать гипотезу о том, что механизм захвата пионов определяется структурными свойствами ядер и не зависит от природы первоначального элементарного акта взаимодействия.

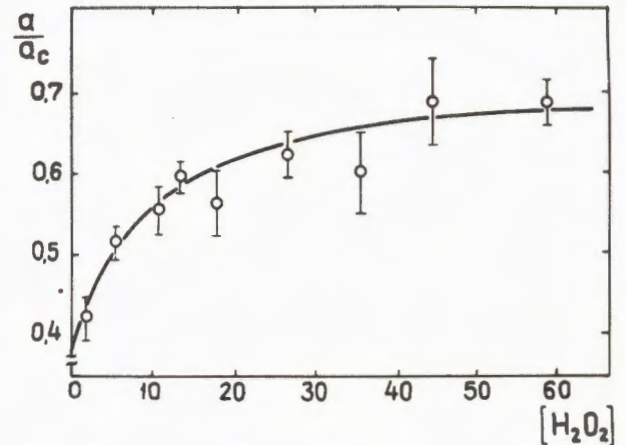
◇ Измерены дифференциальные сечения образования нейтронов от реакции $\pi^- p \rightarrow \pi^0 \pi^0 n$ при энергии 447 Мэв в интервале углов $20-60^\circ$ в л.с. Работа выполнена на протонном синхротроне ЦЕРНа с помощью спектрометра недостающих масс и оптических искровых камер. Экспериментальный спектр эффективных масс $\pi^0 \pi^0$ -системы имеет заметное превышение над фазовой кривой в области больших масс и незначительное превышение в области малых масс. Угловое распределение нейтронов в с.ц.м. имеет резко выраженную асимметрию с преимущественным вылетом нейтронов назад. Полное сечение $\pi^- p \rightarrow \pi^0 \pi^0 n$ при энергии 447 Мэв равно $1,90 \pm 0,25$ мб. Экспериментальные данные анализируются с целью определения амплитуды $\pi\pi$ -рассеяния при малых энергиях.

◇ Образование 8B при захвате остановившихся π^- -мезонов ядрами азота исследовано фотозумльсионным методом. С

помощью кинематического анализа произведено выделение случаев с рождением фрагмента 8B при захвате остановившихся π^- -мезонов легкими ядрами в фотозумльсии из 1500 событий двухлучевого типа с T-образным следом. Показано, что 8B возникает в основном при поглощении π^- -мезонов ядрами азота. Относительная вероятность этого процесса равна $1 + 1,3 \cdot 10^{-3}$. Получены следующие верхние границы вероятностей образования связанных трех-, четырех- и пятинейтронных систем с массами, равными сумме масс соответствующего числа нейтронов с разбросом $\Delta M = \pm 0,8$ Мэв / ΔM - ошибка измерения для соответствующей недостающей массы/:

$$W(\pi^- + {}^{14}N \rightarrow {}^8B + p + n^5) < 1 \cdot 10^{-5},$$

$$W(\pi^- + {}^{14}N \rightarrow {}^8B + {}^2H + n^4) < 1 \cdot 10^{-5},$$



33. Зависимость остаточной поляризации /по отношению к поляризации в графите/ в водном растворе перекиси водорода от ее концентрации в единицах 10^{20} молекул/см³. Увеличение поляризации является результатом вступления мезоазота μ^N в химическую реакцию с H_2O_2 с образованием диамагнитных продуктов μNOH и $\mu NOOH$.

$W(\pi^- + {}^{14}\text{N} \rightarrow {}^8\text{B} + {}^3\text{H} + n^3) < 1 \cdot 10^{-5}$
 $/ W$ нормировано на полное количество взаимодействий $\pi^- + {}^{14}\text{N} /$.

◇ Завершен комплекс экспериментов по исследованию химических реакций мезоазота μ^- / мезоатома, образующегося при посадке μ^- -мезона на кислород / в воде и водных растворах путем измерения остаточной поляризации мюонов в продольном и поперечном магнитных полях в интервале температур $80+370^\circ\text{K}$. Работы выполнены с помощью телескопов сцинтилляционных счетчиков. Показано, что в воде и водных растворах мезоазот вступает в химическую реакцию с образованием диамагнитного соединения за время $t \approx 2 \cdot 10^{-12}$ сек.

◇ Исследована вероятность ядерного захвата π^- -мезонов водородом воды в растворах серной, азотной, плавиковой и соляной кислот, в кристаллогидрате $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ и в растворе $\text{CoCl}_2 \cdot 16,6\text{H}_2\text{O}$. Показано, что координирование молекул воды атомом металла приводит к значительному увеличению ионности связи $\text{H}-\text{O}$ в этих соединениях по сравнению со "свободной" водой.

Проведены также эксперименты, в которых обнаружилось изменение характера связи водорода в гидридах переходных металлов III группы при переходе от состава MeH_2 к составу MeH_3 .

◇ Выполнены работы по изучению перехвата π^- -мезонов в газовых смесях водорода с гелием, неоном, аргоном, криптоном, ксеноном, азотом и углекислым газом. Для процессов типа $p\pi^- + Z \rightarrow Z\pi^- + p$ исследовано уменьшение вероятности захвата π^- -мезона протоном в $p\pi^-$ -мезоатоме при увеличении относительной атомарной концентрации n_Z/n_H газа. Установлено, что для всех газов примесей относительная скорость перехвата может быть интерполирована функцией $a+b\sqrt{c}/a,b$ - константы, характеризующие газовую смесь/.

Спектроскопия нейтронодефицитных ядер. Короткоживущие изотопы

По программе ЯСНАПП исследовались свойства нейтронодефицитных изотопов, удаленных от линии бета-стабильности. Для этих исследований используются созданные в последние годы два сепаратора для разделения радиоактивных изотопов, спектрометры на базе германиевых и кремниевых детекторов, установки для изучения совпадений ядерных переходов и измерения времен жизни ядерных уровней. Широко применяются также магнитные альфа- и бета-спектрометры. В 1971 году проведен ряд новых методических разработок для программы ЯСНАПП.

◇ Идентифицированы новые изотопы и изомерные состояния для элемента таллия: ${}^{188}\text{Tl}^* / T = 1,6$ мин/, ${}^{190}\text{Tl} / T = 3,6$ мин/, ${}^{190}\text{Tl}^* / T = 3,2$ мин/, ${}^{191}\text{Tl} / T = 5,2$ мин/. Обнаружено 160 новых переходов, для 50 переходов определены мультипольности. Для изотопов ${}^{191}\text{Tl}$, ${}^{193}\text{Tl}$, ${}^{195}\text{Tl}$, ${}^{197}\text{Tl}$ измерены $\gamma\gamma$ -совпадения. Составлен ряд новых схем распада изотопов таллия и обнаружено много новых уровней. Выделение таллия из мишени производилось термохроматографическим методом.

◇ Спектры γ -лучей, а также спектры конверсионных электронов и $\gamma\gamma$ -совпадений при распаде ${}^{133-135}\text{Pr}$ исследовались с использованием высокоэффективного быстродействующего ионного источника для разделения изотопов редкоземельных элементов. При распаде ${}^{135}\text{Pr}$ найдены 12 новых уровней. Главным результатом исследования распада ${}^{134}\text{Pr} / T = 17$ мин/ является открытие нового изомерного состояния ${}^{134}\text{Pr} / T = 12$ мин/. Изучены γ -переходы для распада ${}^{133}\text{Pr} \rightarrow {}^{133}\text{Cl}$ и построена схема распада.

◇ Получил дальнейшее развитие метод определения квантовых характеристик ядерных состояний и характера мультипольности каскадных γ -переходов с помощью изучения $\gamma\gamma$ -угловых корреляций. На автоматизированном спектрометре, созданном на базе $Ge(Li)$ -детектора, исследованы квантовые характеристики ряда уровней в нейтронодефицитных ядрах ^{135}La , ^{139}Pr , ^{141}Pm , ^{147}Eu , ^{151}Gd и ^{155}Gd . В результате, помимо значений спинов уровней, определены также мультипольности переходов в излучаемых каскадах.

◇ Спектры $\gamma\gamma$ -совпадений изотопов $^{148}Tb / T = 66$ мин/, $^{149}Tb / T = 4,1$ часа/, $^{150}Tb / T = 3,5$ часа/ измерены с помощью $Ge(Li)$ -полупроводниковых детекторов. На основе анализа спектров построены схемы распада исследованных изотопов. Для ^{150}Tb обнаружен новый уровень с энергией 1208 кэВ типа O^+ .

Изучены также спектры конверсионных электронов при распаде ^{147}Tb . Определены мультипольности для шести переходов ^{147}Tb в ^{147}Gd .

◇ Продолжались разработки быстрых методов радиохимического выделения изотопов ряда элементов в форме, пригодной для разделения их на масс-сепараторах. Созданы быстрые газохроматографические методы выделения радиоактивных изотопов рения, молибдена, ниобия, иридия и редкоземельных элементов, с использованием которых проводились систематические выделения изотопов для исследований по программе ЯСНАПП. Продолжались поставки препаратов, полученных в результате облучения мишеней на синхроциклотроне Лаборатории ядерных проблем, в институты стран-участниц. Начаты поставки разделенных изотопов.

Теоретические исследования

◇ Проблема существования тяжелых лептонов изучена с точки зрения возможных следствий этой гипотезы для нейтрин-

ной астрономии. В частности, показано, что если предположить наличие только двух известных типов нейтрино, то в рамках гипотезы о несохраняющемся лептонном заряде в результате осцилляций $\nu_e \leftrightarrow \nu_\mu$ средний поток солнечных нейтрино, которые могут быть зарегистрированы на достаточно большом расстоянии от Солнца, будет в два раза меньше потока детектируемых нейтрино при условии сохранения лептонного заряда.

◇ Рассмотрена теория нуклонного комптон-эффекта при нарушении P -и T -инвариантности. В этом случае нуклон может иметь электрический дипольный момент, который проявится в P и T нечетных структурах в амплитуде комптон-эффекта. Доказана низкоэнергетическая теорема с учетом P - и T -нарушения. С использованием доказанных аналитических свойств для амплитуды в e^2 -приближении, низкоэнергетической теоремы и поведения P и T нечетной амплитуды при больших энергиях выведено правило сумм.

◇ В связи с экспериментами в Ереване в лаборатории проведена статистическая обработка всего мирового массива экспериментальных данных о ep -рассеянии. Предложено статистически удовлетворительное описание электромагнитных форм-факторов протона. Показано существование отклонений от масштабного закона. После включения в общий массив данных о ep -рассеянии сведений, полученных ранее при исследовании упругого рассеяния мюонов протонами, оказалось, что имеется хорошее согласие данных о рассеянии протонами мюонов и электронов. Это усилило заключение о мюон-электронной симметрии.

◇ Теоретически исследован процесс радиационного захвата пионов протонами с образованием двух гамма-квантов. Показано, что при детальном изучении спектра нейтронов в конечном состоянии удастся получить данные о знаке амплитуды распада пиона на два фотона. Оценка полной

вероятности процесса совпадает с более ранней оценкой, сделанной А.М.Балдиным.

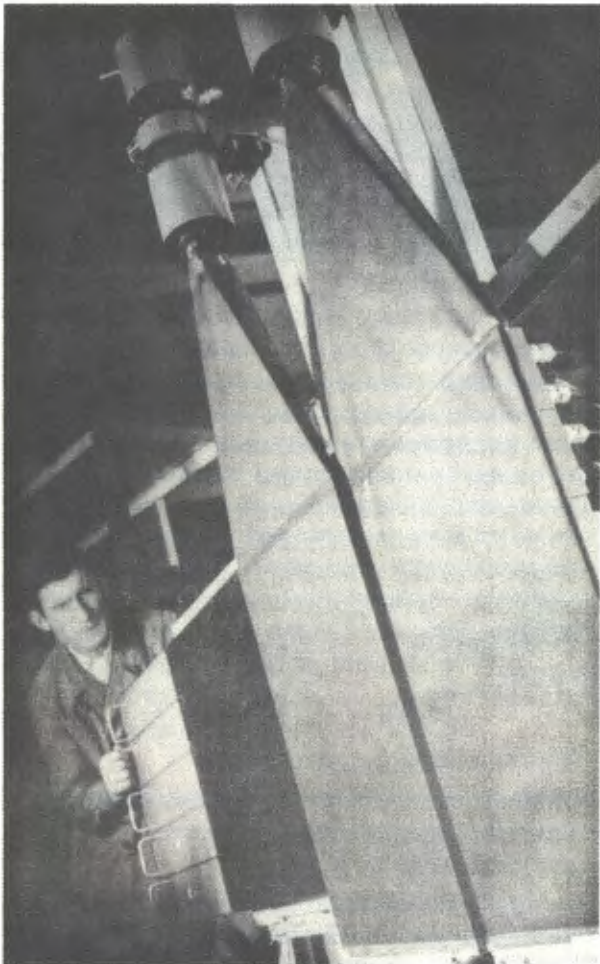
◇ В рамках строгой теории многократного рассеяния рассмотрены поправки к ее упрощенному варианту, обычно используемому при высоких энергиях. Изучалось влияние неустойчивости образующихся ре-

зонансов на обычные методы извлечения сведений о сечениях из взаимодействий с нуклонами. Построена теория процессов вида двойной перезарядки пионов при высоких энергиях /более 2-3 Гэв/. Получены строгие и замкнутые формулы для сечений когерентного и некогерентного рождения частиц.

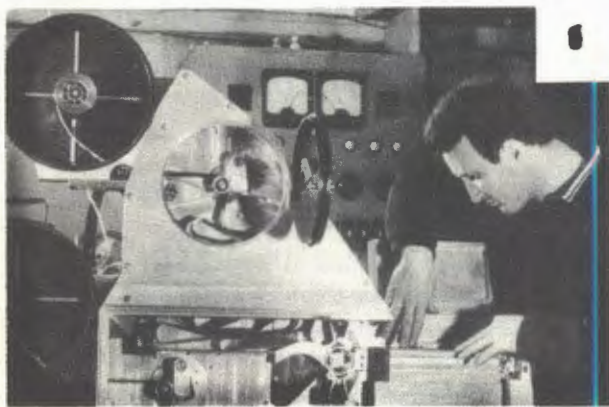
Крупные экспериментальные установки. Новые методы исследования. Электроника

◇ Установка для поиска монополя Дирака введена в действие на внутреннем пучке протонов 70 Гэв ускорителя ИФВЭ, и проведены первые сеансы измерений. Предварительные данные о верхней границе сечения рождения протонами быстрых ($\beta > 0,7$) монополей с большими магнитными зарядами /от 30 до 68,5 е/ и массами до $5M_p$, свидетельствуют о том, что если такие монополи и рождаются в условиях данного эксперимента, то сечение их образования $\sigma < 5 \cdot 10^{-38} \text{ см}^2$.

◇ Для пятиметрового искрового спектрометра /установка МИС/ закончено изготовление 1000-тонного магнита. Начат монтаж магнита в ИФВЭ на пучке отрицательных частиц с импульсом 25-40 Гэв/с. Создан большой комплекс аппаратуры спектрометра: завершено изготовление всех 50 модулей искровых камер с размерами $1,2 \cdot 1,5 \text{ м}^2$, а также системы высоковольтного питания и системы непрерывной очистки и контроля газа в модулях; изготовлен



34. Нейтронный спектрометр недостающих масс для исследования процесса $\pi N \rightarrow \pi\pi N$ вблизи порога обеспечивает точность измерений координаты $\pm 1,5 \text{ см}$ и времени пролета $\pm 0,4 \text{ нсек}$.



опытный экземпляр быстродействующего фоторегистратора; создан прибор для измерения профиля пучка частиц.

◇ Продолжались исследования в связи с разработкой релятивистского спектрометра со стримерной камерой и водородной мишенью в магнитном поле /РИСК/. Выполнено моделирование стримерной камеры: проведены электрические испытания, введены в действие высоковольтные выпрямители, сделана схема запуска генератора высоковольтных импульсов, изго-

35. Для проведения экспериментов на протонном синхротроне ИФВЭ в Объединенном институте создается пятиметровый искровой спектрометр: а/сделаны все 50 модулей искровых камер и системы очистки газа; б/создан опытный экземпляр быстродействующего фоторегистратора; в/в Центральном экспериментальном мастерских ОИЯИ ведется изготовление оптиконесущей фермы.

товлена схема запуска формирователя импульсов, выполнены расчеты оптической системы модели и т.д.

◇ В лаборатории запущена ЭВМ "Хьюлетт-Паккард" /в основном комплекте/. В связи с этим создана система связи оборудования измерительного центра Лаборатории ядерных проблем с ЭВМ, разработаны соответствующие программы связи.

Вступила в строй также ЭВМ "Минск-22", перебазирующаяся в новое помещение.

Налажена связь ее с центром накопления и обработки информации. В настоящее время "Минск-22" широко используется в физических экспериментах, проводимых в лаборатории.

◇ Введены новые автоматические режимы работы центра накопления и обработки информации, позволяющие, в частности, осуществлять непрерывное наблюдение регистрируемых спектров во время эксперимента.

◇ Налажена система вывода информации с полуавтоматического устройства для обмера снимков с искровых камер в накопительное устройство и с него на ЭВМ "Минск-22".

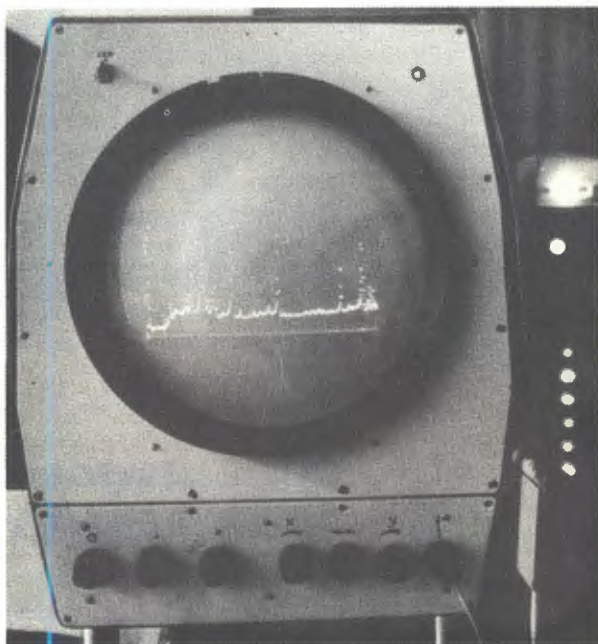
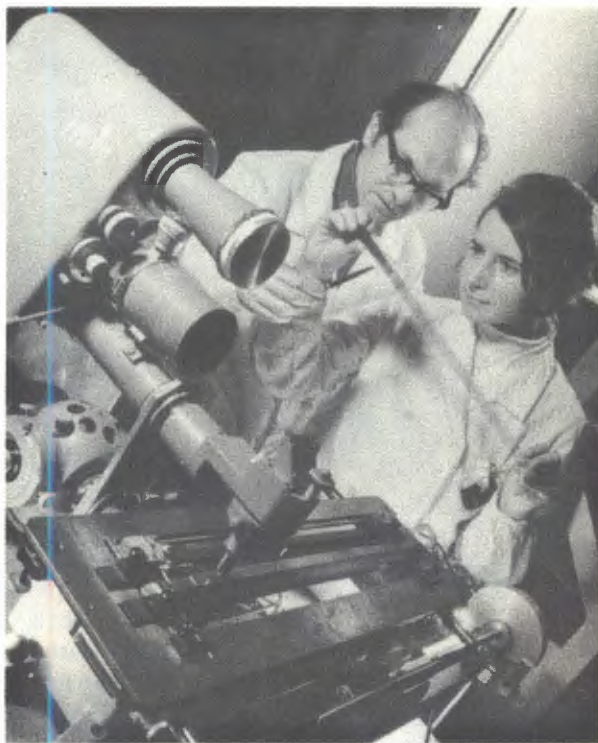
◇ Закончены комплексные испытания системы из 20 проволочных камер со съемом информации на ферритовых сердечниках. Разработана новая система считывания для искровых камер с ферритовыми сердечниками на интегральных схемах, рассчитанная на 32000 проволочек.

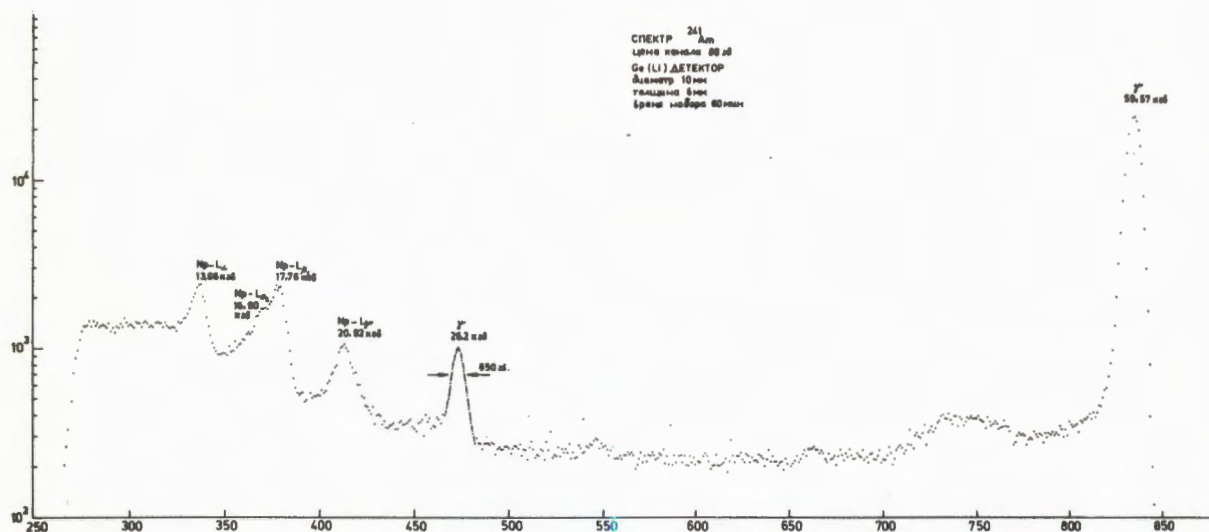
◇ Налажены и переданы экспериментаторам 400 блоков наносекундной электроники. Закончена разработка и внедрение 7 новых типов блоков. Всего за 2 года налажено более 1000 блоков наносекундной электроники, которые используются во многих экспериментах, проводимых на синхротроне и ускорителе ИФВЭ.

◇ Введен в действие рентгеновский спектрометр с разрешением 530 эв.

◇ Сдан в эксплуатацию автоматический микрофотометр, работающий на линии

36. Автоматический микрофотометр создан для обработки бета-спектрограмм с магнитных спектрографов. Фотометрическая информация с прибора записывается непосредственно в память ЭВМ "Минск-2" для последующей обработки. Использование прибора позволило в 100 раз повысить производительность труда по сравнению с ручным фотометрированием.





с ЭВМ "Минск-2", для обработки бета-спектрограмм. Этот прибор позволил полностью отказаться от ручного фотометрирования, при этом производительность труда возросла не менее чем в сто раз. Обработано 60 пластинок с магнитных бета-спектрографов.

◇ *Налажено изготовление германий-литиевых детекторов* разных типов и объемов /до 40 см³/ и кремниевых поверхностно-барьерных детекторов. Изготовлено и передано в лаборатории ОИЯИ более 100 таких детекторов. Сделанные в лаборатории германий-литиевые детекторы не уступают по своим параметрам лучшим существующим образцам. На основе этих детекторов создан и широко эксплуатируется гамма-спектрометр с энергетическим разрешением 0,6 кэВ.

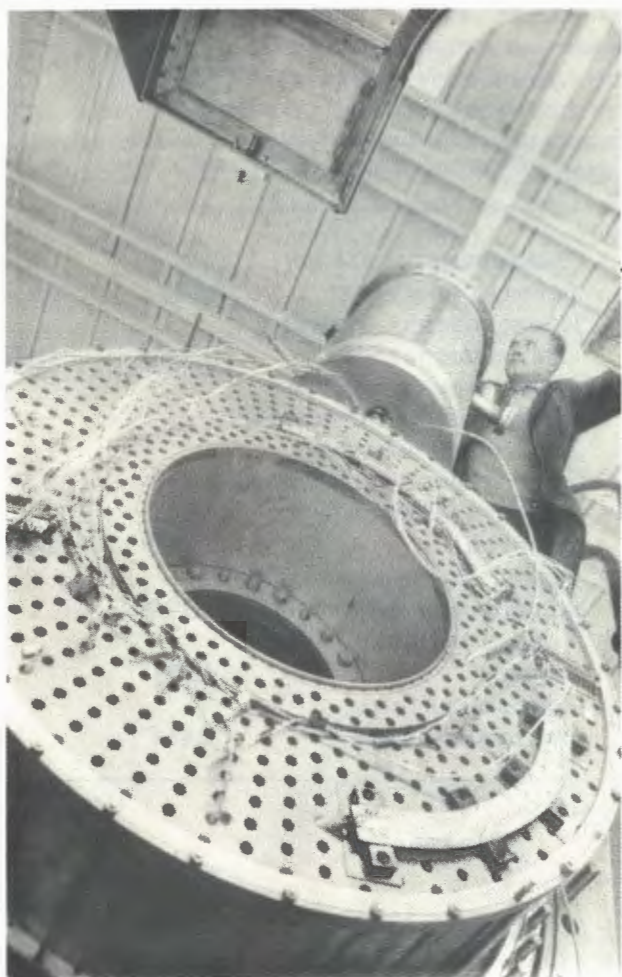
Разработки в области ускорителей

◇ *В связи с реконструкцией синхротрона* в сильноточный фазотрон выполнен большой комплекс работ: подготовлены ра-

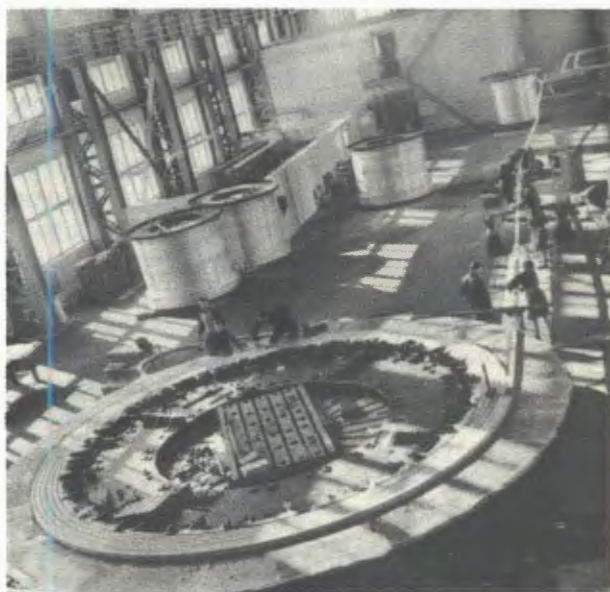
37. Спектр гамма-излучения ²⁴¹Am, полученный с помощью гамма-спектрометра с энергетическим разрешением 0,6 кэВ.

38. Соленоид из сверхпроводника для проведения физических исследований связанных с использованием сильных магнитных полей.

бочие чертежи промежуточной камеры; завершены исследования высокочастотной системы ускорителя и ферромагнитного канала; сделаны расчеты заброса частиц в канал /коэффициент вывода составляет 10-15%/; выполнен цикл расчетов электростатического дефлектора; разработан проект токового канала с септумом 6 мм;



осуществлены теоретические и экспериментальные исследования железо-токового магнитного канала при сниженной мощности питания; изучено влияние первой гармоники на смещение пучка в зоне предельных радиусов; закончены расчеты по определению величины предельного тока в центральной области ускорителя; составлена схема управления ускорителем для режимов работы со скважностью $2+100$ и одноимпульсного режима и др.



39. Реконструкция синхроциклотрона. Намотка катушек электромагнита для 700 Мэв сильноточного фазотрона. Работы ведутся в здании, которое специально построено для монтажных работ, связанных с сооружением фазотрона.

◇ Для установки У-120М осуществлено моделирование магнитного поля в масштабе 1:1; закончено моделирование высокочастотной системы, изготовлены предварительные каскады задающего генератора; разработана и сделана электроника автоматизированного стенда для магнитных измерений, выполнены исследования элементов и блоков стабилизированных транзисторных источников тока для системы питания корректирующих обмоток, создана и отлажена программа для системы автоматического регулирования магнитного поля по информации о фазе пролета пучка; завершен расчет устойчивости движения частиц в центральной области ускорителя, закончен комплекс расчетов по ионной оптике и формированию пучка в центральной зоне; разработана система питания и выполнены ее основные элементы; подготовлены компоновочные чертежи ускорителя. В этой работе принимают участие ученые из институтов СССР, ПНР, ГДР, ЧССР.

◇ В исследованиях на электронной модели сильноточного протонного ускорителя достигнуты значительные успехи. Ток машины доведен почти до 2 ма /эквивалент по протонам 1 ампер/. Это позволило получить очень высокие плотности заряда в пучке и впервые с большой точностью выполнить важные и тонкие эксперименты по измерению смещения частоты параметрического резонанса, обусловленного действием пространственного заряда. Сделана аппаратура и проведены исследования по определению фазы пучка с помощью пикап-электродов. Составлена программа коррекции магнитного поля с учетом фазовых измерений. Экспериментально достигнуто значительное уменьшение дрейфа фазы с помощью этой программы. Полученные результаты показывают, что возможна коррекция фазы пучка в процессе ускорения с точностью $\pm 5^\circ$.

Эксплуатация синхроциклотрона

Вид работы	Время в часах %	
1. Экспериментальные работы по физике	5835	91
2. Исследования отдела синхроциклотрона	50	0,75
3. Подготовка к работе физической аппаратуры и технологическая подготовка ускорителя, эксплуатационные простои	503	7,5
	50	0,75
4. Ремонтные и монтажно-наладочные работы	2090	
5. Работа мезонного тракта	2621	
6. Работа системы растяжки пучка	2354	

Усовершенствование синхроциклотрона

◇ Выполнены расчеты по определению оптимального варианта регенератора и фокусирующего устройства для системы вывода протонного пучка. Во время ревизии синхроциклотрона установлено новое фокусирующее устройство. Дополнительная регулировка магнитного канала позволила увеличить коэффициент вывода на 20%. В настоящее время интенсивность выведенного пучка синхроциклотрона составляет $1,1 \cdot 10^{12}$ протонов/сек.

◇ Достигнута хорошая эксплуатационная надежность системы растяжки пучка

в режиме пилообразного тока, обеспечивающая длительность импульсов мезонного пучка до 70% от цикла ускорения. Исследуются варианты схемы тиристорного генератора с целью увеличения амплитуды импульса тока и уменьшения потерь пучка при растяжке. Разрабатывается система растяжки пучка с использованием С-электрода. Изготовлены задающий генератор, модулятор и блок управления. Выполнен макет С-электрода и проведены предварительные измерения.

◇ Проведены исследования динамики формирования пучка частиц в центральной области ускорителей. С этой целью осуществлено моделирование поля дополнительного дуанта. Произведены расчеты электрических вертикальных сил и их сравнение с магнитными фокусирующими силами применительно к циклотрону и синхроциклотрону. Проанализирована возможность накопления кольцевого пучка на радиусе 30 см с последующим захватом и ускорением до предельного радиуса.

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ

В 1971 году в Лаборатории ядерных реакций была разработана и в короткий срок /около четырех месяцев/ создана тандемная установка из циклотронов У-300 и У-200, предназначенная для ускорения ионов ксенона / $Z = 54$ / и проведения работ по синтезу сверхтяжелых элементов. Впервые получены пучки ускоренных ионов ксенона с энергией 700±900 Мэв и интенсивностью $3 \cdot 10^{10} + 5 \cdot 10^9$ частиц/сек.

Научно-исследовательская деятельность лаборатории развивалась в следующих основных направлениях:

- изучение взаимодействия ионов Хе с ядрами, синтез новых элементов;
- синтез трансураниевых элементов и исследование свойств их радиоактивного распада;
- поиск изотопов сверхтяжелых элементов в природных минералах;
- синтез нейтроноизбыточных изотопов легких элементов;
- исследование протонно-радиоактивных ядер;
- изучение спонтанно делящихся изомеров;
- изучение механизма взаимодействия тяжелых ионов с ядрами;
- ядерная спектроскопия в реакциях с тяжелыми ионами.

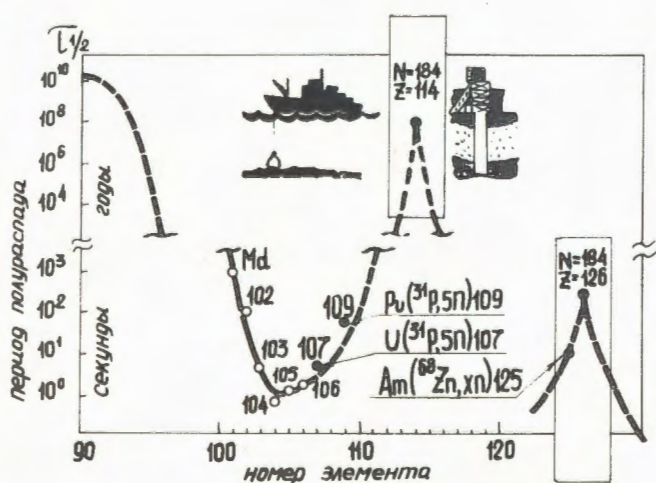
Научно- исследовательские работы

В последние годы широко обсуждалась проблема существования острова стабильности сверхтяжелых элементов с $Z \sim$

110±114 и $Z \sim 126$, $N \sim 184$. Результаты многочисленных расчетов времен жизни относительно спонтанного деления и α -распада, проведенные в ЛЯРе и лаборато-

риях ряда стран, указывают на определенную стабильность сверхтяжелых ядер. Вместе с тем из-за неоднозначности моделей и приближенности расчетов значения абсолютных времен жизни для наиболее стабильных ядер в этой области колеблются в различных работах от 10^{-3} до 10^{14} лет относительно спонтанного деления и от года до 10^8 лет относительно α -распада. В настоящее время наметились два экспериментальных подхода к проблеме сверхтяжелых элементов: синтез в ядерных реакциях с тяжелыми ионами и поиск наиболее долгоживущих элементов в природных материалах и космических лучах.

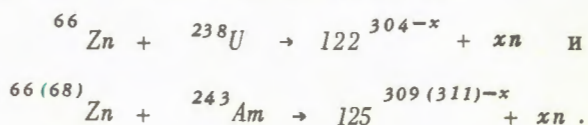
Экспериментальное достижение области сверхтяжелых элементов в реакциях с тяжелыми ионами является одним из самых надежных, но чрезвычайно трудных путей. Здесь также можно выделить несколько направлений. Наиболее оптимистические предсказания относятся к возможности синтеза элементов с $Z \sim 126$, $N \sim 184$ в реакциях полного слияния.



40. Современные направления поисков сверхтяжелых элементов.

Возможности синтеза изотопов 125-го элемента и его ближайших соседей в реакциях с цинком

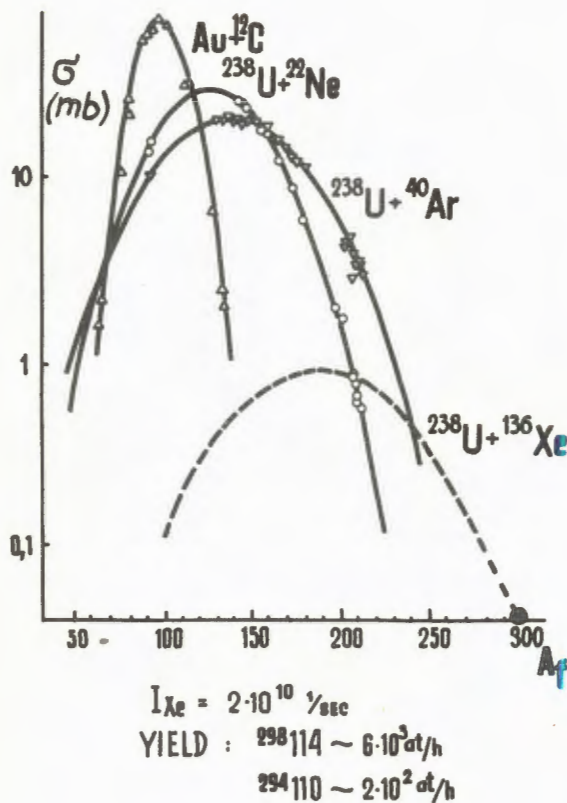
С целью проникновения в область ядер вблизи $Z \sim 126$ были ускорены ионы цинка до энергий ~ 390 Мэв. Интенсивность выведенного пучка составляла $10^9 + 10^{10}$ частиц/сек. Исследовались реакции:



Опыты по поиску сверхтяжелых ядер в этих реакциях проводились в расчете на регистрацию спонтанного деления ядер с периодами полураспада от 10^{-9} сек до нескольких суток. В ряде теоретических работ для синтеза сверхтяжелых ядер в этих экспериментах предсказывались сечения $10^{-26} + 10^{-25}$ см². Однако эффект спонтанного деления не был обнаружен, и в результате опытов удалось лишь оценить верхнюю границу образования спонтанно делящихся изотопов с указанными временами на уровне $\sigma_{sd} \leq 10^{-30}$ см² для реакции с ураном и $\sigma_{sd} \leq 5 \cdot 10^{-32}$ см² для реакции с америцием. Таким образом, оптимистические оценки сечений рождения элементов с $Z \sim 126$, по-видимому, не оправдываются. Подобные же эксперименты проводятся в Орсе /Франция/, где для этой цели ускоряют ионы криптона.

Взаимодействие ионов Хе с ядрами, синтез новых элементов

В 1964 году было предложено использовать деление возбужденных составных ядер, полученных в реакциях с тяжелыми



41. Сечения образования первичных осколков с различными массами в реакциях деления. Пунктиром обозначена расчетная кривая.

ионами, для синтеза изотопов и элементов. Систематическое исследование распределений осколков деления по массе и заряду, а также изучение тройного деления ядер, проведенные в лаборатории, показали, что дисперсия осколков по массе и заряду быстро возрастает при увеличении параметра $\frac{Z^2}{A}$ составного ядра. Поэтому, используя ионы ксенона, можно надеяться получить в качестве осколков деления изотопы элементов с $Z \sim 114$ и

$N \sim 184$, а также тяжелые изотопы трансформированных элементов. Вместе с тем на циклотроне У-300 нельзя осуществить прямое ускорение ионов Kr или Xe до необходимых энергий.

В настоящее время для получения ускоренных пучков ионов ксенона и более тяжелых ионов в мире осуществляется ряд дорогостоящих проектов по реконструкции существующих или созданию новых ускорительных систем. Создание изохронного циклотрона У-200 и существенное улучшение вакуума циклотронов У-300 и У-200 позволили Лаборатории ядерных реакций, не останавливая основных физических исследований, в кратчайший срок осуществить ускорение ионов ксенона с использованием тандемной работы двух циклотронов. В настоящее время получены пучки ускоренных ионов ^{136}Xe ($+27, +30$) с интенсивностями соответственно $3 \cdot 10^{10}$ и $5 \cdot 10^9$ и энергией 700 и 900 МэВ.

Изучался механизм взаимодействия ионов Xe с ядрами Mg, Zn, Tb, Ta, Bi, U. Идентифицированы по γ -активности продукты следующих реакций образования составного ядра: $^{24}\text{Mg}(^{136}\text{Xe}; 3-5n)^{157, 159}\text{Dy}$ и $^{70}\text{Zn}(^{136}\text{Xe}; 4, 5n)^{201, 202}\text{Po}$, а также продукты реакций передачи одного или нескольких нуклонов при взаимодействии ионов Xe с ядрами мишеней ^{24}Mg , ^{70}Zn , ^{159}Tb , ^{181}Ta , ^{209}Bi , ^{238}U . Установлено, что изученные процессы с испарением нейтронов из составного ядра имеют сечения, близкие к сечениям аналогичных реакций с участием более легких ускоренных ионов, таких как ионы ^{40}Ar , ^{22}Ne . Сечение обменных реакций существенно повышается при переходе от более легких бомбардирующих частиц к ионам ксенона.

Интенсивно проводятся опыты по синтезу сверхтяжелых элементов при взаимодействии ионов ксенона с ядрами урана и идентификации их по спонтанному делению. С помощью диэлектрических детекторов в течение 100 суток измерения заре-

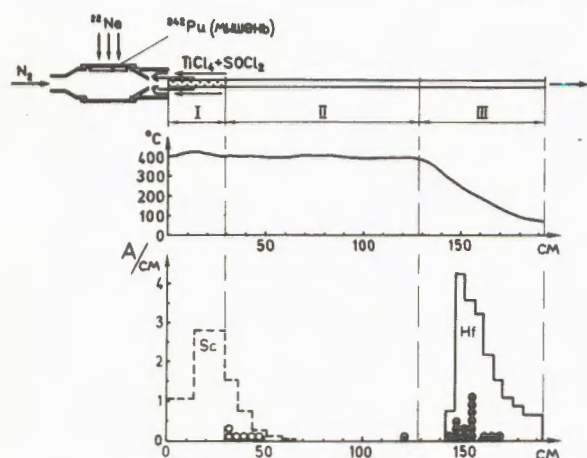


42. Для работ по синтезу сверхтяжелых элементов на пучке ионов ксенона создана установка, с помощью которой регистрируется спонтанное деление продуктов реакции $U + Xe$ в шести химических фракциях, получаемых после облучения мишени. На снимке: замедляющая система для нейтронных счетчиков.

гистрировано несколько случаев спонтанного деления. Однако эффект настолько мал, что не представляется возможным провести идентификацию активности. Можно лишь дать верхнюю границу сечения образования $\sigma \leq 10^{-31} \text{ см}^2$ для долгоживущих спонтанно делящихся излучателей с периодом полураспада ~ 100 дней. Вместе с тем с сечением порядка 10^{-28} см^2 в этой реакции образуются изотопы золота $Z=79$ с массовыми числами 194-199, являющиеся осколками деления составной системы, возникающей при взаимодействии ионов ксенона с ядрами урана.

Синтез и исследование свойств трансфермиевых элементов

◇ В реакции $^{242}\text{Pu}(^{22}\text{Ne}, 5n)$ синтезирован изотоп курчатовия с массовым номером 259. Доля спонтанного деления при распаде этого изотопа составляет около 20%. Измеренный период полураспада ^{259}Ku составляет $\tau_{1/2} = 4,5$ сек, следовательно, период спонтанного деления $\tau_{sf} \geq 25$ сек. Для идентификации ^{259}Ku ядерно-физическими методами была снята энергетическая зависимость выхода реакции $^{242}\text{Pu}(^{22}\text{Ne}, 5n)$ /функция возбуждения/, коллимационным методом измерено угловое распределение атомов отдачи. В химических опытах ^{259}Ku был тщательно выделен методом фронтальной термохроматографии хлоридов. Модельные опыты с тетрахлоридом гафния позволили заранее оценить положение зоны адсорбции хлорида курчатовия. Среднее время, за которое атом гафния попадает на этот участок, $\sim 0,4$ сек. Из рис. 43 видно, что зоны адсорбции молекул хлоридов курчатовия и четыреххлористого гафния полностью совпадают, что подтверждает химическую аналогию этих элементов. В опытах достиг-



43. Схема опытов по фронтальной термочроматографии летучих хлоридов и экспериментальные результаты по выделению курчатовия /черные точки/.

нута химическая очистка ^{259}Ku не только от актиноидных элементов, но и от большинства элементов периодической системы /модельные опыты проводились с 30 элементами, представителями различных групп/.

Исследование физических и химических свойств изотопа ^{259}Ku / $\tau_{1/2} \sim 4,5$ сек/ показало, что, начиная с 1966 года, в химических работах регистрировалось также излучение изотопа с массой 259. Это позволило объяснить кажущуюся несогласованность значения периода полураспада

Ku , определенного в 1966 году в химических работах / $\tau_{1/2} \geq 1$ сек/, со значением этой величины для ^{260}Ku / $T_{1/2} = 0,1$ сек/, найденной в физических экспериментах.

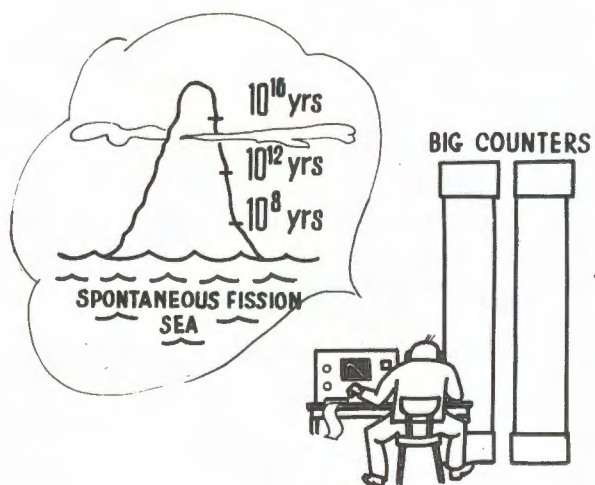
◆ Разработаны источники для получения многозарядных ионов из твердых материалов. В результате существенного улучшения вакуума У-300 удалось получить интенсивные пучки ускоренных ионов фосфора с энергией ~ 200 Мэв и кремния с энергией ~ 220 Мэв. Предприняты попытки синтеза изотопа $^{262}_{107}\text{Lu}$ в реакциях полного слияния ядер $^{235}_{92}\text{U} + ^{31}_{15}\text{P}$ и идентификации его по спонтанному делению. Подготовлены эксперименты по синтезу $^{261(263)}_{106}\text{Lu}$ в реакции $^{238}_{92}\text{U} + ^{28(30)}_{14}\text{Si}, 5n) ^{261(263)}_{106}\text{Lu}$.

Проведены модельные опыты по химическому выделению и идентификации элементов 106 и 107. Показано, что фронтальная газовая хроматография позволяет тщательно /за времена ≤ 1 сек/ отделять летучие хлороокиси вольфрама и рения от тантала, гафния и многих других элементов.

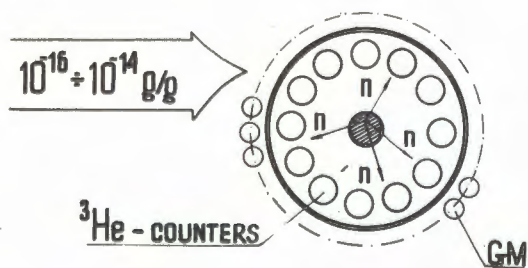
Поиск изотопов сверхтяжелых элементов в природных минералах

• Продолжались эксперименты по поиску сверхтяжелых элементов в природе.

◆ Нейтронный детектор, основанный на принципе замедления нейтронов в парафине и регистрации тепловых нейтронов с помощью пропорциональных счетчиков с ^3He и обладающий эффективностью около 30%, был смонтирован в соляной шахте на глубине 1100 м водного эквивалента. Проводилось измерение среднего числа нейтронов на акт спонтанного деления для образцов галенита, свинцовых стекол, конкреций и 150 проб из переработанных полиметаллических руд.



$$10^{-14} \div 10^{-12} \text{ g/g}$$



44. Различные методы, используемые в Лаборатории ядерных реакций для поисков в природе долгоживущих спонтанно делящихся изотопов.

♦ Методом больших пропорциональных счетчиков проводились поиски природного спонтанно делящегося излучателя в различных минералах. За счет улучшения защиты установки от космического излучения удалось снизить фон установки в 10 раз. В этих условиях были повторены опыты с галенитом.

♦ Разработана методика регистрации редких актов спонтанного деления в больших массах вещества с чувствительностью $\tau_{sf} \sim 10^{22}$ лет для "кажущегося" периода спонтанного деления образца. Она основана на наблюдении совпадений следов осколков в двух органических пленках. При этом применяется автоматический просмотр с использованием искрового высоковольтного пробоя. Установка обеспечивает высокую скорость просмотра.

♦ При попытках предварительного химического концентрирования предполагаемых сверхтяжелых элементов из образцов пород и руд большой массы возникли трудности из-за высокого содержания в них двуокиси кремния. В связи с этим продолжалось выполнение программы поисков возможных объектов концентрации сверхтяжелых элементов, свободных от присутствия многих "балластных" компонент. Такими объектами являются подземные природные воды, которые в ряде случаев содержат химические аналоги предполагаемых сверхтяжелых элементов /свинец, ртуть, таллий и др./. Были организованы специальные дальние экспедиции. Для извлечения тяжелых элементов местные подземные воды /в количестве 5 тысяч кубометров/ были пропущены через колонки с анионообменной смолой /около 1 тонны ионита/. Для изучения состава осадков некоторых пресных арктических озер была организована экспедиция на остров Хейса. Полученные в экспедициях материалы всесторонне анализируются.





45. В связи с поисками сверхтяжелых элементов в природных минералах ведутся исследования возможных объектов концентрации этих элементов. Были организованы экспедиции на полуостров Челекен /Каспийское море/, полуостров Камчатку и на остров Хейса архипелага Земля Франца Иосифа.

а/ В пустыне на полуострове Челекен, в районе глубинного разлома земной коры, местные подземные воды для извлечения тяжелых элементов были пропущены через колонки с анионообменной смолой. В Дубне ведутся работы по десорбции металлов из смолы.

б/ Для изучения состава осадков пресных арктических озер была организована экспедиция на остров Хейса. С помощью высокопроизводительных насосов велась добыча грунта со дна озера Космического.



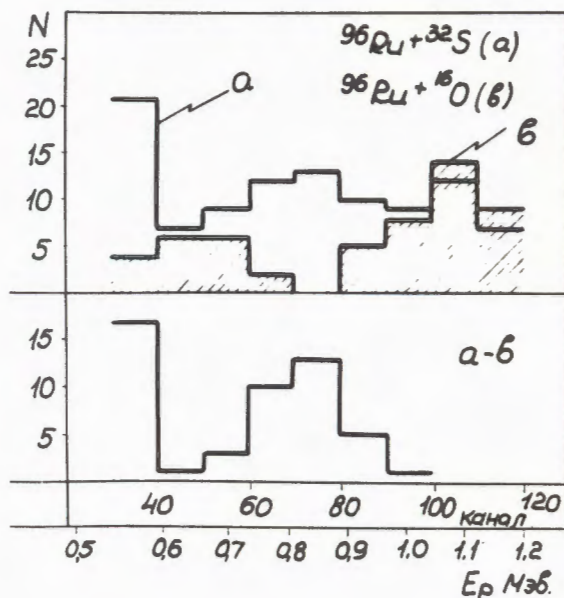
**Протонный
распад
радиоактивных ядер**

Исследования протонного распада радиоактивных ядер велось по двум направлениям: 1/ поиск протонного распада из основного состояния; 2/ изучение эмиссии запаздывающих протонов.

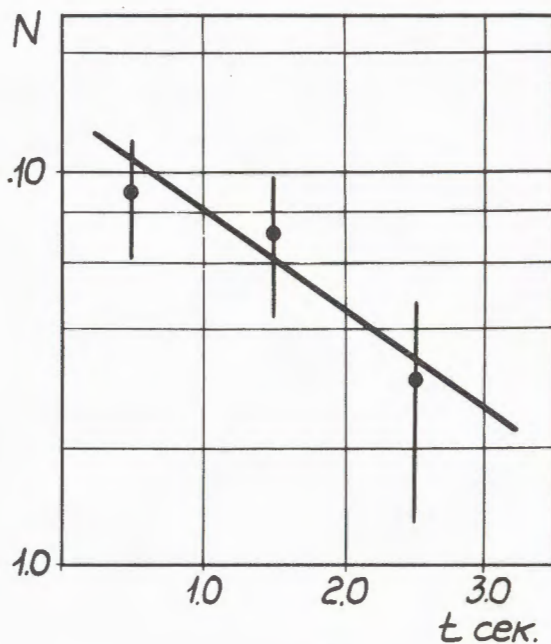
◇ В экспериментах по поиску протонного распада из основного состояния были исследованы продукты реакций, вызываемых ускоренными ионами ^{32}S и ^{35}Cl в ядрах ^{96}Ru , ^{102}Pd , ^{106}Cd , ^{112}Sn . Для этих опытов использовался газонаполненный масс-сепаратор БЭМС с тройным телескопом из коаксиальных пропорциональных счетчиков на выходе. Установлено, что во всех случаях наблюдаются запаздывающие протоны, испускаемые при распаде ранее неизвестных легких изотопов редкоземельных элементов от Nd до Ho . При исследовании продуктов реакции $^{96}\text{Ru} + ^{32}\text{S}$ зарегистрирована протонная активность с энергией $/0,7 \pm 0,8/$ Мэв и периодом полураспада $/0,6 \pm 0,3/$ сек. Выход этой активности в сотни раз меньше выхода для излучателей запаздывающих протонов.

Образование излучателя малоэнергетичных протонов в реакции $^{96}\text{Ru} + ^{32}\text{S}$ было подтверждено в экспериментах, где для отделения слабой активности мягких протонов от α -частиц и запаздывающих протонов был разработан телескоп, состоящий из двух тонких $/3$ мм/ пропорциональных счетчиков $(\Delta E_1, \Delta E_2)$ и полупроводникового спектрометра (E) . Проводился трехмерный анализ $(\Delta E_1, E, t)$ при условии совпадения импульсов во всех трех счетчиках. Была также зарегистрирована группа импульсов с максимумом около $0,8$ Мэв. Временной ход интенсивности этой группы /рис. 47/ соответствует периоду полураспада около 1 сек.

Наиболее вероятным источником протонов малой энергии является распад из ос-



46. Спектр импульсов в области протонов малой энергии для продуктов реакции $^{96}\text{Ru} + ^{32}\text{S}$ (a) и $^{96}\text{Ru} + ^{16}\text{O}$ (b). Фоновый спектр (b) отнормирован на то же число запаздывающих протонов, что и спектр (a).



новного состояния одного из легких изотопов празеодима или лантана. Однако исследование этой активности чрезвычайно затруднено низким выходом ее в реакции и высоким уровнем фона, связанного с бета-излучением и запаздывающими протонами.

◇ Проводилось исследование эмиссии запаздывающих протонов изотопом ^{109}Tc , который получался в реакции $^{96}\text{Ru}(^{16}\text{O}, 3n)$. Измерены спектры запаздывающих протонов, одиночных и совпадающих с позитронами. Получена величина $Q_k - B_p$, равная разности масс начального и конечного ядра в β^+ -р-распаде. Проведен анализ усредненной формы протонного спектра. Этот анализ выявил сильные флюктуации интенсивности относительно сглаженного спектра, что указывает на наличие состояний простой структуры, хорошо заселяемых в β^+ -распаде.

Спонтанно делящиеся изомеры

◇ На циклотроне У-200 при облучении мишеней из изотопов Th , V , Np , Pu и Am α -частицами с энергией $24+36$ Мэв были получены следующие спонтанно делящиеся изомеры:

^{235}Pu ($T_{1/2} = 20$ нсек), ^{237}Pu (80 нсек),

^{240}Pu (5 нсек), ^{241}Cm (15 нсек),

^{243}Cm (60 нсек), ^{242}Bk (50 нсек),

^{243}Bk (7 нсек), ^{244}Bk (100 нсек),

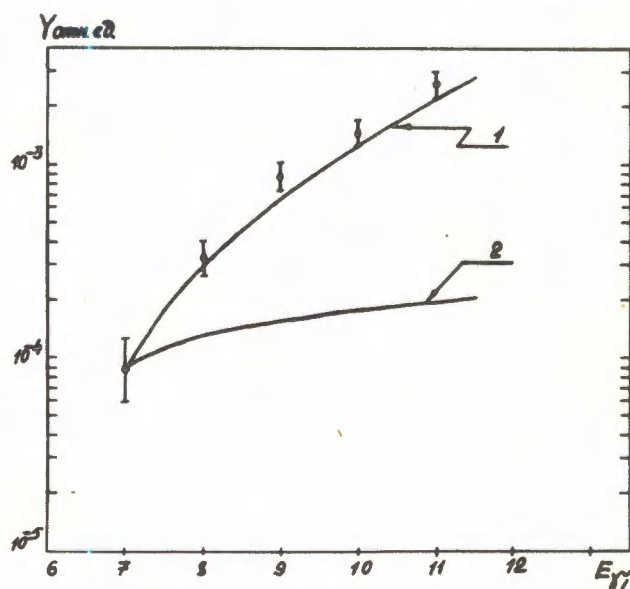
^{245}Bk (2 нсек).

47. Временной ход интенсивности группы протонов с $E = 0,8$ Мэв, появляющихся при облучении мишени из ^{96}Ru ионами ^{32}S .

Использовалась методика времени пролета, детектором осколков служила слюда. Измерены функции возбуждения реакций $(\alpha, 2n)$ и $(\alpha, 3n)$, приводящих к образованию спонтанно делящихся изомеров. Результаты данных экспериментов позволяют судить об области распространения спонтанно делящихся изомеров: эти изомеры отсутствуют в ядрах легче урана и тяжелее берклия.

На циклотроне Института атомной физики /Бухарест/ с использованием той же методики измерены пороги реакций $(\alpha, 2n)$, что позволило определить энергии возбуждения спонтанно делящихся изомеров ^{240}Pu / $2,6 \pm 0,2$ Мэв/, ^{241}Cm / $2,8 \pm 0,2$ Мэв/, ^{243}Bk / $2,5 \pm 0,2$ Мэв/.

◇ На микротроне Института физических проблем АН СССР исследовались реакции (γ, n) и (γ, γ') , приводящие к образованию спонтанно делящегося изомера ^{239m}Pu . Для



48. Функции возбуждения $^{239}\text{Pu}(\gamma\gamma')^{239m}\text{Pu}$. Рассчитанные кривые: 1 - заселение изомерного состояния через уровни в диапазоне энергий 6-10 Мэв, 2 - то же в диапазоне энергий 3-6 Мэв.

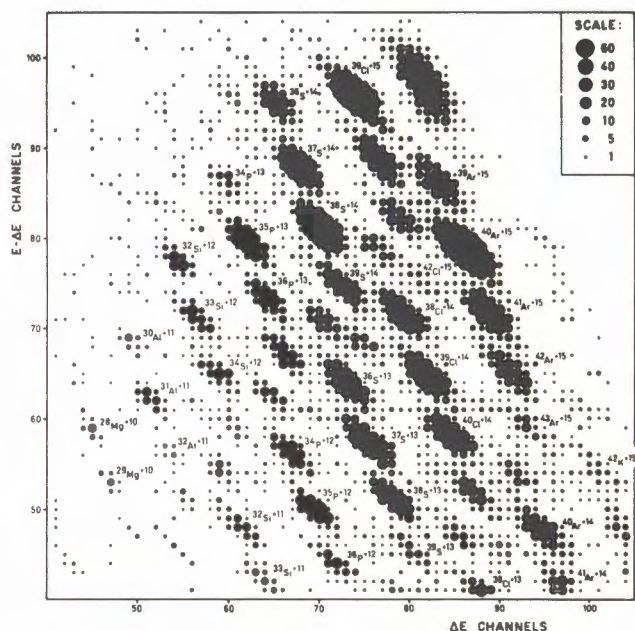
регистрации осколков деления служил искровой счетчик. По измеренной функции возбуждения $^{240}\text{Pu}(\gamma, n)^{239}\text{Pu}$ была определена энергия изомерного состояния ^{239}Pu , равная $3,0 \pm 0,2$ Мэв. Показано, что полученные таким способом значения энергии существенно зависят от применяемых при анализе функции возбуждения параметров, определяющих зависимость плотности уровней от энергии.

Измерена функция возбуждения реакции $^{239}\text{Pu}(\gamma, \gamma')^{239m}\text{Pu}$ /рис. 48/. Форма функции возбуждения позволяет сделать вывод, что заселение изомерного состояния происходит с уровней, расположенных выше барьера деления.

♦ На реакторе Центрального института физических исследований /Будапешт/ проводилось измерение спектра γ -излучения, приводящего к спонтанно делящемуся изомеру ^{236}U , который образовывался при захвате тепловых нейтронов. Осколки деления регистрировались газовым сцинтилляционным счетчиком, а γ -кванты - Ge(Li) -детектором. Выделение γ -квантов, заселяющих изомерное состояние, из всего спектра γ -излучения было основано на том, что вслед за излучением этих γ -квантов происходит деление с периодом полураспада образующегося при этом изомера $^{236}\text{U}/70$ нсек/. Таким способом удалось выделить ряд γ -переходов в диапазоне энергий $0,250 \pm 1,0$ Мэв, которые могут быть связаны с уровнями во второй потенциальной яме.

Нейтронноизбыточные изотопы легких элементов

♦ Продолжались работы по получению новых нейтронноизбыточных изотопов легких элементов в реакциях передачи с тяжелыми ионами. С целью выяснения возможностей использования более тяжелых



49. С целью выяснения возможностей использования тяжелых ионов для синтеза нейтронноизбыточных изотопов легких элементов снимался двумерный $(\Delta E, E - \Delta E)$ -спектр при облучении ^{232}Th ионами ^{40}Ar с энергией 290 Мэв. Детектирующей системой являлся телескоп из тонкого (ΔE) и толстого $(E - \Delta E)$ кремниевых детекторов, находящихся в выходном фокусе магнитного анализатора.

ионов для синтеза нейтронноизбыточных изотопов легких элементов было проведено облучение ^{232}Th ионами ^{40}Ar . Показано существование 17 изотопов: $^{29,30}\text{Mg}$, $^{31,32,33}\text{Al}$, $^{33,34,35,36}\text{Si}$, $^{35,36,37,38}\text{P}$, $^{39,40}\text{S}$, $^{41,42}\text{Cl}$. Сечения их образования оказались равными $0,1 \pm 7$ мб/стерад при угле в лабораторной системе $\theta = 40^\circ$.

♦ При анализе энергетических спектров легких продуктов реакций передач на ^{232}Th установлено, что в заметной доле случаев оба конечных продукта реакции образуются

50. Угловые распределения осколков деления в окрестности кристаллографических осей $\langle 111 \rangle$, направленных под углами 90° и 160° к пучку ионов ^{31}P с энергией 155 Мэв /картина теней/.

с суммарной энергией возбуждения ≤ 1 Мэв. Это позволяет путем детального изучения энергетических спектров, используя кинематику и энергетический баланс реакции, оценивать массы нейтроноизбыточных изотопов.

◇ С помощью электромагнитного масс-сепаратора на пучке тяжелых ионов проводились эксперименты по измерению основных характеристик распада нейтронообогатенных изотопов Ne . Для ^{25}Ne установлена максимальная энергия β -частиц: $E_{\beta\text{max}} = 7,1 \pm 0,3$ Мэв. Период полураспада для ^{25}Ne оказался равным $T_{1/2} = 642 \pm 14$ мсек. Ведутся эксперименты по наблюдению ^{26}Ne , измерению его периода полураспада, спектра β -частиц.

Механизм взаимодействия тяжелых ионов с ядрами

◇ Методом наблюдения "эффекта теней" при использовании монокристаллических мишеней были выполнены измерения времени жизни составных ядер в реакциях деления ^{186}W и ^{181}Ta ионами ^{11}B , ^{12}C ,

51. Зависимость времени жизни составного ядра от Z /правая шкала/ и зависимость скорости изменения времени жизни при увеличении энергии возбуждения составного ядра от Z /левая шкала/.

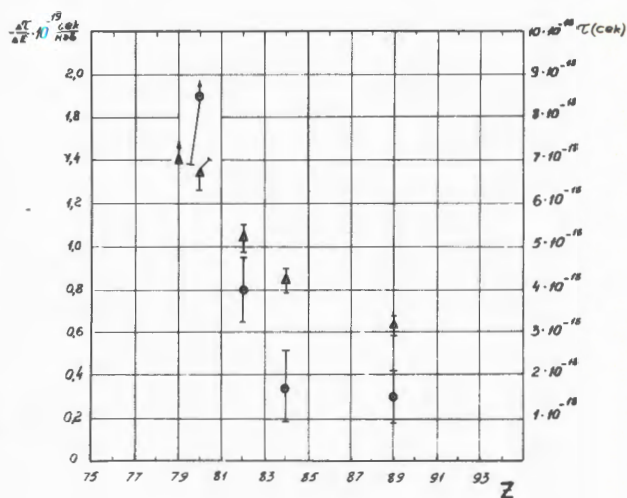
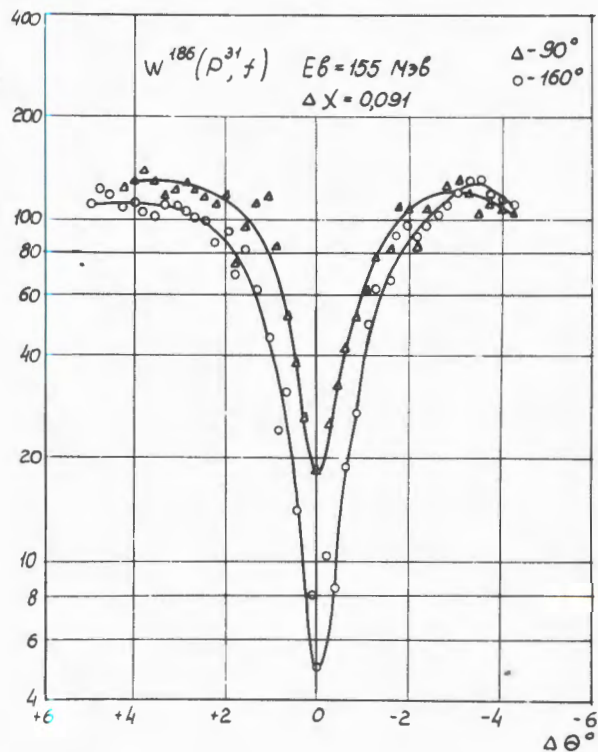


Таблица экспериментальных значений времен жизни составных ядер.

РЕАКЦИЯ	E_{α} МэВ	\bar{E} МэВ	γ $10^8 \frac{сек}{сек}$	ΔX	$\tau_{сек}$	
					$\tau_c=0,4$	$\tau_c=0,2$
$W(C^{12}, f)$	80	62	2,22	$0,082 \pm 0,010$	$6,3 \cdot 10^{-18}$	$3,5 \cdot 10^{-18}$
$W(O^{16}, f)$	97	62	2,69	$0,091 \pm 0,015$	$5,5 \cdot 10^{-18}$	$2,9 \cdot 10^{-18}$
$W(O^{16}, f)$	137	99	3,22	$0,012 \pm 0,015$	$\leq 2,1 \cdot 10^{-18}$	$\leq 1,2 \cdot 10^{-18}$
$W(Ne^{20}, f)$	192	132	4,22	$0,041 \pm 0,008$	$2,4 \cdot 10^{-18}$	$1,4 \cdot 10^{-18}$
$W(Ne^{22}, f)$	116	65	3,35	$0,070 \pm 0,004$	$4,0 \cdot 10^{-18}$	$2,1 \cdot 10^{-18}$
$W(Ne^{22}, f)$	146	91	3,77	$0,051 \pm 0,008$	$3,1 \cdot 10^{-18}$	$1,6 \cdot 10^{-18}$
$W(Ne^{22}, f)$	174	116	4,13	$0,043 \pm 0,003$	$2,5 \cdot 10^{-18}$	$1,5 \cdot 10^{-18}$
$W^{186}(C^{12}, f)$	80	64	2,16	$0,087 \pm 0,015$	$6,7 \cdot 10^{-18}$	$3,7 \cdot 10^{-18}$
$W^{186}(C^{12}, f)$	108	89	2,52	$0,007 \pm 0,015$	$\leq 1,9 \cdot 10^{-18}$	$\leq 1,1 \cdot 10^{-18}$
$W^{186}(B^{11}, f)$	87	80	2,19	$0,096 \pm 0,014$	$6,9 \cdot 10^{-18}$	$3,8 \cdot 10^{-18}$
$W^{186}(O^{16}, f)$	97	67	2,68	$0,083 \pm 0,015$	$5,2 \cdot 10^{-18}$	$2,9 \cdot 10^{-18}$
$W^{186}(O^{16}, f)$	137	103	3,21	$0,015 \pm 0,008$	$2,2 \cdot 10^{-18}$	$1,2 \cdot 10^{-18}$
$W^{186}(Ne^{22}, f)$	116	68	3,34	$0,080 \pm 0,015$	$4,2 \cdot 10^{-18}$	$2,3 \cdot 10^{-18}$
$W^{186}(Ne^{22}, f)$	174	119	3,76	$0,046 \pm 0,015$	$2,7 \cdot 10^{-18}$	$1,5 \cdot 10^{-18}$
$W^{186}(P^{31}, f)$	155	59	4,53	$0,091 \pm 0,008$	$3,3 \cdot 10^{-18}$	$1,8 \cdot 10^{-18}$
$W^{186}(P^{31}, f)$	195	92	4,98	$0,033 \pm 0,009$	$2,0 \cdot 10^{-18}$	$1,1 \cdot 10^{-18}$

^{16}O , ^{22}Ne , ^{31}P . В качестве мишеней применялись монокристаллы вольфрама естественного изотопного состава и разделенного изотопа ^{186}W , а также тантала естественного изотопного состава. На рис. 50 представлена для примера наблюдаемая картина теней для реакции $^{186}W(^{31}P, f)$, а в таблице - набор экспериментальных значений времени жизни, полученных в реакциях с ядрами вольфрама, который лежит в интервале $10^{-17} + 10^{-18}$ сек. На рис. 51 представлена зависимость времени жизни составного ядра от Z и зависимость скорости изменения времени жизни составного ядра при увеличении энергии возбуждения от $Z(\frac{\Delta r}{\Delta E^*})$

◇ Получены новые экспериментальные данные о времени жизни ротационных уровней 8^+ , 6^+ , 4^+ , 2^+ изотопа ^{164}Yb из реакции $^{130}Te(^{40}Ar, 4n)^{164}Yb$:

$$8^+ \rightarrow 6^+ (462 \text{ кэВ}) \quad \tau_{\frac{1}{2}} = (3,6 \pm 1,5) \cdot 10^{-12} \text{ сек,}$$

$$6^+ \rightarrow 4^+ (375 \text{ кэВ}) \quad \tau_{\frac{1}{2}} = (11 \pm 2) \cdot 10^{-12} \text{ сек,}$$

$$4^+ \rightarrow 2^+ (263 \text{ кэВ}) \quad \tau_{\frac{1}{2}} = (41 \pm 8) \cdot 10^{-12} \text{ сек,}$$

$$2^+ \rightarrow 0^+ (123 \text{ кэВ}) \quad \tau_{\frac{1}{2}} = (990 \pm 100) \cdot 10^{-12} \text{ сек.}$$

Опыты проводились с помощью аппаратуры для измерения времен жизни низколежащих возбужденных состояний ядер на пучке тяжелых ионов с использованием доплеровского смещения энергии γ -квантов ядер отдачи, распадающихся на лету. В установке применяется $Ge(Li)$ -детектор с энергетическим разрешением около 1,3 кэВ, позволяющий надежно разрешать смещенный и несмещенный γ -пики.

◇ Измерены функции возбуждения реакций полного слияния с образованием составного ядра:

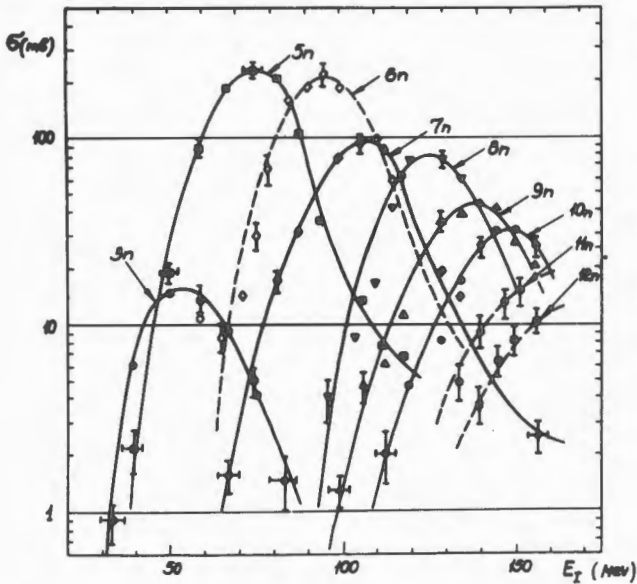
$$^{130}Te(^{12,13}C, xn)^{142,143-x}Ce,$$

$$^{130}Te(^{12,13}C, a xn)^{138,139-x}Ba,$$

$$^{124}Sn(^{16,18}O, xn)^{140,142-x}Ce,$$

$$^{124}Sn(^{16,18}O, a xn)^{136,138-x}Ba$$

при энергиях налетающих ионов вплоть до 16 МэВ/нуклон, что соответствовало испарению от 3 до 12 нейтронов. Показано, что образование составного ядра является одним из основных каналов реакции вплоть до энергии около 15 МэВ/нуклон.



52. Функции возбуждения для реакции с образованием составного ядра $^{130}\text{Te}(^{12}\text{C}, xn)^{142-x}\text{Ce}$.

◇ Проведен теоретический анализ упругого рассеяния ионов Zn и Xe на ядрах урана. Показано, что изменение параметра r_0 в радиусе суммарного канала неупругих реакций $R = r_0 (A_1^{1/3} + A_2^{1/3})$, где A_1 и A_2 - массовые числа налетающего иона и ядра мишени/на $0,05 f$ приводит к практически параллельному смещению углового распределения на величину $\Delta\theta \sim 10^\circ$. Это позволяет из анализа упругого рассеяния определять величину возможной динамической деформации взаимодействующих ядер и соответственно возможное изменение величины кулоновского барьера для слияния очень тяжелых ионов с ядрами.

◇ Выполнен большой объем расчетов по взаимодействию высокоэнергетического излучения с веществом /совместно с Лабораторией теоретической физики/. Составлены программы расчета по методу

Монте-Карло прохождения излучения через вещество, применимые для мишеней практически любой конфигурации и состава. Эти программы использовались для расчета защиты ускорителей и для оценки накопления космогенных изотопов в метеоритах. Сравнение с экспериментальными данными по метеоритам показывает, что на протяжении последнего миллиарда лет интенсивность галактических космических лучей по сравнению с ее современным уровнем изменялась не более чем в $1,2 \pm 0,3$ раза.

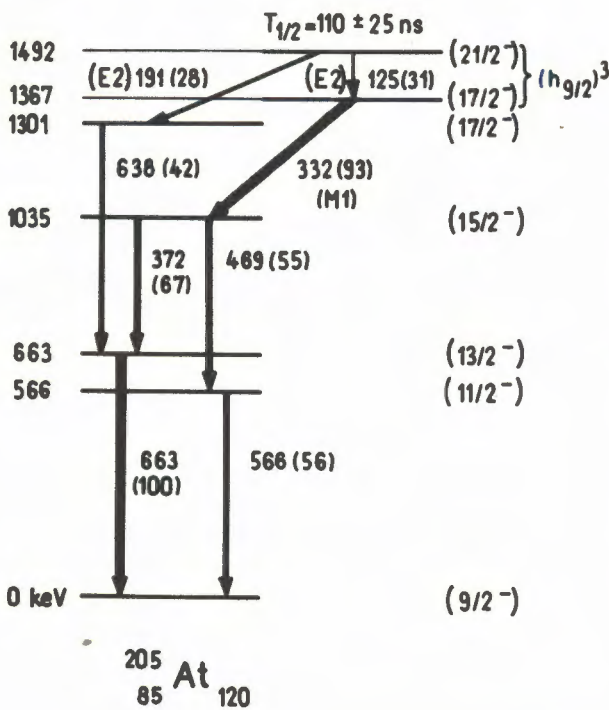
◇ На основе модели внутриядерных каскадов разработана хорошо согласующаяся с известными экспериментальными данными теория неупругих взаимодействий α -частиц с ядрами для энергий от 100-200 МэВ до нескольких десятков ГэВ.

Ядерная спектроскопия в реакциях с тяжелыми ионами

◇ Синтезирован новый изотоп протактиния ^{216}Pa при облучении ядер ^{189}Os и ^{190}Os ионами ^{31}P и ^{197}Au ионами ^{24}Mg . Он обладает периодом полураспада $T_{1/2} = 0,20 \pm 0,04$ сек и сложным α -спектром с пиками $E = 7,72; 7,82$ и $7,92$ МэВ. Сечение ядерной реакции $^{190}\text{Os}(^{31}\text{P}, 5n)^{216}\text{Pa}$ в максимуме составляет 10^{-30} см².

◇ Продолжалось исследование структуры нейтронодефицитных ядер с помощью β -спектрометра и $\text{Ge}(\text{Li}) - \text{Ge}(\text{Li})$ γ -детекторов на пучке тяжелых ионов циклотрона У-300. Были синтезированы изотопы $^{210}, ^{211}, ^{212}\text{Fr}$ и установлены схемы распада изотопов $^{210}, ^{211}, ^{212}\text{Rn}$.

◇ Подготовлена методика измерения мгновенных и запаздывающих γ -спектров при распаде продуктов ядерных реакций (HI, xn) на пучке тяжелых ионов. В ядре ^{202}Po обнаружено двухквантовое состояние типа $P(h_{9/2})^2$ с периодом полу-

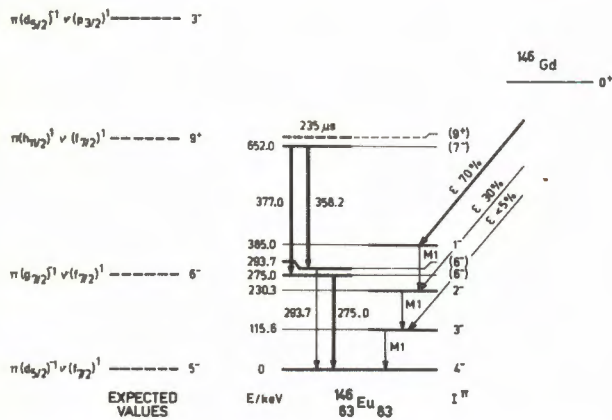


53. Схема распада изомерного состояния в ядре ^{205}At .

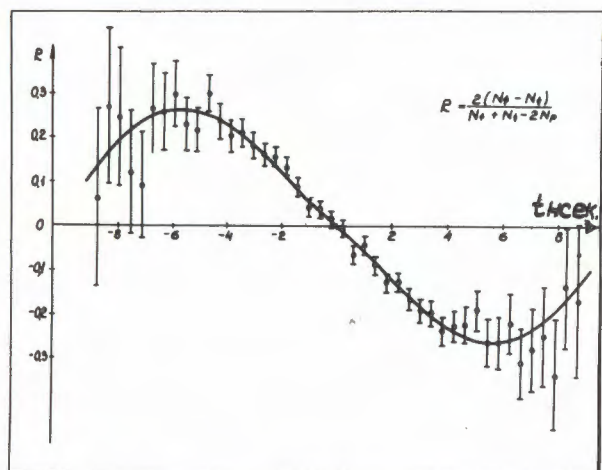
распада $T_{1/2} = 165 \pm 20$ нсек. В реакции $^{197}\text{Au} (^{12}\text{C}, 4n) ^{205}\text{At}$ наблюдались запаздывающие γ -кванты от распада изомерного состояния с $T_{1/2} = 110 \pm 25$ нсек. Это состояние идентифицировано как уровень $21/2^-$, принадлежащий трехквасичастичному мультиплету конфигурации $P(h_{9/2})^3$. В реакции $^{139}\text{La} (^{12}\text{C}, 5n) ^{146}\text{Eu}$ возбуждается изомерное состояние с $T_{1/2} = 235 \pm 3$ мсек, распад которого был изучен. Из сравнения с соседними нечетными ядрами с $Z = 63$ и $N = 83$ были сделаны выводы о характеристиках двухчастичных состояний нечетно-нечетного ядра ^{146}Eu . Полученные результаты указывают на то, что расщепление мультиплета частично-дырочной конфигурации $P(d_{5/2})^{-1} n(f_{7/2})^1$ в основном обусловлено вигнеровской долей остаточного взаимодействия. В реакции $^{110}\text{Pd} (^{11}\text{B}, 4n) ^{117}\text{Sb}$ исследован изомер ^{117}Sb с $T_{1/2} = 2,7 \cdot 10^{-4}$ сек.

◇ Проведены эксперименты по измерению частот ларморовской прецессии магнитного момента возбужденного состояния 184 кэв в ядре ^{67}Zn с $T_{1/2} = 1,02$ нсек во внутренних магнитных полях кристаллических решеток Fe , Co и Ni . В реакции $^{59}\text{Co} (^{12}\text{C}, 4n) ^{67}\text{As} \rightarrow ^{67}\text{Ge} \rightarrow ^{67}\text{Ga}$ ядра отдачи вбивались прямо в ферромагнитные сборники, которые затем использовались в измерениях. Впервые получены соотношения частот ларморовской прецессии $\omega_{\text{Fe}} : \omega_{\text{Co}} : \omega_{\text{Ni}} = 1 : 0,60 \pm 0,06 : 0,13 \pm 0,03$ и определены знак и величины внутренних магнитных полей, действующих на ядра Zn в кристаллических решетках Fe , Co и Ni : $H_{\text{Zn}}(\text{Fe}) = -123 \pm 17$ кэ, $H_{\text{Zn}}(\text{Co}) = -73 \pm 11$ кэ и $H_{\text{Zn}}(\text{Ni}) = -16 \pm 4$ кэв. Эти данные предполагается использовать для измерения магнитных моментов возбужденных состояний ядер.

Методом задержанных γ -совпадений с помощью установок $\text{Ge}(\text{Li}) - \text{Ge}(\text{Li})$ и $\text{Ge}(\text{Li}) - \text{NaI}(\text{Tl})$ впервые получены схемы распада изотопов $^{78,79}\text{Pb}$, ^{81}Sr , ^{83}Y ,



54. Схема уровней ^{146}Eu . Оценки двухчастичных состояний были получены путем интерполяции состояний соседних нечетных ядер.



^{155}Dy , $^{188.159}\text{Tm}$ и ^{159}Er . Измерены времена жизни уровней:

$$43,3 \text{ кэВ } ^{66}\text{Ga} - T_{1/2} = (15,5 + 0,5) \text{ нсек},$$

$$147 \text{ кэВ } ^{79}\text{Kr} - T_{1/2} = (79,1 + 1,5) \text{ нсек},$$

а для ряда других уровней определены верхние границы: в ядре ^{79}Kr 182 кэВ - $T_{1/2} \leq 0,6$ нсек и в ядре ^{155}Tb 250 кэВ - $T_{1/2} \leq 0,3$ нсек, 891 кэВ - $T_{1/2} \leq 0,3$ нсек, 1155 кэВ - $T_{1/2} \leq 0,25$ нсек, 1665 кэВ - $T_{1/2} \leq 0,25$ нсек.

Эксплуатация и усовершенствование ускорителей тяжелых ионов

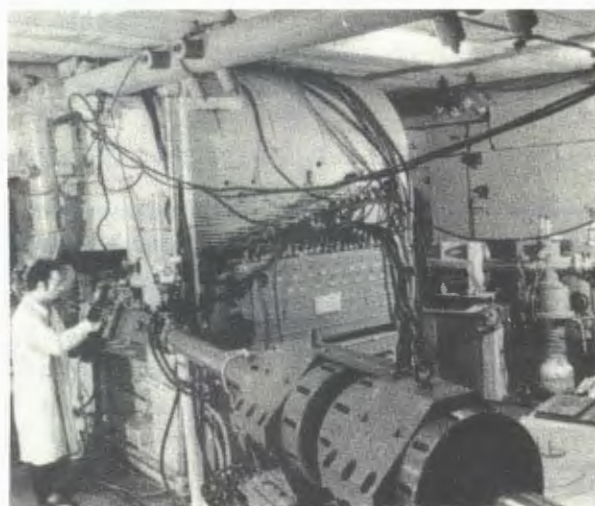
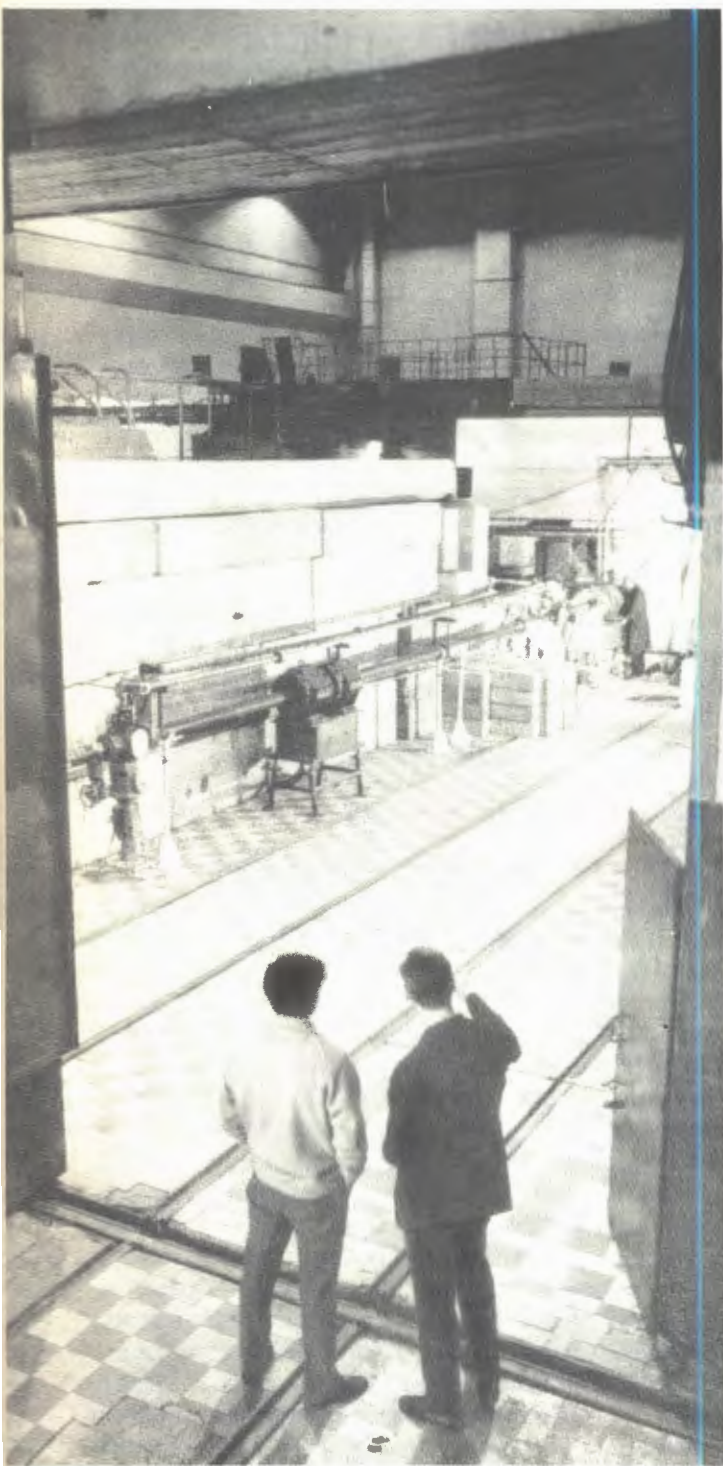
Развитие физических исследований потребовало в последние годы создания источников и ускорения все более тяжелых ионов. Ряд усовершенствований циклотрона У-300, проведенных в последние годы, позволил получить на нем интенсивные /до 10 мка/ пучки ионов $^{31}\text{P}^{+5}$ и $^{28}\text{Si}^{+5}$ с энергией соответственно 200 и 220 Мэв и

55. Зависимость величины R от времени задержки t /нсек/. Сплошная кривая получена методом наименьших квадратов по экспериментальным точкам для $^{68}\text{Zn}(\text{Fe})$, измеренным дифференциальным методом.

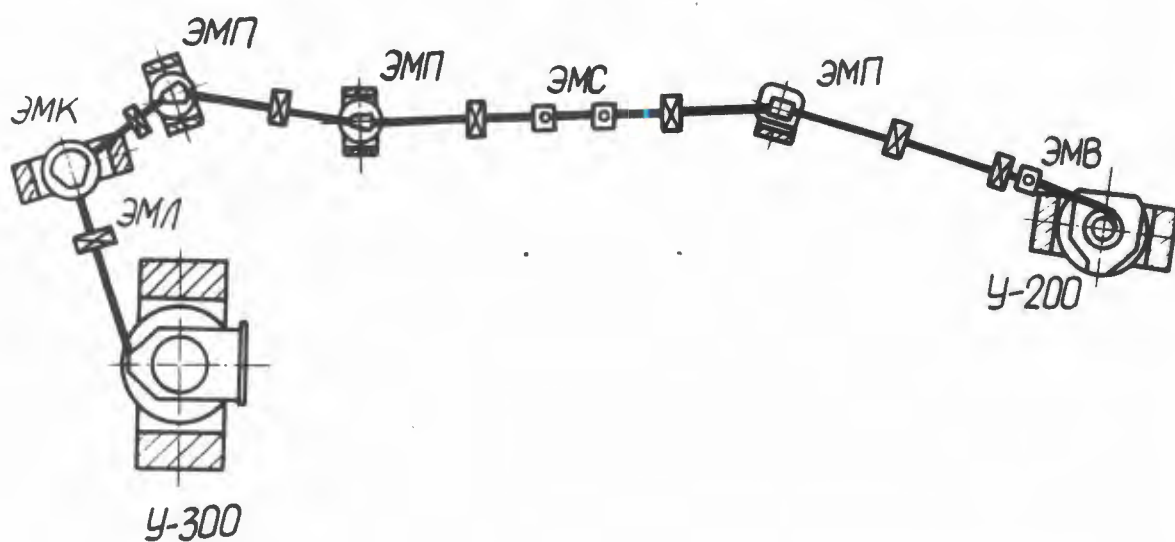
ионы $^{68.68}\text{Zn}$ с энергией около 380 Мэв и интенсивностью порядка 10^9 част/сек. Однако с ростом массы ионов их удельный заряд в существующих дуговых источниках существенно уменьшается. Поэтому на циклотроне У-300 невозможно прямое ускорение ионов криптона, ксенона и более тяжелых до энергий выше кулоновского барьера слияния ядер.

Вместе с тем анализ показал, что, не останавливая основных работ лаборатории, можно осуществить режим тандемной работы двух циклотронов, связанных ионопроводом длиной 70 метров, и ускорение ионов ксенона. В этой системе в качестве инжектора используется циклотрон У-300, обеспечивающий внешний пучок тяжелых ионов с энергией $E = 250 \frac{Z^2}{A}$ Мэв. Ионы $\text{Xe}^{8+ (9+)}$

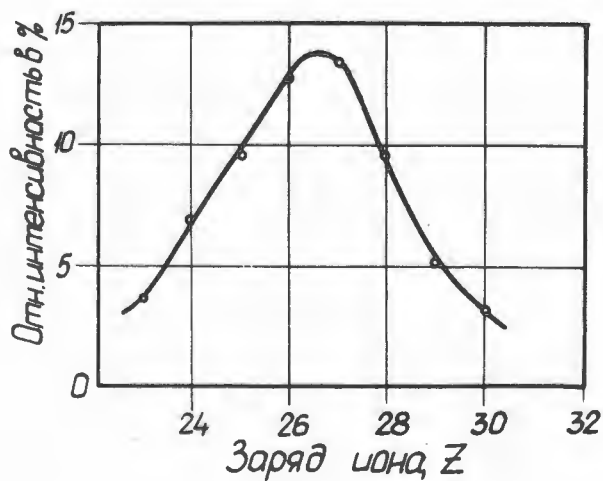
ускоряются на циклотроне У-300 в режиме третьей гармоники ВЧ напряжения до энергий 0,9+1,1 Мэв на нуклон. Выведенный пучок ионов ксенона проходит трассу длиной 70 м и инжектируется в циклотрон У-200, внутри которого помещается графитовая фольга толщиной 50 мкг/см² для перезарядки ионов. Последовательно расположенные пять поворотных электромагнитов задают направление пучка в медианной плоскости. Последний по ходу пучка электромагнит находится непосредственно у входа в камеру циклотрона У-200 и служит для точной юстировки положения пучка на перезарядной мишени. Фокусировка пучка ионов в ионопроводе осуществляется с помощью семи пар квадрупольных магнитных линз. Поскольку циклотроны



56. Осуществлен режим пандемной работы двух циклотронов - У-300 и У-200, связанных 70-метровым ионопроводом, и ускорены ионы ксенона. Получены пучки ионов ксенона с энергией около 700-900 Мэв и интенсивностью до $5 \cdot 10^9$ част/сек.



57. Схема тандемной установки из двух циклотронов - У-300 и У-200 - для ускорения ионов ксенона.



58. Зарядовое распределение ионов Xe^{+8}_{132} ускоренных на циклотроне У-300, после перезарядки на фольге из золота толщиной 380 мкг/см^2 .

У-300 и У-200 при ускорении ионов ксенона работают на одной линии, то для эффективного захвата частиц в ускорение после обдирки требуется синхронизация работы обоих циклотронов по частоте ускоряющего напряжения. Для этого при ускорении Хе должны использоваться следующие комбинации зарядов до и после обдирки:



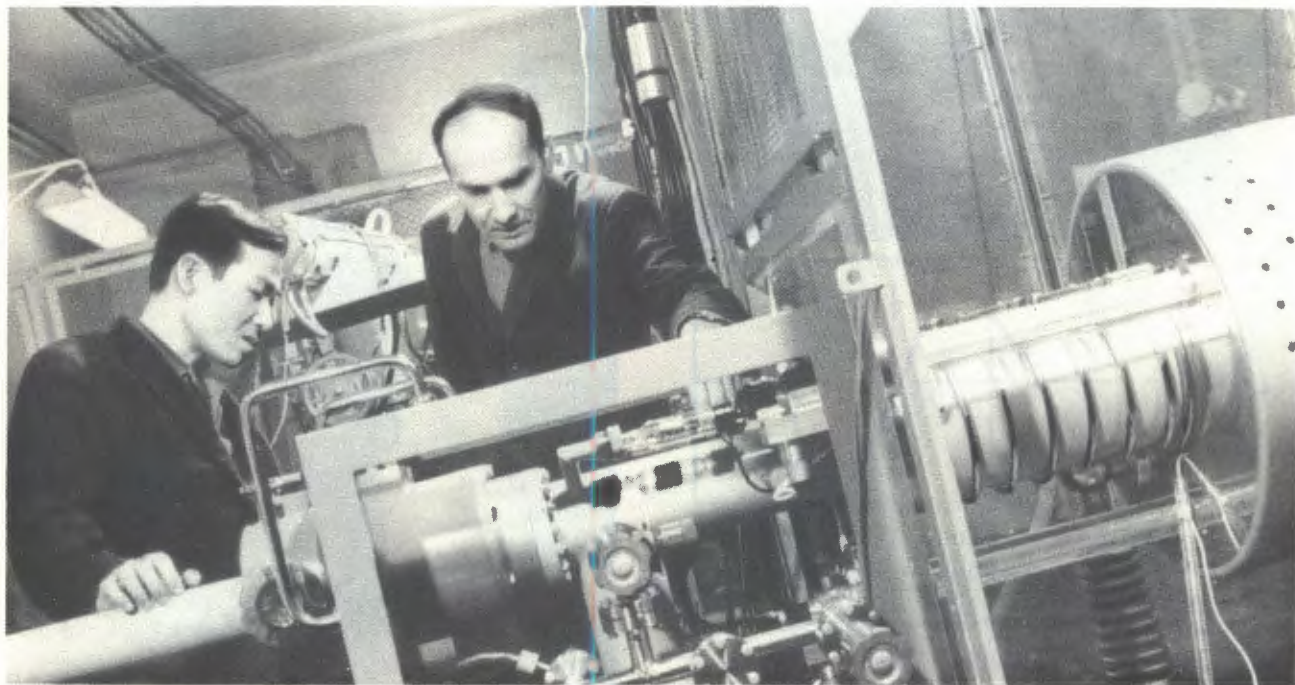
Экспериментально было показано, что после прохождения твердого стриппера максимальный равновесный заряд равен +27. Распределение ионов Хе по заряду после обдирки приведено на рисунке 58.

Все это позволило получить на конечном радиусе ускорения циклотрона У-200 пучки ионов ${}_{136}^{+27}\text{Xe}$ и ${}_{136}^{+30}\text{Xe}$ с энергией 700-900 Мэв и интенсивностью $3 \cdot 10^{10} + 5 \cdot 10^9$ частиц/сек.

Основные экспериментальные работы лаборатории проводились на ускорителе У-300, время работы которого составило примерно 7100 часов, из них 800 часов было затрачено на ускорение ионов Хе в тандемном режиме.

Экспериментальная аппаратура и научно-технические работы

◇ Получена и установлена базовая ЭВМ лаборатории "Минск-32". Разработана аппаратура визуального представления информации /дисплей/. Расширена память ЭВМ ТРА-1001 до 16К, что существенно расширило возможности машины для работы на линии с экспериментальной аппа-



ратурой /амплитудно-временной анализ, МАРС-12, накопление и обработка спектров активационного анализа, измерение параметров ионного источника и др./.

◇ Разработана и изготовлена аппаратура для регистрации амплитуды осколков и среднего числа нейтронов деления тяжелых ядер на пучке ускоренных ионов /АНОД/, работающая на линии с ЭВМ ТРА-1001.

◇ В измерительном центре введен в действие анализатор АИ-4096, разработаны и установлены устройства вывода на цифропечатающий механизм и перфоратор.

◇ Проведено исследование по улучшению энергетического разрешения спектрометрической аппаратуры на основных экспериментальных установках лаборатории, разработана конструкция предусилителя

УЛЗ-61 с шириной линии шума не хуже 1 кэВ. Изготовлена специализированная спектрометрическая установка СОУС для экспериментов на пучке ускоренных ионов.

◇ Начата разработка методов аналитического определения содержания тяжелых элементов с помощью активационного анализа по продуктам фотоядерных реакций и (n, γ)-реакций с использованием $Ge(Li)$ -детектора γ -лучей. Составлен каталог фотоядерных реакций при энергии γ -квантов до 32-35 МэВ для изотопов 70 элементов. Определены эффективные интегральные сечения γ -активации элементов Hg , Tl , Bi и Pb . Выполнено около 400 анализов природных материалов /конкреции, воды Челекена, галениты, вулканические пеплы, почвы и минералы из ДРВ/.

59. Нейтронный генератор, изготовленный в ВНР, в настоящее время установлен в ОИЯИ.

ЛАБОРАТОРИЯ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ

Для деятельности лаборатории в 1971 году характерно не только получение новых результатов, но также и развитие перспективных методов для предстоящих исследований на реакторе ИБР-2.

В результате проведенных работ достигнуто существенное увеличение выхода ультрахолодных нейтронов, обнаружен альфа-распад нейтронных резонансов в новых ядрах, получены новые данные о спинах компаунд-состояний ядер, измерена длина нейтрон-нейтронного рассеяния. Значительное развитие получила мессбауэровская спектрометрия: на службу физическому эксперименту поставлен цинк-67 с рекордно узкой мессбауэровской линией.

В строй действующих введены краковско-дубненский спектрометр обратной геометрии для изучения неупругих взаимодействий и варшавский фононный спектрометр для изучения когерентных взаимодействий, реконструирован спектрометр с механическим селектором Физико-энергетического института /Обнинск/. С помощью этих спектрометров опробованы новые методы исследования. При разработке всех этих спектрометров учитывалась перспектива их дальнейшего использования на реакторе ИБР-2. Строительство импульсного реактора ИБР-2 проходило успешно.

ИБР-30 и инжектор ЛУЭ-30 после модернизации, завершённой в 1970 году, эксплуатировались нормально, обеспечивая проведение физических исследований на пучках нейтронов. Число рабочих часов реактора в режиме с инжектором возросло более чем вдвое.

60. Схема канала ультрахолодных нейтронов на реакторе ИБР-30:

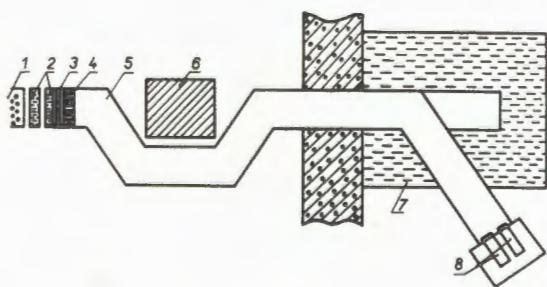
1 - активная зона реактора; 2 - водяные замедлители; 3 - исследуемый конвертор; 4 - дополнительный замедлитель специальной конфигурации; 5 - изогнутая медная труба; 6,7 - защита и ловушка прямого пучка нейтронов; 8 - детекторы ультрахолодных нейтронов.

Работы по созданию и совершенствованию уникальной исследовательской установки ЛНФ - импульсного реактора с инжектором - в 1971 году были удостоены Государственной премии СССР.

Научные исследования

Ультрахолодные нейтроны

♦ На реакторе ИБР-30 создана установка для работ с УХН /рис. 60/. Проведен комплекс исследований, которые были направлены на создание оптимального варианта конвертора, необходимого для извлечения УХН из реактора. Изучалось влияние температуры, материала конвертора и геометрии замедлителя на выход УХН. Эксперименты показали, что полиэтилен дает в 10 раз больший выход УХН, чем применявшийся в первых опытах алюминий. Охлаждение полиэтиленового конвертора до азотной температуры увеличило выход УХН в 4 раза. Близкий к выходу полиэтилена выход дал гидрид циркония, его охлаждение увеличило число выведенных ультрахолодных нейтронов в 2 раза. Относительно невысокая средняя мощность реактора ИБР-30 позволяет работать с полиэтиленом без существенных радиационных повреждений последнего. Однако на мощных реакторах перспективным может оказаться использование гидрида циркония.



61. В Лаборатории нейтронной физики ведутся эксперименты с ультрахолодными нейтронами. На снимке: испытание детекторов для измерения активностей, наведенных ультрахолодными нейтронами в стенках сосудов для их хранения.



Постановка после конвертора специального замедлителя с отверстиями для вывода УХН увеличила их выход еще в 2,5 раза.

♦ На стационарном реакторе Института атомной энергии /Москва/ реконструирован канал УХН и вместо алюминиевого конвертора установлен конвертор с циркулирующей водой. Скорость счета УХН доведена до 100 нейтронов в сек /против 10^{-2} в сек в опытах 1968 года на ИБРе/. Ученые ЛНФ и ИАЭ продолжают эксперименты, направленные на исследование причин уменьшенного /в сравнении с теоретическими оценками/ времени жизни УХН в замкнутых объемах. Начата подготовка узлов установки для измерения электрического дипольного момента нейтрона.

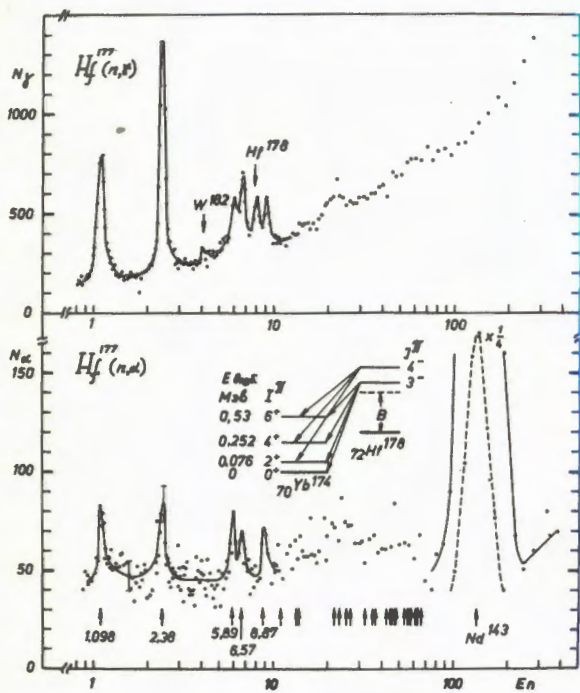
Альфа-распад

резонансных состояний ядер

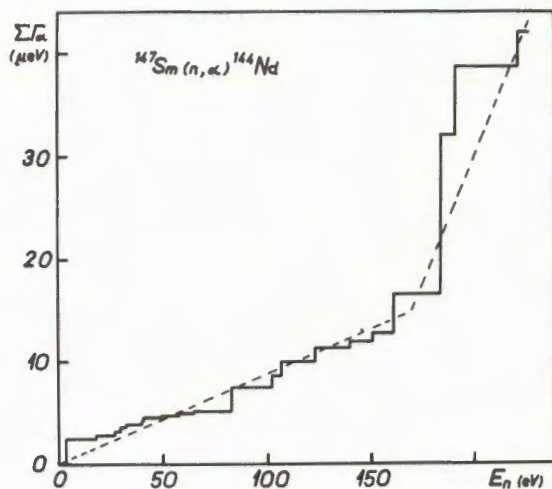
♦ α -распад резонансов цинка-64, цинка-67 и гафния-177 /рис. 62/ обнаружен в опытах по поиску новых ядер, для кото-

рых возможна na -реакция на резонансных нейтронах. Как и для ранее исследованных шести ядер, измеренные значения полных альфа-ширин оказались несколько ниже ожидаемых по статистической теории. Выполнен анализ всех результатов в рамках оптической модели, согласно которому исследованные к настоящему времени ядра оказались в областях между одночастичными резонансами силовой функции.

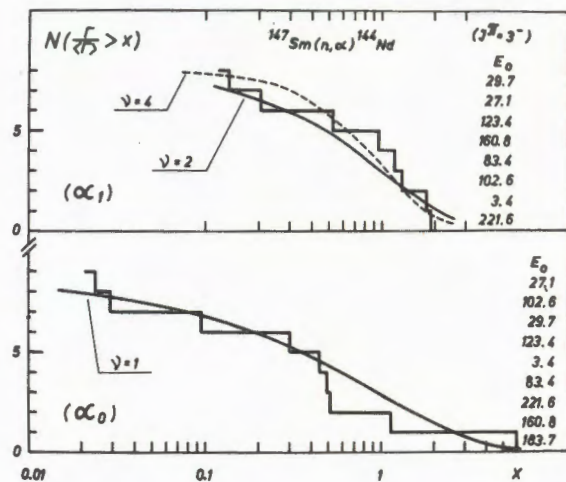
◇ Проведен новый цикл измерений альфа-распада резонансов самария-147, более детальный, чем прежде. При энергии нейт-



62. Обнаружение na -реакции на гафнии-177 /нижний рисунок/. Показана зависимость числа отсчетов детектора альфа-частиц от энергии нейтронов; на верхнем рисунке - аналогичная кривая для преобладающего процесса радиационного захвата нейтронов гафнием-177.



63. Нарастающая сумма полных альфа-ширин нейтронных резонансов самария-147, показывающая появление группы сильных уровней в районе 180 эв.



64. Сравнение экспериментальных и теоретических распределений парциальных альфа-ширин нейтронных резонансов самария-147. Внизу - интегральное распределение для переходов в основное состояние дочернего ядра, вверху - для переходов в возбужденные состояния.

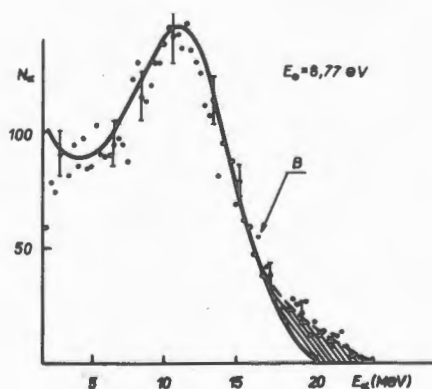
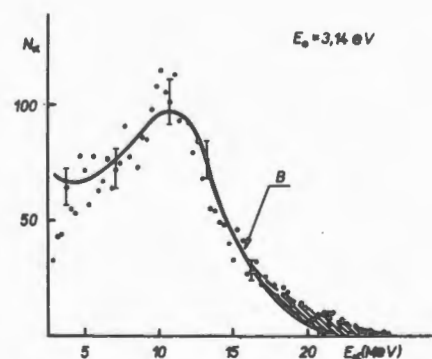
ронов $160+220$ эв обнаружена группа сильных резонансов /рис. 63/. Для 14 резонансов измерены альфа-спектры, что дало возможность впервые экспериментально проверить предсказания статистической теории о распределении парциальных альфа-ширин. Как видно из рис. 64, экспериментальные и теоретические распределения находятся в удовлетворительном согласии.

◇ Исследованы спектры альфа-частиц тройного деления 11 резонансов урана-235 в области энергий нейтронов от 0,1 до 20 эв. Примеры спектров для резонансов 3,14 и 8,77 эв показаны на рис. 65. Вычислены средние значения энергий по спектру и ширины энергетических распределений. Высокоэнергетические части спектров заметно отличаются от общепринятой аппро-

ксимации по кривым Гаусса. Относительные величины этой избыточной части спектра и ширины спектров меняются от резонанса к резонансу, причем проявляется тенденция к их разбиению на 2 группы. Однако средние энергии и отношение вероятностей двойного и тройного деления остаются постоянными в пределах ошибки измерения.

Нейтронная спектроскопия неделящихся ядер

Пропускание и радиационный захват нейтронов измерены для самария-147 и самария-149. Получены новые данные о параметрах нейтронных резонансов. Силовые функции самария-149 на двух участках энергий нейтронов $0+40$ эв и $40+100$ эв-различаются в 3 раза /число уровней около 20 в каждом участке/, что заметно выходит за пределы случайных ошибок. Детальное исследование спинов самария показало, что указанная аномалия не связана с группировкой резонансов с определенным спином. Спины измерены с помощью кристаллов NaI по так называемому методу множественности гамма-лучей в каскаде. Измерения выхода γ -квантов в зависимости от времени пролета нейтронов велись в режимах одиночного счета и совпадений. В результате обработки спектров были получены площади резонансов для этих режимов, причем значения их отношения R , показанные на рис. 6, проявляют тенденцию к разбиению на 2 группы с двумя различными значениями спина. Для самария-147 идентифицировано 50 и для самария-149 - 70



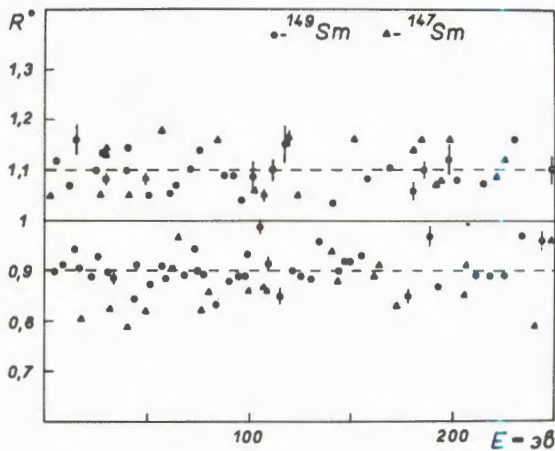
65. Энергетические спектры альфа-частиц тройного деления урана-235 в резонансах 3,14 и 8,77 эв.

спинов. Найдено, что силовые функции не зависят от спина. Их значения составляют

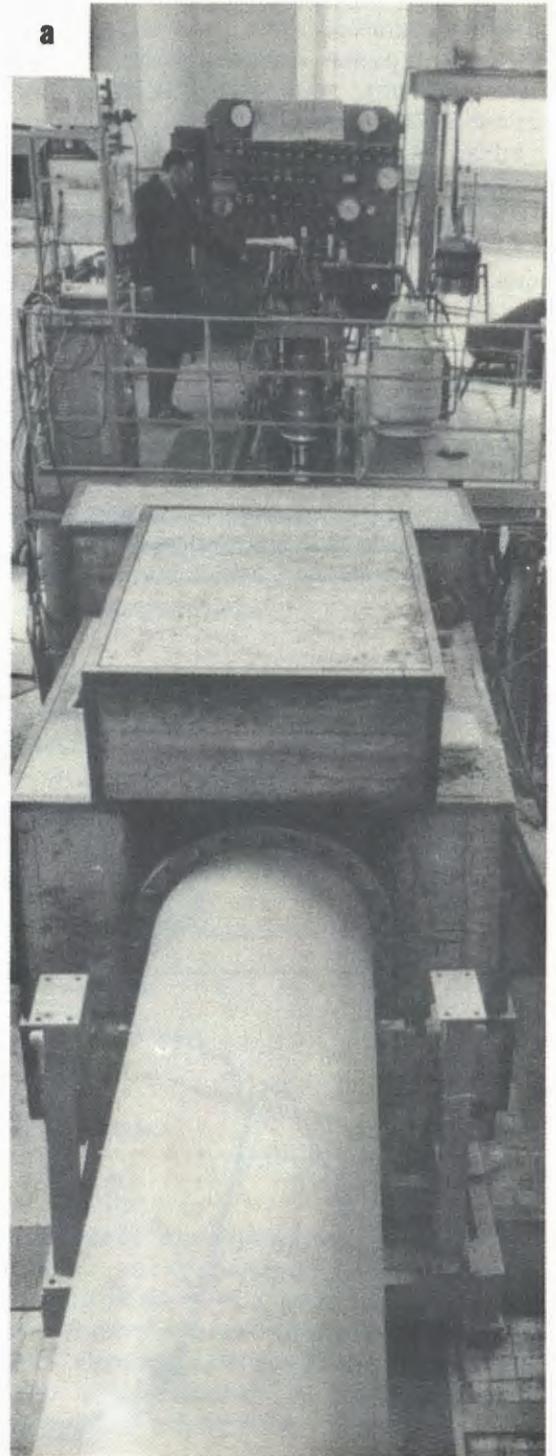
$$\left. \begin{aligned} S(j=3) &= /4,4 \pm 1,6/ \cdot 10^{-4} \\ S(j=4) &= /4,2 \pm 1,5/ \cdot 10^{-4} \end{aligned} \right\} \text{ для } S_m - 147,$$

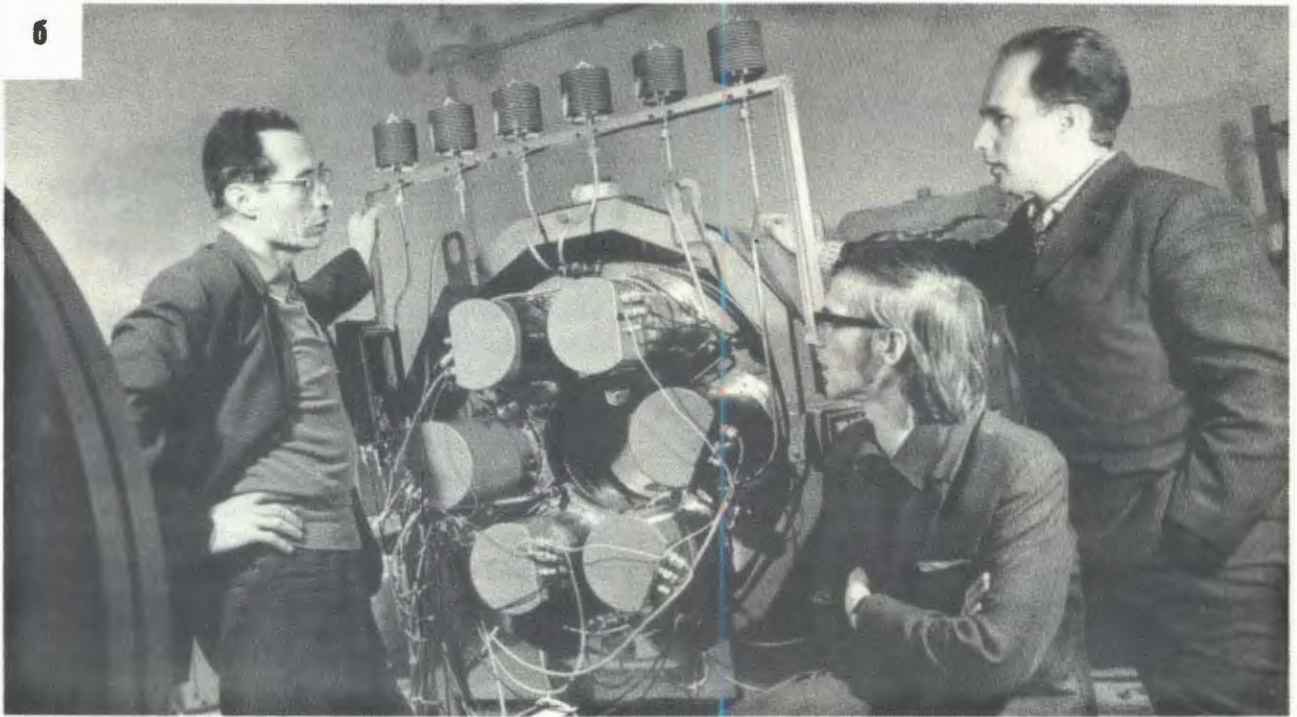
$$\left. \begin{aligned} S(j=3) &= /6,3 \pm 1,1/ \cdot 10^{-4} \\ S(j=4) &= /7,7 \pm 2,2/ \cdot 10^{-4} \end{aligned} \right\} \text{ для } S_m - 149.$$

Создана аппаратура и подготовлена методика измерения магнитных моментов нейтронных резонансов, основанная на использовании поляризованной ядерной мишени. Начаты опыты с эрбием.



66. Величина эффекта при определении спинов нейтронных резонансов самария-147 /треугольники/ и самария-149 /кружки/ по методу множественности гамма-квантов в каскаде.





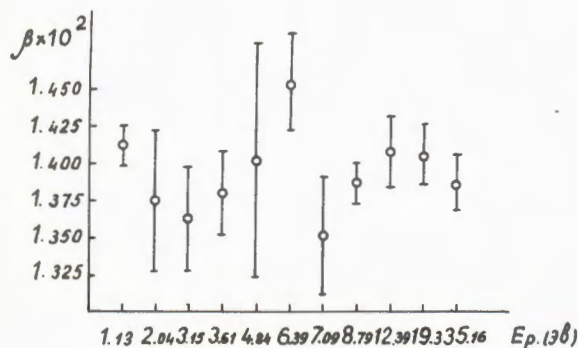
Делящиеся ядра

Предпринята попытка исследования $n_{\gamma f}$ -процесса - деления ядер после предварительного испускания гамма-квантов. Работа проводилась совместно с ФТИ им. Иоффе при использовании метода, состоявшего в регистрации $f_{\gamma\gamma}$ -совпадений от делительной камеры и кристаллов NaI . Этот метод был рассчитан не на измерение абсолютного вклада $n_{\gamma f}$ -процесса, а на оценку разницы средних вкладов через компонд-состояния с разными спиннами. Отношение счета осколков без совпадений и в случае совпадений с двумя гамма-квантами, полученное для 14 резонансов урана-235, как видно из рис. 68, не показывает заметной систематической зависимости.

67. Аппаратура для исследования магнитных моментов атомных ядер, возбуждаемых при захвате нейтронов.

а/Криостат с растворением гелия-3 в гелии-4, используемый для поляризации ядер мишени.

б/Жидкостной сцинтилляционный детектор объемом 250 литров для регистрации нейтронов.



68. Отношение $\beta = \Sigma N_{f\gamma\gamma} / \Sigma N_f$ для различных резонансов урана-235 в эксперименте по обнаружению $n\gamma f$ -процесса.

ти от спина резонанса. Этот результат в предположении о постоянстве числа мгновенных гамма-квантов из осколков позволил получить следующую оценку:

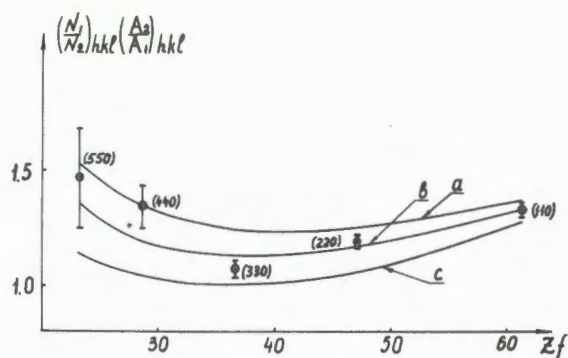
$$\langle \Gamma_{n\gamma f} \rangle_{i=3} - \langle \Gamma_{n\gamma f} \rangle_{i=4} \leq 2 \text{ МэВ.}$$

Спектры гамма-лучей резонансного захвата

Проведены измерения гамма-спектров из реакций $Pr(n\gamma)^{142}Pr$ и $^{147}Sm(n\gamma)^{148}Sm$ на резонансных нейтронах. В спектрах отсутствует преобладание переходов на низколежащие p -уровни $l=1$, ожидавшееся по так называемой модели валентного нейтрона. Проводится анализ распределения парциальных ширин и анализ корреляций между различными ширинами.

Взаимодействие нейтрон-электрон

Совершенствование метода исследования ne -взаимодействия с помощью дифракции нейтронов на монокристалле воль-



69. Отношение интенсивностей брэгговских отражений для двух монокристаллов с различным содержанием изотопа ^{186}W . Z - заряд ядра вольфрама ($Z=74$), f - формфакторы отражений. Кривые a , b и c рассчитаны для значений амплитуд ne -взаимодействия, равных $a_{ne} = -1,1 \cdot 10^{-16}$, $-1,32 \cdot 10^{-16}$ и $-1,6 \cdot 10^{-16}$ см соответственно.

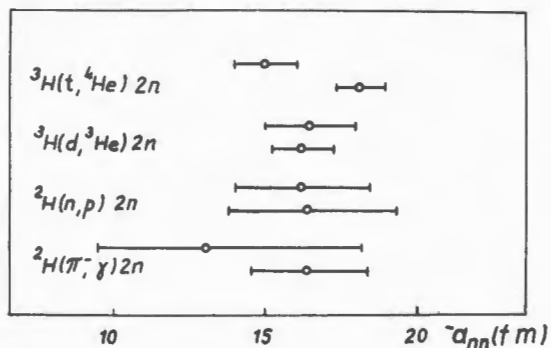
фрама-186 дало первый результат. Были выполнены измерения дифракции нейтронов под фиксированным углом по методу времени пролета на ИБРе-30 одновременно для двух монокристаллов вольфрама с различным содержанием изотопа ^{186}W . Это позволило избежать введения ряда поправок и получить /см. рис. 69/ значение амплитуды ne -взаимодействия

$$a_{ne} = -1,32 \pm 0,11 \cdot 10^{-16} \text{ см.}$$

Сравнение этого результата с ранее известными показало работоспособность нового метода. Эффект за счет ne -взаимодействия здесь намного превосходит малый эффект в прежних методах /для полной когерентной амплитуды величина, обязанная ne -взаимодействию, в вольфраме составляет 15%/. Дальнейшие исследования будут направлены на повышение точности экспериментальной оценки a_{ne} .

Ядерные реакции с заряженными частицами

◇ Завершены эксперименты по определению длины нейтрон-нейтронного рассеяния a_{nn} из кинематически полного опыта по реакции ${}^3\text{H}(t, n){}^4\text{He}$. Для проверки правильности метода проведены измерения с зеркальной реакцией ${}^3\text{He}({}^3\text{He}, p){}^4\text{He}$ и с реакцией ${}^3\text{He}(t, p){}^4\text{He}$ в аналогичных условиях аналогичными методами. Найденные отсюда значения длин рассеяния a_{pp} и a_{np} согласуются с общеизвестными данными, демонстрируя ценность результа-



70. Сравнение результатов различных измерений длины нейтрон-нейтронного взаимодействия. Верхняя точка на рисунке - данные, полученные в ЛНФ.

71. Схема установки для изучения оптического излучения, возбуждаемого нерелятивистскими заряженными частицами на поверхности металлов:

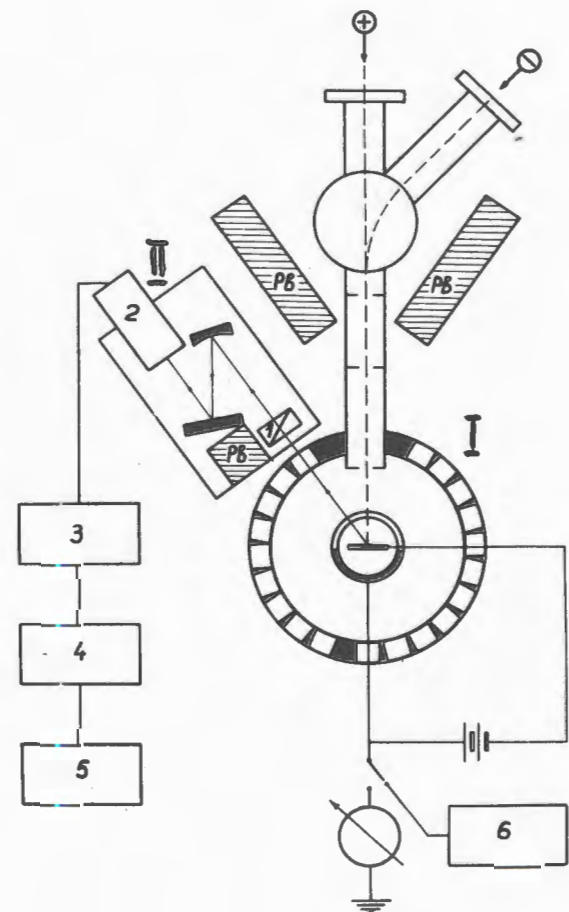
- ⊕ - протонный пучок от ЭГ-5;
- ⊖ - пучок электронов из электронной пушки;
- I - камера мишени;
- II - регистрирующее устройство с поляризатором /1/, двумя зеркалами и фотоумножителем /2/.

та измерения длины нейтрон-нейтронного рассеяния, полученного для реакции ${}^3\text{H}(t, n){}^4\text{He}$:

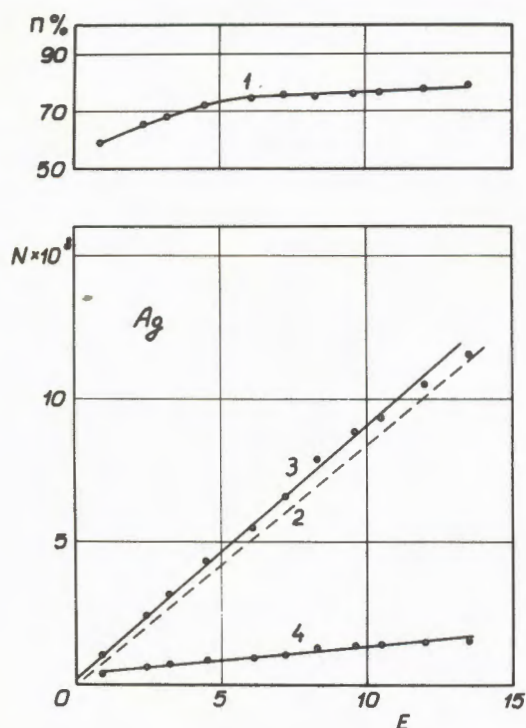
$$a_{nn} = -15,0 \pm 1,0 \text{ ф.м.}$$

Сравнение всех известных данных для длины нейтрон-нейтронного рассеяния приведено на рис. 70.

◇ Закончены исследования изобар-аналоговых состояний в компаунд-ядре ${}^{56}\text{Fe}$, возбуждавшихся с помощью реакций ${}^{55}\text{Mn}(p, n)$ и ${}^{55}\text{Mn}(p, \gamma)$ при энергии протонов до 4,5 МэВ. Кривые возбуждения снимались с помощью нейтронного детектора на основе ZnS(B) и детектора с кри-



сталлом NaI. Получены параметры 40 изобар-аналоговых резонансов, соответствующих 40 состояниям /с энергией возбуждения до 2,9 Мэв/ материнского ядра ^{56}Mn . С помощью германиевого детектора объемом 30 см³ измерены гамма-спектры 20 сильных резонансов. Построенная при этом схема возбужденных уровней ядра ^{56}Fe трактуется с позиций коллективной модели ядра и модели оболочек. В результате ана-



72. Экспериментальные результаты исследования переходного излучения на поверхности металлов - зависимость от энергии электронов для излучения под углом 60° :

- 1/степени поляризации,
- 2/теоретически рассчитанной интенсивности,
- 3/интенсивности поляризованной компоненты наблюдаемого излучения,
- 4/неполяризованной компоненты.

лиза последних данных по совокупности изобар-аналоговых мультиплетов обнаружен оболочечный эффект в кулоновском сдвиге вблизи $N = 28$.

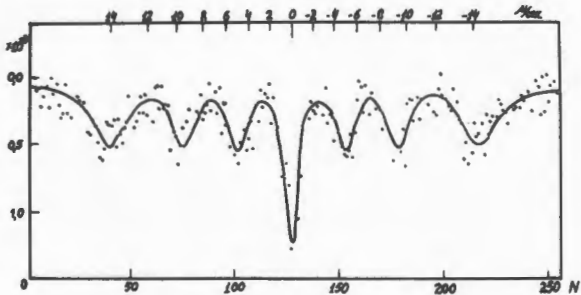
◇ Выполнено исследование оптического излучения, возбуждаемого электронами /с энергией 0,5 - 15 кэв/ и протонами /энергия 1,5 - 4,5 Мэв/ на поверхности металлов: алюминия, серебра, никеля и вольфрама. Эксперимент проводился с целью проверки теории переходного излучения при малых скоростях частиц. Его схема показана на рис. 71. Измерялись интенсивности, угловые распределения и степень поляризации излучения. Результаты, полученные для поляризованной /преобладающей/ компоненты излучения, возбуждаемого как протонами, так и электронами, находятся в согласии с теорией переходного излучения. На рис. 72 приведены данные для серебра.

Эффект Мессбауэра на ^{67}Zn

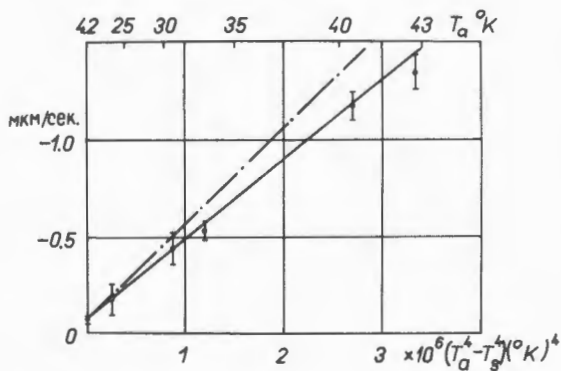
Мессбауэровская спектроскопия с цинком-67 /ядро которого имеет рекордно малую относительную ширину линии: $\sim 10^{-15}$ / сопряжена со значительными трудностями. Довольно большая энергия гамма-квантов /92,7 кэв/ и соответственно большая энергия отдачи ведут к малой величине эффекта / $\sim 10^{-3}$ /. При этом начинают сильно сказываться вибрации, примеси и др. факторы, необходимы измерения при гелиевых температурах. Тем не менее в ЛНФ удалось поставить цинк-67 на службу физическому эксперименту. На рис. 73 приведен полный скоростной спектр для окиси цинка. Отчетливо измерено квадрупольное расщепление линии. Определена константа расщепления, она равна: $|e^2qQ| = 2,3 \pm 0,1$ Мгц. Использована токовая методика регистрации излучений, рассчитанная на применение источников активностью ~ 100 милликюри. Источник приготавливался на основе излуча-

теля гелия-67 /получаемого на ускорителе тяжелых ионов/, который вносился в окись цинка методом высокотемпературного отжига.

Исследовано влияние температуры поглотителя на характеристики скоростных спектров. Результаты измерения температурного сдвига линии показаны на рис. 74,



73. Эффект Мессбауэра на цинке-67 с источником и поглотителем в виде окиси цинка. Наблюдается квадрупольное расщепление уровня 92,7 кэв.



74. Результаты исследования температурного сдвига мессбауэровской линии в окиси цинка. Изменялась температура поглотителя T_a , температура источника T_s оставалась неизменной и равной $4,2^\circ\text{K}$. Штрих-пунктирной линией показаны значения сдвига, ожидавшиеся по данным о теплоемкости.

где также приведено сравнение с теоретическим расчетом по данным о теплоемкости окиси цинка.

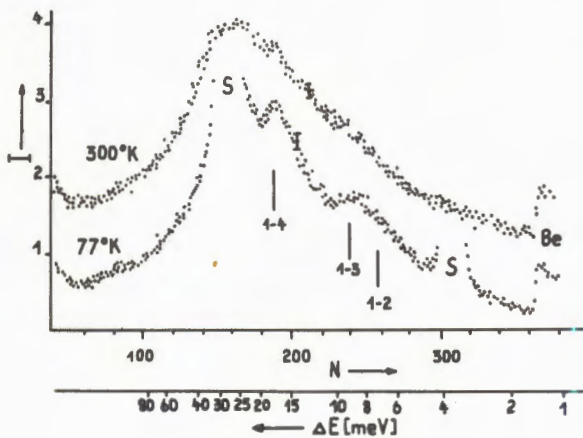
Впервые удалось наблюдать ядерный γ -резонанс при использовании в качестве источника MgO (^{67}Ga) и поглотителя ZnO . Это позволило непосредственно определить знак градиента электрического поля в окиси цинка.

Динамика конденсированных сред

◇ Проведены измерения неупругого некогерентного рассеяния на бифениле $C_{12}H_{10}$ в диапазоне температур $80+350^\circ\text{K}$. Использовался спектрометр обратной геометрии с бериллиевым фильтром и монокристаллом цинка. Спектр частот кристаллической решетки бифенила не имеет ярко выраженных пиков. Обнаруженные слабые пики соответствуют низкочастотным внутренним колебаниям молекул, почти не зависящим от температуры. Проведено сравнение полученных данных с результатами теоретического рассмотрения движения различных типов внутри молекул бифенила. Колебания некоторых типов проявляют ангармоничность.

Измерены спектры неупругого рассеяния нейтронов в соединениях $H_2O \cdot ClO_4$ и $H_2O \cdot NO_3$, на основании которых определены частоты ротационных и трансляционных колебаний молекулярной группы H_2O .

◇ Начато исследование внутрикристаллических полей с помощью неупругого рассеяния нейтронов. Это так называемое парамагнитное рассеяние, обусловленное взаимодействием магнитных моментов нейтрона и электрона незаполненной оболочки, позволяет с помощью методов нейтронной спектроскопии исследовать расщепление энергетических уровней ионов, изучавшееся ранее оптическими методами. Эксперименты проведены с кристаллическим ве-



75. Интенсивность неупругого рассеяния нейтронов для PrF_3 под углом 90° при комнатной и азотной температурах. 1-2, 1-3, 1-4 - изучаемые пики, S - участки спектра /спутники/, непригодные для обработки.

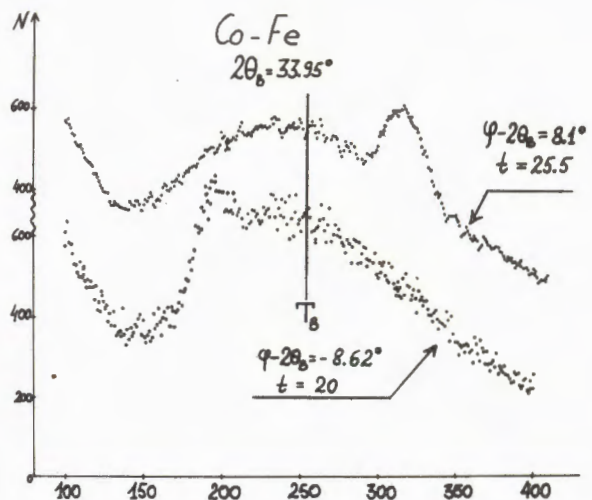
ществом PrF_3 с помощью спектрометра обратной геометрии при температурах 77° и 300° К. Полученный спектр показан на рис. 75. Как и ожидалось, фоновое рассеяние /сплошной фон/ падает с температурой, тогда как интенсивность пиков парамагнитного рассеяния возрастает. На основании полученных данных внесены изменения в энергетическую схему уровней иона Pr^{3+} .

Магнитная динамика, магнетизм

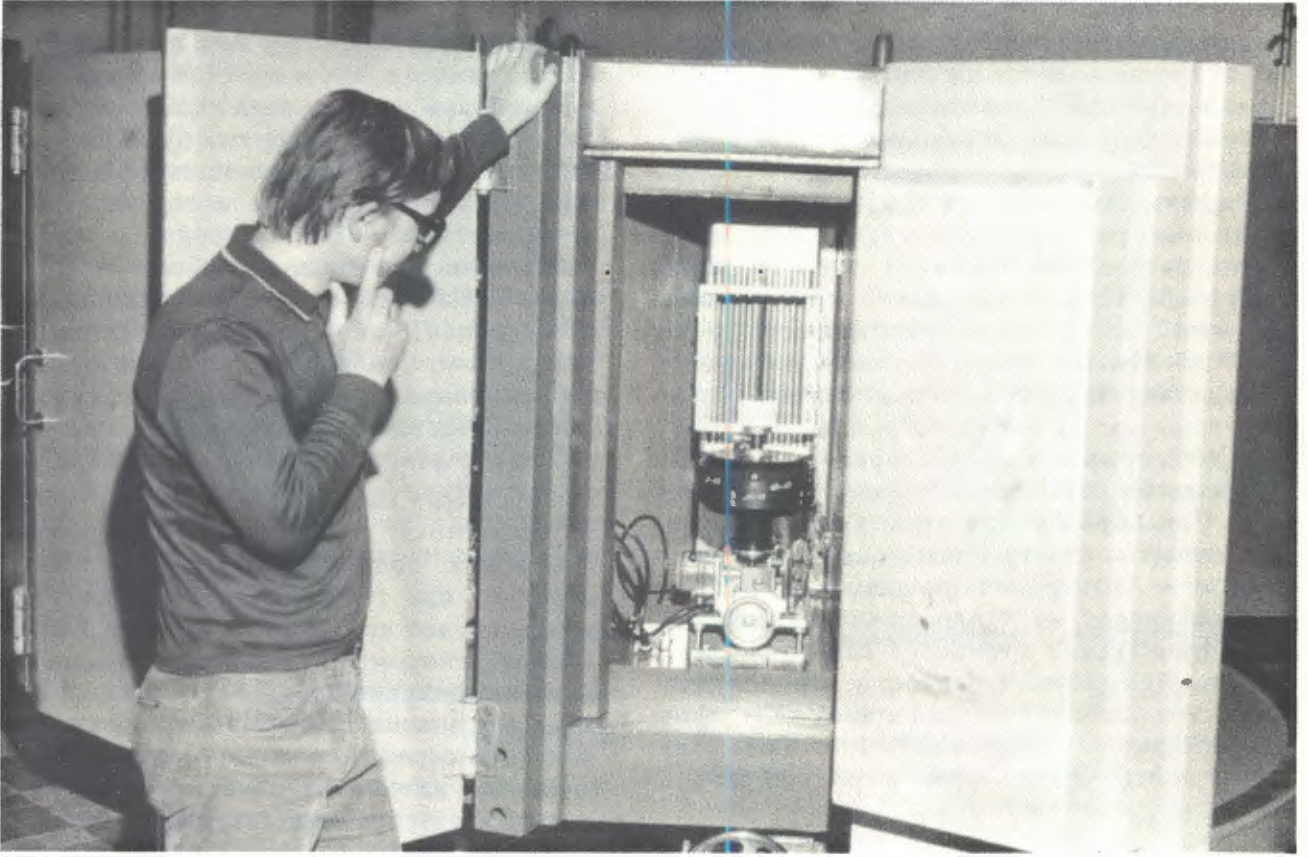
◇ Проведены пробные измерения когерентного неупругого рассеяния нейтронов на магнонах. Исследования велись методом времени пролета на фоновом спектре

рометре ВКСН-300, работающем по принципу обратной геометрии. Образцом служил монокристалл кобальт-железо. Рассеяние измерялось под небольшим углом к направлению брэгговского максимума, согласно дифракционному методу, который не требует специального анализа рассеянных нейтронов по энергии. Как видно из рис. 76, на сплошном фоне некогерентно рассеянных нейтронов проявились пики, соответствующие рассеянию с уничтожением /верхняя кривая/ и рождением /нижняя кривая/ магнонов. Опробованный метод будет полезен для исследования спиновых волн в материалах с малым некогерентным рассеянием.

◇ Выполнены пробные измерения магнитного неупругого рассеяния на введенном в действие краковско-дубненском

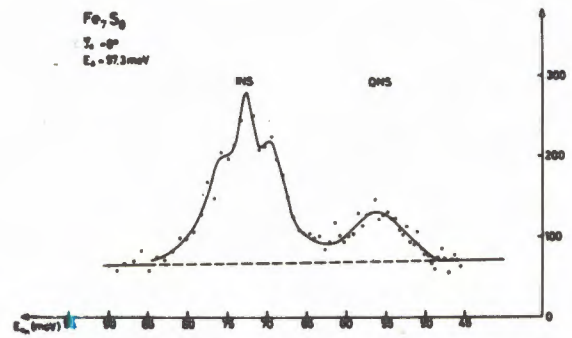


76. Интенсивность нейтронов, рассеянных монокристаллом $CoFe$ под углами $\phi-2\theta_B$ к направлению брэгговских пиков, в зависимости от времени пролета. Время измерения в часах обозначено через t . Пики в правой части верхнего рисунка и в левой части нижнего соответствуют рассеянию с уничтожением и рождением магнонов.



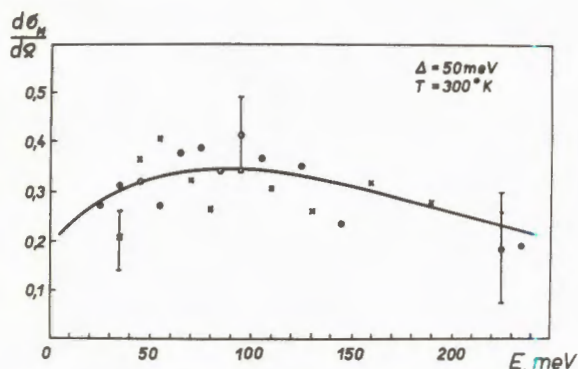
77. На пучке импульсного реактора ИБР-30 действует краковско-дубненский спектрометр обратной геометрии для исследования рассеяния медленных нейтронов в конденсированных средах.

78. Интенсивность неупругого /магнетонного/ рассеяния на монокристалле Fe_7S_8 .



спектрометре обратной геометрии. Энергия падающих нейтронов определялась по времени пролета, энергия рассеянных - с помощью монокристалла алюминия или бериллиевого фильтра. Образцами служили монокристалл Fe_7S_8 и порошок Cr_2O_3 . Один из полученных спектров показан на рис. 78. Нейтроны, рассеянные Fe_7S_8 под углом 8° , регистрировались, если их энергия была вблизи 57 Мэв, что соответствует средней энергии магнитных возбуждений около 18 Мэв. Измерения показали возможность постановки на ИБРе экспериментов по неупругому магнитному рассеянию.

◇ Продолжалось исследование кондосостояний в разбавленных магнитных сплавах. При образовании этих состояний, т.е. связанных состояний примесных магнитных атомов и электронов проводимости металла, возникает квантово-механический эффект флуктуаций примесной спиновой плотности. Это должно привести к появлению заметного неупругого рассеяния нейтронов с передачей определенной энергии. Для обнаружения этого эффекта сечение рассе-



79. Дифференциальное сечение примесного магнитного рассеяния на $Al(Mn)$, выраженное в барнах на стерадиан и на примесный атом, в зависимости от энергии падающих нейтронов. Крестики и точки соответствуют двум сериям измерений. Δ - параметр теоретической /гладкой/ кривой.

яния нейтронов /сумма упругого и неупругого/ сплавом $Al(0,5\% Mn)$ было измерено в зависимости от энергии падающих нейтронов. Измерения велись по методу времени пролета с детектором, расположенным вблизи образца. Рассеяние на исследуемом образце сравнивалось с рассеянием на чистом металле. Для нейтронов с энергией ~ 70 Мэв обнаружено слабое / $\sim 3\%$ / дополнительное рассеяние в виде диффузного пика /рис. 79/. Сравнение экспериментальной кривой с расчетом по модели флуктуаций спиновой плотности позволило определить значение температуры Кондо $T_k = 700 \pm 200^\circ K$ для исследованного сплава.

◇ Создан сверхпроводящий датчик магнитного поля, способный регистрировать изменения поля порядка 10^{-8} э. Датчик работает при температуре жидкого гелия, его действие основано на эффекте Джозефсона. Магнитометр после дальнейшего усовершенствования предполагается использовать для поиска слабых изменений намагниченности образца, которые должны возникнуть при наложении электрического поля, если у электрона существует электрический дипольный момент.

Эксплуатация, совершенствование и развитие основных установок и аппаратуры

Реактор и ускоритель

Продолжалась успешная эксплуатация импульсного реактора повышенной мощности ИБР-30. В 1971 году реактор работал 4753 часа, из них 2130 часов совместно с инжектором - линейным ускорителем

электронов на энергию 30 Мэв /в 1970 году полное число рабочих часов реактора составляло 3700, из них в режиме с инжектором 846/. Кроме того, линейный ускоритель 150 часов использовался отдельно для облучения образцов. Был проведен очередной профилактический осмотр реактора.

Проводилось дальнейшее усовершенствование параметров системы ИБР + инжектор. В реактор установлена плутониевая мишень с улучшенной системой гелиевого охлаждения; на ускорителе введена частота 50 гц с увеличением СВЧ мощности с 10 до 16 Мвт в каждой ускорительной секции; создана новая система стартовых нулей /электронная аппаратура этой системы была изготовлена в отделе радиоэлектроники/.

Электростатические ускорители

Ускоритель ЭГ-2 работал в соответствии с потребностями физического эксперимента. Ускоритель ЭГ-5 эксплуатировался в 1971 году 2780 часов, ускоряя протоны и ионы гелия-3 в интервале энергий 1+4,5 Мэв.

Измерительный центр

В течение года измерительный центр обеспечил проведение физических экспериментов на ИБРе-30 и на ЭГ-5. Продолжалась работа по развитию центра. В эксплуатацию вступила автоматизированная измерительная система для эксперимента с ультрахолодными нейтронами, созданная на базе малой вычислительной машины ТРА. Изготовлен и испытан комплекс аппаратуры для автоматизации /с помощью ЭВМ ТРА/

эксперимента по исследованию критического состояния вещества. Создана система мониторинга с выводом данных на БЭСМ-4. Разработаны блоки осциллографа со световым карандашом для машины ТРА и программное обеспечение системы.

Начата модернизация входных устройств для существующих анализаторов с целью повышения их быстродействия и обеспечения работы в непосредственной близости к физической аппаратуре. Изготовлен макет быстрого /со временем преобразования менее 30 мксек/ амплитудного кодировщика на 4096 каналов.

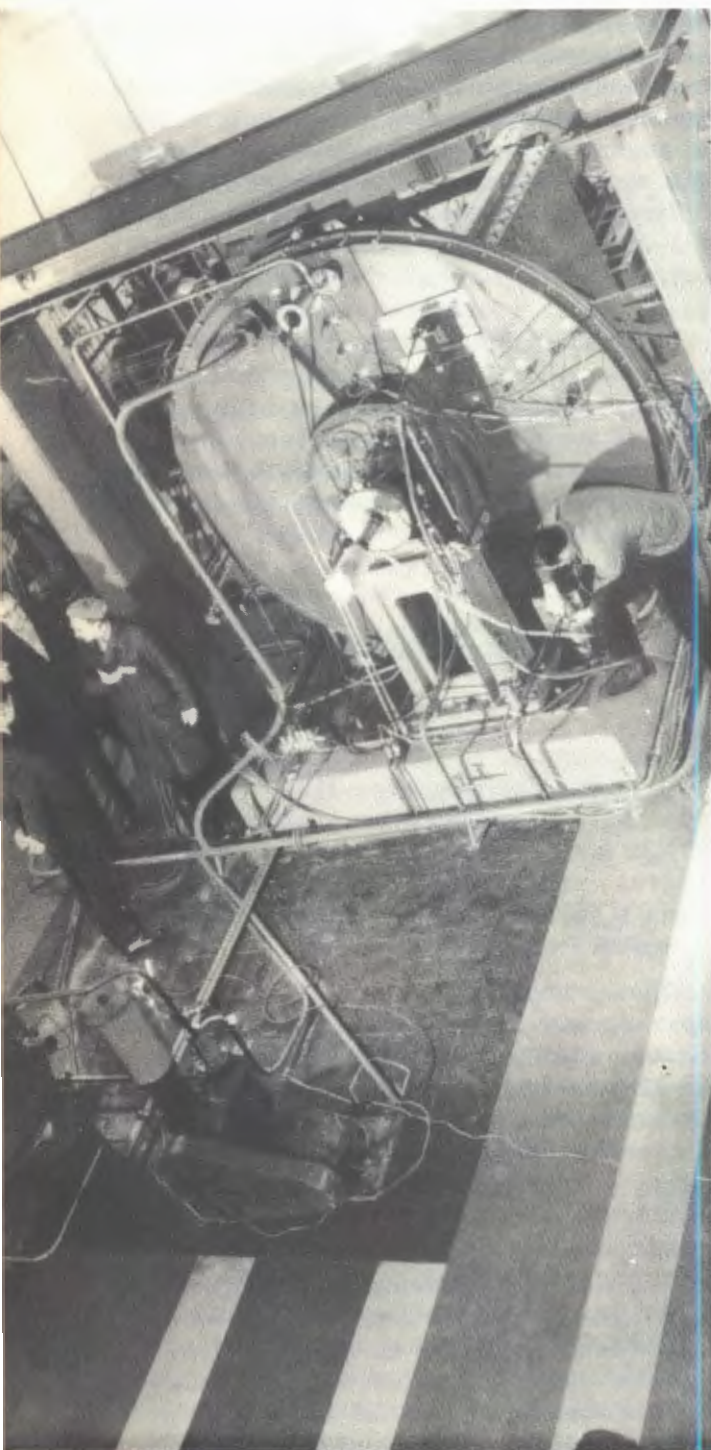
Подготовлены технические требования на разработку проекта нового измерительного центра для реактора ИБР-2.

Проектирование реактора ИБР-2 с инжектором

◆ *Продолжались проектно-конструкторские работы* по реактору ИБР-2 и инжектору ЛИУ-30, осуществляемые рядом проектных институтов Советского Союза. Разработка электроники для системы управления и защиты ИБРа-2 велась в Польской Народной Республике.

◆ *Производились экспериментально-конструкторские работы:* испытаны макет подвижного отражателя и макет тепловыделяющих элементов ИБРа-2. Испытания ТВЭлов проходили на ИБРе-30, исследовались механические напряжения и деформации оболочки во время тепловых ударов. Испытания показали правильность основных проектных решений.

◆ *Выполнен большой объем монтажных работ* на макете электронной пушки инжектора ЛИУ-30. Обоснование технического проекта ИБРа-30 требует испытаний головного образца ЛИУ-30 - секции ускорителя на энергию 700 кэв. Ведется изготовление этой секции.



80. Испытания макета подвижного отражателя строящегося реактора ИБР-2.

◇ Осуществлялось инженерное обеспечение экспериментов на ИБРе-2. Собран и подготовлен к испытаниям макет жидководородного замедлителя и его технологические системы. Исследовались импульсные характеристики водяных замедлителей. Начато изготовление нейтронпроводов полного внутреннего отражения из стекла советского производства. Сделан макет сис-

темы синхронизации селекторов с подвижным отражателем ИБРа-2. Разработана система мониторинга нейтронов, изготовлена аппаратура центрального монитора. Началось создание аппаратуры для активационного анализа на ИБРе-2.

◇ Строительство здания реактора ИБР-2 велось по сетевому графику, ориентированному на пуск реактора в конце 1973 года.

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И АВТОМАТИЗАЦИИ

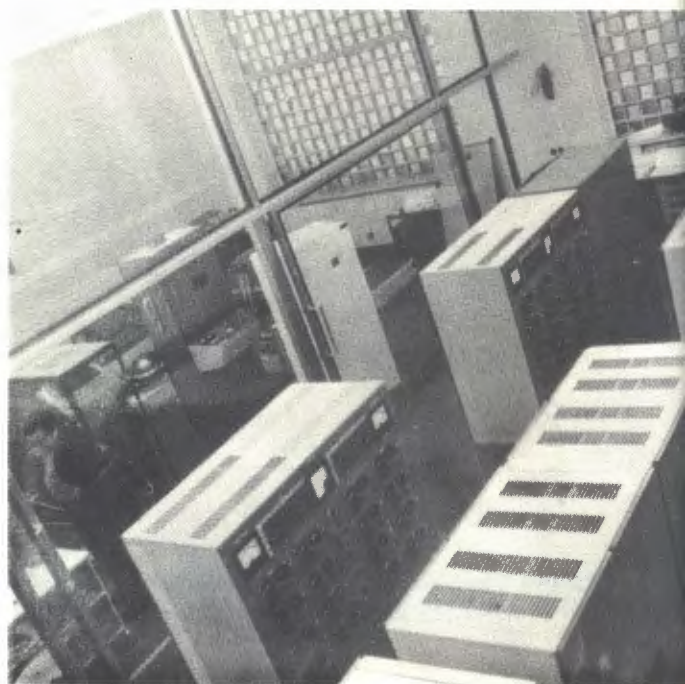
Эксплуатация электронных вычислительных машин

ЭВМ ЛВТА	Полезное время /в час/	Среднесуточное полезное время /в час/
БЭСМ-6	6304	20,3
БЭСМ-4	7270	21,1
CDC-1604A	7674	21,7

Измерительно-вычислительный комплекс ОИЯИ

Деятельность лаборатории была направлена на совершенствование вычислительных машин и их математического обеспечения с целью более широкого и удобного их использования.

81. На ЭВМ БЭСМ-6 установлен второй комплект оперативной памяти. Теперь память составляет 64 тыс. слов. Это позволяет шире использовать мультипрограммный режим работы ЭВМ, сокращает время решения больших задач, в том числе при обработке данных с крупных пузырьковых камер.



◆ Продолжалось объединение электронных вычислительных машин в единую систему измерительно-вычислительного комплекса ОИЯИ. Разработаны алгоритмы математического обеспечения многомашинной системы и написаны обслуживающие программы в рамках мониторинг системы "Дубна" для БЭСМ-6.

Сдана в опытную эксплуатацию линия связи "Минск-2" в отделе ядерной спектроскопии и радиохимии Лаборатории ядерных проблем с БЭСМ-6 ЛВТА, проведена опытная обработка переданных по линии связи гамма-спектров по программам, написанным на ФОРТРАНе для БЭСМ-6. Благодаря использованию электронной вычислительной машины, время обработки экспериментальных спектров уменьшилось примерно в 100 раз.

Отлажена аппаратура связи для ЭВМ, имеющих выход на стандартное сопряжение единой серии ЭВМ. Ведутся работы по осуществлению с помощью этой аппарату-

ры связи БЭСМ-6 с БЭСМ-4 ЛНФ и ЛВЭ. Проведена модернизация вычислительных машин БЭСМ-4 в этих лабораториях.

Закончено создание канала связи вычислительной машины БЭСМ-6 с другими ЭВМ на все восемь направлений.

Продолжались /совместно с ЦИФИ ВАН/ работы по развитию аппаратуры и математического обеспечения фортранных станций на основе ЭВМ ТРА. Аппаратура удаленных фортранных станций ЛВЭ и ЛНФ проверена по тестовым программам. Все инженерные разработки фортранных станций завершены.

◆ Сдано в эксплуатацию МОЗУ-64К на БЭСМ-6 /подключен второй комплект памяти 32К/. Выполнен монтаж и ведутся наладочные работы по подключению к БЭСМ-6 двух накопителей на магнитных дисках.

◆ Началась эксплуатация читающих устройств с перфокарт типов CDC-405 и УВВК-601. Это существенно сократило потери машинного времени на БЭСМ-6.





82. К ЭВМ БЭСМ-6 подключены два накопителя на стационарных магнитных дисках. Емкость каждого накопителя составляет 200 млн бит, время выборки массивов - доли секунды.

Закончен монтаж и осуществляется подключение к БЭСМ-6 двух накопителей на магнитных дисках.

Сдано в эксплуатацию фотосчитывающее устройство ФСМ-5 с бумажной перфоленкой, подключенное к ЭВМ CDC-160А, что обеспечило ввод трековой информации на CDC-160А с накоплением ее на магнитной ленте CDC-606.

Математическое обеспечение

ЭВМ

◇ Значительно повышена эффективность системы математического обеспечения ЭВМ БЭСМ-6 в результате ввода в эксплуатацию нового автокодного варианта программы-диспетчера и расширения библио-

теки программ. Ввод в эксплуатацию нового диспетчера позволил полностью перевести вычислительную машину БЭСМ-6 на мультипрограммную работу, что повысило эффективность использования центрального процессора в 1,5-2 раза. Заключен ряд договоров на поставку нового варианта системы математического обеспечения на машины БЭСМ-6, имеющиеся в других организациях стран-участниц.

◇ Для малых ЭВМ типа ТРА созданы программы управления внешними устройствами /читающим устройством с перфокарт, широкой печатью, перфоратором и магнитофоном/ и транслятором с автокода ТРА, работающим на БЭСМ-6. Заключается отладка совместной работы машин "Минск-22" и ТРА с БЭСМ-6.

◇ На БЭСМ-4 получены первые результаты трансляции задач, написанных на языке ФОРТРАН и решенных в рамках фортранно-ориентированной компилирующей системы БЭСМ-4. В конце 1971 года на БЭСМ-4 введена в опытную эксплуатацию система математического обеспечения с транслятором с ФОРТРАНА.

◇ Сдано в эксплуатацию программное обеспечение ввода информации с перфоленки /для программ обработки/ через ЭВМ CDC-160А на магнитофон CDC-606 и обмена информацией между CDC-606 и БЭСМ-4.

◇ Закончена отладка основных подпрограмм библиотеки случайных чисел БЭСМ-6 для генерирования случайных чисел с нормальным, экспоненциальным и пуассоновским распределениями.

Программы обработки

экспериментальных данных

◇ Для обсчета и анализа с помощью БЭСМ-6 результатов обмера снимков с жидководородных пузырьковых камер ОИЯИ

создана система программ на ФОРТРАНе. Эта система или входящие в нее программы могут использоваться при обработке данных и с других трековых камер, а также данных с электронных установок. Начато развитие этой системы программ.

◇ *Подробно описана созданная в ЛВТА система программ обработки फिल्मовой информации с водородных и пропановых пузырьковых камер на вычислительных машинах типа БЭСМ-4. Эта система широко используется в ОИЯИ и институтах стран-участниц.*

◇ *Совместно с Лабораторией высоких энергий исследованы возможности использования методики согласования изображений треков на различных стереоснимках /ТРЕК-МЭТЧ/ для реконструкции событий в тех случаях, когда проекции каждого трека измерены только на двух стереоснимках. Исследование проводилось на шестилучевых событиях, образованных в пион-протонных взаимодействиях при 5 Гэв/с. Показано, что простые методы согласования изображений треков в этом энергетическом интервале дают хорошие результаты.*

◇ *Выполнена работа по определению параметров частицы с учетом возможного излома ее трека в камере. Предложена методика точного выделения изломов на треках частиц /электронов/, основанная на методе максимума правдоподобия. Алгоритмы запрограммированы на ФОРТРАНе и включены в программу геометрической реконструкции "1-7", предназначенную для обработки снимков с пропановых пузырьковых камер с числом объективов от трех до шести.*

◇ *Создано руководство для работы с программой геометрической реконструкции ГЕОМ-7 для обработки данных с пропановых пузырьковых камер.*

◇ *Для водородных камер описана кинематическая программа ГРАЙНД-2, которая целиком помещается в оперативной*

памяти ЭВМ CDC-1604A. Время счета-обработки одного события по этой программе на 30% меньше, чем по программе ГРАЙНД-1. /Работа выполнена совместно с Лабораторией высоких энергий/.

◇ *Создана универсальная программа статистического анализа экспериментальных данных на ЭВМ БЭСМ-6. Программа предназначена для построения гистограмм, идеограмм, двумерных диаграмм рассеяния, для нахождения средних значений заданных величин и их ошибок и других операций.*

Для статистического анализа результатов эксперимента, записанных на магнитных лентах, написана /совместно с ЛВЭ/ программа СТАР. Если информации на ленте недостаточно для анализа эксперимента, предусмотрена возможность вычисления недостающих величин, гистограммы которых хотелось бы иметь.

◇ *Выполнена работа по применению метода решающих функций для распознавания геометрических изображений на снимках с магнитных искровых спектрометров ИТЭФ /Москва/ и ОИЯИ. Предложен алгоритм распознавания траекторий частиц, регистрируемых в этих установках.*

Использование ЭВМ на линии

с экспериментальными установками

◇ *Основные работы лаборатории в этой области были направлены на увеличение эффективности использования основного физического оборудования и повышение уровня автоматизации процесса проведения эксперимента ЛВЭ по исследованию регенерации нейтральных К-мезонов на ускорителе ИФВЭ. Ряд полученных результатов применим для целого класса экспериментов на линии с ЭВМ. Основные итоги этих работ состоят в следующем. Разработана*

методика компрессии входной информации. Созданы программные средства сжатия экспериментальных данных с искровых камер. При этом сокращается время центрального процессора ЭВМ, необходимое для записи информации в режиме на линии, и уменьшается время последующей обработки на больших машинах ОИЯИ. С использованием обратной связи от ЭВМ осуществлено автоматическое переключение установки с тестового на рабочий режим. Осуществлен вывод информации на АЦПУ в режиме прерывания, создано соответствующее программное обеспечение. Это позволило использовать АЦПУ для визуального представления событий в режиме на линии. Предложена новая методика контроля записи информации на НМЛ БЭСМ-3М, повышающая эффективность использования центрального процессора при работе в режиме на линии. Усовершенствованы звенья математического обеспечения /системы КРАН/ эксперимента с нейтральными К-мезонами.

◇ Для измерительного центра ЛНФ выполнен ряд экспериментов по расширению системы приема, накопления и обработки спектрометрической информации /ПОФИ-2/ за счет подключения нового оборудования. Создано математическое обеспечение осциллографа со световым карандашом в системе ПОФИ-2.

◇ Исследованы проблемы оптимизации управления с помощью ЭВМ режимами ускорения и вывода частиц на синхрофазотроне /совместно с ЛВЭ/. Рассмотрены структуры функции состояния системы управления ускорительным комплексом, а также основные принципы построения систем оптимизации и организации математического обеспечения вычислительного комплекса в режиме сбора и обработки информации о параметрическом поле ускорителя.

◇ Совместно с Отделом новых методов ускорения разработан аванпроект измерительно-вычислительного комплекса кол-

лективного ускорителя и начаты работы по его осуществлению. Этот автоматический комплекс будет управлять коллективным ускорителем и устройствами регистрации излучений на его выходе.

Участие в экспериментальных исследованиях на ускорителях

◇ Для экспериментов по исследованию протон-ядерных взаимодействий при энергиях 4:10 Гэв завершено изготовление 13 рабочих образцов двухкоординатных искровых камер с памятью на ферритовых кольцах. Проведены испытания комплекса аппаратуры с искровыми камерами. Завершены монтаж и отладка систем быстрой электронной логики для первого этапа эксперимента. Выполнялись работы по математическому обеспечению этого эксперимента.

◇ Велась подготовка как экспериментальным исследованиям на шестиметровом искомом спектрометре ИТЭФ. Составлена и отлажена на ЭВМ БЭСМ-6 программа восстановления значений магнитного поля спектрометра в заданных точках. Произведена пробная обработка снимков, полученных с помощью искомого спектрометра.

◇ Продолжалась обработка данных с метровой водородной камеры ЛВЭ /эксперимент по пион-протонному рассеянию при 5 Гэв/с/.

◇ ЛВТА принимала участие в подготовке эксперимента Лаборатории высоких энергий по исследованию нейтрон-протонных взаимодействий в интервале 2:5 Гэв/с.

Разработка методов прикладных вычислений

◇ Продолжались /совместно с ОНМУ ОИЯИ и ФИАН СССР/ аналитические и численные исследования нелинейных урав-

нений теории плазмы и релятивистских электронных и электронно-ионных колец в связи с разработкой в ОИЯИ коллективного метода ускорения. Выполнены расчеты устойчивости релятивистского электронного кольца в свободном пространстве. Проведен численный анализ нелинейной стадии развития радиационной неустойчивости, начиная с исчезающе малых возмущений вплоть до насыщения. При этом удалось проследить динамику развития неустойчивости и определить окончательные параметры кольца, что позволяет оценить эффективность коллективного метода и выбрать оптимальные параметры инжекции. Полученные результаты подтверждены экспериментально. В работе сделаны также выводы чисто теоретического характера, позволяющие лучше понять неустойчивости нелинейных систем.

Изучалось явление ионно-звуковой турбулентности в плотной полностью ионизированной плазме. Найдены инкременты неустойчивости и величина порога. Проведены работы по созданию алгоритма и комплекса программ для определения магнитного поля адгезатора /адиабатического генератора заряженных тороидов/.

◇ Совместно с Лабораторией ядерных проблем изучалась зависимость формы пучка от ускоряющего напряжения и спада магнитного поля при помощи расчета на ЭВМ радиально-фазового движения частиц. Рассмотрен процесс формирования пучка в течение времени захвата с учетом изменения диапазона фаз частиц, захватываемых в режим ускорения.

◇ Проведены работы по усовершенствованию программы ОЗАТР /обратная задача теории рассеяния/ для случая $l=0$ и по созданию математического алгоритма для случая $l=2$. Сделана оценка точности восстановления потенциала взаимодействия с помощью программы ОЗАТР в зависимости от выбора начального потенциала.

◇ Метод расчета квантовомеханической задачи трех тел разрабатывался совместно с ЛТФ. Составлена и опробована программа вычисления собственных значений и собственных функций задачи Штурма-Лиувилля для системы дифференциальных уравнений.

◇ Расширен комплекс программ модельных расчетов свойств сложных атомных ядер. Написана новая программа на ФОРТРАНе для вычисления коэффициентов Клебша-Гордона. Проведены теоретические исследования методов решения задачи о собственных функциях для уравнения Шредингера.

◇ Совместно с ЛНФ рассмотрены вопросы выбора и расчета фокусирующей системы линейного индукционного ускорителя на 30 Мэв.

◇ Получены приближенные выражения для ионизационных потерь и пробегов быстрых частиц. Показано, что формула Бете-Блоха для ионизационных потерь энергии быстрыми заряженными частицами может быть сведена к более простым приближенным выражениям, а зависимость пробега энергии удалось получить в аналитическом виде. При этом точность вычисления потерь будет не хуже $\pm 5\%$, а пробегов $\pm 2-4\%$.

Служба математической информации и документации

Систематически пополнялась библиотека математической документации ЭВМ ОИЯИ. Регулярно рассылались информационные материалы о математическом обеспечении используемых в институте электронных вычислительных машин в научные учреждения стран - участниц ОИЯИ.

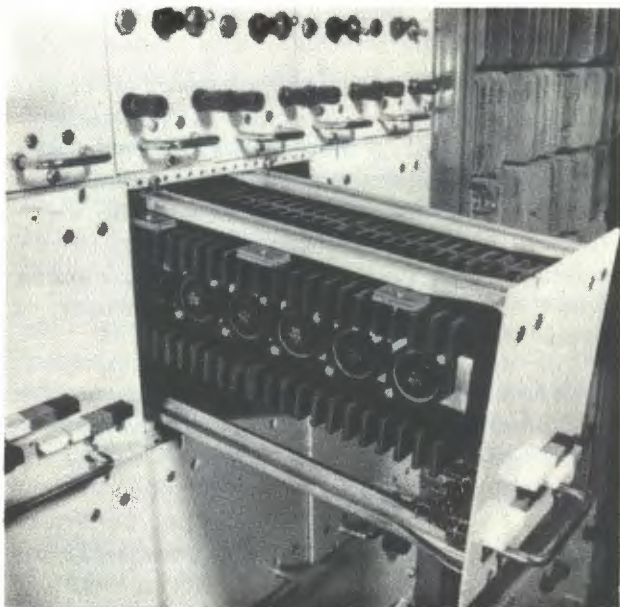
Обработка фильмовой информации

По заданию лабораторий высоких энергий и ядерных проблем измерено на фотографиях с пузырьковых камер 212 тысяч треков; с искровых и стримерных камер - 82 тысячи треков; просмотрено с 2-метровой пропановой, 1-метровой водородной и искровой камер ЛВЭ 93 тысячи фотографий, найдено на этих снимках 30 тысяч событий.

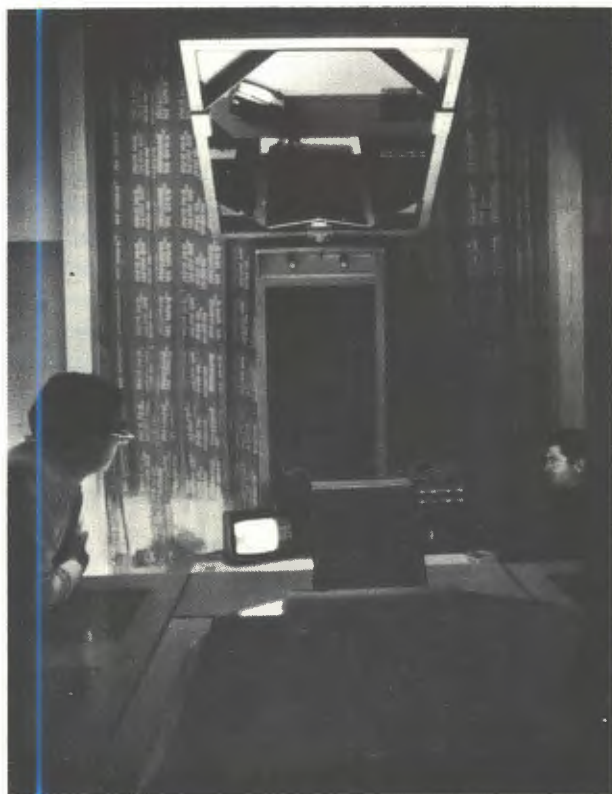
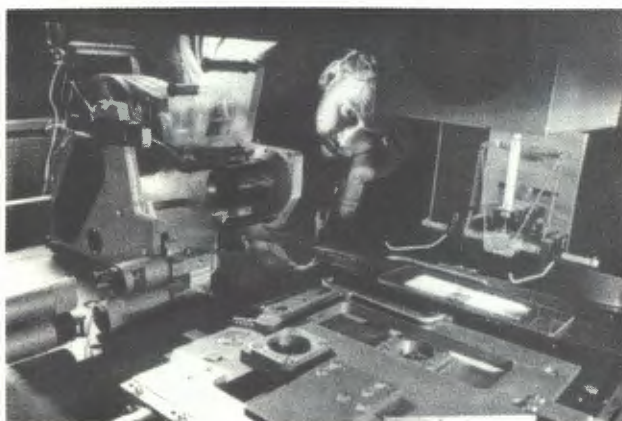
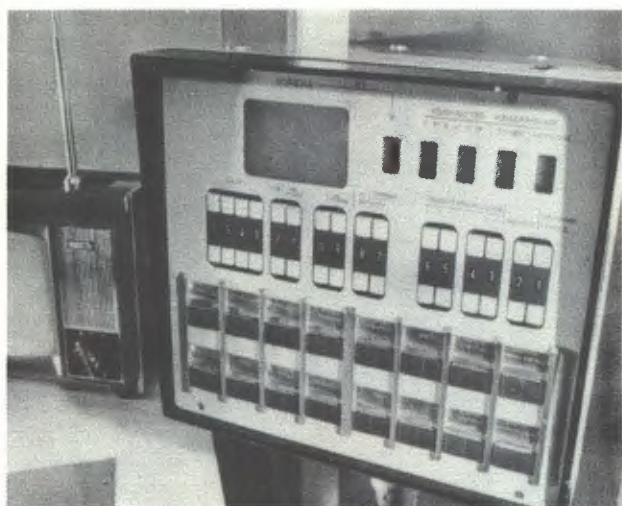
Автоматические системы обработки фильмовой информации

◊ В содружестве со специалистами ряда предприятий ГДР и институтов СССР продолжались работы по изготовлению сканирующего устройства "Спиральный измеритель" и подготовке технической документации для выпуска промышленностью в 1972-1973 годах партии таких установок. В ЛВТА смонтирован и настраивается первый образец спирального измерителя. Ведется комплексная отладка всей установки.

Создана часть программ математического обеспечения спирального измерителя, объединенных под названием "ФИЛЬТР". Программы комплекса "ФИЛЬТР" отделяют полезную информацию от шумов путем опознавания треков в начальной области сканирования /10-15 витков спирали/ методом гистограммирования и дальнейшего прослеживания треков по всей области сканирования. На выходе программа "ФИЛЬТР" формирует данные для использования в геометрической программе ТРЕШ. Завершена отладка калибровочной программы "КАЛИБР" для спирального измерителя на числовом материале, полученном с помощью математического моделирования, а также отладка транслятора с языка КОПЛАН в автокод ЭВМ ТРА-1001.



83. Первый образец сканирующего автомата "Спиральный измеритель" смонтирован и настраивается в ЛВТА. Автомат предназначен для обработки снимков с больших /одно- и двухметровых/ жидководородных камер.



◆ Сканирующий автомат типа *HPD* находился в режиме опытной эксплуатации с целью отладки и усовершенствования. Описана программа управления сканирующим автоматом *HPD*, работающим на линии с ЭВМ *CDC-1604A*, и рассмотрены возможные пути оптимизации режима измерения снимков с пузырьковых камер. Сформулированы требования и ограничения, накладываемые на программу управления автоматом, проанализированы пути достижения максимальной производительности измерительной системы данной конфигурации. Программа управления *HPD* реализована на *ФОРТРАНе* и автокоде *КОДАП-1*. Рассмотрена функциональная схема отсева фоновой информации для автомата *HPD*. Схема от-

личается простотой и автономностью по отношению к сканирующему автомату.

◇ Велась подготовка к обработке на автомате ЭЛТ-1 снимков с искровой камеры Лаборатории ядерных проблем. Проведена соответствующая модернизация автомата. Созданы управляющая программа, математическое обеспечение двух дисплеев, используемых при работе автомата, а также ряд тестовых программ.

◇ Создается макет автоматического сканирующего устройства АЭЛТ-2, предназначенного для обработки снимков с пузырьковых камер. Закончены конструкторские разработки макета, составлен проект использования малой ЭВМ для управления этим устройством.

◇ Разработана и запущена в эксплуатацию система больших просмотрово-измерительных столов БПС-2 на линии с ЭВМ ТРА. При помощи этой системы ведется просмотр снимков с 2-метровой пропановой камеры ОИЯИ, облученной протоном с импульсом 40 Гэв/с. Написан новый вариант программы для измерений масок на столах БПС-2. Начаты работы по модернизации этих столов.

◇ Введена в эксплуатацию измерительная система из пятнадцати полуавтоматических устройств типа ПУОС, управляемых вычислительной машиной БЭСМ-4. Эта система позволила поднять производительность труда операторов при решении отдельных задач на 50%. В системе исключена значительная часть ручного труда при проверке и исправлении перфоленг. Интенсивность измерения повышается благодаря целому ряду факторов, в числе которых важную роль играет уверенность оператора в правильности получаемых результатов.

◇ Совместно с ЛВЭ разработан и построен просмотровый стол УПС-50-80 простой конструкции для просмотра пленки, экспонированной на однометровой водородной пузырьковой камере. С помощью стола производится составление паспортов



84. Большие просмотрово-измерительные столы БПС-2 работают на линии с электронной вычислительной машиной ТРА. Шесть столов БПС-2 объединены с ТРА в систему, где ЭВМ управляет процессом измерения "масок" на снимках с пузырьковых камер. Снимки обрабатываются затем на сканирующем автомате НРД.

85. Система из 15 измерительных полуавтоматов ПУОС, связанных непосредственно с электронной вычислительной машиной БЭСМ-4, используется для обмера фотографий с действующих в ОИЯИ пузырьковых камер. Система позволяет производить в процессе измерения анализ вводимой в машину информации и исправлять ошибки операторов или аппаратуры.



найденных событий для дальнейшего их обмера на полуавтоматических измерительных приборах ПУОС-1. УПС-50-80 обеспечивает просмотр пленки шириной 80 мм / как с перфорацией, так и без нее / и 50 мм / без перфорации / при максимальной длине кадра 160 мм. В настоящее время в ЛВТА и других лабораториях эксплуатируется 20 таких столов, их работа отличается высокой надежностью.

♦ Из ЧССР получены два просмотрочных стола типа САМЕТ, которые будут использоваться для обработки снимков с двухметровых пузырьковых камер.

Методы визуального представления информации на ЭВМ

Сданы в эксплуатацию на ЭВМ CDC-1604А осциллограф со световым карандашом /ОСК/ и библиотека дисплейных программ общего и специального назначения. Осуществлен новый быстродействующий режим связи ОСК с вычислительной машиной БЭСМ-4. К ОСК подключены генератор символов, генератор векторов и контроллер. Подготовлена техническая документация для серии из 7 штук осциллографов со световым карандашом. Серия запущена в производство в ЦЭМе ОИЯИ. Закончены разработки и изготовление основных узлов графического дисплея.

В течение года совместно с другими лабораториями ОИЯИ велись работы по применению дисплеев для решения различных задач: расчета полей и электронно-оптических систем, задачи транспортировки заряженных частиц, моделирования следов в стримерных камерах СКМ-200 и СКМ-100, обработки फिल्मовой информации с трековых камер.

ОТДЕЛ НОВЫХ МЕТОДОВ УСКОРЕНИЯ

Наиболее существенными результатами работы Отдела новых методов ускорения в 1971 году являются:

- формирование стыка магнитных полей адгезатора и переходного участка, а также подготовка экспериментов по ускорению колец в резонаторах;

- монтаж ускорителя электронов СИЛУНД с номинальными параметрами 3 Мэв, 2000 а и ускорение газосфокусированного пучка на опытной секции ускорителя до энергии 500 кэв;

- получение устойчивой работы тепло-го резонатора с параметрами 90 кв/см при магнитном поле 10^4 гс;

- разработка методов измерения параметров электронного кольца на различных этапах его создания и ускорения;

- напыление пленки ниобия на первый рабочий экземпляр резонатора криогенной ускоряющей секции;

- работы по монтажу кольцетрона;

- изготовление камеры адгезатора-2, проведение ее испытаний;

- выпуск рабочего проекта ускорителя СИЛУНД на стадии опытного образца.

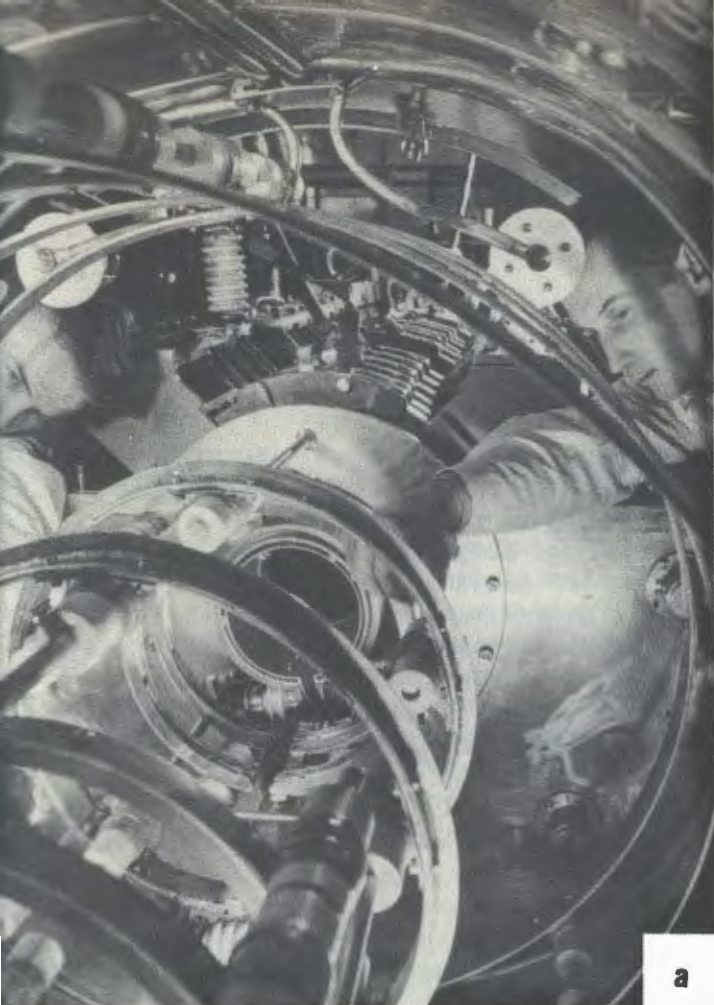
В 1971 году Отдел новых методов ускорения получил в эксплуатацию новый лабораторный корпус.

Работы на модели

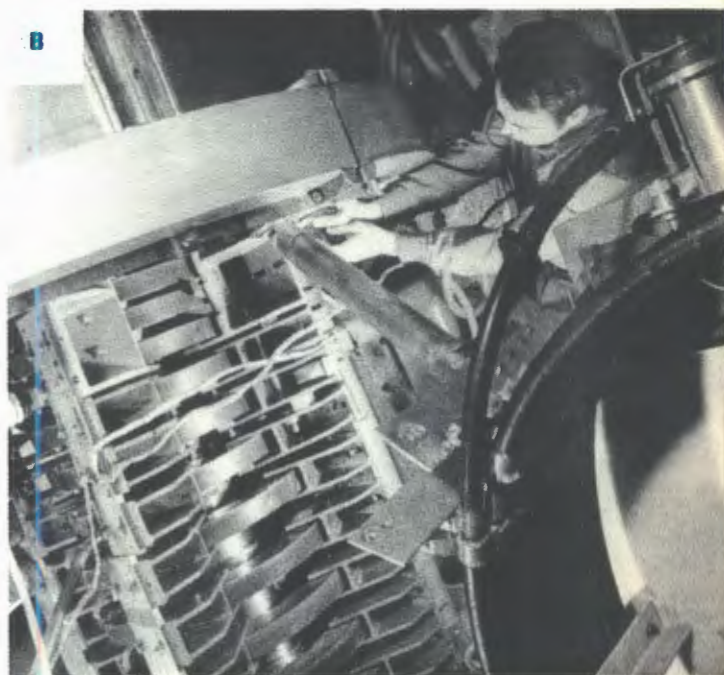
коллективного ускорителя

Разработана и изготовлена *аппаратура для измерения импульсных магнитных полей с высокой точностью /относительная погрешность ~ 0,1%, абсолютная - 1%/.*

В модели адгезатора, используемой в экспериментах, импульсное магнитное поле характеризуется частотой около 1 кгц, а импульсное магнитное поле ускоряющей секции и переходного участка - частотой 16 гц. Стыковка этих полей является од-



86. Модель коллективного ускорителя.
 а/ Внутренний вид адгезатора.
 б/ Коммутирующий разрядник, рассчитанный на токи порядка 300 ка.
 в/ Переходный участок модели ускорителя.

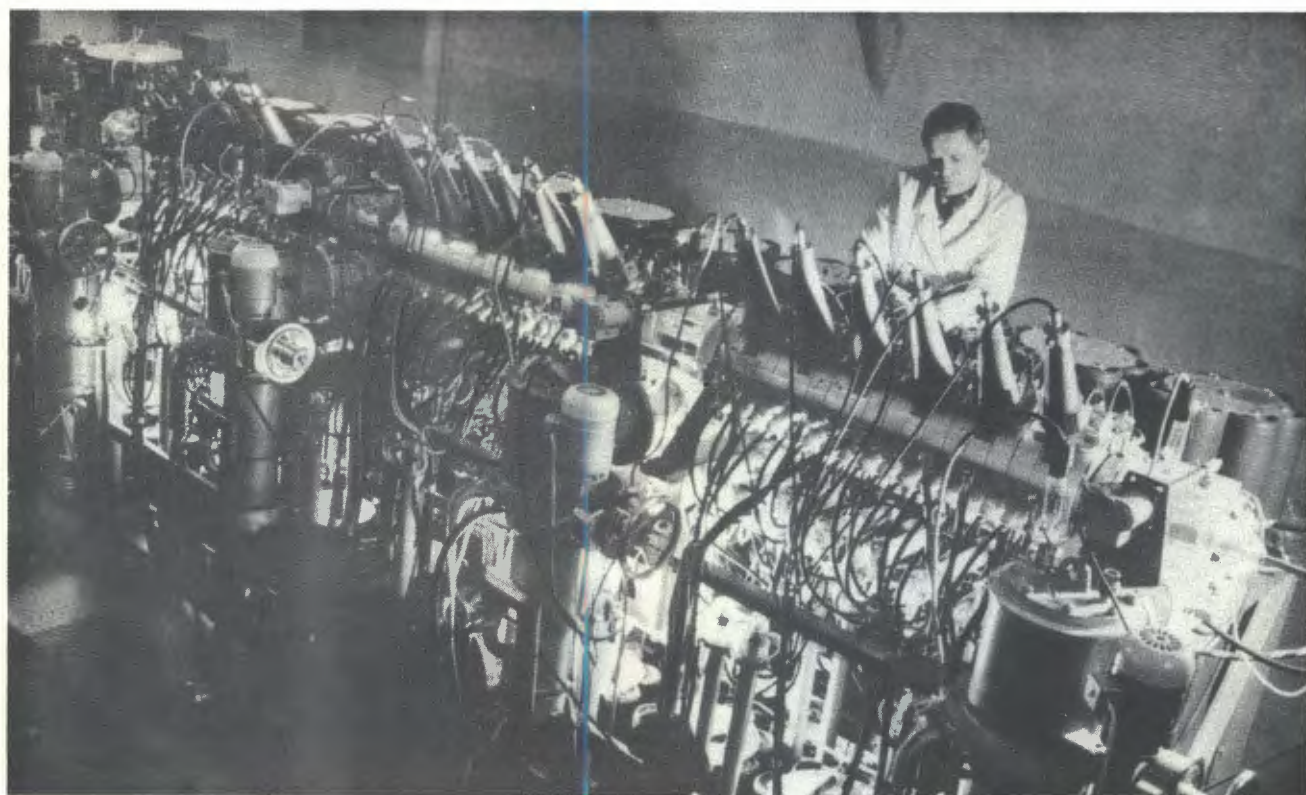


ной из важных задач, ее решению были посвящены работы второй половины 1971 года. С помощью системы "ЭВМ + дисплей" подбиралась конфигурация катушек, создающих требуемое магнитное поле. Затем на модели адгезатора магнитными измерениями уточнялась фактическая конфигурация поля в момент времени, соответствующий прохождению кольца. При сворачивании кольца на всех стадиях этого процесса обеспечивается $n = 0,4 \pm 0,08$. При выводе кольца градиент магнитного поля составляет несколько э/см на длине ускорения 60 см. Формирование поля на стыке адгезатора и переходного участка обеспечивается корректирующим витком. Изготовлены также катушки для создания необ-

ходимого распределения магнитного поля в переходном участке, проведены магнитные измерения.

Новые фокусирующие линзы и дополнительные катушки сделаны и установлены на электропроводе инжектора /ЛИУ-3000/. В результате этого ток пучка в ускорителе увеличился в 1,5 раза.

Закончена работа на теплых резонаторах по изучению высокочастотного разряда в магнитном поле. Проведено усовершенствование элементов высокочастотной системы. Получена напряженность электрического поля в резонаторе $E = 90$ кв/см при наличии магнитного поля $\sim 10^4$ гс. Эти параметры системы достаточны для начала экспериментов по ускорению колец.



СИЛУНД

На опытной секции ускорителя СИЛУНД отработывался режим ускорения газосфокусированного пучка. Ускорен электронный пучок с током 2000 а до энергии 500 кэв. Одновременно велись эксперименты по выбору конструкции ускорительной трубки и изучались условия прохождения газосфокусированного пучка.

Завершены монтаж и электрическая наладка всего ускорителя СИЛУНД.

Проведены эксперименты с автоэмиссионным катодом, в результате которых получен ток с многоигольчатого катода ~ 800а при напряжении генератора 230 кв.

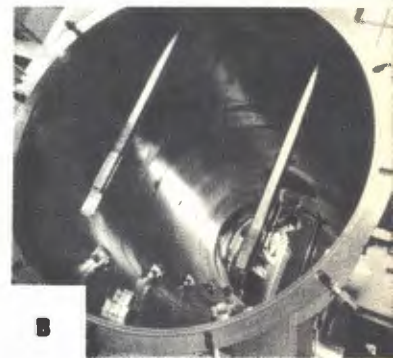
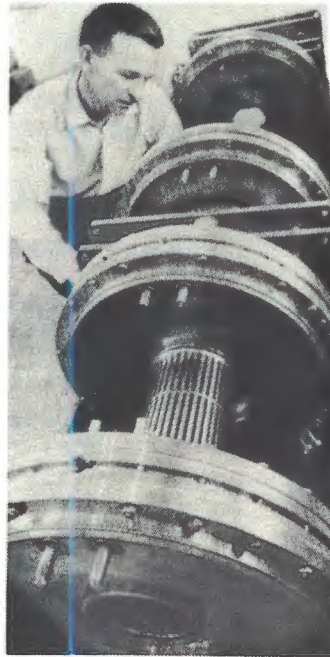
Адгезатор-2

Изготовлен армированный вариант вакуумной камеры адгезатора-2. Ее внутренние стенки выполнены из нержавеющей стали толщиной 0,5 мм, атмосферное давление воспринимают внешние стенки из слоистого пластика. Камера успешно прошла вакуумные испытания, на ней проведена серия магнитных измерений.

Кольцетрон

Начата сборка высокочастотной криогенной ускоряющей секции кольцетрона. Система высокочастотного питания и стабилизированные источники питания градиентных соленоидов находятся в стадии изготовления и испытания, система эвакуа-

87. Завершен монтаж ускорителя СИЛУНД - одного из основных узлов коллективного ускорителя. Параметры ускорителя: энергия ускоренных электронов 3 Мэв, ток пучка 2000 а.



88. Ведутся работы на высокочастотной криогенной ускоряющей секции кольцетрона.

а/ Резонаторы с фокусирующими трубами.

б/ Испытательный сверхпроводящий соленоид /перед помещением в криостат/.

в/ Вакуумный кожух криогенной ускоряющей секции.

ции энергии из основного соленоида и система магнитометрии для кольцетрона - в стадии разработки.

Проведено пробное нанесение ниобиевого покрытия на рабочий резонатор криогенной секции ускорителя.

Теоретические исследования

Исследования вопросов устойчивости кольца и излучения его в периодических структурах велись в следующих направлениях. Изучались нелинейная стабилизация дипольной неустойчивости и стабилизация дипольной неустойчивости азимутальным магнитным полем на линейной стадии ее развития. Производился учет

влияния кривизны и полей излучения на дипольную неустойчивость. Рассчитывались поля, возбужденные движущимся электронным кольцом в системе коаксиальных резонаторов.

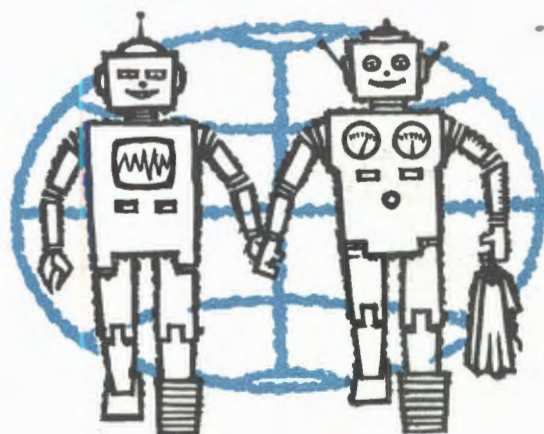
Кроме того, изучались вопросы стационарного состояния самофокусирующегося пучка большой плотности, велись расчеты по созданию и ускорению кольца в системах с винтовым полем, решалась задача по накоплению ионов в кольце.

Проводились теоретико-прикладные расчеты сверхпроводящих свойств специальных сплавов и расчеты, связанные с индикацией кольца и допусками на электромагнитные поля.

Разрабатывались методы управления пучком и формирования полей для коллективного ускорителя с помощью ЭВМ.

РУКОВОДЯЩИЕ И
КОНСУЛЬТАТИВНЫЕ
ОРГАНЫ

МЕЖДУНАРОДНЫЕ
С В Я З И



ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ РУКОВОДЯЩИХ И КОНСУЛЬТАТИВНЫХ ОРГАНОВ



89. Заседание Ученого совета Объединенного института ядерных исследований /XXXI сессия/.



29-30 мая 1971 года состоялась XXX сессия Ученого совета Объединенного института. Совет одобрил проекты тематических планов научных исследований на 1972 год и наметил главные задачи лабораторий, обсудил порядок выработки перспективных планов научных работ на 10-15 лет и новой пятилетки 1976-1980 г.г. В работе Совета нашли отражение вопросы совершенствования деятельности специализированных комитетов и секций Ученого совета, а также вопросы, связанные с дальнейшим улучшением организационной структуры ОИЯИ.

Совет заслушал и одобрил доклад о разработке коллективного метода ускорения, который может быть положен в основу будущих программ. Был рассмотрен ход выполнения программы исследований на ускорителе 76 Гэв в Серпухове.

Было утверждено решение жюри о присуждении премий ОИЯИ за лучшие работы, выполненные в 1970 году. Совет заслушал предложение жюри об изменениях и дополнениях к принятому в ОИЯИ "Положению о порядке присуждения премий" и, учитывая расширение тематики и возросший уровень методических исследований, постановил ввести ежегодно две вторые премии ОИЯИ вместо одной.

Ученый совет одобрил проекты планов сотрудничества лабораторий ОИЯИ с научно-исследовательскими организациями стран-участниц, а также планы проведения научных совещаний и участия ОИЯИ в международных конференциях 1972 года.

Состоялись выборы на должности заместителей директоров лабораторий.

Ученый совет по физике высоких энергий и его комитеты /Фотозмульсионный, Камерный и Комитет по электронным экспериментам/ заседали в 1971 году дважды. Ученый совет /XII сессия 17-20 мая, XIII сессия 18-19 ноября/ ознакомился с экспериментальной программой исследований ОИЯИ на ускорителе 70 Гэв в Сер-

пухове, ходом выполнения тематических планов ОНМУ, ЛВЭ, ЛЯП и ЛВТА в 1971 году и тематическими планами лабораторий на 1972 год. Были заслушаны доклады по основным темам научных работ, а также о программе модернизации синхрофазотрона, об использовании ЭВМ в лабораториях, о новом мультипрограммном режиме работы ЭВМ БЭСМ-6 и ряд других.

На заседаниях Фотозмульсионного комитета /12 мая, 17 ноября/ обсуждались вопросы сотрудничества ОИЯИ и групп из стран-участниц института на базе фотозмульсионного материала, облученного на ускорителе в Серпухове и на синхрофазотроне ОИЯИ.

Камерный комитет /10-12 мая, 16-17 ноября/ рассмотрел и одобрил программу исследований на двухметровых пропановой и водородной камерах, установленных на серпуховском ускорителе, программу облучений и усовершенствования 100-сантиметровой водородной камеры, одобрил программу облучения пузырьковых камер на синхрофазотроне ОИЯИ, составил сводную таблицу заявок отдельных групп ОИЯИ и стран-участниц института на фотографии с различных камер, решил ряд вопросов, связанных с организацией сотрудничества на базе материалов с двухметровой пропановой камеры и двухметровой водородной камеры "Людмила".

Комитет по электронным экспериментам /12-14 мая, 17 ноября/ заслушал отчеты групп, проводящих исследования на серпуховском ускорителе с помощью электронных методов: по регенерации K^0 -мезонов на водороде, π^-e -рассеянию, поиску монополя Дирака, поиску новых сверхтяжелых частиц и антиядер, заслушал информацию о состоянии дел по созданию магнитного спектрометра с релятивистской ионизационной стримерной камерой /РИСК/, установок "Фотон", СКМ-200 /стримерная камера/. Комитет рассмотрел ряд новых предложений.

Состоялись две сессии Ученого совета по физике низких энергий: XII сессия /19-21 мая/ и XIII сессия /25-26 ноября/. Основными вопросами повестки дня этих сессий было обсуждение хода выполнения тематического плана лабораторий по физике низких энергий в текущем году, а также ознакомление с проектами тематических планов и планов международного сотрудничества на 1972 год /майская сессия/ и уточнение этих планов перед утверждением их Ученым советом ОИЯИ /ноябрьская сессия/. Подробно обсуждалась научная деятельность Лаборатории нейтронной физики /XII сессия/ и Лаборатории ядерных реакций /XIII сессия/. Были заслушаны доклады руководителей научных групп.

В центре внимания Ученого совета по физике низких энергий находилось создание и совершенствование основного оборудования института для изучения структуры атомного ядра и конденсированных сред. Отдельное заседание было посвящено положению дел в строительстве мощного импульсного реактора ИБР-2 и подготовке к научным работам на нем. Рассматривался вопрос о состоянии радиоэлектроники для исследований по физике низких энергий. Кроме того, на обеих сессиях были заслушаны и обсуждены отчеты председателей специализированных комитетов Совета о деятельности Комитета по ядерной физике и Комитета по нейтронной физике.

По рекомендации Ученого совета в ноябре 1971 года было организовано рабочее совещание по обработке спектрометрической информации с помощью вычислительных машин.

Комитет по ядерной физике провел в 1971 году два заседания. На первом /10-12 мая/ обсуждались итоги Международного семинара по исследованию атомного ядра с помощью заряженных частиц и была одобрена рекомендация оргкомитета семинара о расширении программы таких работ на пучках ускорителей ОИЯИ. На ноябрьском заседании рассматривались перспективы исследований с помощью ускоренных тяжелых ионов на тандеме из циклотронов Лаборатории ядерных реакций, а также проблемы сооружения ускорителя тяжелых ионов, основанного на коллективном методе ускорения.

Комитет по нейтронной физике также провел два заседания. Заслушав сообщения начальников отделов Лаборатории нейтронной физики о тематических планах научной деятельности на 1972 год, Комитет основное внимание уделил тематике исследований по физике конденсированных сред. Комитет обсудил вопрос о подготовке физических установок к измерениям на строящемся реакторе ИБР-2.

Оба комитета посвятили часть своего времени ознакомлению с новыми темами, которые предлагается разрабатывать на базовых установках ОИЯИ.

ПРЕМИИ ОИЯИ ЗА 1970 ГОД

На соискание премий Объединенного института ядерных исследований за 1970 год были выдвинуты лучшие научно-исследовательские и научно-методические работы, выполненные сотрудниками института.

Решением Ученого совета ОИЯИ от 30 мая 1971 года присуждены премии за следующие работы.

Научно-исследовательские работы

Первая премия за работу "Альфа-распад нейтронных резонансов ядер", авторы: И.Квитек, Ю.П.Попов, М.Пшитула, К.Г.Родионов, Р.Ф.Руми, М.Стэмпиньски, М.Флорек, В.И.Фурман, И.Вильгельм.

Две вторые премии за работы

1. "Нелокальная теория квантованного скалярного поля", автор: Г.В.Ефимов;

2. "Измерение полных сечений взаимодействия пионов с протонами методом черенковского годоскопа", авторы: Ю.Т.Борзунов, Н.Гиордэнеску, Л.Б.Голованов, В.Н.Зубарев, В.И.Иванов, В.Л.Мазарский, Н.С.Мороз, В.Б.Радоманов, В.С.Ставинский, А.П.Цвинеv.

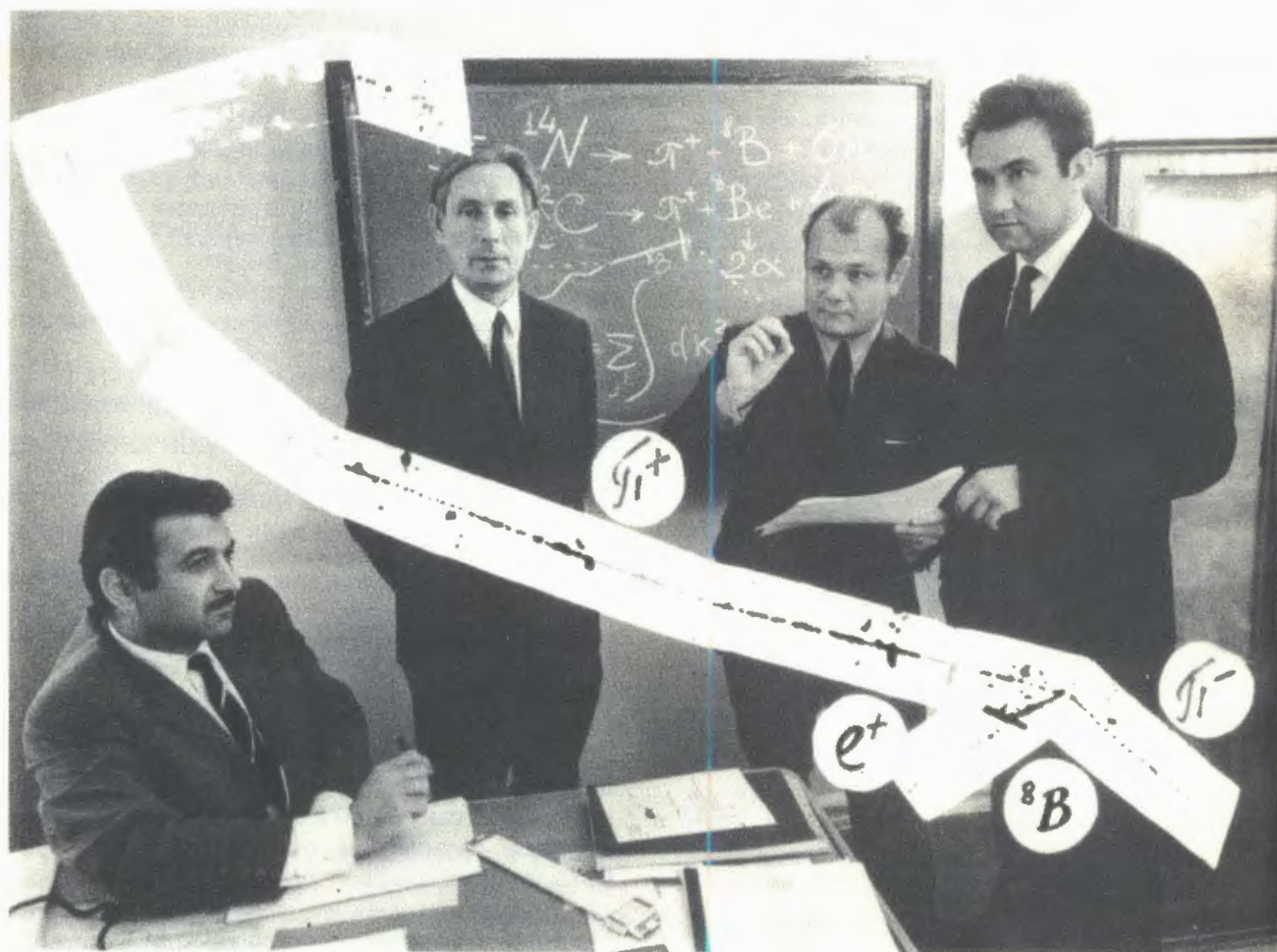
Научно-методические работы

Первая премия за работу "Эксперименты по ускорению альфа-частиц коллективным методом", авторы: В.П.Саранцев, В.П.Рашевский, А.К.Каминский, В.И.Мионов, В.П.Фартушный, В.Г.Новиков.

Вторая премия за работу "Ускорение и вывод пучка дейтронов из синхрофазотрона ОИЯИ", авторы: Ю.Д.Безногих, Л.П.Зиновьев, И.Б.Иссинский, Г.С.Казанский, А.И.Михайлов, В.И.Мороз, Н.И.Павлов, Г.П.Пучков.

Принимая во внимание высокую оценку, данную работе "Излучение Вавилова-Черенкова и его применение в физике высоких энергий", авторы: В.П.Зрелов, П.Павлович, П.Шулек и Ч.Музикарж, - Ученый совет присудил ей дополнительную вторую премию.

90. Вручены дипломы Государственного комитета по изобретениям и открытиям СССР авторам открытия нового явления - двойной перезарядки пи-мезонов. На снимке /слева направо/: сотрудники ОИЯИ С.А. Бунятов, В.М. Сидоров, Ю.А. Батусов и сотрудник ИФВЭ /Серпухов/ В.А. Ярба.



МЕЖДУНАРОДНЫЕ СВЯЗИ И НАУЧНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

Объединенный институт ядерных исследований имеет обширные, постоянно развивающиеся международные связи. Эти связи в 1971 году развивались в следующих направлениях:

- сотрудничество с научно-исследовательскими организациями стран-участниц в физических исследованиях, разработке новых методов, создании новых экспериментальных установок и аппаратуры;

- командировки специалистов ОИЯИ в страны-участницы и прием ученых из стран-участниц в ОИЯИ;

- организация Объединенным институтом ядерных исследований научных конференций, симпозиумов, школ и совещаний;

- участие ученых Объединенного института в международных и национальных научных конференциях;

- сотрудничество ОИЯИ с международными и национальными научными организациями стран, не являющихся членами института, обмен с этими центрами информацией, а также визитами ученых.

Сотрудничество лабораторий института с научно-исследовательскими организациями стран-участниц

Особенно важным видом сотрудничества является выполнение институтом совместно с научно-исследовательскими организациями стран-участниц физических исследований, методических разработок, создание новых экспериментальных установок и аппаратуры. В 1971 году лаборатории института выполняли около 270 таких работ. Особое место занимают эксперименты, проводимые на ускорителе ИФВЭ в Серпухове, в которых участвуют интернацио-

нальные группы физиков стран - участниц ОИЯИ. Исследования в Серпухове, а также в Ереване осуществляются в соответствии с соглашением между Объединенным институтом и Госкомитетом по использованию атомной энергии СССР.

Лаборатория высоких энергий поддерживает тесные контакты со многими институтами и другими организациями стран-участниц:

а/ в экспериментальных исследованиях, ведущихся на базе синхрофазотрона и протонного синхротрона ИФВЭ /Серпухов/;

б/ в научно-методических разработках бесфильмовых искровых и пропорциональных камер, в области электроники, а также криогенной техники;

в/ в работах по усовершенствованию синхрофазотрона, в том числе по созданию систем медленного вывода частиц из ускорителя и ускорения ядер до релятивистских энергий.

Лаборатория поставляет в страны-участницы снимки с пузырьковых камер, ядерные эмульсии, магнитные ленты с записью экспериментальной информации.

Группа физиков, ведущая исследования на двухметровой пропановой камере, в настоящее время сотрудничает с 18 лабораториями 8 стран. 80% экспериментального материала передано в эти лаборатории, где его обработкой занято около 100 физиков.

На основе 1-метровой жидководородной камеры лаборатория проводит эксперименты вместе с научными организациями 5 стран /ГДР, МНР, СРР, СССР, ЧССР/. Группа, работающая с ядерными фотоэмульсиями, ведет совместные исследования с 20 лабораториями стран - участниц ОИЯИ и других стран.

В экспериментах, выполняемых учеными ЛВЭ в Серпухове электронными методами, группы физиков под руководством В.А.Никитина, Э.Н.Цыганова, М.Ф.Лиха-

чева активно сотрудничают с лабораториями почти всех стран-участниц.

Лаборатория ядерных проблем осуществляет постоянные связи с научными центрами стран - членов Объединенного института, особенно в области ядерной спектроскопии. В 1971 году отдел ядерной спектроскопии и радиохимии развивал эти связи и производил поставки радиоактивных изотопов. В проведении работ по программе ЯСНАПП участвовали физики из НРБ, ВНР, ГДР, ПНР, ЧССР.

Расширилось сотрудничество в области физики высоких энергий. Группа В.И.Сидорова на основе фотоэмульсионной методики ведет эффективные исследования захвата пионов и мюонов легкими ядрами и двойной перезарядки пи-мезонов совместно с физиками Болгарии, Румынии и Монголии. Группа Ю.А.Щербакова и научные сотрудники из ФИ БАН на реакторе в Софии впервые наблюдали процесс захвата медленных нейтронов ядрами аргона и образование электрон-позитронной пары. В сотрудничестве с учеными из Ереванского физического института на ереванском ускорителе завершено оригинальное исследование рассеяния электронов протонами. Участие специалистов из СРР в этом эксперименте позволило ускорить его выполнение.

Вместе со специалистами ГДР и ПНР в лаборатории создаются крупные установки: магнитный искровой спектрометр и релятивистская искровая стримерная камера.

ЛЯП сотрудничает с научными организациями Венгрии, Польши, Чехословакии в осуществлении реконструкции ускорителей в странах-участницах.

Лаборатория ядерных реакций решала поисковые задачи по обнаружению сверхтяжелых элементов в природе с участием ученых НРБ, ВНР, ГДР, ПНР, СССР. Физиками ЛЯРа, СРР, ПНР, ВНР в 1971 году выполнен цикл исследований свойств спон-



91. Члены Комитета Полномочных Представителей посетили Институт физики высоких энергий /Серпухов/, где состоялось официальное открытие установки с двухметровой жидководородной пузырьковой камерой "Людмила". Они ознакомились с ускорителем 76 Гэв ИФВЭ и работами, проводимыми на этом ускорителе. Состоялась встреча членов КПП ОИЯИ с советскими учеными.





танно делящихся изомеров. Работы по ядерной спектроскопии велись вместе со специалистами ПНР и НРБ. С Физическим институтом БАН лаборатория сотрудничала в экспериментах по изучению свойств ядер, далеких от полосы стабильности, и реакций с тяжелыми ионами, а также в разработке комплекса спектроскопической аппаратуры для полупроводниковых детекторов.

Специалисты лаборатории и физики ПНР, ВНР, СРР вели работы по совершенствованию циклотронов в этих странах, а также большой объем методических работ по пластиковым и полупроводниковым детекторам, по разработке и наладке радиоэлектронной аппаратуры.

Лаборатория плодотворно сотрудничала с Монгольским государственным университетом в области применения диэлектрических детекторов в физике, геологии и биологии. С ЦИФИ /Будапешт/ успешно велись разработки в области применения ЭВМ в экспериментах, осуществлялась совместная разработка устройств визуализации.

В ЧССР продолжается совместно с ОИЯИ изучение трансурановых альфа-излучателей методом ориентированных ядер. Большая и важная работа ведется учеными ОИЯИ вместе со специалистами Демократической Республики Вьетнам в области исследований ядерных реакций для применения в активационном анализе на базе полученного из ВНР нейтронного генератора НГ-160.

Совместные с лабораториями стран-участниц эксперименты, особенно по поиску сверхтяжелых элементов в природе, по активационному анализу и по ядерной спектроскопии составляли значительную часть плана научно-технических исследований лаборатории.

Лаборатория нейтронной физики имеет традиционные связи с институтами Польши, Венгрии, Чехословакии, Болгарии, Германской Демократической Республики, Монголии и других стран-участниц ОИЯИ. Совместно с ИЯИ /Сверк/ был завершен запуск спектрометра ВКСН-300 на пучке реактора ИБР-30 и проделана значитель-

92. Советские ученые - директора лабораторий ОИЯИ награждены правительством Народной Республики Болгарии орденом Кирилла и Мефодия. Награды вручил в Дубне Чрезвычайный и Полномочный Посол Народной Республики Болгарии в СССР Стоян Гюров. На снимке /слева направо/: академик И.М. Франк, С. Гюров, члены-корреспонденты АН СССР М.Г. Мещеряков, В.П. Джеленов.

ная работа по автоматизации измерений на этом спектрометре. Получены первые физические результаты. Успешно разворачивается совместная деятельность ЛНФ и ИЯФ /Краков/ по созданию спектрометра КД-СОГ-1 и проведению с его помощью измерений на жидких кристаллах. Интересные результаты получены Лабораторией нейтронной физики и ЦИЯИ /Россендорф/ при определении длины нейтрон-нейтронного рассеяния. Эти данные в настоящее время являются наиболее точными в мире. Обширный материал получен в совместных с Лейпцигским университетом исследованиях изобар-аналоговых резонансов на ЭГ-5.

Страны-участницы ОИЯИ активно помогают лаборатории в создании аппаратуры для ИБРа-2: в ПНР ведется проектирование и изготовление радиоэлектронных систем управления защитой ИБРа-2, в ВНР начаты работы по измерительному центру для этого реактора. Ряд институтов ПНР, ВНР, ЧССР проводит методические разработки для исследований на ИБРе-2.

Лаборатория сотрудничает с учеными Монгольского университета в подготовке и постановке исследований на нейтронном генераторе в Улан-Баторе.

Серьезные задачи решаются ЛНФ с Физико-энергетическим институтом в Обнинске и Институтом атомной энергии им. И.В. Курчатова. Группа проф. Ф.Л. Шапиро развивает сотрудничество с ФИ БАН по изучению ультрахолодных нейтронов.

Лаборатория теоретической физики осуществляет контакты с теоретиками большинства стран-участниц во всех основных направлениях своих научных исследований. В связи с этим сотрудничеством физиками-теоретиками стран-участниц в ЛТФ было проведено несколько научных семинаров. Весьма полезными были выступления с докладами проф. Д. Ульмана и проф. Ф. Кашлуна из ГДР.

С каждым годом расширяются связи Лаборатории вычислительной техники и автоматизации с лабораториями и предприятиями стран - членов ОИЯИ. С Центральным институтом физических исследований Венгерской академии наук проводились совместные работы по реализации проекта многомашинной системы ввода-вывода информации БЭСМ-6 и фортранных станций на базе венгерских ЭВМ типа ТРА, а также дисплейных устройств. Разрабатывались методы использования ЭВМ ТРА для непосредственной связи с просмотрно-измерительным оборудованием; запущена в эксплуатацию система просмотрно-измерительных столов БПС-2 на линии с ТРА при помощи которой ведется обработка снимков с двухметровой пропановой камеры ОИЯИ.

В ряде лабораторий стран-участниц используются разработки ЛВТА. Созданное в лаборатории математическое обеспечение, в том числе для БЭСМ-6 с транслятором с ФОРТРАНа, внедряется на ЭВМ институтов стран-участниц. Группа математической информации и документации

ЛВТА регулярно высылает информационные материалы по математическому обеспечению ЭВМ в научные учреждения этих стран.

Совместно с ИФВЭ, Электроакустической лабораторией и двумя заводами точной механики ГДР, а также рядом институтов СССР продолжались работы по изготовлению партии сканирующих приборов "Спиральный измеритель".

Научные командировки сотрудников института в страны-участницы и специалистов стран-участниц в ОИЯИ

В 1971 году наблюдалось увеличение числа командировок специалистов института в научные центры стран-участниц, что было вызвано, в частности, проведением четырех больших международных конференций ОИЯИ в ГДР, НРБ и ПНР.

В странах - членах Объединенного института побывали с целью участия в научных совещаниях 145 человек, для выполнения совместных работ - 188 человек, чтения лекций и обмена опытом - 64 человека.

В страны-участницы выезжали ведущие ученые ОИЯИ: Н.Н. Боголюбов, Н. Содном, А. Михул, Г.Н. Флеров, Д.И. Блохинцев, М.Г. Мещеряков, В.П. Желепов, А.М. Балдин, Б.М. Понтекорво, З. Новак, С. Хойнацки, З. Стругальски, Н. Кроо, Д. Чултем и др.

Объединенный институт посылает в страны-участницы специалистов для настройки и ремонта просмотрово-из-

мерительной аппаратуры /в ПНР, МНР, ЧССР, СРР/. В Физическом институте БАН при помощи специалистов ОИЯИ создается измерительный центр, в ГДР специалисты ОИЯИ выезжали для постановки математического обеспечения на БЭСМ-6.



93. IV Международная конференция по физике высоких энергий и структуре ядра /Дубна, 1971/. Вместе с советскими учеными в работе конференции приняли участие 230 специалистов из 30 стран.



В связи с сотрудничеством ОИЯИ с соответствующими физическими центрами стран-участниц Объединенный институт принял 543 специалиста из этих стран, не считая участников научных и научно-организационных совещаний.

Научные совещания, проведенные ОИЯИ

Объединенный институт ядерных исследований проводит значительную работу по организации международных научных конференций, симпозиумов, совещаний. В этом заинтересованы не только лаборатории института, но также соответствующие научные центры стран-участниц. Такие совещания дают возможность подводить итоги научных исследований, выявляют перспективы дальнейшей деятельности и значительно содействуют укреплению сотрудничества института с лабораториями стран-участниц.

В 1971 году Объединенный институт ядерных исследований провел 11 научных и 16 научно-организационных совещаний, в работе которых участвовало около 2000 специалистов из Дубны, стран-участниц института и других стран.

В апреле состоялся Международный симпозиум по физике высоких энергий и элементарных частиц в Дрездене /ГДР/, организованный совместно ОИЯИ и Институтом физики высоких энергий Германской академии наук в Берлине. На симпозиуме присутствовало около 100 ученых стран-участниц ОИЯИ.

Международный семинар по бинарным реакциям адронов при высоких энергиях проводился ОИЯИ совместно с Академией наук СССР, на него прибыло около 200 специалистов из стран-участниц ОИЯИ и других стран. Целью семинара являлось подробное рассмотрение как совокупности

экспериментальных данных, так и теорий и моделей, относящихся к бинарным реакциям при энергиях выше нескольких Мэв, а также определение направлений дальнейших исследований.

Институт организовал совместно с ЦЕРНом II-ую Международную школу по физике высоких энергий для экспериментаторов с 13 по 27 июня в Варне /НРБ/. К чтению лекций были привлечены известные ученые разных стран. Школа успешно решила свою основную задачу - ознакомление молодых физиков-экспериментаторов с современным состоянием актуальных вопросов теоретической физики.

В сентябре Объединенный институт ядерных исследований, ГКАЭ и АН СССР провели IV Международную конференцию по физике высоких энергий и структуре ядра. В работе конференции приняли участие более 230 специалистов из разных стран, в том числе почти 100 ученых из стран, не являющихся членами ОИЯИ.

В феврале состоялась Международная конференция по физике тяжелых ионов, организованная Лабораторией ядерных реакций ОИЯИ, которая представила важный материал по исследованиям в области синтеза новых сверхтяжелых элементов. Конференция показала, что Лаборатория ядерных реакций занимает ведущее положение в разработке основных направлений физики тяжелых ионов.

В Кюлунгсборне /ГДР/ успешно прошел Международный семинар по исследованию атомного ядра с помощью заряженных частиц, на котором квалифицированными специалистами ОИЯИ и стран-участниц были обсуждены перспективы изучения структуры ядра с помощью заряженных частиц с ориентацией на ускорители ОИЯИ. В работе семинара участвовали около 80 ученых.

Полезным был Международный симпозиум по автоматизации обработки данных с пузырьковых и искровых камер /устрои-

тель - Лаборатория вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ/. На нем были обсуждены перспективы и возможности обработки на ЭВМ все увеличивающегося потока информации с физических установок. На симпозиуме присутствовало около 250 ученых.

Совет по радиоэлектронике ОИЯИ был организатором Международного симпозиума по ядерной электронике в Варшаве /ПНР/. Успешно прошли и рабочие совещания ОИЯИ.

Научные совещания, организованные другими физическими центрами

Более 350 специалистов Объединенного института в 1971 году приняли участие в 43 конференциях, семинарах, школах и совещаниях, проведенных в странах-участниках: Болгарии, Венгрии, ГДР, Польше, Советском Союзе. 77 ученых института были участниками 37 конференций, проведенных в других странах: Италии, Швейцарии, Англии, США, Югославии, Финляндии, Нидерландах, ФРГ, Индии.

Объединенный институт направлял представительные делегации на Всесоюзное совещание по ядерной спектроскопии и структуре ядра в Москве, Совещание по нейтронной физике в Киеве, Школу физиков в Ереване, Совещание по теории сильных взаимодействий в Кюлунгсборне /ГДР/, Семинар по нейтронной спектроскопии и Школу по магнетизму и рассеянию нейтронов в Дрездене.

Делегации ОИЯИ выезжали на Международную конференцию по физике элементарных частиц в Амстердаме /Нидерланды/, Международный симпозиум по электронным и фотонным взаимодействиям в Итаке /США/, Международную конференцию по статическим свойствам ядер в Олбани

/США/, IV Международную конференцию по мирному использованию атомной энергии в Женеве /Швейцария/, Международную конференцию по ускорителям высоких энергий в Женеве /Швейцария/ и др.

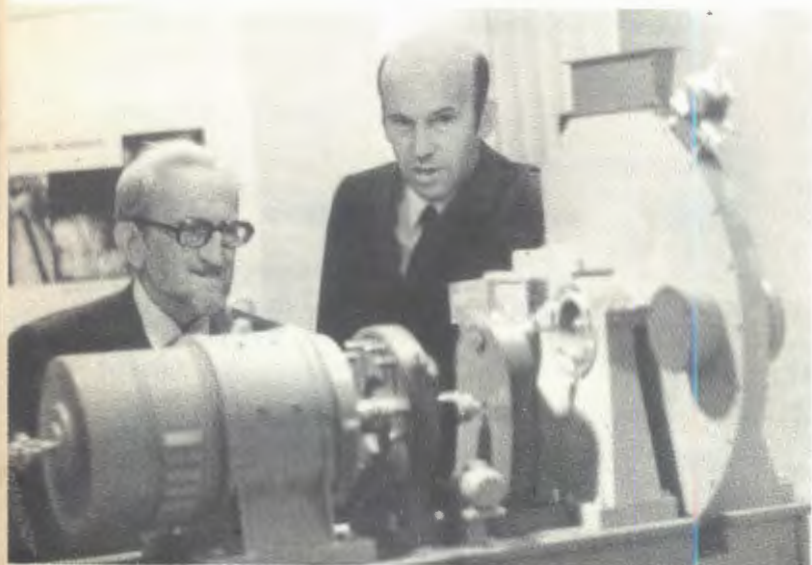
Сотрудничество и связи с научными центрами стран, не являющихся участниками ОИЯИ

ОИЯИ сотрудничает не только со странами-участниками, но и с научными центрами других стран.

В течение двух лет группа Ю.А. Щербакова и ученые Туринского института физики /Италия/ проводят исследования рассеяния пи-мезонов на ядрах гелия с помощью стримерных камер. Группа В.М. Сидорова ведет работу вместе с группой П.Кюера /Лаборатория корпускулярной физики, Страсбург, Франция/ по изучению захвата разных типов мезонов легкими ядрами. ОИЯИ проводил совместные работы с Институтом Нильса Бора /Дания/ - в основном в области теории ядра. Дважды в этот институт выезжал для участия в исследованиях реакций при низких энергиях Г.Шульц.

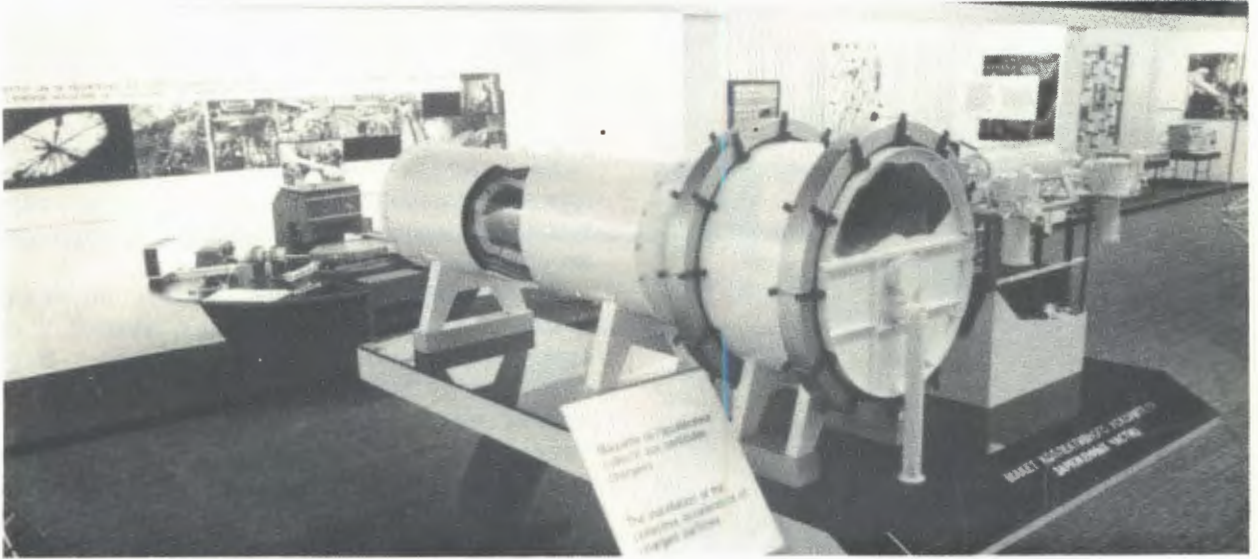
Сотрудники Лаборатории теоретической физики выполняли совместные работы с физиками Югославии /Институт Б.Кидрича в Белграде и Институт Р.Бошковича в Загребе/ в области ядерной физики и физики элементарных частиц, в связи с чем осуществлялся обмен краткосрочными визитами.

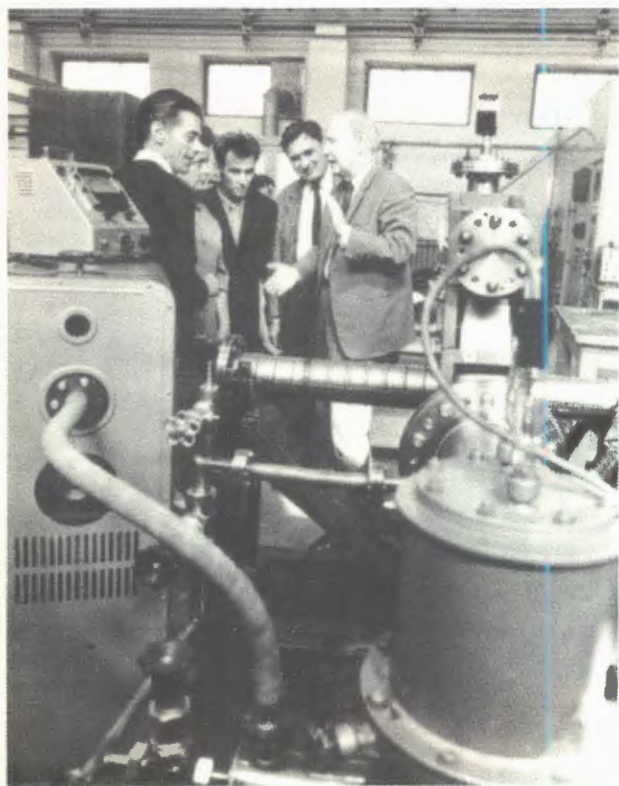
Лаборатория ядерных реакций ОИЯИ и Институт ядерной физики в Орсе /Франция/ продолжали исследования в области синтеза трансурановых элементов. Для учас-



94. Ученые Объединенного института ядерных исследований участвовали в Международной конференции по мирному использованию атомной энергии, которая проходила в Женеве. На выставке "Женева-71" демонстрировалась экспозиция, отражающая научные достижения ОИЯИ.







95. Дубну посетил генеральный директор ЦЕРНа профессор В. Ентчке. На снимке: В. Ентчке в Отделе новых методов ускорения. Его сопровождают проф. А. Михул и д-р физико-математических наук В.П. Саранцев.

тия в этих исследованиях в Орсе на год выезжал Ю.Ц.Оганесян.

Осуществлялись традиционные связи с ЦЕРНом, в том числе обмен учеными. Двое ученых ОИЯИ работали в ЦЕРНе около одного года, сотрудничая в экспериментах по физике высоких энергий. 15 человек посетили ЦЕРН с целью изучения его опыта, участия в экспериментах и в подготовке публикаций.

Во Францию были командированы 17 специалистов ОИЯИ, в том числе два физика, работавшие в Центре ядерных исследова-

ний в Сакле длительное время, остальные командировки были краткосрочными.

В течение 6 месяцев в Орхусском университете /Дания/ находился Г.Байер в связи с конструированием мишеней для сепаратора Лаборатории ядерных проблем, работающего на линии с ускорителем.

В декабре 1971 года сроком на 1 месяц в Каирский университет /Арабская Республика Египет/ выезжали двое ученых ОИЯИ для чтения лекций по физике тяжелых ионов и для помощи в организации лаборатории по обработке ядерных эмульсий.

В связи с осуществлением сотрудничества, а также для чтения лекций и обсуждения научных проблем в Дубну в 1971 году было приглашено 70 ученых из стран, не входящих в ОИЯИ. Более 150 ученых этих стран приезжали на конференции, организованные ОИЯИ. С лекциями в Дубне выступили М.Гайсинский, Р.Бушез из Франции, Ли Гродзинс из США, Л.Монтане и Ж.П.Юссон из ЦЕРНа, Т.Густафсон из Швеции, Р.Пинн из Норвегии и другие.

По решению своих руководящих органов Объединенный институт может предоставлять ежегодно 15 стипендий, главным образом для развивающихся стран. В настоящее время в ОИЯИ в качестве стипендиатов работают специалисты из АРЕ, Индии и т.д.

Экскурсии в ОИЯИ

В течение года в Объединенном институте ядерных исследований было принято 55 групп экскурсантов /1217 человек/, из них 49 групп /1128 человек/ - из стран-участниц, 6 групп /89 человек/ - из других стран.

Посетители знакомились с историей института, основными направлениями исследований и экспериментальными установками лабораторий.

СПРАВКА
о развитии международного сотрудничества
и связей
Объединенного института
ядерных исследований
за период 1966-1971 гг.

Вид сотрудничества	1966	1967	1968	1969	1970	1971
1. Количество совместных работ	153	203	210	235	250	270
2. Количество командировок специалистов из стран-участниц в Дубну /без совещаний/	252	307	301	352	446	543
3. Количество командировок специалистов ОИЯИ в страны-участницы	210	252	258	350	287	397
4. Количество научных, методических и научно-организационных совещаний	28	28	23	29	28	27
5. Количество командировок на международные конференции и в научные центры стран, не являющихся участниками института	78	102	129	147	166	139
6. Количество приездов ученых из стран-неучастниц	52	67	49	87	176	225*
7. Количество стипендиатов ОИЯИ	-	6	7	6	8	20

* В том числе участники Международной конференции по физике высоких энергий и структуре ядра.

ПЕРЕЧЕНЬ
научных совещаний,
проведенных
Объединенным институтом
ядерных исследований
в 1971 году

1	Тематика совещаний	Время проведения	Место проведения	Количество участников
2	3	4	5	

А. Совещания по физике высоких энергий

1.	Международный симпозиум по физике высоких энергий	19-26 апреля	Дрезден, ГДР	108
2.	Международный семинар по бинарным реакциям адронов при высоких энергиях	3-8 июня	Дубна	191
3.	Международная школа по физике высоких энергий	13-27 июня	Варна, НРБ	142
4.	Международная конференция по физике высоких энергий и структуре ядра	7-11 сентября	Дубна	230

Б. Совещания по физике низких энергий

5.	Международный семинар по исследованию атомного ядра с помощью заряженных частиц	11-23 января	Кюлунгсборн, ГДР	82
6.	Международная конференция по физике тяжелых ионов	11-17 февраля	Дубна	214
7.	Рабочее совещание по ядерной спектроскопии и теории ядра	22-25 июня	Дубна	196

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

В. Совещания по методическим вопросам

8. Международный симпозиум по ядерной электронике	22 сентября - 1 октября	Варшава, ПНР	97
9. Международный симпозиум по вопросам автоматизации обработки данных с пузырьковых и искровых камер	12-16 октября	Дубна	282
10. Рабочее совещание по развитию циклотронных методов ускорения для получения монохроматических пучков частиц	26-28 октября	Дубна	51
11. Рабочее совещание по вопросам координации работ, связанных с обработкой ядерной спектральной информации	18-23 ноября	Дубна	68

Г. Научно-организационные совещания

12. Сессия Ученого совета ОИЯИ	29-30 мая	Дубна	54
13. Сессии Ученого совета по физике высоких энергий ОИЯИ	17-20 мая 18-19 ноября	Дубна Дубна	24 24
14. Сессии Ученого совета по физике низких энергий ОИЯИ	19-21 мая 25-26 ноября	Дубна Дубна	34 40
15. Сессия Ученого совета по теоретической физике ОИЯИ	23-24 ноября	Дубна	16
16. Совещания Камерного комитета ОИЯИ	10-12 мая 16-17 ноября	Дубна Дубна	29 32
17. Совещания Фотоэмульсионного комитета ОИЯИ	10-12 мая 16-17 ноября	Дубна Дубна	37 34
18. Совещания Комитета по электронным экспериментам ОИЯИ	12-14 мая 16-17 ноября	Дубна Дубна	26 25

1	2	3	4	5
19. Совещания Комитета по ядерной физике ОИЯИ		10-12 мая	Дубна	26
		23-24 ноября	Дубна	21
20. Совещания Комитета по нейтронной физике ОИЯИ		12-14 мая	Дубна	35
		23-24 ноября	Дубна	35

ПЕРЕЧЕНЬ

международных и национальных конференций,
симпозиумов, семинаров, совещаний и школ,
в которых
принимали участие специалисты
Объединенного института
ядерных исследований
в 1971 году

№ пп	Наименование	Время проведения	Место проведения	Фамилии /количество/ участников
1	2	3	4	5

А. В странах-участницах института

1. Зимняя школа ЦИФИ по физике высоких энергий	13-29 января	Будапешт, ВНР	Янчо Г.	/ВНР/
2. Зимняя школа по аксиоматическому подходу и высшим симметриям в теории частиц	22-24 января	Ужгород, СССР	Ефимов Г.В. Тодоров И.	/СССР/ /НРБ/
3. Всесоюзная конференция по развитию теории элементарных частиц	25-27 января	Ужгород, СССР	Дубовик В.М. Думбрайс О.В. Ефимов Г.В. Катышев Ю.В.	/СССР/ /СССР/ /СССР/ /СССР/

1	2	3	4	5
4.	Всесоюзное совещание по ядерной спектроскопии и структуре ядра	27 января-4 февраля	Москва, СССР	107 чел.
5.	Всесоюзное научно-техническое совещание по использованию ускорителей в народном хозяйстве и медицине	1-3 февраля	Ленинград, СССР	Савченко О.В. /СССР/ Фам Куанг Дьен /ДРВ/ Нгуен Дин Ты /ДРВ/
6.	Зимняя школа по ядерной физике	6-16 февраля	Закопане, ПНР	Баланда М. /ПНР/ Круляс К. /ПНР/ Зубер К. /ПНР/
7.	Зимняя школа по физике элементарных частиц	12 февраля-2 марта	Вроцлав, ПНР	Тодоров И. /НРБ/
8.	Юбилейная научная конференция Академии наук Грузинской ССР	21-24 апреля	Тбилиси, СССР	Нгуен Дин Ты /ДРВ/ Мельникова Н.Н. /СССР/ Пенев В.Н. /НРБ/ Шкловская А.И. /СССР/ Стоянов Д.Ц. /НРБ/
9.	Научная сессия ОЯФ АН СССР по физике высоких энергий и элементарных частиц	4-6 мая	Москва, СССР	42 чел.
10.	Заседание Физического общества ГДР	8-15 мая	Дрезден, ГДР	Понтекорво Б.М. /СССР/ Стари Ф. /ГДР/
11.	III симпозиум по радиационной химии	9-17 мая	Тихань, ВНР	Гаврилов К.А. /СССР/ Норсеев Ю.В. /СССР/ Вандлик Я. /ВНР/
12.	Семинар по нерелятивистским системам и сильным взаимодействиям	12-16 мая	Киев, СССР	Афанасьев Г.Н. /СССР/ Михайлов И.Н. /СССР/ Бабилов В.В. /СССР/ Ефимов В.Н. /СССР/ Пермяков В.П. /СССР/ Беляев В.Б. /СССР/

1	2	3	4	5
13.	Международный симпозиум по фотонным детекторам	23мая-1 июня	Варна, НРБ	Вишняков В.В. /СССР/ Иванов В.И. /СССР/
14.	Совещание по нейтронной физике	24-28 мая	Киев, СССР	29 чел.
15.	Совещание по физике взаимодействия заряженных частиц с монокристаллами	1-3 июня	Москва, СССР	Герш Х. /ГДР/ Отто Г. /ГДР/ Савенков А.Л. /СССР/ Каманин В.В. /СССР/ Нормуратов Ф. /СССР/ Кушнирук В.Ф. /СССР/
16.	Совещание по проблеме трех тел	7-17 июня	Будапешт, ВНР	Лукьянов В.К. /СССР/ Захарьев Б.Н. /СССР/ Береги П. /ВНР/
17.	Семинар "Космические лучи и астрофизика"	15-21 июня	Москва, СССР	Подгорецкий М.И./СССР/ Музыка Ю.А. /СССР/
18.	Симпозиум по реакционной газовой хроматографии	6-8 июля	Таллин, СССР	Зварова Т.С. /СССР/
19.	Международный геохимический конгресс	20-25 июля	Москва, СССР	Чубурков Ю.Т. /СССР/ Гвоздев Б.А. /СССР/ Попеко А.Г. /СССР/ Нгуен Монг Шинь /ДРВ/
20.	III Всесоюзная конференция по методам Монте-Карло	30 августа-3 сентября	Новосибирск, СССР	Ососков Г.А. /СССР/ Кулюкина Л.А. /СССР/ Шелонцев И.И. /СССР/ Копылов Г.И. /СССР/ Лихачев М.Ф. /СССР/
21.	Летняя школа по теоретической физике	31 августа-13 сентября	Будапешт, ВНР	Хок Г. /ВНР/ Куш В. /ПНР/
22.	Летняя школа по теоретической физике	31 августа-13 сентября	Руджистка, ПНР	Малов Л.А. /СССР/ Бальбуцев Е.Б. /СССР/
23.	Международный симпозиум ИФАК	2-13 сентября	Дьор, ВНР	Палмай И. /ВНР/

1	2	3	4	5
24.	Ежегодная школа по магнетизму	13 сентября-4 октября	Закопане, ПНР	Добжиньски Л./ПНР/
25.	Международная конференция по физике разбавленных сплавов	19-29 сентября	Тихань, ВНР	Хенниг К. /ГДР/ Сентирмай Ж./ВНР/ Натканец И. /ПНР/
26.	Совещание Химического общества ГДР	20 сентября-1 октября	Берлин, ГДР	Темпельхофф К./ГДР/
27.	Международная конференция стран-участниц СЭВа по физике и технике низких температур	25 сентября-5 октября	Варна, НРБ	Зельдович А.Г. /СССР/ Васильев В.А. /СССР/ Таран Ю.В. /СССР/ Алфименков В.П./СССР/ Феллер Г. /ГДР/
28.	Конференция по вычислительной технике	27 сентября-7 октября	Эстергом, ВНР	Чулков Н.И. /СССР/ Ермолаев В.В. /СССР/ Эссенски Й. /ВНР/
29.	Совещание по теории сильных взаимодействий	29 сентября-11 октября	Кюлунгсборн, ГДР	Новак З. /ГДР/ Бом Г. /ГДР/ Ляйсте Р. /ГДР/ Позе А. /СССР/ Позе Д. /ГДР/ Трючлер К. /ГДР/ Вечорек Э. /ГДР/
30.	Заседание Академии "Леопольдина"	11-25 октября	Халле, ГДР	Блохинцев Д.И. /СССР/
31.	Симпозиум по гносеологическим проблемам измерений	12-16 октября	Ужгород, СССР	Тяпкин А.А. /СССР/ Барашенков В.С. /СССР/ Подгорецкий М.И./СССР/
32.	Научный совет по комплексной проблеме "Космические лучи"	18-22 октября	Тбилиси, СССР	Елисеев С.М. /СССР/ Толстов К.Д. /СССР/ Любимов А.Л. /СССР/ Богачев Н.П. /СССР/

1	2	3	4	5
33.	Осенняя школа по высоко- частотной спектроскопии	18-28 октября	Бинц, ГДР	Феллер Г. /ГДР/
34.	Школа по химическим про- блемам ядерной техники	18 октября- 2 ноября	Россендорф, ГДР	Эйхлер Б. /ГДР/
35.	Международная конференция по спектроскопии Мессбауэ- ра	19-29 октября	Дрезден, ГДР	Останевич Ю.М. /СССР/
36.	Симпозиум "Магнетизм и сегнетоэлектричество"	20-27 октября	Самарканд, СССР	Пшистава В. /ПНР/ Нитц В.В. /СССР/
37.	Конференция по измери- тельной технике	24 октября- 2 ноября	Дрезден, ГДР	Казанский Г.С. /СССР/ Медведь С.В. /СССР/ Зимин Г.Н. /СССР/ Сухов А.М. /СССР/
38.	Научная сессия ОЯФ АН СССР по ядерным реакциям	25-26 октября	Москва, СССР	13 чел.
39.	III рабочее совещание по статистической физике	25-28 октября	Киев, СССР	Плакида Н.М. /СССР/ Шиклош Т. /ВНР/ Новиков М.Ю. /СССР/ Куземский А.Л. /СССР/
40.	Семинар по нейтронной спектроскопии	4-19 ноября	Дрезден, ГДР	Элер Г. /ГДР/ Арльт Р. /ГДР/ Штрусный Х. /ГДР/ Чултем Д. /МНР/
41.	Школа по магнетизму и рассеянию нейтронов	4-19 ноября	Дрезден, ГДР	Хенниг К. /ГДР/ Эльк К. /ГДР/ Фельдман К. /ГДР/
42.	Школа физиков	23 ноября- 4 декабря	Ереван, СССР	31 чел.
43.	Международный семинар "Функциональные методы в квантовой теории поля и статистике"	7-9 декабря	Москва, СССР	23 чел.

1	2	3	4	5
<i>Б. В странах, не являющихся участниками института</i>				
44.	<i>VIII</i> Ежегодная конференция по физике твердого тела	3-14 января	Манчестер, Англия	Сентирмай Ж. /ВНР/
45.	Международный курс по теории ядра	20 января-10 марта	Триест, Италия	Захарьев Б.Н. /СССР/ Рыбарска В. /ПНР/ Стратан Г. /СРР/ Федотов С.И. /СССР/
46.	<i>XVIII</i> Международная конференция по схемам на твердом теле	14-22 февраля	Филадельфия, США	Гузик З. /ПНР/ Тишин В.Г. /СССР/
47.	Конференция по ускорителям частиц	28 февраля-12 марта	Чикаго, США	Денисов Ю.Н. /СССР/
48.	<i>XVIII</i> Международный конгресс по электронике	24 марта-5 апреля	Рим, Италия	Палмаи И. /ВНР/
49.	Заседание оргкомитета Школы физиков ОИЯИ-ЦЕРН	26 марта-2 апреля	Женева, Швейцария	Михул А. /СРР/
50.	Международная конференция и выставка по обработке данных	28 марта-3 апреля	Ноттингем, Англия	Поляков В.Н. /СССР/ Лукьянцев А.Ф. /СССР/ Хоффман З. /ПНР/
51.	Семинар по теоретической физике	31 марта-12 апреля	Мадрид, Испания	Михул Э. /СРР/ Георге Е. /СРР/
52.	Международная конференция по мезонным резонансам	12-21 апреля	Болонья, Италия	Робашик Д. /ГДР/
53.	Симпозиум, семинар и выставка ЮРЕМА-71	выс-17-27 апреля	Загреб, Югославия	Андерт К. /ГДР/ Киндзиерски Э. /ВНР/
54.	Международный конгресс по защите от илзучения ускорителей и космического пространства	25 апреля-1 мая	Женева, Швейцария	Зельчинский М. /ПНР/ Алейников В.Е. /СССР/

1	2	3	4	5	
55.	Коллоквиум по много-частичной динамике	29 апреля-2 мая	Хельсинки, Финляндия	Михул Э. Копылова Д.К.	/СРР/ /СССР/
56.	Международная школа по автоматизации и электронике	19-28 июня	Герцег-Нови, Югославия	Попельска Е. Зайдлер З.	/ПНР/ /ГДР/
57.	Международная конференция по физике элементарных частиц	28 июня-9 июля	Амстердам, Нидерланды	Савин И.А. Далхажав Н. Чернев Х. Ляйсте Р. Цисек З. Нго Куанг Зуй Донков А. Филиппов А.Т.	/СССР/ /МНР/ /НРБ/ /ГДР/ /ПНР/ /ДРВ/ /НРБ/ /СССР/
58.	Курсы по теоретической физике	1 июля-20 сентября	Триест, Италия	Правецки Э.	/ВНР/
59.	Совещание специалистов по редкоземельным элементам и актинидам	4-15 июля	Дарем, Англия	Херрманн Э.	/ГДР/
60.	IV конференция Международного комитета по ядерным данным	5-23 июля	Бомбей, Индия	Содном Н.	/МНР/
61.	Международный симпозиум по слабым взаимодействиям в ядерной физике	6-12 июля	Загреб, Югославия	Пятов Н.И.	/СССР/
62.	Школа по электромагнитным взаимодействиям ядернов	9-26 июля	Гамбург, ФРГ	Кунст З.	/ВНР/
63.	Международная школа по физике им. Э. Ферми	19-31 июля	Варенна, Италия	Стоянов Ч. Мате З.	/НРБ/ /ВНР/
64.	Летняя школа по ядерной физике	22-31 июля	Иоенсуу, Финляндия	Михайлов И.Н. Гангрский Ю.П.	/СССР/ /СССР/

1	2	3	4	5
65.	Международная конференция по космическим лучам	14 августа-1 сентября	Хобарт, Австралия	Михул А. /СРР/
66.	V международная конференция по научно-технической информации	21-30 августа	Любляна, Югославия	Ланг И. /ВНР/
67.	Международная конференция по статистическим свойствам ядер	22 августа-2 сентября	Олбани, США	Лущиков В.И. /СССР/ Поликанов С.М. /СССР/ Содном Н. /МНР/
68.	Международный симпозиум по электронным и фотонным взаимодействиям	22 августа-6 сентября	Итака, США	Балдин А.М. /СССР/ Акимов Ю.К. /СССР/
69.	Международная школа по физике элементарных частиц	30 августа-18 сентября	Башко-Поле, Югославия	Стругальски З. /ПНР/ Шандор Л. /ЧССР/ Киселев В.С. /СССР/ Харжеев Ю.Н. /СССР/
70.	Международная конференция по мирному использованию атомной энергии	5-17 сентября	Женева, Швейцария	Боголюбов Н.Н. /СССР/ Содном Н. /МНР/ Карповский В.Л. /СССР/ Флеров Г.Н. /СССР/ Блохинцев Д.И. /СССР/ Саранцев В.П. /СССР/ Чултем Д. /МНР/ Туманов Ю.А. /СССР/
71.	Международный симпозиум "Реакции с тяжелыми ионами и многочастичные возбуждения"	7-17 сентября	Сакле, Франция	Вильчински Я. /ПНР/
72.	Международная конференция по ионизированным газам	12-19 сентября	Оксфорд, Англия	Георге В. /СРР/
73.	Конференция по физике конденсированных сред	12-22 сентября	Флоренция, Италия	Ен В. /ГДР/ Цише П. /ГДР/

1	2	3	4	5	
74.	Международный семинар по перспективам развития физики высоких энергий	13-19 сентября	Женева, Швейцария	Михул А. Блохинцев Д.И. Джелепов В.П. Мещеряков М.Г. Семенюшкин И.Н. Карповский В.Л. Саранцев В.П. Щербаков Ю.А.	/СРР/ /СССР/ /СССР/ /СССР/ /СССР/ /СССР/ /СССР/ /СССР/
75.	II европейская конференция по ферроэлектрикам	18 сентября-3 октября	Дижон, Франция	Навроцик В.	/ПНР/
76.	Международная конференция по ускорителям высоких энергий	19 сентября-1 октября	Женева, Швейцария	Джелепов В.П. Семенюшкин И.Н. Дмитриевский В.П. Саранцев В.П. Схвабе Е.	/СССР/ /СССР/ /СССР/ /СССР/ /ПНР/
77.	Генеральная сессия МАГАТЭ	22 сентября-3 октября	Вена, Австрия	Содном Н.	/МНР/
78.	Симпозиум по ионным источникам и формированию ионных пучков	17-28 октября	Аптон, США	Герш Г.	/ГДР/
79.	Международный симпозиум по трансплутониевым элементам и Конференция по источникам многозарядных ионов	17 октября-4 ноября	Аргонн, Ок-Ридж, США	Звара И.	/ЧССР/
80.	Симпозиум по ядерной науке	31 октября-11 ноября	Сан-Франциско, США	Ондриш Л.	/ЧССР/

НАУЧНАЯ
ИНФОРМАЦИЯ

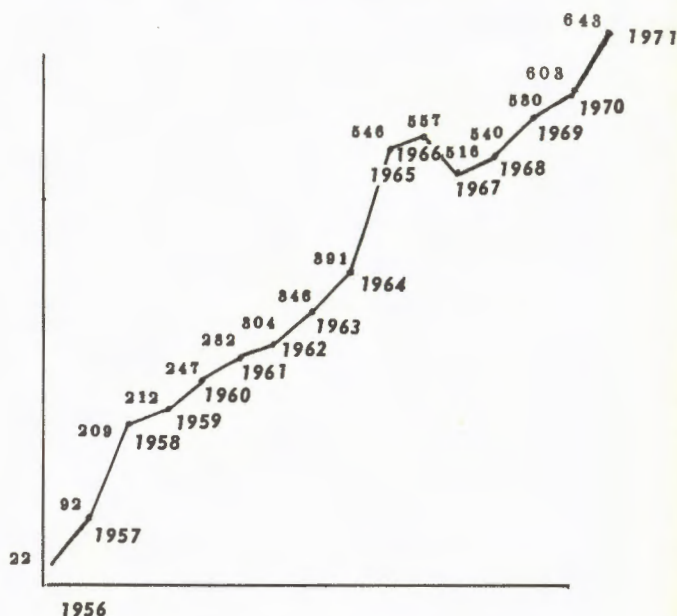


ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ОТДЕЛ

За год издательский отдел отпечатал около 5 млн. оттисков. Выпущено в свет 643 названия препринтов и сообщений ОИЯИ общим объемом 750 учетно-издательских листов. Как видно из приведенного ниже графика, тенденция ежегодного роста количества препринтов и сообщений не изменилась. Кроме того, отпечатано 210 брошюр служебного характера /математическое обеспечение, проекты экспериментов, материалы Ученого совета и Комитета Полномочных Представителей, различные материалы по заказам лабораторий и подразделений института/.

Оформлено направление в редакции журналов и в оргкомитеты различных конференций 750 статей и докладов сотрудников института. Из этого числа в журналы Советского Союза было послано 397 статей, в журналы других стран - 161 статья, 126 докладов направлены на международные научные конференции, симпозиумы и семинары, 66 докладов - на совещания и конференции в СССР.

Издательский отдел продолжал выполнять и другие работы. Было изготовлено



более 166 тыс. ксерокопий, 4612 кадров микрофильмов. Для травления печатных плат электроники изготовлено 1303 негатива. Переплетено 5249 книг. Отдел выполнял заказы лабораторий и других подразделений института на печатание различных бланков и других материалов документации.

За год выпущено 16 сборников материалов конференций, симпозиумов, международных школ.

Списки, по которым производилась рассылка публикаций ОИЯИ и которые охватывают большое количество научных

учреждений, библиотек и университетов 56 стран, пополнились 55 новыми адресами.

Продолжалось совершенствование техники издательского отдела. Были приобретены 3 машины "Джасторайтер" для перфорирования лент, являющихся программой фотонабора текстов. В конце 1971 года поступила новая машина - "Джастотекст-70". Это весьма удобная в эксплуатации автоматическая фотонаборная машина. Она осуществляет набор с перфолент, закодированных на машинах "Джастоперф". В частности, этот годовой отчет набран на машине "Джастотекст-70".

НАУЧНО- ТЕХНИЧЕСКАЯ БИБЛИОТЕКА

В 1971 году библиотека обслужила 4966 человек, в том числе 724 прибывших в ОИЯИ в командировки. Ежедневно в ее читальных залах работали более 200 человек. Количество выданной за год литературы превысило 200 тыс. печатных единиц.

По межбиблиотечному абонементу за этот срок получено 1977 названий книг и журналов. Выполнено 390 заявок читателей из 75 советских и зарубежных библиотек.

По всем источникам комплектования в библиотеку Объединенного института поступило 16838 печатных единиц, в том числе периодическая литература /около 600 названий/. В 1971 году возросло число различных публикаций, присланных в обмен на издания ОИЯИ. Было принято 65 новых диссертаций ученых ОИЯИ.

На 1 января 1972 года в библиотечном фонде насчитывалось 294468 печатных единиц.

Вся поступившая литература своевременно регистрировалась и отражалась в каталогах. Картотека публикаций ученых ОИЯИ пополнилась 3200 карточками на новые издания, был издан указатель публикаций сотрудников института за 1970 год.

Велась информационно-библиографическая работа. Еженедельно выпускались экспресс-информации о новых поступлениях: "Книги", "Статьи", "Препринты". Всего за год вышло 203 номера, включивших 21361 название. Напечатано 149 списков новых журналов. Еженедельно обновлялись выставки поступлений литературы.

Было организовано 7 тематических выставок к совещаниям и конференциям, проходившим в институте. Составлялись и издавались тематические списки литературы, представленной на выставках. Библиографический отдел дал большое количество устных и письменных справок по запросам ученых.

Поступления по обмену

Всего за год в библиотеку ОИЯИ поступило в порядке обмена 6700 препринтов из 36 стран, а также 75 названий журналов и 317 монографий из 17 стран. Количество поступлений из разных государств показывает следующая таблица.

Наименование страны	Препринты	Оттиски	Журналы	Книги
1	2	3	4	5
Болгария	-	-	1	-
Венгрия	70	37	5	2
ГДР	50	-	1	-
ДРВ	-	-	-	-
КНДР	-	-	2	-
Польша	238	12	6	11
Румыния	11	-	6	-
СССР	903	-	27	228
Чехословакия	42	1	5	3
Австралия	26	6	-	-
Австрия	13	-	5	-
Бельгия	112	-	1	4
Бразилия	54	1	-	-

Великобритания	423	18	-	2
Голландия	6	-	-	-
Греция	33	-	-	-
Дания	46	-	-	1
Западный Берлин	22	-	-	-
Израиль	37	-	-	-
Индия	83	1	1	12
Ирландия	4	-	-	-
Испания	-	-	-	-
Италия	332	120	1	5
Канада	86	81	-	-
Новая Зеландия	5	1	-	-
Норвегия	10	-	-	-
Арабская Республика	-	-	-	-
Египет	36	-	-	-
США	2188	13	3	17
Финляндия	43	-	1	-
Франция	440	25	3	2
Швейцария	15	-	-	-
ЦЕРН	473	-	2	19
Швеция	65	2	-	-
Югославия	9	-	-	1
Япония	243	-	4	-
ФРГ	556	33	1	10
Общее количество	6674	351	75	317

ИЗОБРЕТАТЕЛЬСТВО, РАЦИОНАЛИЗАЦИЯ И ПАТЕНТНАЯ СЛУЖБА

В мае 1971 года научным сотрудникам Лаборатории ядерных проблем В.М.Сидорову, Ю.А.Батусову, С.А.Бунятову и В.А.Ярбе в Комитете по делам изобретений и открытий при Совете Министров СССР были вручены дипломы на открытие "Явления двойной перезарядки π -мезонов".

В мае 1971 года было опубликовано сообщение о регистрации открытия "Распад π -ноль-мезона на электрон-позитронную пару", сделанного сотрудниками Лаборатории высоких энергий А.М.Балдиным, И.В.Чувило, М.А.Азимовым, Р.Г.Аствацатуровым, Я.Гладки, А.И.Журавлевой, В.И.Ивановым, А.Т.Матюшиным, В.Т.Матюшиным, М.Н.Хачатуряном, М.С.Хвастуновым совместно с сотрудниками Физического института АН СССР А.С.Белоусовым и Л.Н.Штарковым.

96. В патентной библиотеке ОИЯИ имеется более 60 тыс. описаний к авторским свидетельствам и патентам. Систематический каталог содержит более 100 тыс. карточек. Здесь можно получить патентные журналы СССР, США, Англии, Франции, ФРГ.



Таким образом, число открытий сотрудников института, получивших правовую охрану, достигло семи.

В 1971 году институтом подано 123 заявки на изобретения и получено 34 положительных решения по ранее поданным заявкам. Таким образом, число всех изобретений сотрудников института достигло 246. В институте трудятся 315 изобретателей и 1855 рационализаторов.

За истекший год было внедрено 22 изобретения и 450 рационализаторских предложений, при этом получен учтенный экономический эффект в сумме 52 тыс.руб., условный экономический эффект составил 250 тыс.руб.

В 1971 году в ОИЯИ были проведены конкурсы изобретений и рационализаторских предложений.

На конкурсе внедренных изобретений 1-ой премией отмечено изобретение №265301 "Способ измерения энергии γ -квантов и электронов" /автор А.А.Тяпкин/, 2-ую премию получили два изобретения: № 1355 "Магнитный канал для вывода пучка из ускорителя" /авторы В.И.Данилов и В.Б.Мухина/ и №261581 "Устройство для релейной защиты системы питания синхрофазотрона" / авторы Н.И.Павлов, Л.Н.Беляев, В.Г.Глущенко, А.А.Смирнов, И.А.Курсков/.

На конкурсе изобретений 2-ой премии удостоено изобретение № 280692 "Криостат для детекторов ядерного излучения" /автор А.М.Говоров/.

В результате конкурса внедренных рационализаторских предложений 1-ая премия



была присуждена рационализаторскому предложению № 1183 "Ускорение дейтронов и α -частиц на протонном синхротроне ОИЯИ" /авторы Ю.Д.Безногих, Л.П.Зиновьев, Г.С.Казанский, А.И.Михайлов, В.И.Мороз/, 2-ая премия - рационализаторскому предложению № 1310 "Усовершенствование линейного ускорителя ЛУ-9-инжектора дейтронов синхрофазотрона на базе реализации совмещенного двухзазор-

ного группирователя" /автор Ю.Д.Безногих/.

Конкурс обзоров по патентной информации закончился присуждением вторых премий работам Н.С.Фролова "Десятичные счетчики на статических триггерах и устройства индикации" и В.А.Белушкина и Н.Ф.Готвянского "Поршневые детандеры".

Сектор патентной информации ОИРПИ выпустил 24 бюллетеня "Патенты".

**ОБЩЕИНСТИТУТСКИЕ
СЛУЖБЫ**

**· АДМИНИСТРАТИВНО-
ХОЗЯЙСТВЕННАЯ
ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ**

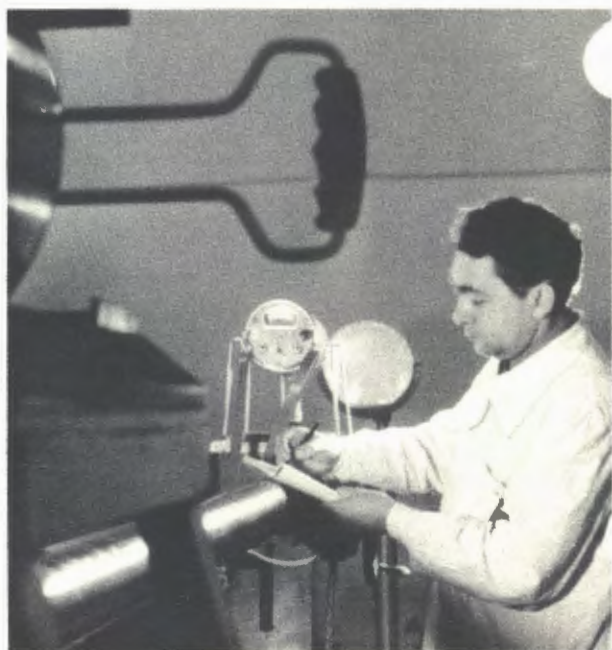


ОТДЕЛ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Контроль радиационной обстановки вблизи действующих ядерно-физических установок и при работе с радиоактивными веществами показал в 1971 году несущественное изменение уровней ионизирующих излучений на рабочих местах сотрудников по сравнению с предыдущим годом.

В настоящее время индивидуальным дозиметрическим контролем охвачено около 2200 человек. Большая часть из них подвергалась незначительному облучению. Степень облучения 99,8% контролируемых сотрудников Лаборатории высоких энергий, 73% сотрудников Лаборатории ядерных проблем, 78,8% сотрудников Лаборатории нейтронной физики, 98% сотрудников Лаборатории ядерных реакций не превышала 1 бэра /0,2 годовой предельно допустимой дозы/.

С целью увеличения достоверности и надежности результатов дозиметрического контроля был выполнен ряд научно-методи-



ческих и инженерно-технических работ. Экспериментально исследована адекватность показаний индивидуальных дозиметров эквивалентной дозе нейтронов за защитой синхроциклотрона, показана возможность оценки с помощью фотодозиметра дозы тепловых, промежуточных нейтронов и частиц высокой энергии. Измерены глубинные распределения поглощенной дозы и коэффициента качества излучения в тканеэквивалентных фантомах, облучаемых протонами с энергией 660 Мэв и нейтронами от импульсного реактора. Изучена радиоактивность воды, охлаждающей узлы синхроциклотрона.

Разработан и изготовлен прибор для измерения среднегодовых концентраций ра-

диоактивных газов в воздухе рабочих помещений и количества радиоактивного газа, выбрасываемого в атмосферу. Закончены рабочие испытания сконструированных в отделе дозиметров нейтронов с набором шаровых замедлителей и дозиметра импульсных потоков нейтронов.

Изготовлена и введена в эксплуатацию система дозиметрического контроля в Отделе новых методов ускорения и частично модернизирована система стационарного дозиметрического контроля на синхрофазотроне ЛВЭ. Сконструированы и введены в эксплуатацию мониторные станции для измерения потоков нейтронов и гамма-излучения на ядерно-физических установках института.

97. Градуировочная линейка разработана в ОИЯИ для проверки и градуировки дозиметрической и радиометрической аппаратуры.

СОВЕТ ПО РАДИОЭЛЕКТРОНИКЕ

27 октября 1971 года в Москве был подписан Протокол о характере и формах сотрудничества между Объединенным институтом ядерных исследований и Советом Экономической Взаимопомощи.

Это сотрудничество будет осуществляться в области разработки, стандартизации и унификации ядерно-физической аппаратуры, включая многоканальные и многомерные системы, детекторов ядерных излучений и других изделий ядерного приборостроения, а также в других направлениях, которые будут представлять взаимный интерес для обеих организаций.

Международный симпозиум по ядерной электронике

Советом по радиоэлектронике ОИЯИ совместно с Институтом ядерных исследований в Сверке был подготовлен и проведен в Варшаве VI -ой международный симпозиум по ядерной электронике.

Задачей симпозиума являлось подведение итогов исследований в области ядерной электроники в ОИЯИ и странах-участницах за последние два года, обмен опытом и рассмотрение направлений дальнейшей деятельности. В его работе приняли участие около ста специалистов из стран-участниц Объединенного института, а также специалисты из ЦЕРНа и институтов Франции, Италии, Югославии и Западного Берлина. Обсуждавшиеся 59 докладов распределились по следующим разделам:

- электроника для пропорциональных камер,
- устройства для временных измерений,
- спектрометрические устройства,
- устройства сопряжения,
- применение в эксперименте малых ЭВМ,

- специализированные экспериментальные установки.

Основное внимание обращалось на последние достижения и тенденции развития этих направлений ядерной электроники.

Материалы симпозиума подготовлены оргкомитетом к изданию.

Стандартизация и текущие работы

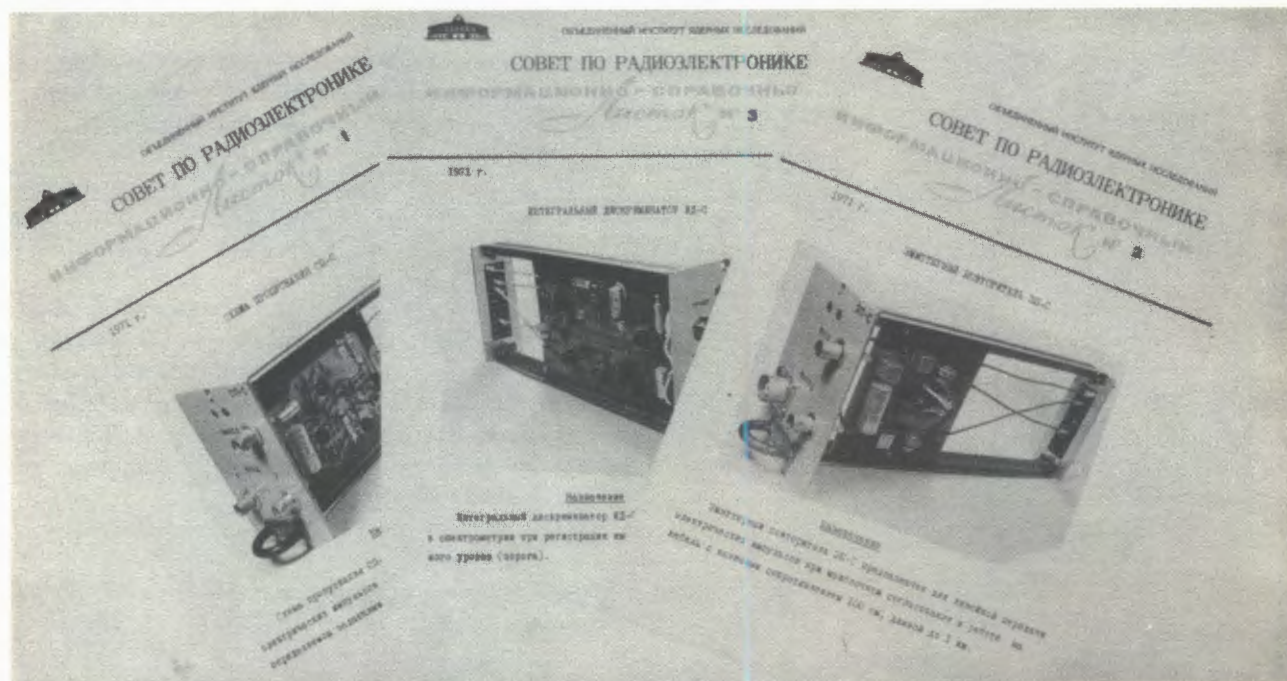
Центральными экспериментальными мастерскими ОИЯИ освоено производство набора спектрометрических блоков, рекомендованных Советом по радиоэлектронике, на эти блоки рабочей группой Совета подготовлены и выпущены информационно-справочные листки.

Конструкторским бюро ЦЭМа модернизирована типовая стойка ОИЯИ. Созданы опытные конструкции механических узлов для микроэлектронной аппаратуры.

На заседаниях Совета рассматривались вопросы, связанные с использованием интегральных схем и микроэлектроники в технике физического эксперимента. В лабораториях института /ЛВЭ, ЛВТА, ЛНФ/ разработан ряд унифицированных устройств и блоков с применением микроэлектроники. В 1972 году предполагается провести III тематический конкурс и выставку под девизом "Микроэлектроника".

Секция Ученого совета по физике низких энергий заслушала сообщение председателя Совета по радиоэлектронике Б.В.Фефилова "О состоянии радиоэлектроники для экспериментов по физике низких энергий".

Как и ранее, на заседаниях Совета выносились рекомендации по приобретению и распределению радиоматериалов, измерительных приборов и т.д., обсуждались и согласовывались квартальные планы по выпуску электронных изделий в ЦЭМе.



АДМИНИСТРАТИВНО- ХОЗЯЙСТВЕННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

Кадры

Численность сотрудников Объединенного института ядерных исследований на 31 декабря 1971 года составила 5686 человек.

Распределение сотрудников ОИЯИ по категориям показано в таблице.

Категория работников	Численность		
	В лабораториях и управлениях	В производственных подразделениях	Всего
Научные сотрудники	741	-	741
Инженеры	964	112	1076
Техники и мастера	343	116	459
Рабочие	1474	1190	2664
Служащие	264	104	368
Младший обслуживающий персонал	167	130	297
Ученики	29	52	81
Итого:	3982	1704	5686

В ОИЯИ работают 4 академика /Н.Н. Боголюбов, Б.М. Понтекорво, Г.Н. Флеров, И.М. Франк/, 6 членов-корреспондентов /Д.И. Блохинцев, В.П. Желепов, М.Г. Мещеряков, Н. Содном, Ф.Л. Шапиро, Д.В. Ширков/, 74 доктора наук и 329 кандидатов наук.

В 1971 году в ОИЯИ принято 822 человека:

научных сотрудников	- 139
инженеров	- 104
техников и мастеров	- 42
рабочих	- 326



служащих - 48
 младшего
 обслуживающего
 персонала - 74
 учеников - 89

Уволено из ОИЯИ за этот же период в связи с окончанием срока работы и по другим причинам 436 человек.

В течение года учеными советами и научно-техническими советами лабораторий избраны на должности на новые сроки 122 специалиста. Присвоены ученые звания младшего научного сотрудника 32 и звания старшего научного сотрудника 12 человек.

В течение 1971 года защитили кандидатские диссертации 37 человек, докторские - 6 человек.

Финансовая деятельность

В 1971 году институт приступил к выполнению нового пятилетнего плана, основной задачей которого, определенной Комитетом Полномочных Представителей правительств стран-участниц, является дальнейшее развитие ОИЯИ как международного научного центра социалистических стран. При этом основное внимание обращается на развитие принципиально новых научных направлений.

Для обеспечения выполнения плана научно-исследовательских работ, капитального строительства научно-исследовательских и других объектов Комитет Полномочных Представителей государств-членов Объединенного института ядерных исследований утвердил на 1971 год бюджет института в сумме 32310 тыс. рублей.

Фактические расходы за 1971 год составили 32308 тыс. рублей /100% по отношению к годовым ассигнованиям/, распределение которых по разделам бюджета приведено в табл. 1 /в тыс. рублей/.

Таблица 1

Наименование разделов	Годовые ассигнования	Фактические расходы	В % к плану
Раздел I - на научно-исследовательскую деятельность и хозяйственные нужды	19815	19138	96,6
Раздел II - на приобретение оборудования для научно-исследовательских работ	2785	2684	96,4
Раздел III - на капитальное строительство научно-исследовательских и других объектов	9710	10486	108,0
Итого:	32310	32308	100,0

Капитальное строительство

Затраты на капитальное строительство на 1971 год планировались в сумме 9710 тыс. рублей, фактические затраты составили 10486 тыс. рублей, или 108,0%. Выполнение плана по отдельным статьям капитального строительства отражено в табл. 2 /в тыс. рублей/.

Таблица 2

Структура капитальных вложений	Годовой план	Фактическое выполнение	% выполнения
1. Всего капитальных вложений	9710	10486	108,0

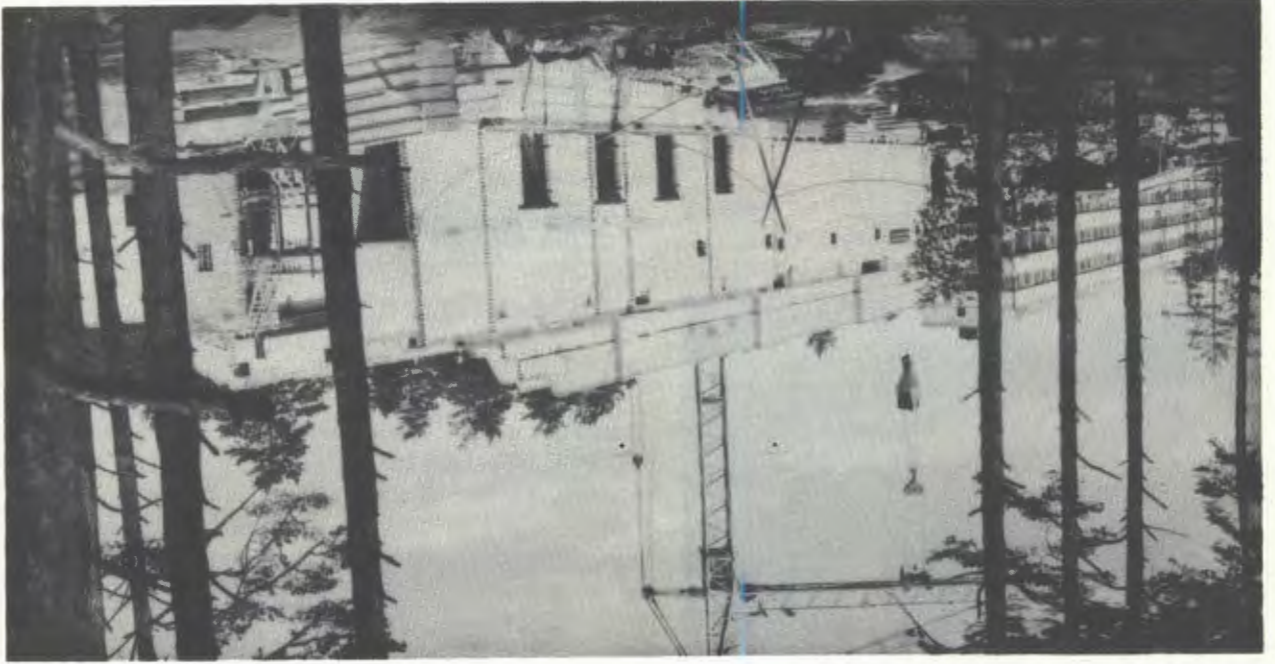
Структура капитальных вложений	Годовой план	Фактическое выполнение	% выполнения
В том числе:			
- строительномонтажные работы	4860	4817	99,1
- оборудование и монтаж	4190	5260	125,5
- прочие затраты /включая проектно-изыскательские работы/	660	409	62,0
2. Ввод в действие основных фондов	9118	9373	102,8

В числе введенных основных фондов следующие важнейшие объекты:

1. Двухметровая жидководородная камера "Людмила" 2060 тыс.руб.
2. Лабораторный корпус - здание №215 1102 тыс.руб.
3. Комплекс оборудования вычислительной техники и автоматизации 1681 тыс.руб.
4. Линейный ускоритель ЛУ-20 2006 тыс.руб.
5. Экспериментальные установки для проведения исследований на ускорителе ИФВЭ 76 Гэв /Серпухов/ 901 тыс.руб.



98. Строительство нового мощного импульсного реактора ИБР-2.



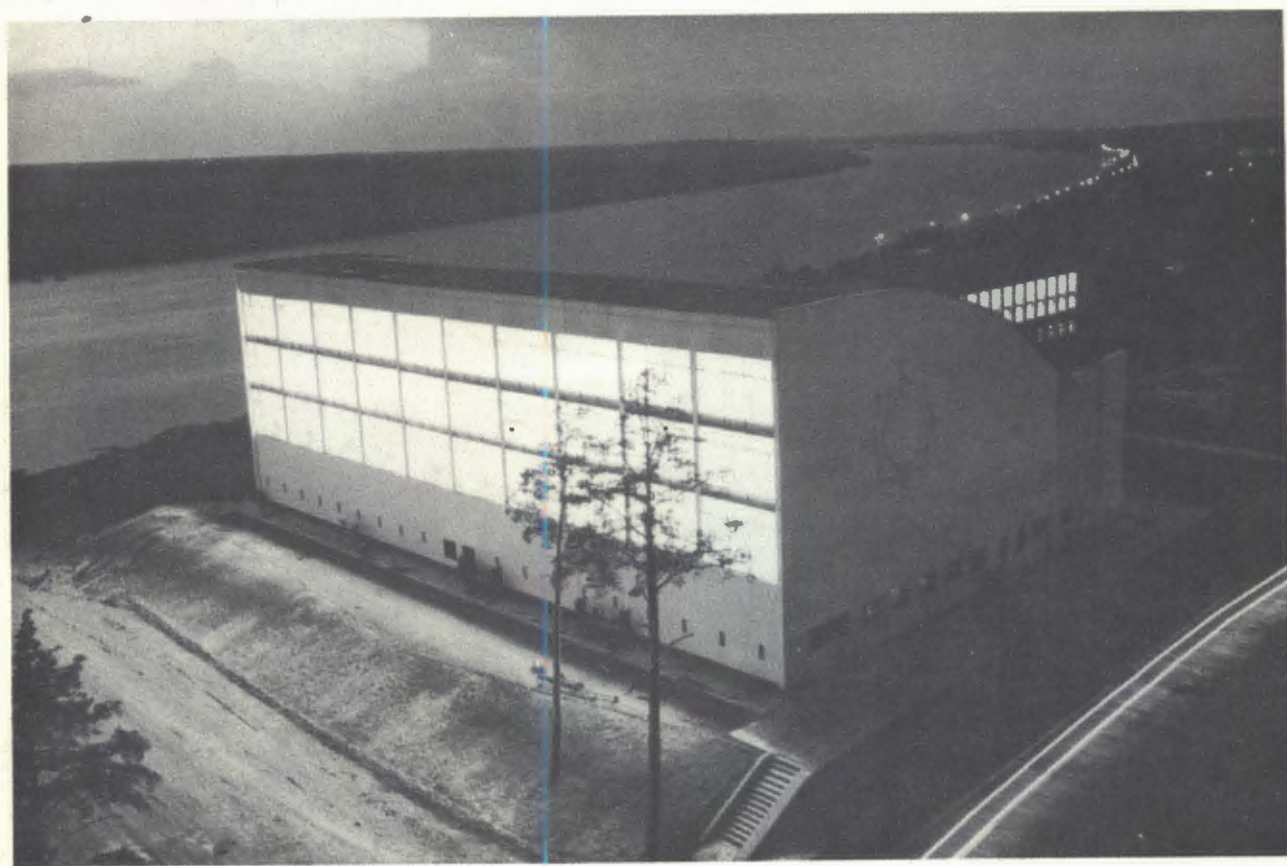
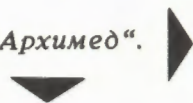
99. Для исследований коллективного метода ускорения построен новый лабораторный корпус. Заканчивается сооружение испытательного павильона.

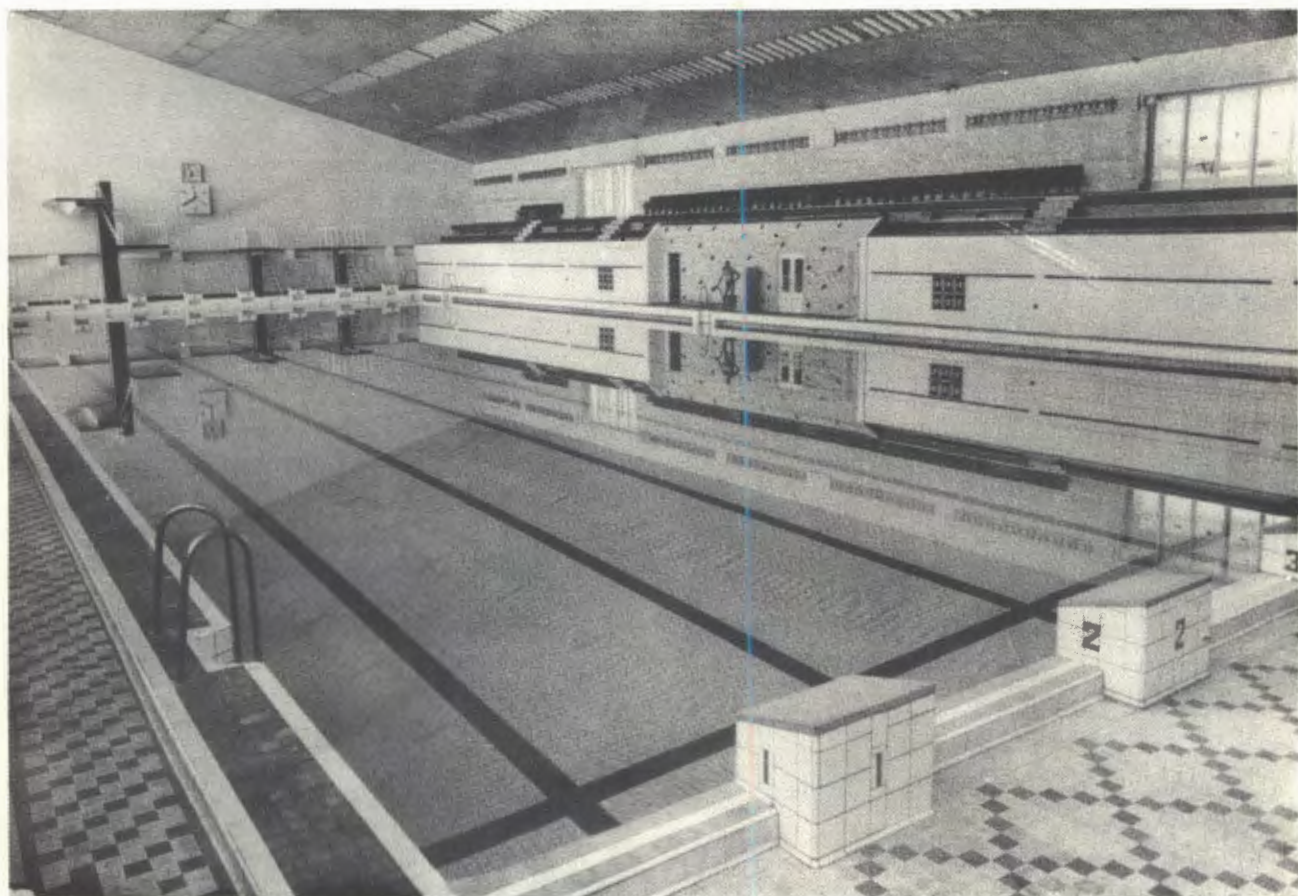


100. Новые жилые кварталы.



101. В Дубне построен большой плавательный бассейн "Архимед".





102. Вступило в строй новое здание городской музыкальной школы.

Производственные подразделения

Деятельность производственных подразделений в 1971 году характеризуется основными показателями, приведенными в табл. 3.

Таблица 3

Показатели	Годовой план	Фактическое выполнение	% выполнения
1. Объем готовой продукции, выполненных работ и оказанных услуг в тыс. рублей	6000	6526	108,7
2. Результаты деятельности /прибыль/ в тыс. рублей,	212	716	
в % к объему	3,5	10,9	
3. Затраты на один рубль реализованной продукции в копейках	0-96,5	0-89,1	
4. Среднесписочная численность работающих	1533	1507	98,3

Показатели	Годовой план	Фактическое выполнение	% выполнения
5. Выработка на одного работающего в рублях	3914	4365	111,5

Охрана труда, техника безопасности и производственная санитария

В 1971 году между дирекцией и профсоюзным комитетом Объединенного института были заключены соглашения о проведении мероприятий по охране труда, технике безопасности и производственной санитарии, которые выполнены в установленные сроки. При этом израсходовано 49430 рублей, в том числе:

- на предупреждение заболеваний на производстве 11440 рублей;
- на улучшение условий труда 21250 рублей.

В институте был организован и проведен общественный смотр культуры производства. В период проведения смотра от сотрудников института поступило 823 предложения, из них 302 были выполнены в ходе смотра.