

# ДУБНА·1970

Экз. чит. зала

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ



JOINT INSTITUTE FOR NUCLEAR RESEARCH

# 1970·DUBNA

СЗМ  
0-2921

**О Т Ч Е Т**  
**О Д Е Я Т Е Л Ъ Н О С Т И**  
**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**

с. ф. 3274

Объединенный институт  
ядерных исследований  
БИБЛИОТЕКА

ЕЖЕГОДНОЕ ИЗДАНИЕ

Материалы подготовил к публикации В.А. Бирюков.

Рукопись поступила в издательский отдел  
2 сентября 1971 года.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Цели и задачи Объединенного института ядерных исследований	4
Лаборатории и основные установки ОИЯИ	5
Введение	6
Проблемный план ОИЯИ на 1970 год	14
Научно-исследовательские работы, выполненные лабораториями ОИЯИ в 1970 году	
Лаборатория теоретической физики	18
Лаборатория высоких энергий	24
Лаборатория ядерных проблем	50
Лаборатория ядерных реакций	70
Лаборатория нейтронной физики	92
Лаборатория вычислительной техники и автоматизации	110
Отдел новых методов ускорения	124
Руководящие и консультативные органы	
Международные связи	
Деятельность руководящих и консультативных органов	132
Премии ОИЯИ за 1969 год	138
Международные связи и научное сотрудничество	140
Научная информация	
Издательский отдел	164
Научно-техническая библиотека	166
Изобретательство, рационализация и патентная служба	168
Общественные службы	
Административно-хозяйственная деятельность	
Радиационная безопасность	170
Совет по радиоэлектронике	172
Административно-хозяйственная деятельность	176

# 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.

# ЛАБОРАТОРИИ И ОСНОВНЫЕ УСТАНОВКИ

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  
8 электронных вычислительных машин

## ВВЕДЕНИЕ

Одним из наиболее важных событий прошедшего года было подписание 18 июня в Дубне Соглашения о научно-техническом сотрудничестве между Государственным комитетом по использованию атомной энергии СССР и Объединенным институтом ядерных исследований. Участники Соглашения будут развивать научно-техническое сотрудничество в области ядерной физики, обеспечивая эффективное использование имеющихся в их распоряжении ускорителей, реакторов, аппаратуры для обработки экспериментальной информации и других исследовательских установок, а также будут создавать новое оборудование для физических исследований. Это Соглашение расширяет возможности института в научном сотрудничестве с национальными физическими центрами Советского Союза, а также возможности участия специалистов из стран-членов ОИЯИ в научных программах советских институтов.

В 1970 году завершена разработка пятилетнего плана развития Объединенного института ядерных исследований на 1971-1975 годы и проведена подготовка к его реализации. Комитет Полномочных Представителей утвердил план научной деятельности ОИЯИ, расширения и модернизации экспериментальной базы, роста и укрепления его международных связей. Для нового пятилетнего плана характерны большие капитальные вложения в развитие основной базы института: сумма этих вложений составляет 70 млн. рублей. Это позволит форсировать развитие экспериментальной техники для исследований на пучках серпуховского ускорителя, развитие работ по коллективному методу ускорения и созданию прототипа ускорителя на сверхвысокие энергии, основанного на новом принципе, позволит создать новый мощный импульсный реактор с инжектором, проектирование и строительство которого успешно ведутся. Значительные средства выделяются на развитие вычислительной базы института и аппаратуры для автоматизации физических экспериментов. В соответствии с пятилетним планом будет произведена реконструкция синхроциклотро-

на в сильноточный фазотрон на энергию 700 Мэв, будут усовершенствованы синхрофазотрон и ускорители многозарядных ионов. Пятилетним планом предусмотрено также создание нового экспериментального оборудования и расширение лабораторных площадей.

В 1970 году Объединенный институт ядерных исследований выполнил большую программу теоретических и экспериментальных работ в области физики элементарных частиц, а также физики низких энергий и атомного ядра. Дальнейшее развитие получила методика физических экспериментов.

Закончены исследования упругого  $pp$ - и  $pd$ -рассеяния в интервале энергий 10-70 Гэв на серпуховском ускорителе. Оригинальной методикой с использованием сверхзвуковой струи газообразных водорода и дейтерия в качестве мишени измерены дифференциальные сечения  $pd$ -рассеяния и произведено уточнение параметра наклона  $pp$ -рассеяния. Выполнен первый этап исследования регенерации  $K^0$ -мезонов при энергии 20-40 Гэв. Эксперименты ведутся с помощью магнитного искрового спектрометра на линии с ЭВМ, в опытах используется 3-метровая жидководородная мишень. В 17 лабораториях стран-участниц ОИЯИ ведутся исследования взаимодействия протонов и пионов с нуклонами и ядрами фотоэмульсий, облученных в Серпухове.

После проведения ряда усовершенствований началось рабочее экспонирование 2-метровой пропановой пузырьковой камеры в пучке отрицательных пионов с импульсом 40 Гэв/с. Ведется монтаж 2-метровой жидководородной пузырьковой камеры. Подготовлена аппаратура для ряда новых экспериментов, в том числе сложные установки для исследования  $\pi e$ -рассеяния и для поиска монополя Дирака.

На электронном синхротроне в Ереване физики ОИЯИ закончили первый этап измерений сечения  $e p$ -рассеяния при энергии 4 Гэв. В эксперименте используется оригинальная установка с полупроводниковыми счётчиками.

Е. Дубне теоретики Объединенного института в рамках нелокальной и нелинейной квантовой теории поля рассмотрели проблему введения электромагнитного поля и проверки градиентной инвариантности в теорию слабых взаимодействий. Объединение методов перенормировок и нелокальных методов позволило построить матрицу рассеяния. Важным достижением теории явились конечность и макропричинность полученных выражений.

Е. работах по рассеянию сильновзаимодействующих частиц высоких энергий на основе метода функционального интегрирования было развито приближение прямолинейных путей для нахождения асимптотик амплитуд и сечений упругих и неупругих процессов. Сформулирована модель когерентных состояний для описания упругих и неупругих столкновений адронов при высоких энергиях.

В ОИЯИ в 1969 году было предсказано существование новой области нейтроноизбыточных ядер в районе  $A \approx 100$ . Это стимулировало проведение опытов. Летом 1970 года появились экспериментальные данные, полученные в Беркли и подтверждающие расчёты. Появились также экспериментальные указания на существование возбужденных состояний, равновесная деформация которых отличается от случая основного состояния. Существование такого типа состояний было предсказано в Дубне еще в 1966 году.

Ряд работ, выполненных теоретиками, связан с исследованиями малонуклонных систем, легких ядер, ядерного мю-захвата, а также с теорией многих тел и ее приложениями к конденсированным средам.

В исследованиях на синхрофазотроне завершен цикл работ по изучению упругого  $\pi^+p$ -рассеяния на малые углы методом магнитного спектрометра на линии с ЭВМ. Измерены вещественные части амплитуд рассеяния (эти данные являются единственными в области энергий 2-7 Гэв). Новым методом с использованием газового черенковского дифференциального годоскопа измерены с высокой точностью полные сечения  $\pi^+p$ -взаимодействия при





1. Дубна. 18 июня 1970 года здесь подписано Соглашение о научно-техническом сотрудничестве между Государственным комитетом по использованию атомной энергии СССР и Объединенным институтом ядерных исследований. Соглашение подписали: от ГКАЭ СССР - председатель Комитета А.М. Петросьянц, от ОИЯИ - директор Института Н.Н. Боголюбов.

импульсах пионов 3,9±6 Гэв/с. Систематическая ошибка опыта составляет всего около 20 мкб, а полная ошибка - около 50 мкб.

В исследованиях с ксеноновой пузырьковой камерой, облученной на синхрофазотроне, закончена серия экспериментов по изучению нейтральных бозонов, распадающихся на  $\pi^0$ -мезоны и  $\gamma$ -кванты. С помощью 1-метровой жидководородной пузырьковой камеры изучались взаимодействия отрицательно заряженных пионов с протонами при импульсе 5 Гэв/с. При этом были найдены распределения событий по



каналам реакций, сечения этих реакций, импульсные и угловые распределения вторичных частиц и другие характеристики.

Получены новые данные о сечении образования  $\eta^0$ -мезона в реакции  $\pi^-p \rightarrow \eta^0 p$  (импульс пиона 7 Гэв/с). Изучение радиационных распадов бозонных резонансов ведется с помощью спектрометра полного поглощения и искровых камер.

Работы на 1-метровой пропановой пузырьковой камере, облученной пионами с импульсом 5 Гэв/с, связаны с изучением редких процессов образования частиц и резонансов, распадающихся сиспуска-

нием  $\pi^0$ -мезонов и  $\gamma$ -квантов. Обнаружен новый резонанс в системе  $\pi^- \gamma$  с массой 275 Мэв. К настоящему времени изучено около 40 реакций, сопровождающихся рождением  $\Lambda$ ,  $\Sigma^0$ ,  $K^0$ ,  $\bar{K}^0$ ,  $\pi^0$  и др., определены сечения этих реакций.

На синхроциклотроне с помощью магнитного искрового спектрометра получена информация о редких распадах мезонов. В 20 раз по сравнению с известными данными удалось снизить верхнюю границу относительной вероятности очень редкого распада  $\mu^+ \rightarrow e^+ e^+ e^-$ . Изучен также редкий процесс распада  $\pi^+ \rightarrow e^+ e^+ e^- \nu$ .

Впервые наблюдался процесс обратного электророждения пионов  $\pi^- p \rightarrow e^+ e^- n$  при энергии 275 Мэв. Этот эксперимент ведется с целью изучения электромагнитной структуры пиона и нуклона. Сделана оценка электромагнитных формфакторов этих частиц во времениподобной области передаваемых импульсов.

При использовании системы сцинтилляционных и кремниевых поверхностно-барьерных детекторов впервые удалось разделить по массам заряженные частицы, образовавшиеся в ядерном мю-захвате. Эти опыты с ядрами кремния, серы, кальция и меди проводились с целью изучения механизма поглощения отрицательных мюонов ядрами.

С помощью циклотрона для ускорения тяжелых ионов успешно завершены опыты по синтезу 105-го элемента. При облучении  $^{243}\text{Am}$  ускоренными ионами  $^{22}\text{Ne}$  был зарегистрирован спонтанно делящийся изотоп с периодом полураспада  $1,8 \pm 0,6$  сек. Изучение углового распределения ядер отдачи показало, что новый изотоп имеет атомный номер 105. Этот факт был затем независимо подтвержден исследованием функции возбуждения. С помощью усовершенствованной установки изучен  $\alpha$ -распад изотопов нового элемента, в опытах по химической идентификации 105-го элемента показано, что его свойства близки к предсказанным для экатантала.

Поиски нового явления — протонного распада ядер из основного состояния — ведутся с помощью газонаполненного масс-сепаратора. При облучении различных разделенных изотопов ( $\text{Ru}$ ,  $\text{Pd}$ ,  $\text{Cd}$ ,  $\text{Sn}$ ) ускоренными тяжелыми ионами во всех случаях были зарегистрированы излучатели запаздывающих протонов — изотопы редкоземельных элементов. Продолжались также исследования спонтанно делящихся изомеров в широкой области масс ядер.

Синтезировано 11 новых нейтроноизбыточных изотопов легких элементов углерода, азота, кислорода, фтора, неона. В опытах по поиску границы ядерной стабильности переобогатенных нейтронами

ядер получены экспериментальные доказательства ядерной нестабильности  $^{14}\text{Be}$ . Эти исследования велись разработанным в Дубне методом, основанным на применении тонких полупроводниковых детекторов с высоким энергетическим разрешением и магнитного анализатора.

Проведены различные эксперименты по поиску сверхтяжелых элементов в природе. Исследования конкреций, доставленных из разных районов Тихого океана, указывают на возможность содержания в них природного спонтанно делящегося излучателя.

На импульсном реакторе продолжались исследования  $\alpha$ -распада резонансных состояний ядер. С помощью улучшенной методики измерены резонансы изотопных мишеней самария и неодима. Наблюдались парциальные  $\alpha$ -переходы в основное и возбужденные состояния дочерних ядер, проведен анализ определенных впервые двадцати парциальных ширин.

Измерены пропускание и радиационный захват в уране-238 для резонансов с энергией до 1200 эв. Для этих опытов применен один детектор, являющийся новым вариантом 260-литрового жидкостного сцинтилляционного детектора с метилборатом. В исследованиях доплер-эффекта на уране-238 измерена зависимость функции пропускания от температуры. Эти данные важны для проблемы безопасности реакторов на быстрых нейтронах.

Продолжались исследования  $\pi e$ -взаимодействия с помощью развиваемого в ОИЯИ нового метода — наблюдения дифракции нейтронов на монокристалле вольфрама-186. Усовершенствована методика изучения дифракции нейтронов в конденсированных средах, находящихся в сильном внешнем магнитном поле. Измерены спектры неупругого некогерентного рассеяния в ряде молекулярных кристаллов. Проводилось изучение магнетиков с помощью неупругого рассеяния нейтронов.

На реакторе введен в действие канал ультрахолодных нейтронов, ведутся исследования выхода УХН из различных конверторов при разных температурах.

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)  
 Нгуен Ван Куанг (Демократическая Республика Вьетнам)  
 Доктор Ф. Гильберт (Германская Демократическая Республика)  
 Ким Ген Чуи (Корейская Народно-Демократическая Республика)  
 Профессор Д. Цевэгмид (Монгольская Народная Республика)  
 Доктор С. Анджеевски (Польская Народная Республика)

Профессор И. Урсу (Социалистическая Республика Румыния)  
 А.М. Петросьянц (Союз Советских Социалистических Республик)  
 Академик Я. Кожешич (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. Михул  
 профессор Н. Солдном  
 Ученый секретарь - к.ф.м.н. Ю.А. Шербаков

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 Л. Яноши	профессор Ле Ван Тхьем	профессор К. Ланиус	Ким Ген Чуи	профессор Д. Чултэм	академик М. Даниш	академик Х. Хулубей	академик Г.Н. Флеров	профессор Ю. Дубински
академик Э. Джаков	академик А. Кояя	к.ф.м.н. Нгуен Дин Ты	профессор Г. Музиоль	Пах Гван О	профессор А. Хрынкевич	профессор Ш. Пидейка	профессор В.П. Дзелепов	доктор Р. Шафрата	доктор И. Звара
академик Х. Христов	профессор Л. Пал	профессор Г. Хебер	профессор Г. Хебер	профессор Г. Хебер	профессор Г. Хебер	доктор З. Суйковский	профессор И. Урсу	профессор А.А. Логунов	доктор И. Звара

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

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

Ученый совет  
 по физике низких энергий  
 Председатель - профессор Н. Солдном  
 Ученый секретарь - Э.Н. Каржавина

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

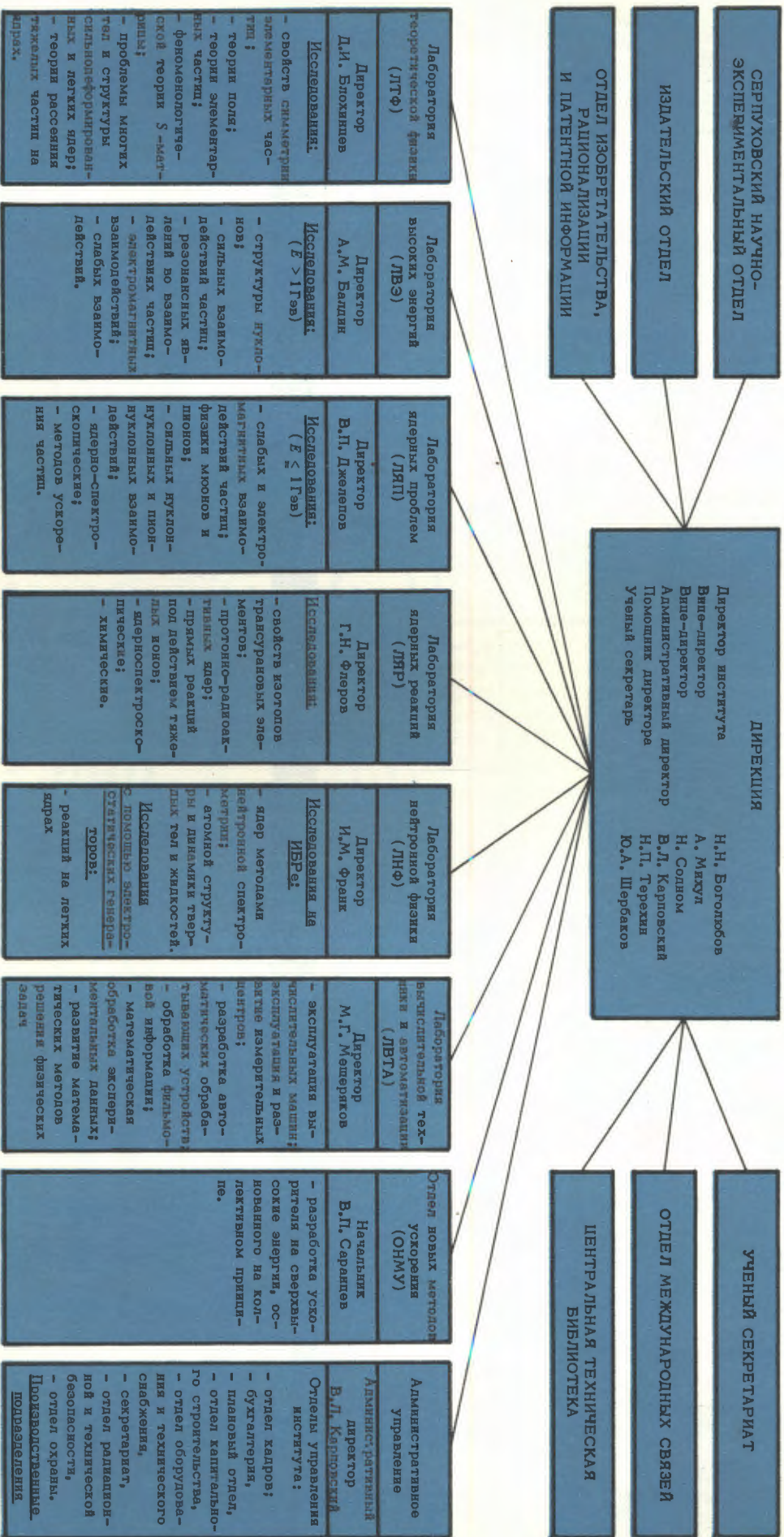
Электронный комитет  
 Председатель - проф. П. Зелински

Фотоэмульсионный комитет  
 Председатель - проф. П. Марков

Комитет по нейтронной физике  
 Председатель - проф. Е. Янич

Комитет по ядерной физике  
 Председатель - проф. Г. Музиоль

СТРУКТУРА  
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ



Успешно продолжались в Объединенном институте разработки коллективного метода ускорения ионов. На модели коллективного ускорителя впервые осуществлено ускорение  $\alpha$ -частиц до энергии выше 20 Мэв. Проведенные эксперименты доказали принципиальную возможность создания ускорителя, основанного на коллективном методе.

Работы по усовершенствованию основных установок ОИЯИ — ускорителей и реактора — занимают важное место в работе института. Синхрофазотрон стал релятивистским ускорителем ионов: на нем осуществлено ускорение дейтронов до энергии 11 Гэв. С помощью разработанной ранее системы быстрого вывода протонов пучок ускоренных дейтронов выводится в магнитный канал. Проведены также предварительные эксперименты по ускорению  $\alpha$ -частиц.

Осуществлен более эффективный вывод протонов из синхроциклотрона, позволивший вдвое поднять интенсивность пучка. Продолжаются работы по подготовке к реконструкции синхроциклотрона в высокоточный фазотрон. На циклотроне У-300 проведены усовершенствования конструкции источника ионов цинка, с ускоренными пучками которого ведутся физические исследования. Спроектирован четырехметровый изохронный циклотрон У-400, и ведется изготовление его узлов. Новый ускоритель создается на базе классического циклотрона У-300.

На новом импульсном реакторе ИБР-30 достигнута мощность 25 квт, которая в 10 раз превышает мощность прежнего реактора. Запущен инжектор — линейный ускоритель электронов на 30 Мэв, и начата эксплуатация системы "ИБР + инжектор". Продолжались работы, связанные с проектированием нового мощного реактора ИБР-2 с инжектором, велось проектирование строительного комплекса, и начались подготовительные работы по его созданию.

Среди наиболее крупных методических разработок 1970 года можно отметить, в дополнение к упомянутым выше, многопроволочные пропорциональные каме-

ры с высоким пространственным и временным разрешением, большие магнетронные искровые камеры, экспериментальный бесфильмовый детектор с жидкими: аргоном и ксеноном, а также твердым аргоном. Введен в эксплуатацию спектрометр со стримерной камерой высокого давления (8 атм), наполненной гелием и являющийся комбинацией газовой мишени и трекового прибора. Осуществлен физический запуск установки ЯСНАПП-1 (для ядерной спектроскопии на пучке протонов синхроциклотрона). Для исследования распада короткоживущих продуктов, образующихся в реакциях с тяжелыми ионами, введен в действие трохлоидальный бета-спектрометр с полупроводниковым детектором электронов. На пучках импульсного реактора установлены 2 новых прибора: венгерский спектрометр медленных нейтронов с прерывателем, предназначенный для изучения магнитного рассеяния, и краковско-дубненский спектрометр с обратной геометрией для исследования некогерентного рассеяния нейтронов.

В лабораториях ОИЯИ ведется разработка и совершенствование систем унифицированных блоков быстрой и спектрметрической электроники.

Одно из важнейших направлений в деятельности института — развитие измерительно-вычислительного комплекса. Основные работы в 1970 году были направлены на расширение вычислительной базы комплекса, а также на усовершенствование вычислительных машин для более эффективного их использования в физических исследованиях. Введены в эксплуатацию несколько новых ЭВМ разных типов. Разработан и осуществляется проект многомашиной системы ввода-вывода информации для базовой ЭВМ БЭСМ-6 на основе машин ТРА, устанавливаемых в измерительных центрах лабораторий.

Некоторые машины модернизируются: расширена оперативная память и созданы специальные каналы связи с экспериментальной аппаратурой. Усовершенствуются системы трансляции. Мониторная система "Дубна" в настоящее время используется для создания систем обработки данных в

некоторых институтах стран - участниц ОИЯИ.

Сканирующий автомат *HPD* прошел стадию комплексной отладки, и на нем ведется обработка реальных снимков с водородных камер. Закончена разработка большинства принципиальных схем электронных блоков спирального измерителя, проведены испытания оптико-механических узлов прибора. Пополняется парк больших просмотрово-измерительных столов на линии с ЭВМ ТПА.

Широкое распространение получают разработки методов визуального представления информации на ЭВМ. В настоящее время несколько машин оснащены осциллографами со световым карандашом, разрабатываются новые модели дисплея. Введен в эксплуатацию дисплей на автомате ЭЛТ, связанный с магнитным барабаном БЭСМ-4.

Выполнен комплекс работ по созданию математических программ, в первую очередь - для больших пузырьковых камер и физических установок, связанных с ЭВМ.

Международное научное сотрудничество Объединенного института с физически-

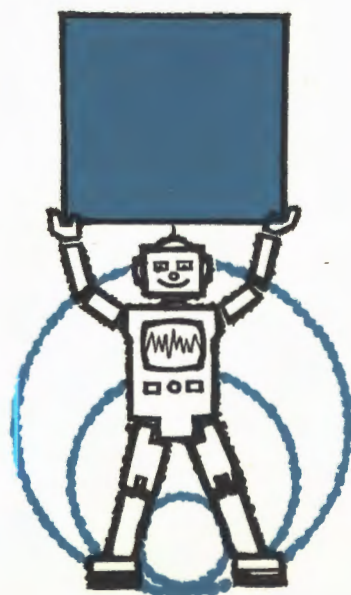
ми центрами многих стран успешно развивалось. В течение 1970 года лаборатории ОИЯИ проводили 250 научных работ совместно с национальными институтами стран-участниц. Более 450 специалистов института выезжали в разные страны для участия в конференциях, чтения лекций, выполнения совместных работ. ОИЯИ принял за то же время более 600 ученых как из стран-участниц, так и других стран. Сотрудники института были участниками 60 международных и национальных научных совещаний, проведенных в СССР, Польше, ГДР, Венгрии, Румынии, Франции, Италии и других странах.

Объединенный институт организовал 28 научных и научно-организационных совещаний, в том числе Международную конференцию по аппаратуре в физике высоких энергий, Школу по применению ЭВМ в экспериментальной физике (совместно с АН СССР), Совещание по перспективам использования нейтронной спектроскопии. Совместно с ЦЕРНом институт организовал Школу по теоретической физике для экспериментаторов.

*Н. Богданов*

директор Объединенного института  
ядерных исследований

ПРОБЛЕМНЫЙ ПЛАН  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
НА 1970 ГОД





Научно-исследовательская, методическая и научно-организационная деятельность Объединенного института ядерных исследований в 1970 году проводилась в соответствии с планами, утвержденными Ученым советом ОИЯИ на его XXVII сессии:

- планами научно-исследовательских и методических работ лабораторий;
- планами сотрудничества и совместных работ, проводимых ОИЯИ и 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. Исследование асимптотического поведения амплитуд бинарных реакций.
2. Изучение электромагнитной структуры элементарных частиц и свойств векторных мезонов.
3. Исследование свойств резонансов и множественного рождения частиц.
4. Работы в области релятивистской ядерной физики.

(Эксперименты по темам 1-4 ведутся на синхрофазотроне и на ускорителе ИФВЭ).

5. Облучение 2-метровой пропановой камеры на ускорителе ИФВЭ и рассылка материалов с этой установки в страны-участницы.

6. Монтаж и облучение 2-метровой 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 работы 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 (исследования 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, 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 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  $Z \geq 110$  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. Проведение реконструкции 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 и 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.

**Лаборатория  
вычислительной техники  
и автоматизации**

1. Продолжение работ по созданию и развитию системы вычислительных машин на базе БЭСМ-6, CDC-1604A, БЭСМ-4 и малых ЭВМ.

2. Продолжение работ по развитию математического обеспечения системы вычислительных машин.

3. Работы по созданию макетного образца спирального измерителя (завершение в 1971 году).

4. Продолжение разработки сканирующего устройства с управляемой от ЭВМ электроннолучевой трубкой.

5. Дальнейшее развитие стандартных систем программ для обработки снимков с пузырьковых камер, магнитных искровых спектрометров и стримерной камеры.

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

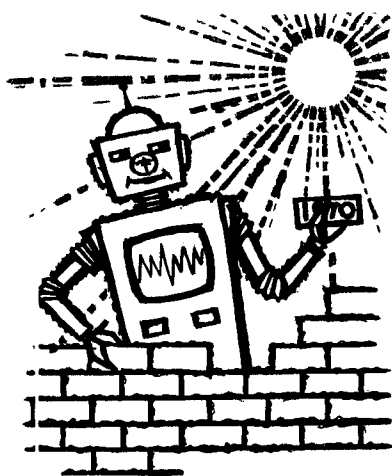
7. Продолжение теоретических исследований и расчётов, связанных с разработкой коллективного метода ускорения.

**Отдел  
новых методов  
ускорения**

1. Исследования, связанные с определением основных характеристик пучка ускоренных ионов на модели коллективного ускорителя.

2. Работы по созданию отдельных узлов и систем большого ускорителя, работающего на коллективном принципе (электронного ускорителя, адгезатора, ускорительных секций).

**НАУЧНО -  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ  
РАБОТЫ,  
ВЫПОЛНЕННЫЕ  
ЛАБОРАТОРИЯМИ  
ОИЯИ В 1970 ГОДУ**



# ЛАБОРАТОРИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

## Современная ситуация в физике элементарных частиц

*В настоящее время ситуация в области физики элементарных частиц характеризуется крайне большим объемом информации, накопленной за последние годы в результате работы ускорителей в Дубне, ЦЕРНе, Беркли и других научных центрах мира. Новый вклад в расширение доступной до сих пор информации внесен недавними работами, выполненными в Серпухове.*

*Известные схемы, описывающие лептоны, барионные состояния и мезоны, могут служить иллюстрацией, характеризующей объем имеющихся сейчас сведений о мире элементарных частиц.*

*Состояние теории должно быть охарактеризовано мозаичностью и разрозненностью, без того, однако, чтобы были обнаружены какие-либо противоречия основным принципам локальной теории поля. Я имею в виду релятивистскую метрику пространства-времени и динамику квантовой теории поля (заимствованную из квантовой теории систем с конечным числом степеней свободы). Отсюда следует вывод, что трудности современной теории остаются пока внутренними проблемами самой теории, вопросами ее полноты и самосогласованности.*

*Мы не в состоянии сейчас ответить на фундаментальный для теории вопрос: достаточна ли полученная в эксперименте информация для построения полной теории, или нечто, крайне необходимое, находящееся за пределами фантазии теоретиков, остается еще не обнаруженным?<sup>х/</sup> В связи*

<sup>х/</sup> Примеры из истории науки: открытие электрона и атомного ядра, открытие нейтронов оказалось исторически необходимым для создания теории атома и, соответственно, теории ядра. Открытия атомов и молекул оказались обязательными для понимания структуры твердых, жидких и газообразных тел.

выми числами, слабого нарушения автомодельности глубоко неупругих формфакторов и нарушения теоремы Померанчука.

Исследованы конформно-инвариантные лагранжианы в квантовой теории поля.

Изучен ряд моделей, в которых гравитационное поле осуществляет регуляризацию взаимодействия адронов и лептонов.

Для случая массивных скалярных частиц в существенно нелинейных теориях выяснена аналитическая структура по константе связи для суперпропагаторов и определено их асимптотическое поведение при больших значениях импульса. Эти результаты отличаются от результатов А. Салама, полученных при дополнительных предположениях.

Рассмотрено высокоэнергетическое поведение амплитуд рассеяния в теоретико-полевых моделях в рамках метода функционального интегрирования. Сформулировано так называемое приближение прямолинейных путей, позволяющее эффективно находить асимптотику некоторого класса диаграмм теории возмущений. Учёт радиационных эффектов приводит к гладкому комплексному квазипотенциалу двух частиц при высоких энергиях и к дифракционному поведению упругой амплитуды.

### Взаимодействия элементарных частиц

В рамках квазипотенциального подхода получено высокоэнергетическое представление для амплитуды рассеяния релятивистских частиц, обобщающее известное эйкональное представление в квантовой механике. Построены точные решения для квазипотенциалов релятивистского сцилляторного взаимодействия.

Найдено локальное квазипотенциальное уравнение, совместное с условием упругой унитарности. В пределах больших энергий выведена релятивистская формула эйконала для амплитуды рассеяния скалярных частиц. Найдено решение задачи Кулона для бесспиновых частиц, которое

имеет вид релятивистской формулы Бальмера, включающей тонкую структуру.

Показано, что условие унитарности выполняется в случае квазипотенциальных уравнений для двух частиц со спином и разной массой.

На основе анализа экспериментальных данных обнаружено, что мнимые части барионных траекторий Редже растут почти линейно с ростом  $S$ . В этом случае распадные свойства резонансов, лежащих на траектории, оказываются тесно связанными с их массовым спектром. На основе каскадного характера распадов высших резонансов делается вывод, что эффективное взаимодействие, ответственное одновременно за переходы между уровнями и за массовый спектр, является линейным относительно мезонных полей.

Рассмотрены различные применения модели векторной доминантности к процессам фоторождения векторных мезонов и лептонных пар.

На основе трехмерного квазипотенциального подхода разработан общий метод описания поведения составных систем во внешних полях. Сформулированы выражения релятивистских формфакторов и вычислены релятивистские поправки к магнитным моментам атомов и ядер. Впервые получены правильные выражения для формфакторов электрона и протона в атоме водорода, хорошо согласующиеся с результатами экспериментов.

С помощью точных решений уравнений типа Чу-Лоу получено описание  $S$ -волн пион-нуклонного рассеяния до энергии 260 Мэв с учётом наличия  $\rho$ - и  $\sigma$ -мезонов и при условии выполнения двухчастичной унитарности. Найдено точное решение в модели низкоэнергетического рассеяния с неоднородным условием кроссинг-симметрии и проведено сравнение с данными по пион-нуклонному рассеянию.

С использованием метода дисперсионных соотношений построена теория взаимодействия  $\pi$ - и  $K$ -мезонов в области энергий до 1 Гэв, хорошо согласующаяся со всеми данными по резонансным состояниям  $\pi K$ - $\pi K$  и  $\pi\pi$ - $\pi K$  систем. Предсказана

ширина резонанса в  $f_0^{1/2}$  парциальной волне (масса 110 Мэв,  $\Gamma \approx 350$  Мэв).

Сформулирован принцип автомодельности для глубоко неупругих лептон-адронных взаимодействий, который в сочетании с алгеброй токов привел к выводу ряда интересных правил сумм, в частности, для процессов образования мюонной пары в сильных взаимодействиях, электро-рождения и аннигиляции. Исследована возможная связь принципа автомодельности с нарушенной конформной симметрией.

Изучен процесс рассеяния света на свете, обусловленный поляризацией адронного вакуума. Результаты имеют практическое значение в связи с вводом в действие машин со встречными электронными пучками. Дан элегантный вывод низкоэнергетических теорем, основанный на анализе кинематических сингулярностей спиральных амплитуд.

Показано, что экспериментальное изучение спектра электронов отдачи в нейтрино-электронном рассеянии позволит определить вариант  $\nu_e e$ -взаимодействия. Выяснено, что существующие данные не противоречат наличию даже сильного взаимодействия нейтрино-нейтрино. Предложены опыты для изучения прямого  $\nu_i$ -взаимодействия.

### Взаимодействие частиц высоких энергий с ядрами

Лаборатория теоретической физики была инициатором исследований в области ядерной физики высоких энергий. Именно здесь была разработана теория образования "надбарьерных" осколков, а также теория передачи больших импульсов сложным системам (легким ядрам), хорошо подтвержденная сейчас работами в Лаборатории ядерных проблем. Много лет тому назад были введены в рассмотрение так называемые "многочастичные" силы. Существование таких сил, видимо, подтверждается и в многоопионных процессах, замеченных в высокоэнергетических каскадах.

В 1970 году в лаборатории предложена модель внутриядерных каскадов, согласующаяся с опытом при ускорительных энергиях. Разработан эффективный метод расчёта радиационной защиты от высокоэнергетического излучения. Составлен атлас основных характеристик пион-ядерных и нуклон-ядерных взаимодействий для области энергий 50 Мэв  $\div$  5 Гэв.

### Развитие методов расчета на ЭВМ по теории сложных ядер и ядерных реакций

Совместно с ЛВТА разработаны новые программы для проведения расчётов:

- а) спектров внутренних возбуждений в нечётных атомных ядрах с учётом взаимодействия квазичастиц с фононами;
- б) коллективных возбуждений в сферических атомных ядрах;
- в) вращательных спектров в атомных ядрах с учётом поляризационных эффектов;
- г) парных вибраций в деформированных ядрах;
- д) гамов-теллеровских резонансов и силовых функций бета-переходов;
- е) фаз рассеяния для произвольных потенциалов.

### Структура сложных ядер

В 1969 году было предсказано существование новой области деформированных нейтроноизбыточных ядер в районе  $A \approx 100$ . Это предсказание стимулировало проведение опытов. Летом 1970 года появились первые экспериментальные данные, полученные в Беркли и подтверждающие расчёты, т.е. экспериментально обнаружена новая область деформированных ядер в районе  $A \approx 100$ .

Появились экспериментальные указания на существование возбужденных состояний, равновесные деформации которых отличаются от равновесных деформаций ядер в основных состояниях. Существование состояний такого типа было предсказано в ЛТФ в 1966 году.

Для изотопов олова исследованы свойства двухфононных квадрупольно-октупольных фононов. Развита метод учёта ангармонических поправок при взаимодействии фононов различной чётности.

Исследованы свойства коллективных вибрационных состояний (квадрупольных и октупольных) в чётно-чётных ядрах трансурановой области. Рассчитаны спектры неротационных возбуждений с учётом взаимодействия квазичастиц с фононами в нечётных ядрах редкоземельной области, при этом использовался деформированный потенциал Саксона-Вудса.

Вычислены волновые функции и одночастичные энергии для ядер в области актиноидов. Рассчитаны энергия и структура неротационных состояний нечётных ядер в этой области.

Развита метод учёта поляризационных эффектов во вращательном движении атомных ядер, и изучены свойства сильно искаженных вращательных полос в нечётных ядрах. Исследованы свойства магнитного дипольного и гамов-теллеровского резонансов в атомных ядрах, силовых функций  $M1$ -переходов и разрешенных бета-переходов, а также свойства монопольных возбуждений в чётно-чётных ядрах.

Продолжались исследования общей теории коллективных возбуждений в атомных ядрах. Метод ротационных операторов использован для описания вращения легких ядер, рассмотрена возможность совместного описания вращения и других типов возбуждений.

Изучены зависимости мультипольных остаточных взаимодействий от деформации, и предложен метод определения силы парного взаимодействия, получаемый из условия минимума полной энергии ядра.

На основе расчётов потенциальной энергии деформации создана модель для

описания свойств ядер переходных областей и рассмотрены изомерные состояния ряда ядер. С помощью метода бозонного разложения получен коллективный гамильтониан для описания свойств парных вибраций в легких атомных ядрах. Проведено исследование зависимости массовых коэффициентов от параметра деформации. Выведены уравнения для энергетической щели и частоты колебаний с учётом корреляций в основном состоянии чётно-чётных атомных ядер.

## Ядерные реакции

Разработан аналитический метод описания неупругого рассеяния электронов на ядрах с возбуждением низколежащих уровней. Исследовано кулоновское деление в реакциях между сложными ядрами и эффекты кулоновской дисторсии сталкивающихся ядер.

Методом фазовых функций получено интегральное уравнение для амплитуды рассеяния. Предложен метод описания систем, взаимодействующих с помощью потенциалов с бесконечным кором. Вычислены граничные изменения параметров рассеяния в теории многоканальной связи.

## Теория малонуклонных систем, легких ядер и ядерный мю-захват

В рамках модели оболочек с промежуточной связью рассчитаны энергетические спектры аномальной чётности в ряде легких атомных ядер и исследован гигантский резонанс фотопоглощения.

С использованием реалистического потенциала двухнуклонного взаимодействия рассчитаны среднеквадратичные радиусы изотопов кислорода и кальция.

Получены численные решения уравнений Фаддеева для связанных состояний и рассеяния нейтронов на дейтронах с двухнуклонными потенциалами различных типов.



Вопросы  
теории многих тел,  
приложения  
к конденсированным средам

На основе метода неравновесного статистического оператора рассмотрены неравновесные процессы в конденсирован-

ных средах. Изучены некоторые свойства ангармонических кристаллов и жидкостей.

Проведены исследования рассеяния ультрахолодных нейтронов в конденсированных средах.

Изучались вопросы динамики жидкостей, и были предложены эксперименты для Лаборатории нейтронной физики.

## ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

В лаборатории велись фундаментальные исследования в области физики элементарных частиц при высоких энергиях, методические разработки, направленные на совершенствование техники эксперимента, проводились работы по усовершенствованию синхрофазотрона с целью расширения возможностей постановки и проведения на нем физических экспериментов. При этом основные усилия коллектива лаборатории и большая часть ее ресурсов были направлены на реализацию программы физических исследований на ускорителе ИФВЭ.

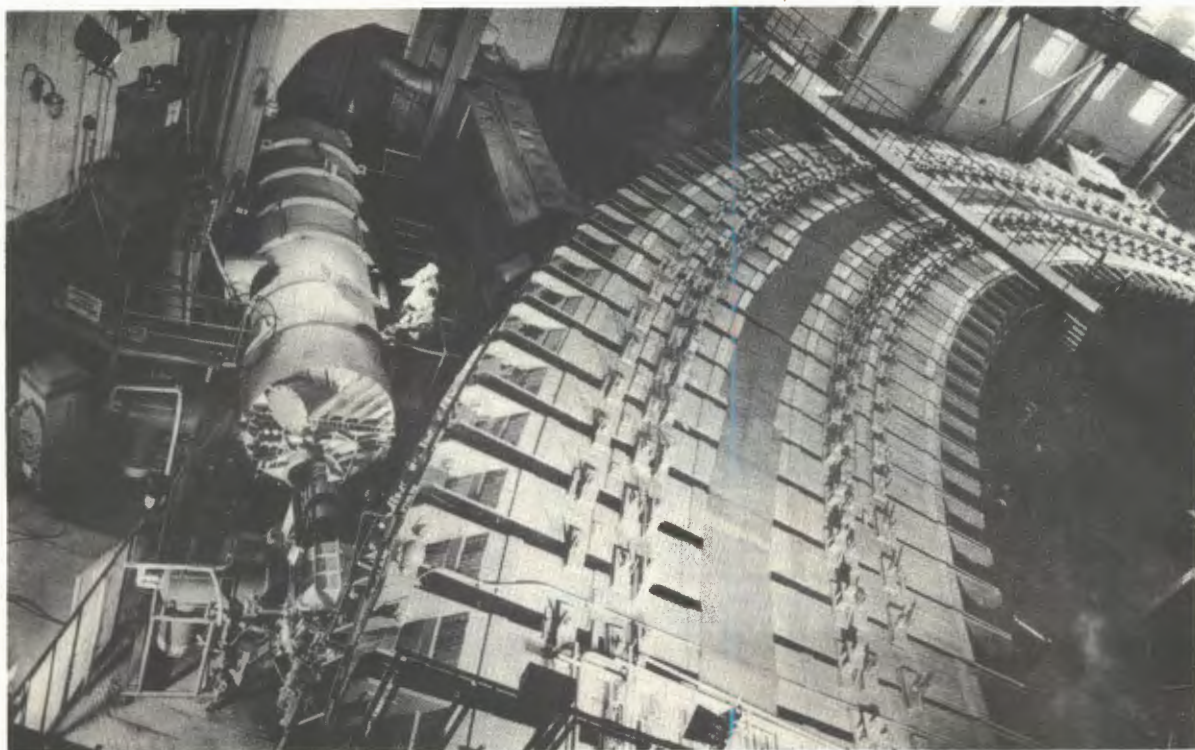
Научные исследования ЛВЭ проводила в тесном контакте с Лабораторией вычислительной техники и автоматизации и с лабораториями и институтами стран-участниц ОИЯИ.

## Научно-исследовательские работы

Поведение  
амплитуд рассеяния  
в зависимости  
от энергии  
взаимодействующих частиц

1. Исследование дифференциальных сечений упругого  $pd$ -рассеяния и уточнение параметров наклона  $pp$ -рассеяния в области энергий 10-70 Гэв проводились на ускорителе ИФВЭ. Измерены действительные части амплитуд  $pp$ - и  $pd$ -рассеяния. Экспериментальные результаты получены с помощью сверхзвуковых газовых водородной и дейтериевой мишеней. Внутренний пучок ускорителя многократно пересекал мишень в течение 300 мсек. Ширина мишени составляла около 4 см.

На рис. 4а,б приведены спектры протонов и дейтронов отдачи. В качестве при-

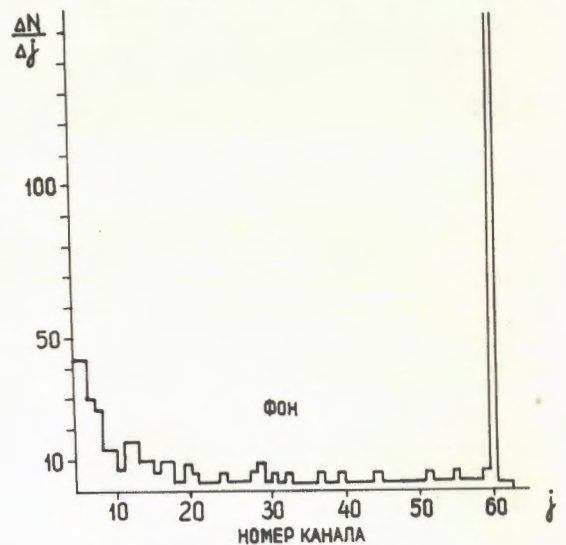
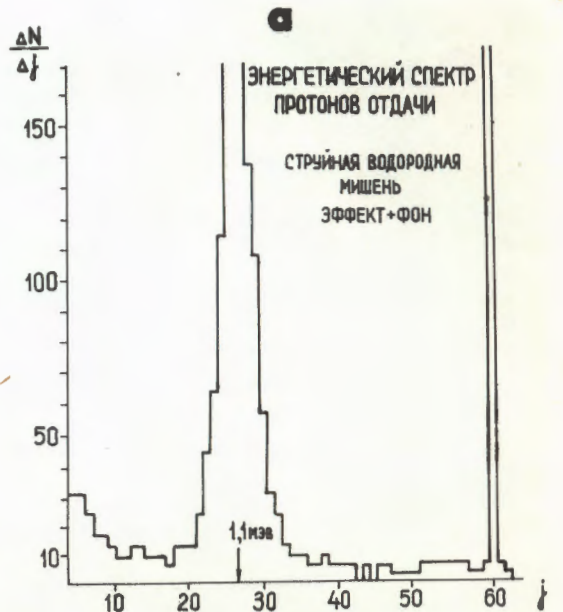
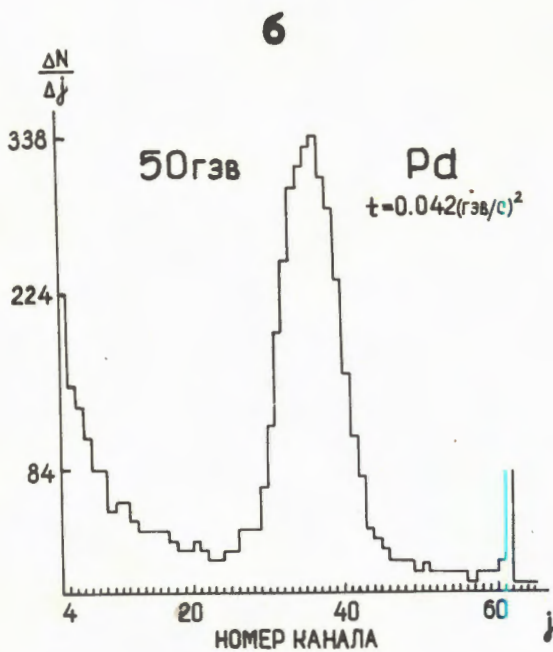


2. Директор Лаборатории высоких энергий профессор А.М. Балдин выступает на сессии Учёного совета ОИЯИ с сообщением об ускорении дейтронов на синхрофазотроне. Использование ускорителя в новом качестве создает предпосылки для развития исследований в области релятивистской ядерной физики.

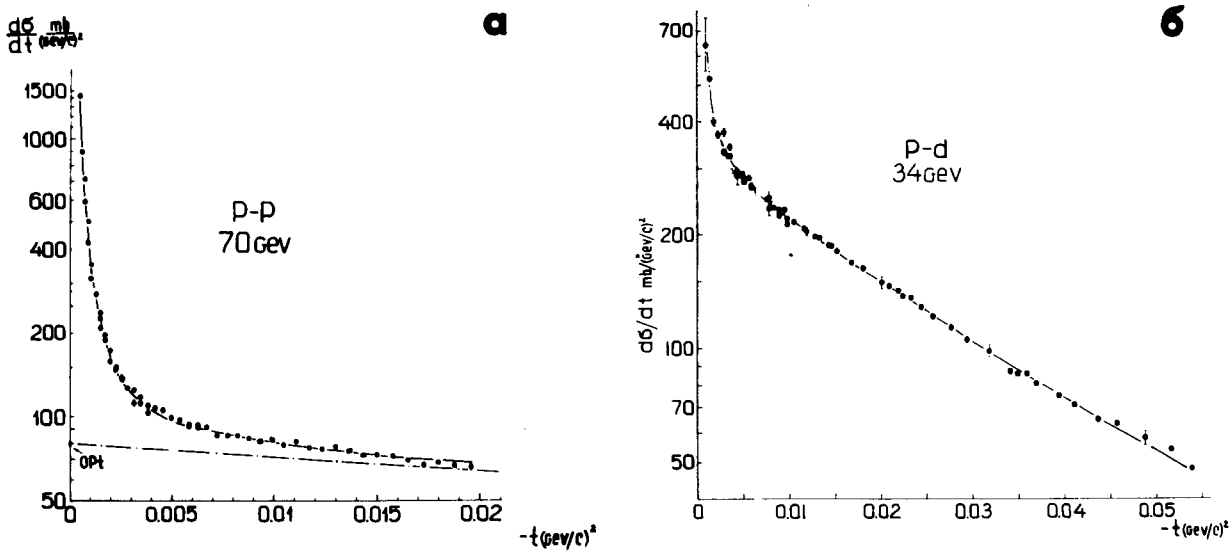




3. Группа учёных Лаборатории высоких энергий ведет обработку экспериментальных данных об упругом рассеянии протонов дейтронами, полученных на серпуховском ускорителе.

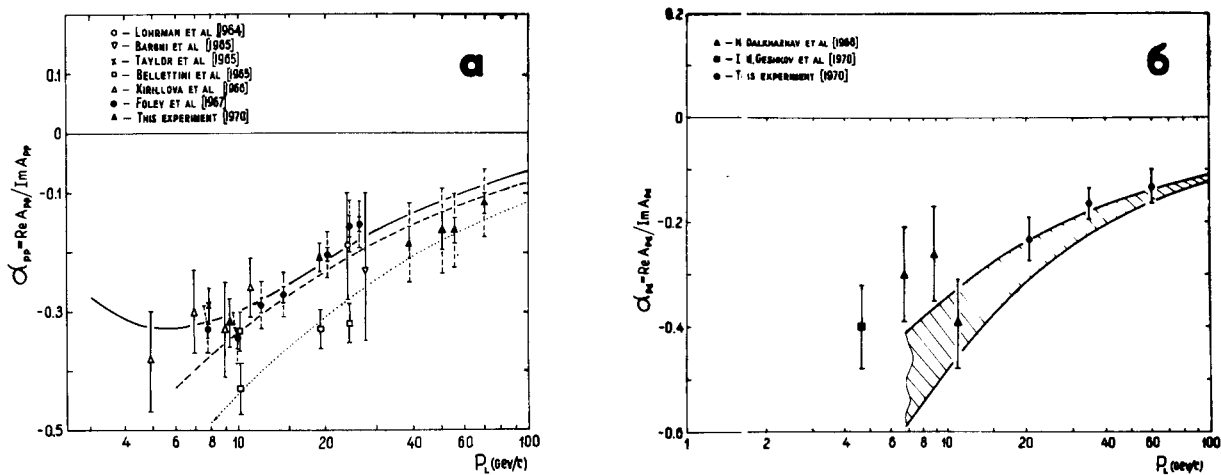


4. Энергетические спектры частиц отдачи от взаимодействия протонного пучка ускорителя ИФВЭ: а) со струйной дейтериевой мишенью; б) со струйной водородной мишенью. Максимум в спектрах обусловлен: а) дейтронами отдачи от когерентной реакции  $pd \rightarrow pd$ ; б) протонами отдачи от упругого  $pp$ -взаимодействия.



5. Дифференциальные сечения: а) упругого  $pp$ -рассеяния при энергии протонов 70 Гэв, б) упругого  $pd$ -рассеяния при энергии протонов 34 Гэв.

6. Сравнение экспериментальных данных о вещественных частях амплитуды упругого  $pp$ -рассеяния ( а ) и упругого  $pd$ -рассеяния ( б ) с выводами дисперсионных соотношений.



мера на рис. 5 а,б представлены дифференциальные сечения упругого  $pp$ - и  $pd$ -рассеяния при 70 и 34 Гэв. Найденные значения  $a_{pp} = \frac{Re_{pp}(0)}{Im_{pp}(0)}$  и  $a_{pd} = \frac{Re_{pd}(0)}{Im_{pd}(0)}$  в зависимости от энергии протонов даны на рис. 6 а,б соответственно. Здесь же показаны результаты расчётов по дисперсионным соотношениям и экспериментальные результаты других работ.

Отношение вещественной части амплитуды упругого  $pp$ -рассеяния к мнимой с увеличением энергии протонов монотонно уменьшается по абсолютной величине: от  $a = -0,32 \pm 0,04$  при 8,5 Гэв до  $a = -0,1 \pm 0,04$  при 70 Гэв. Для случая  $pd$ -рассеяния соответствующие значения изменяются от  $a = -0,23 \pm 0,04$  при энергии 23 Гэв до  $a = -0,13 \pm 0,04$  при 60 Гэв.

Таким образом, экспериментальные данные о поведении параметра наклона дифракционного конуса упругих  $pp$ - и  $pd$ -рассеяний и о поведении фазы амплитуды этих процессов вблизи нуля градусов (в области интерференции кулоновского и ядерного рассеяний) не противоречат выводам аксиоматической теории поля.

2. Исследование асимптотического поведения амплитуды рассеяния и определение электромагнитного формфактора  $K^0$ -мезонов в опытах по регенерации  $K^0$ -мезонов ведутся на ускорителе ИФЭЭ в пучке нейтральных частиц с помощью магнитного искрового спектрометра, работающего на линии с ЭВМ БЭСМ-3М. Основные свойства пучка и спектрометра при-

Таблица

Пучок

Размер у водородной мишени	40x65 мм <sup>2</sup>
Горизонтальная расходимость	$\pm 0,35$ мрад.
Вертикальная расходимость	$\pm 0,6$ мрад.

Размеры

Длина водородной мишени	3 м
Длина зоны распада	6 (10) м
Длина установки	15 м
Магнит	200x100x25 см <sup>3</sup>
Искровые камеры	600x420x8 мм <sup>3</sup>

Разрешения

Координата трека $\Delta X, \Delta Y$	$\pm 0,3$ мм
Пространственный угол $\Delta \Theta$	$\pm 0,4$ мрад.
Координата точки распада $\Delta Z$	$\pm 3$ см
Ивариантная масса $\Delta m_{\pi\pi}$	$\pm 3,5$ Мэв

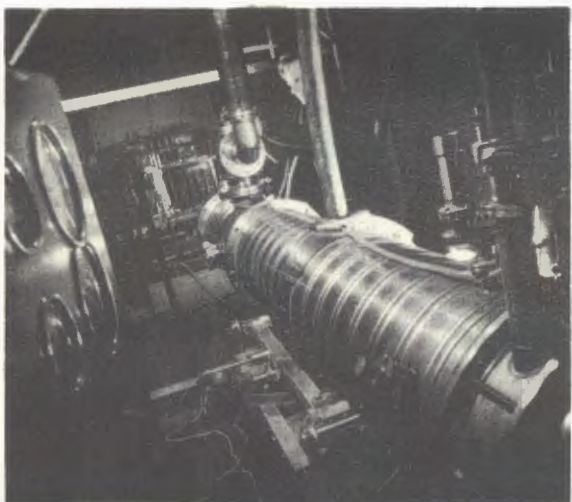
Интенсивности

Протоны на мишень	$10^{11}$ протон/цикл
Нейтроны в пучке	$\sim 5 \times 10^6$ нейтр./цикл
$K^0$ -мезоны в пучке	$\sim 5 \times 10^4$ $K^0$ /цикл
Скорость запуска (max)	30 соб./цикл
Скорость накопления $V^0$	$\sim 10$ соб./цикл
Скорость накопления $K^0$	$\sim 10$ $K^0$ /час.

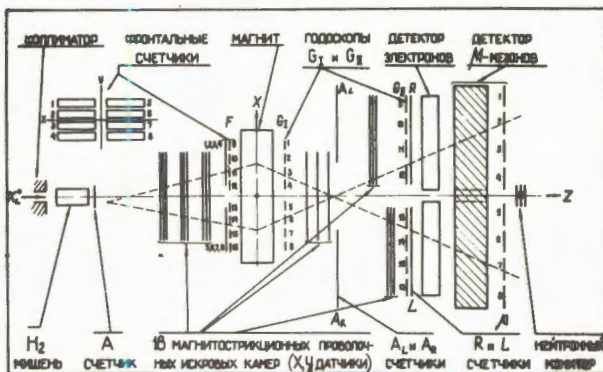
ведены в таблице и иллюстрируются рис. 8-10. Величины сечений и фазы амплитуд  $K_L^0 \rightarrow K_S^0$ -регенерации в интервалах различных энергий определяются по интенсивности распадов  $K_L^0$ - и  $K_S^0$ -мезонов на два заряженных пиона в распадной области за 3-метровой жидководородной мишенью.

Предварительные результаты экспериментов представлены на рис. 11 и 12. Заключение о поведении фазы и амплитуды регенерации могут быть получены после увеличения статистики и проведения более тщательного, детального анализа возможных систематических ошибок.

3. Структура амплитуды упругого  $\pi^-$ -рассеяния в интервале импульсов 2-7 Гэв/с изучается в экспериментах на синхрофазотроне.



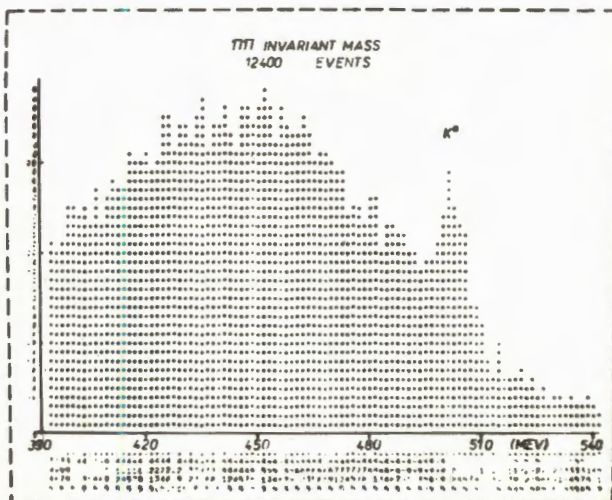
7. В опытах по исследованию регенерации  $K^0$ -мезонов на серпуховском ускорителе используется 3-метровая жидководородная мишень.

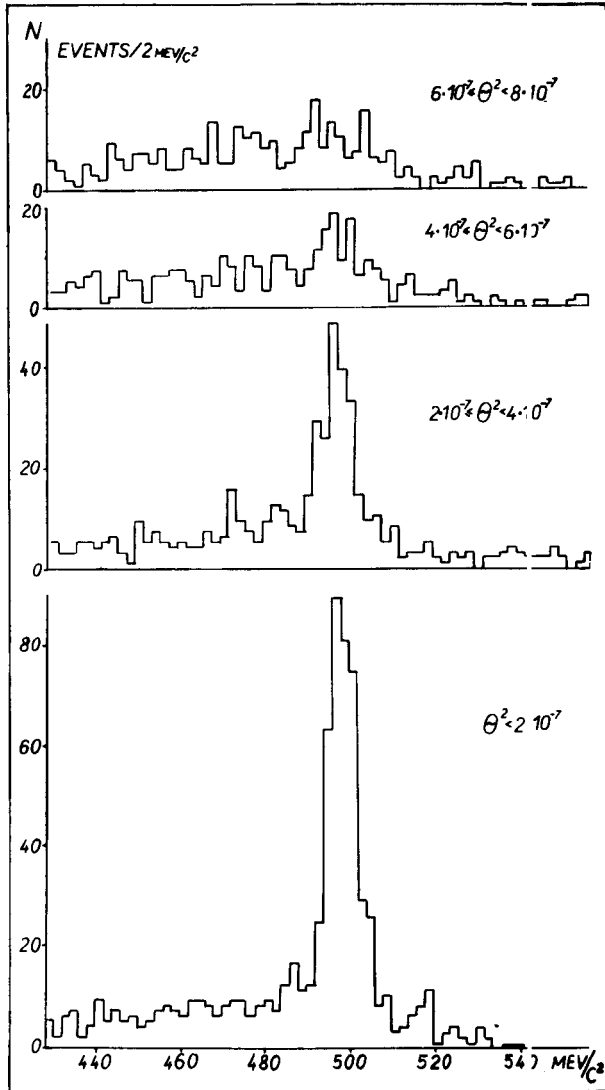


8. Схема расположения аппаратуры на пучке нейтральных частиц.

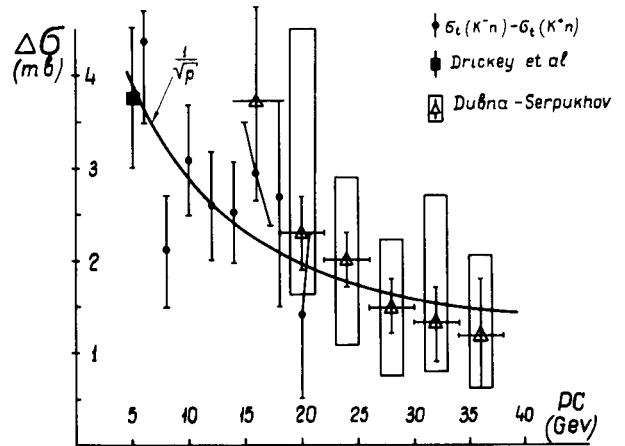


9. Распределение по инвариантной массе всех двухлучевых случаев, зарегистрированных установкой, в предположении, что обе заряженные частицы есть пионы:  $\pi^+$  и  $\pi^-$ .



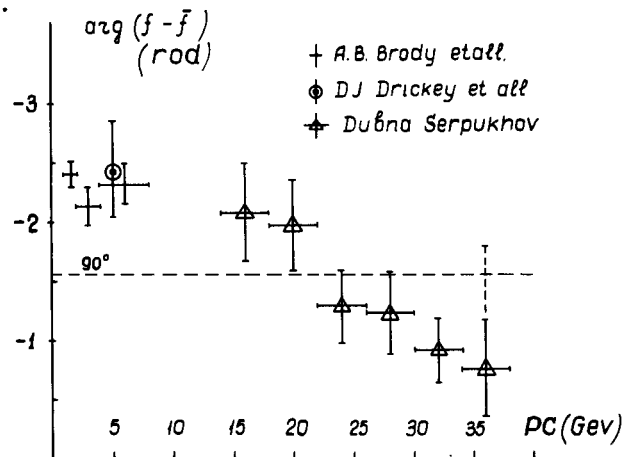


10. Распределение по инвариантной массе  $\pi^+\pi^-$  двухлучевых событий, для которых суммарный вектор импульса имеет малый угол ( $\theta$ ) с направлением движения частиц пучка. Очевидно, что события, для которых  $\theta^2 \leq 6 \times 10^{-7}$  радиан и масса  $\approx 500$  Мэв/с<sup>2</sup>, являются кандидатами в  $K_s^0$ -мезоны.

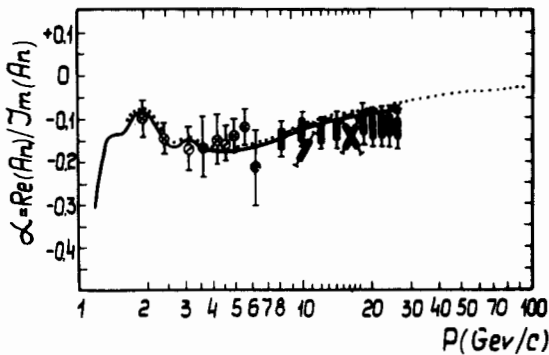


11. Зависимость от энергии разности полных сечений  $\bar{K}^0 p - K^0 p$  и  $K^- n - K^+ n$ .

12. Фаза амплитуды регенерации в зависимости от энергии  $K^0$ -мезонов.





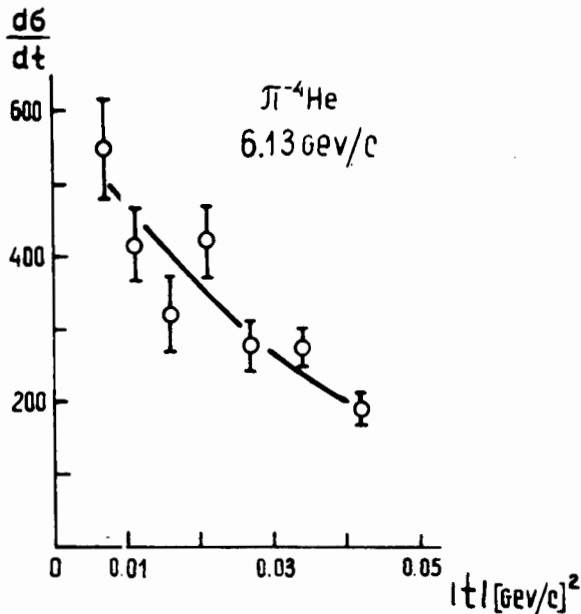
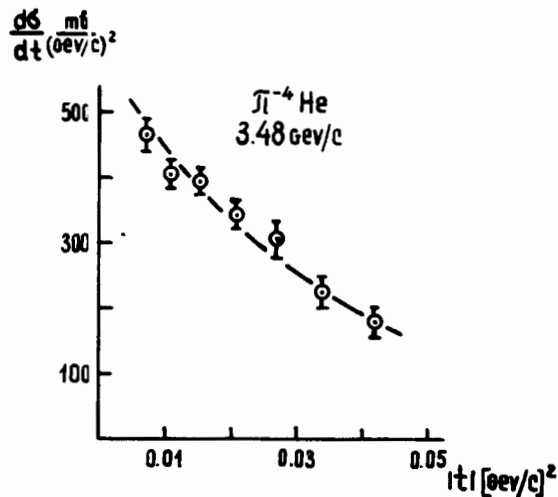


13. Величины отношения вещественной к мнимой части амплитуды упругого  $\pi^-p$ -рассеяния в зависимости от импульса пионов в л.с.к. и их сравнение с расчётами по дисперсионным соотношениям (плавные кривые).  $\circ$  - данные настоящей работы.

а) При помощи спектрометра из бесфильмовых искровых камер на линии с ЭВМ БЭСМ-4, с использованием в триггере газовых дифференциальных черенковских счётчиков для детектирования рассеяния пионов на малые углы в жидководородной мишени, измерены дифференциальные сечения упругого рассеяния отрицательных пионов в области кулоновской интерференции при импульсах 1,91; 2,44 и 5,65 Гэв/с. Рис. 13 иллюстрирует полученные результаты.

Таким образом, завершён цикл работ по исследованию упругого  $\pi^-p$ -рассеяния на малые углы в интервале энергий пионов  $2 \div 7$  Гэв. Эти данные являются единственными в указанном интервале энергий и находятся в хорошем согласии с предсказаниями дисперсионных соотношений.

б) В результате обработки фотографий с 50-сантиметровой гелиевой камеры Вильсона, облученной отрицательными пионами с импульсами 4,48 и 6,13 Гэв/с, методом спектрометрирования частиц отдачи измерены дифференциальные сечения упругого  $\pi^-a$ -рассеяния в области передач  $t$ :  $0,046 \leq t \leq 0,074$  (Гэв/с)<sup>2</sup>. Результаты показаны на рис. 14 а, б.

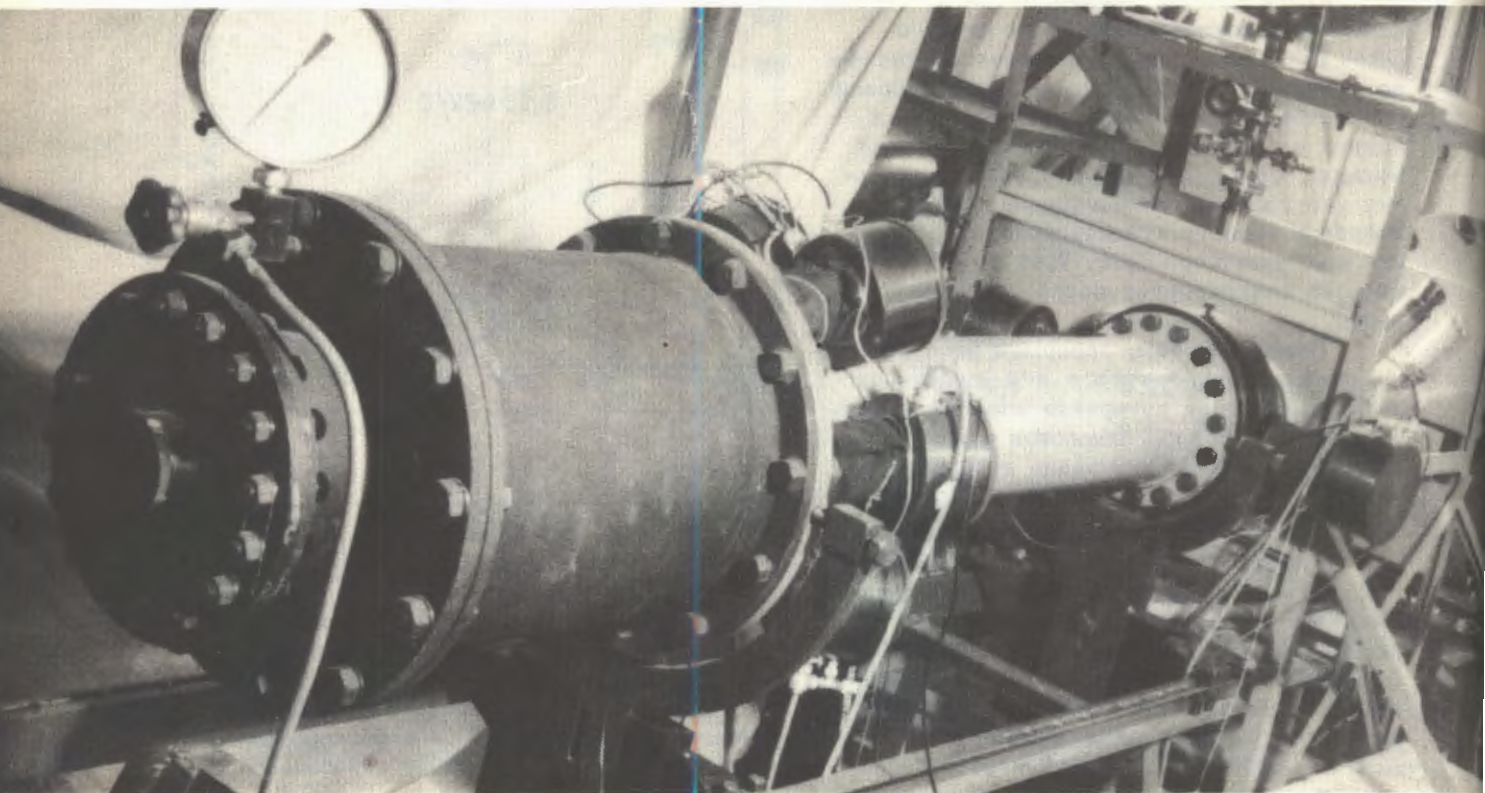


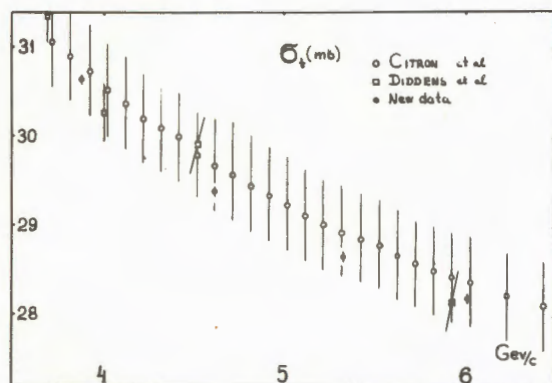
14. Дифференциальные сечения когерентного  $\pi^-a$ -рассеяния (в относительных единицах) в зависимости от переданного импульса.

4. Полные сечения взаимодействия пионов с протонами в интервале энергий 3-7 Гэв измерены на синхрофазотроне с применением новой, разработанной в лаборатории аппаратуры - газовых дифференциальных черенковских годоскопов. Полные сечения измерены при импульсах пионов 3,88; 4,62; 5,33 и 6,03 Гэв/с с абсолютной ошибкой 50-60 микробарн, включающей систематическую - 20 микробарн. На рис. 15 приведены результаты данной работы вместе с результатами других работ. Рисунок иллюстрирует преимущества нового метода измерений полных сечений частиц высоких энергий по сравнению с применявшимися ранее.

15. Полные сечения (в миллибарнах) взаимодействия отрицательных пионов с протонами в зависимости от импульса пионов (Гэв/с).

16. Измерения с высокой точностью полных сечений  $\pi^-p$  - взаимодействия выполнены с помощью новой аппаратуры - газовых дифференциальных черенковских годоскопов. Рассеивателем служила специальная жидководородная мишень с плоскими окнами и с высокой стабилизацией плотности водорода.





### Механизм рождения и распада частиц и резонансов. Поиск новых резонансов

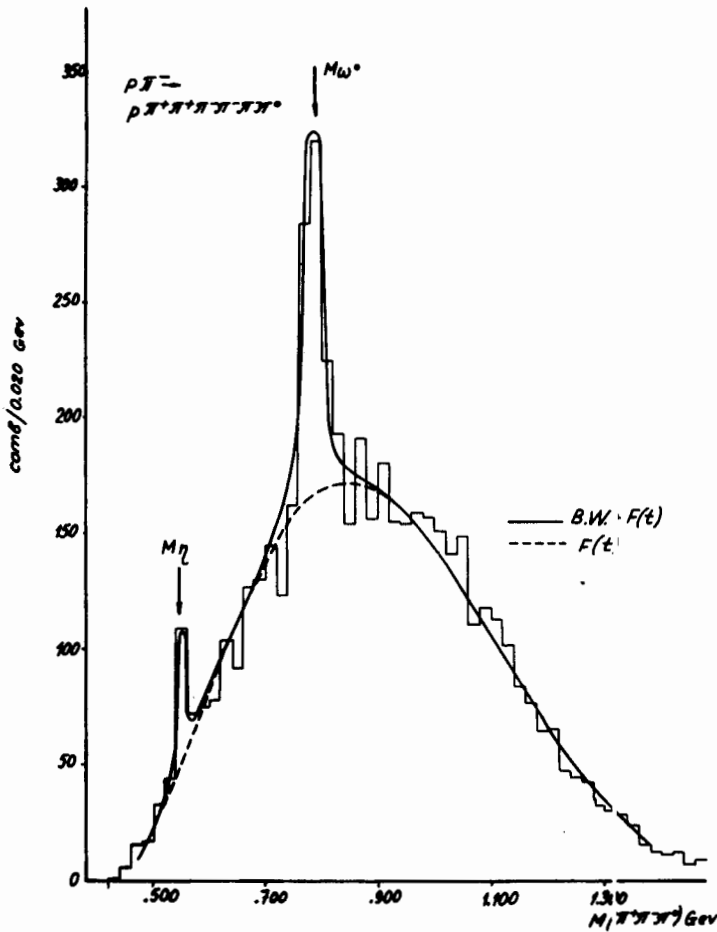
1. Работы по изучению  $\pi^-p$ -взаимодействий и когерентного рождения резонансов в  $\pi^-C$ -взаимодействиях при 40 Гэв в истекшем году велись в направлении совершенствования программного обеспечения. Проверены действующие программы для обработки снимков с 2-метровой пропановой камеры, и определены точности измерения треков. Создана программа моделирования периферических событий - ФАРФОРС и программа ГЕОФИТ-1 для геометрической и кинематической обработки событий на БЭСМ-6 и CDC-1804A. Разработаны новые методы поиска изломов на треках, определения параметров треков  $e^\pm$  и др.

2. Взаимодействия отрицательных пионов с протонами при импульсе 5 Гэв/с изучаются на основе снимков с 1-метровой жидководородной камеры (совместно с ИФВЭ ГДР и ЛВТА). Из анализа 6-лучевых событий получены распределения по каналам реакций, сечения этих реакций и сечения образования резонансов.



Канал	Число событий	$\sigma$ (мкб)
$\pi^-p \rightarrow p 2\pi^+ 3\pi^-$	710	283 $\pm$ 15
$\pi^-p \rightarrow p 2\pi^+ 3\pi^- \pi^0$	863	348 $\pm$ 17
$\pi^-p \rightarrow 3\pi^+ 3\pi^- n$	253	103 $\pm$ 7
$\pi^-p \rightarrow p 2\pi^+ 3\pi^- k\pi^0$ ( $k \geq 2$ )	220	88 $\pm$ 7
$\pi^-p \rightarrow 3\pi^+ 3\pi^- k\pi^0 n$ ( $k \geq 1$ )	269	109 $\pm$ 8
Все каналы	2310	932 $\pm$ 39

На рис. 17 приведен спектр эффективных масс системы  $\pi^+\pi^-\pi^0$  из реакции  $\pi^-\pi^+\pi^0 \rightarrow \rho\pi^+\pi^+\pi^-\pi^-\pi^0$ . По оси абсцисс отложена масса этой системы в Гэв/с<sup>2</sup>, по оси ординат - число наблюдавшихся событий на интервал 0,02 Гэв/с<sup>2</sup>. Пунктирная кривая - фит экспериментальных данных по  $F(t)$ -модели, сплошная - фит экспериментальных данных по  $F(t)$ -модели плюс распределение по Брайт-Вигнеру. Данные указывают на сильное образование  $\omega^0$ . В данной реакции, отчетливо фиксируется  $\eta^0$ -мезон.



17. Спектр эффективных масс системы  $\pi^+\pi^-\pi^0$  в реакции  $\pi^-\pi^+\pi^0 \rightarrow \rho\pi^+\pi^+\pi^-\pi^-\pi^0$  при импульсе падающих отрицательных пионов 5 Гэв/с.

3. Исследования взаимодействия протонов и  $\pi^-$ -мезонов с нуклонами и ядрами проводились с помощью фотоэмульсий, облученных на ускорителе ИФВЭ протонами с энергией 60 Гэв. Показано, что средняя множественность заряженных частиц в  $\pi^-$ -столкновениях меняется с энергией по закону  $\langle n \rangle = E^{0,36 \pm 0,04}$ .

4. При изучении нейтральных бозонов, распадающихся на  $\pi^0$ -мезоны и гамма-кванты, определены вероятности распада  $K^0 \rightarrow 2\pi^0$ . Работа выполнена совместно с ИТЭФ на ксеноновой камере. Проанализировано около 1 миллиона снимков (из них 350 тысяч в ЛВЭ). Найдено, что

$$|\eta_{00}| = \frac{K_L \rightarrow \pi^0\pi^0}{K_S \rightarrow \pi^0\pi^0} = (2,02 \pm 0,23) \times 10^{-3}.$$

Это согласуется с теоретическими предсказаниями и устраняет противоречивость ранее имевшихся экспериментальных данных.

Завершен цикл работ по исследованию нейтральных бозонов, распадающихся на гамма-кванты в реакции  $\pi^+ + n \rightarrow p + X, X \rightarrow k\gamma$ . Просмотрено 500 тысяч снимков с 55-сантиметровой ксеноновой камеры. Найдено 1362 события, удовлетворяющих этой реакции. Получены следующие результаты:

а) по распадам  $\eta$ -мезона:

$$R_1 = \frac{\eta(\gamma, \gamma)}{\eta(\text{нейтр.})} = (57 \pm 9)\%,$$

$$R_2 = \frac{\eta(\pi^0\gamma\gamma)}{\eta(\text{нейтр.})} = (11 \pm 3)\%,$$

$$R_3 = \frac{\eta(3\pi^0)}{\eta(\text{нейтр.})} = (32 \pm 9)\%;$$

б) по распадам  $\omega$ -мезона:

$$R_1 = \frac{\omega^0(\eta\gamma \rightarrow 3\gamma)}{\omega^0(\pi^0\gamma)} = (22 \pm 8)\%,$$

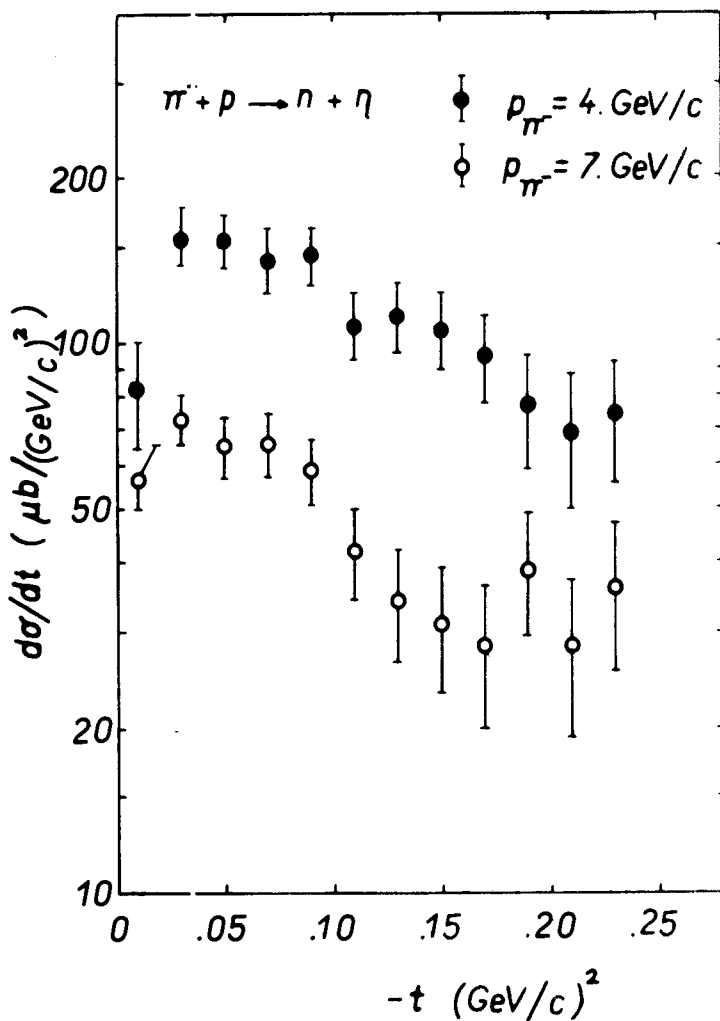
$$R_2 = \frac{\omega^0(\pi^0\pi^0\gamma)}{\omega^0(\pi^0\gamma)} = (16 \pm 13)\%.$$

Электромагнитная  
структура  
элементарных частиц

1. Радиационные распады бозонных резонансов исследовались с помощью спектрометра из черенковских счётчиков полного поглощения и искровых камер. Измерено сечение образования  $\eta^0$ -мезона в области малых передач импульса в реакции  $\pi^- p \rightarrow \eta^0 \eta$  при импульсе пионов 7 Гэв/с. На рис. 18 показаны результаты этой работы вместе с данными, полученными на синхрофазотроне при им-

пульсе пионов 4 Гэв/с. Данные указывают на отсутствие плато в дифференциальном сечении для интервала  $0 \leq |t| \leq 0,24 (\text{Гэв/с})^2$  и на изменение наклона при переходе к малым передаваемым импульсам  $|t| \leq 0,02 (\text{Гэв/с})^2$ .

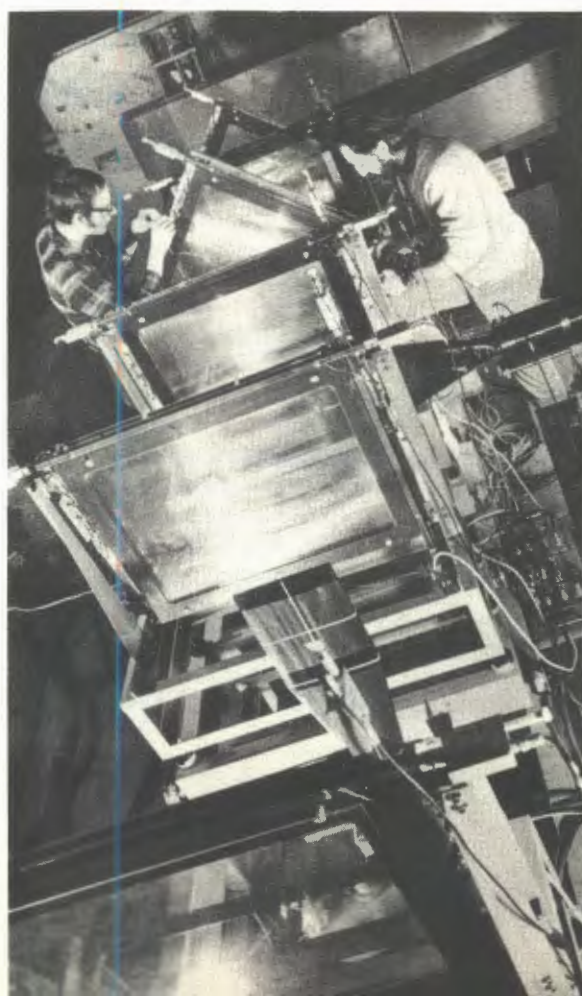
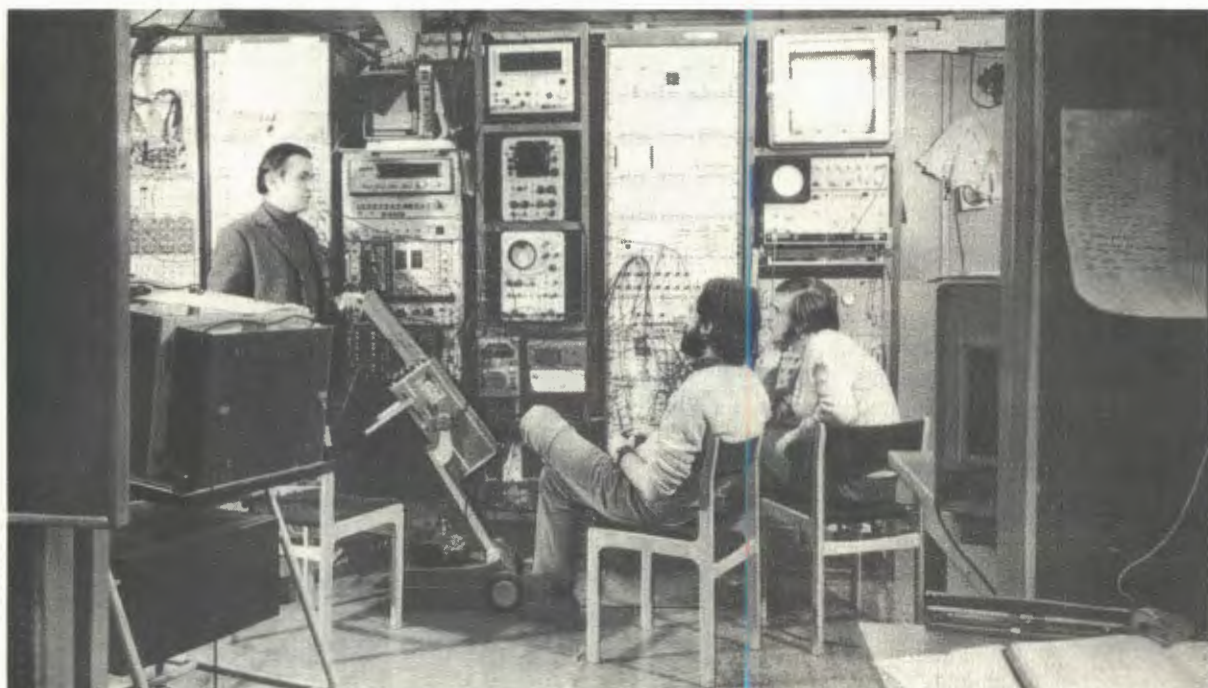
2. Для исследования электромагнитных размеров  $\pi^-$ -мезона создана экспериментальная установка - бесфильмовый искровой спектрометр на линии с ЭВМ. Установка перебазируется в ИФВЭ, производится ее комплексная наладка на пучке отрицательных пионов с энергией 50 Гэв.



18. Дифференциальное сечение образования  $\eta^0$ -мезона в реакции  $\pi^- p \rightarrow n \eta^0$ .

10. Для измерения электромагнитных размеров пиона в опытах по исследованию  $\pi e$ -рассеяния (импульс пионов 50 Гэв/с) создан бесфильмовый искровой спектрометр, работающий на линии с ЭВМ. В установке используются прецизионная жидководородная мишень и 18 проволочных искровых камер с магнитострикционным съемом информации.





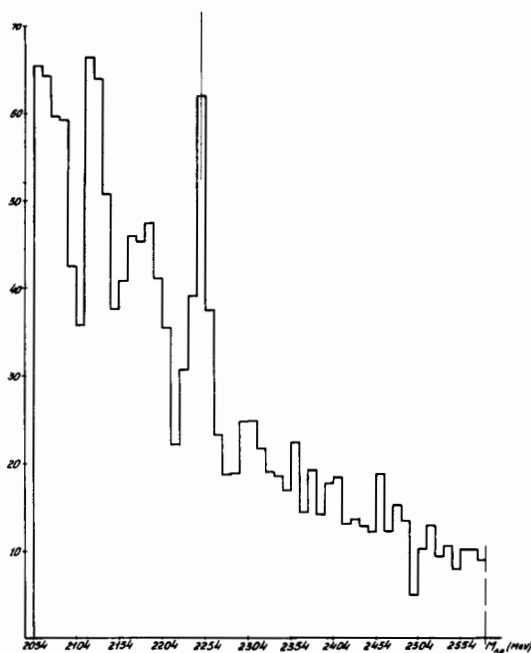
3. Ведется изучение электромагнитных свойств  $K^0$ -мезонов.

а) На синхрофазотроне с помощью стримерной камеры СКМ-100 с конвертором внутри ее рабочего объема изучался распад  $K_L^0 \rightarrow \pi^+\pi^-e^+e^-$ . Найдено, что

$$\frac{W(K_L^0 \rightarrow \pi^+\pi^-e^+e^-)}{W(K_L^0 \rightarrow \text{все каналы распадов})} \leq 10^{-4}.$$

б) С помощью магнитного спектрометра с искровыми камерами на линии с ЭВМ БЭСМ-4 (установка СКИФ) проводился поиск возможного эффекта регенерации  $K^0$ -мезонов в магнитном поле. Найдено, что этот эффект (в условных

единицах)  $\mu_0 \leq 10^{-2}$ , где  $\mu_0$  - "каонный магнетон".

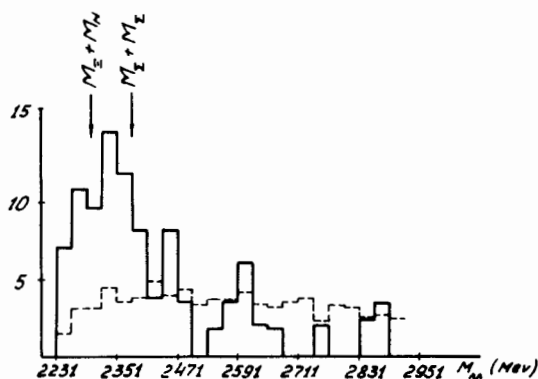


### Поиск и исследование резонансов в двух- и многобарионных системах

На основе снимков с 55-сантиметровой пропановой камеры, облученной нейтронами со средним импульсом 7,2 Гэв/с, изучались взаимодействия нейтронов с ядрами углерода, приводящие к образованию системы ( $\Lambda p$ ). Найдено и обработано 1165 событий, содержащих  $\Lambda$ -гиперон и протоны (798 событий с одним протоном и 367 событий с двумя протонами).

Спектр эффективных масс системы ( $\Lambda p$ ) приведен на рис. 20а. Видны пики при массах системы 2058, 2127, 2252 Мэв/с<sup>2</sup> и в районе масс (2154+2214) Мэв/с<sup>2</sup>, находящиеся в хорошем согласии с ранее полученными в лаборатории результатами при исследовании взаимодействия  $\pi^-$ -мезонов с импульсом 4,0 Гэв/с с ядрами углерода.

20. Спектры эффективных масс  $\Lambda p$  (а) и  $\Lambda \Lambda$  (б), полученные при обработке снимков с 55-сантиметровой пропановой пузырьковой камеры, облученной нейтронами со средним импульсом 7,2 Гэв/с.





По первому пику найдены длина рассеяния  $a(\Lambda p) = (-2,0 \pm 0,5) \times 10^{-13}$  см и эффективный радиус системы  $(\Lambda p)$ :  $r_0(\Lambda p) = (2,5 \pm 0,8) \times 10^{-13}$  см, которые согласуются с данными других лабораторий.

В спектре эффективных масс системы  $(\Lambda pp)$  наблюдается особенность в области масс  $(3042-3092)$  Мэв/с<sup>2</sup>.

Найдено 50  $\Lambda\Lambda$ -событий, спектр эффективных масс которых приведен на рис. 206.

## Совершенствование действующих и разработка новых физических приборов, устройств, установок

Создание установки

с 2-метровой

жидководородной

камерой

Проведено два плановых водородных пуска установки. Камера подготовлена к заключительному, третьему, пуску в Дубне. Моделирование  $\pi^- p$ -взаимодействий при 80 Гэв с последующим обсчетом по стандартным программам показало, что возможно выделение каналов реакций без нейтральных частиц. Полученная оценка разрешающей способности установки указывает на возможность решения задач по структуре резонансов в  $3\pi$ -системах.

Методические исследования

и разработка

большого бесфильмового

детектора

Создан экспериментальный бесфильмовый детектор с жидким аргоном и ксеноном, а также твердым аргоном. Проведены первые эксперименты по определению электронной проводимости в жидких аргоне и ксеноне и изучению регистри-

## Теоретические исследования

Интерференционные

явления

в физике

элементарных

частиц

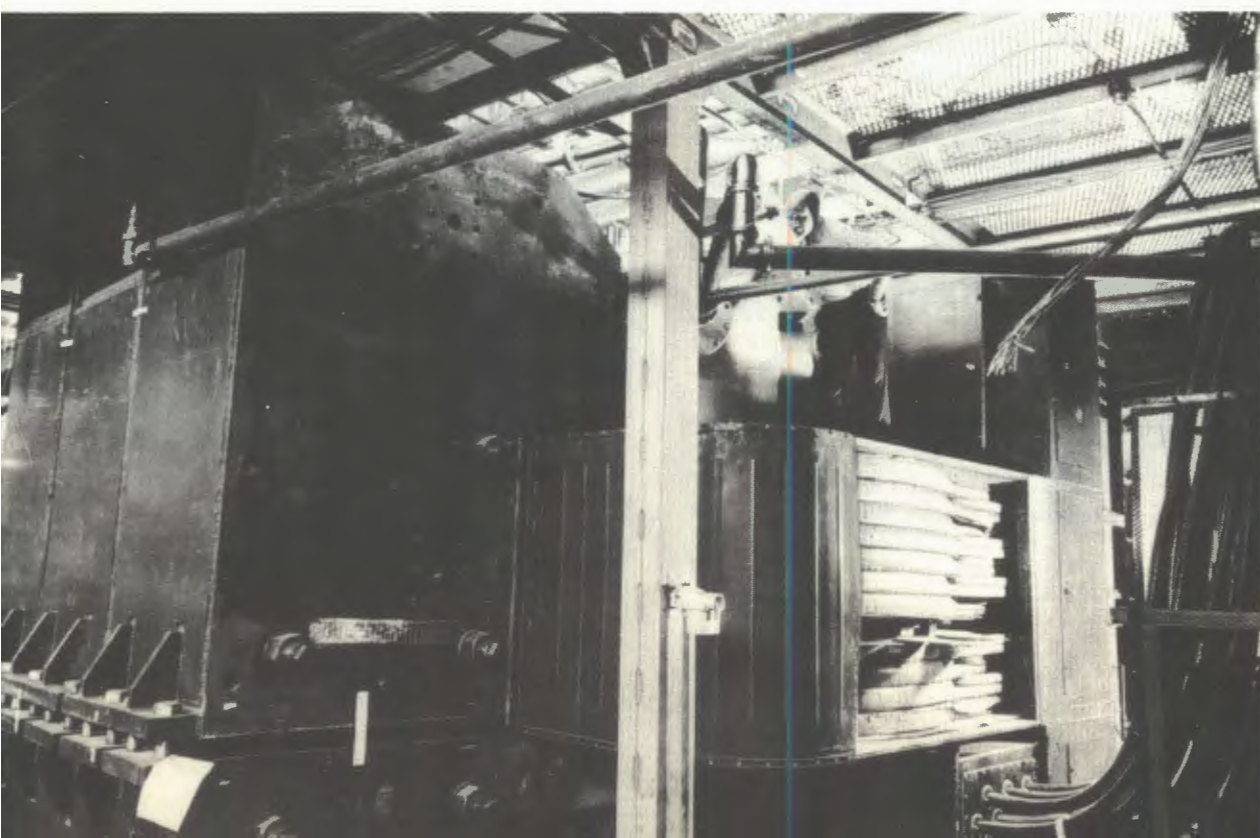
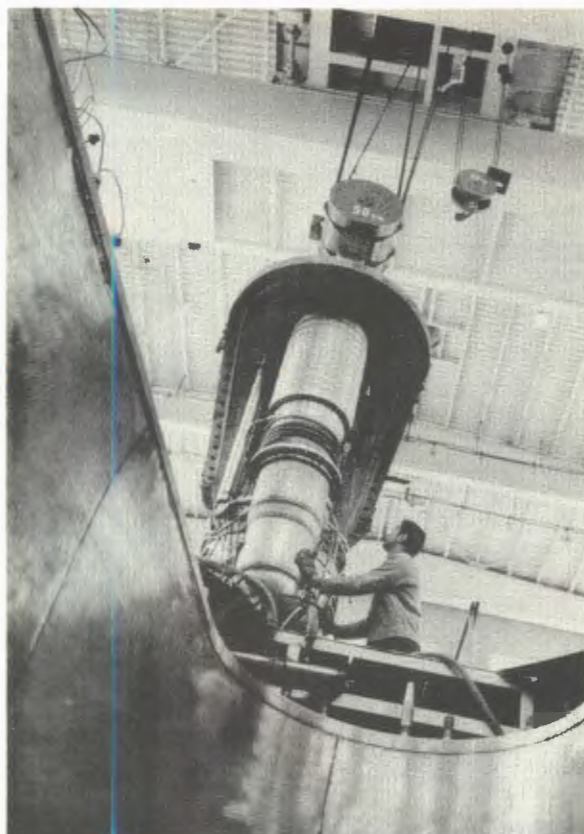
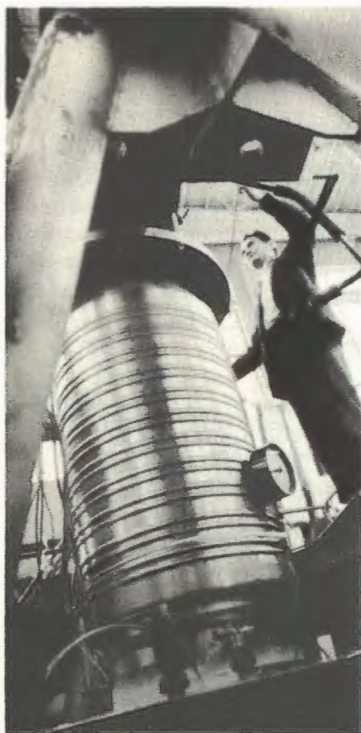
В общем плане показана непрерывность перехода от тождественных частиц к нетождественным. Получены соотношения, описывающие интерференционные явления в процессах с участием резонансов, и дан новый способ определения ширины узких резонансов.

Разработана теория нового интерференционного метода измерения времени жизни  $\Sigma^0$ -гиперона. На основе дисперсионных соотношений проведен цикл исследований асимптотического поведения упругого рассеяния  $K$ ,  $\bar{K}$ ,  $\pi^\pm$  на нуклонах и дейтронах.



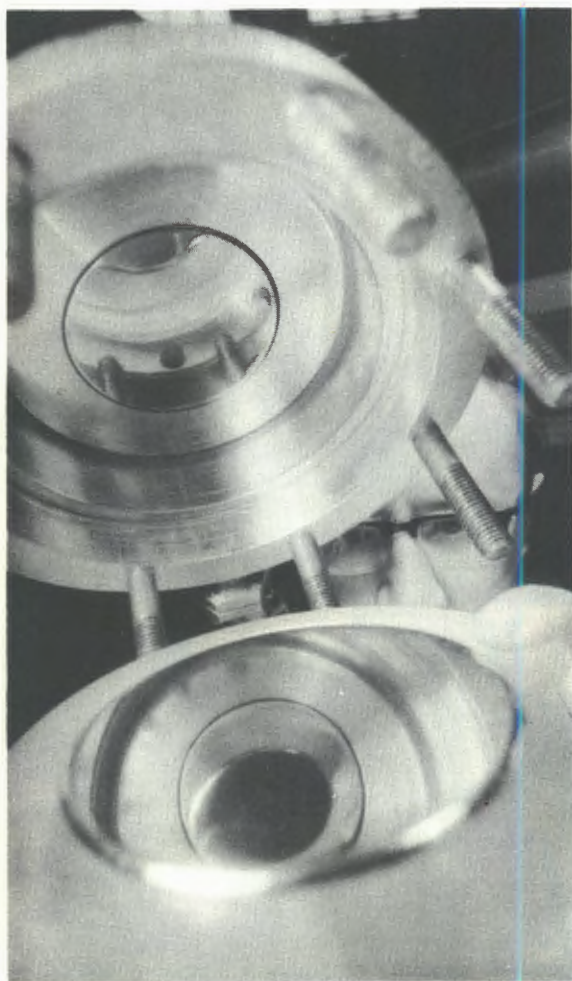
*21. Монтаж узлов установки с 2-метровой жидководородной камерой, предназначенной для работы на пучках серпуховского ускорителя.*



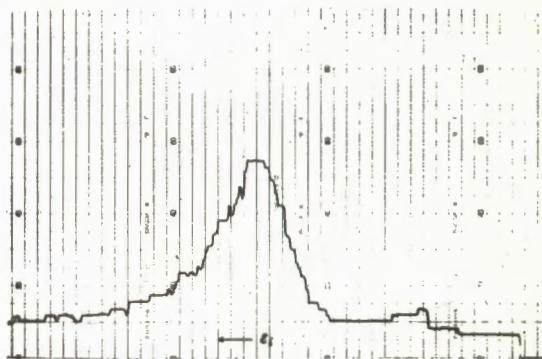


рующих свойств конденсированных благородных газов.

Полученные распределения наиболее вероятных потерь на ионизацию пионами с импульсом 6 Гэв/с в жидком ксеноне и твердом аргоне показаны на рис. 23 и 24.

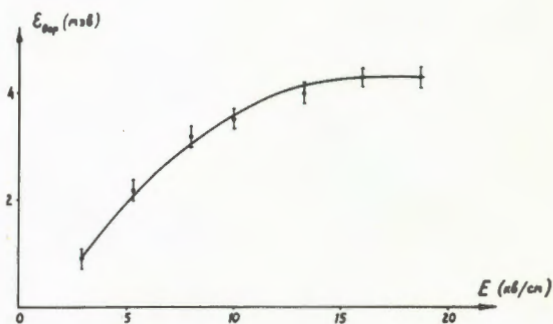


22. Ведутся разработки ионизационных детекторов с наполнением конденсированными благородными газами. На снимке показан внутренний объем детектора ионизационных потерь энергии на основе жидкого ксенона.



23. Распределение наиболее вероятных значений ионизационных потерь  $\pi^-$ -мезонов с импульсом 6 Гэв/с в слое жидкого ксенона  $2 \text{ г/см}^2$ . По оси абсцисс (справа налево) отложена величина, пропорциональная ионизационным потерям, по оси ординат — относительная плотность вероятности ионизационных потерь.

24. Зависимость наиболее вероятных значений ионизационных потерь от напряженности электрического поля в твердом аргоне.



## Методические исследования

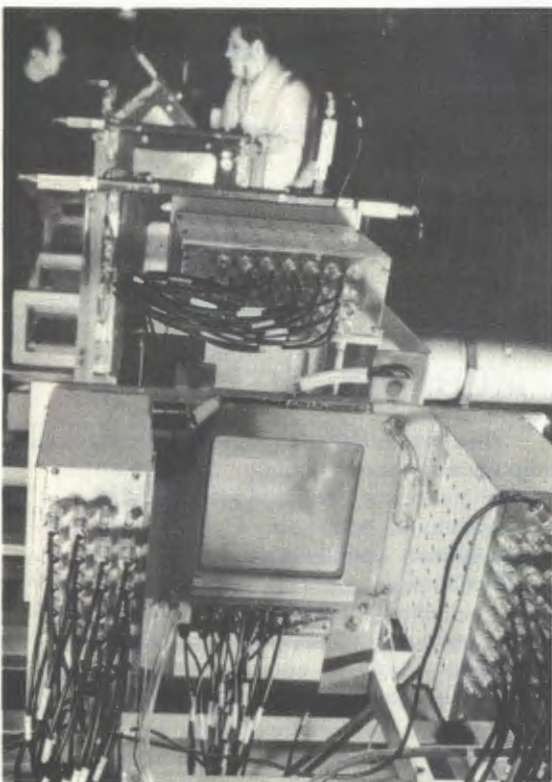
с искровыми

и пропорциональными камерами

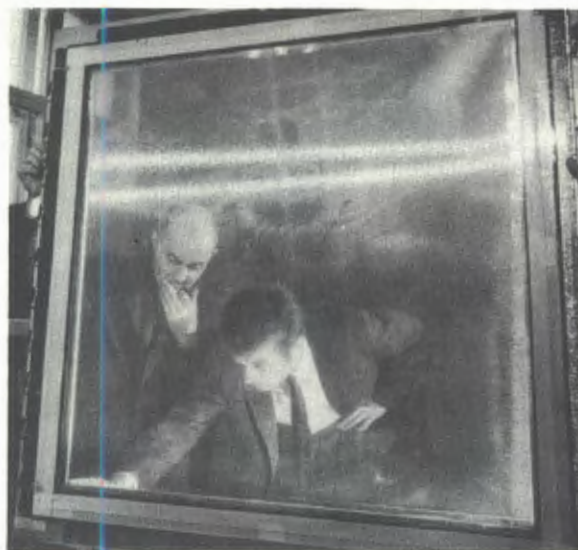
Разработаны и испытаны две многопроволочные пропорциональные камеры, которые в настоящее время используются в эксперименте по исследованию электромагнитных размеров пионов на серпуховском ускорителе.

Получено временное и пространственное разрешение камер  $\pm 50$  нсек и  $\pm 1$  мм соответственно при эффективности регистрации частиц около 99%. Общий вид камер показан на рис. 25.

Разработаны магнитоотриксционные искровые проволочные камеры размером  $1 \times 1 \text{ м}^2$ , они показаны на рис. 26.



25. Многопроволочные пропорциональные камеры в установке для изучения  $\pi$ -рассеяния.



26. Магнитоотриксционные искровые камеры  $1 \times 1 \text{ м}^2$ .

Разработка

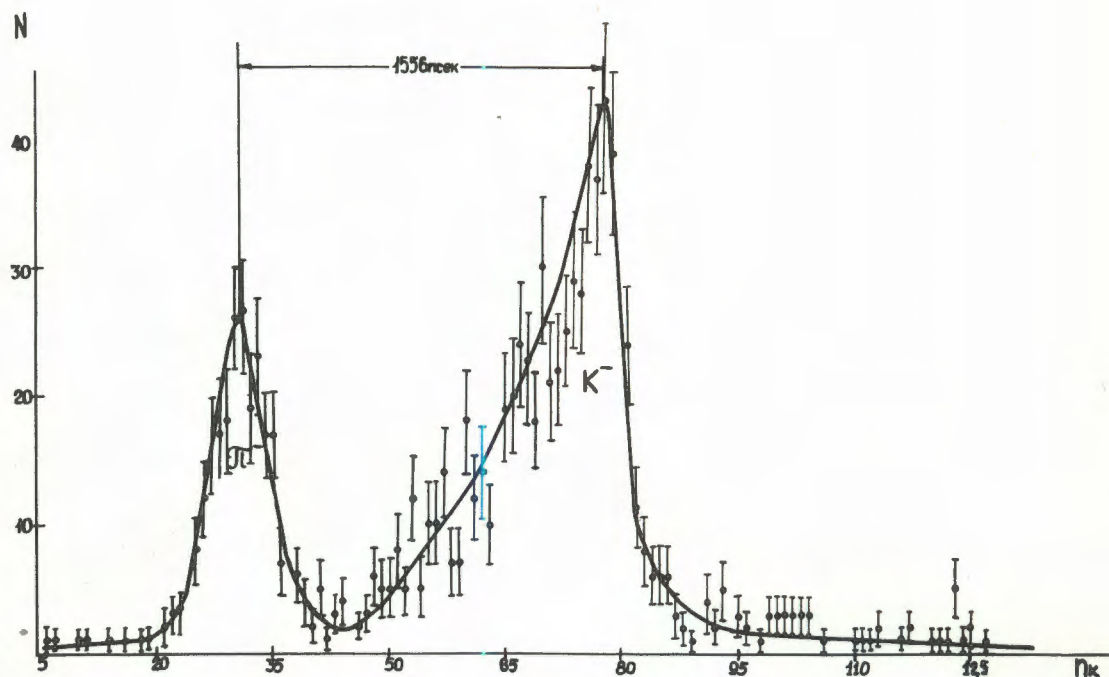
спектрометра

по времени пролета

пикосекундного диапазона

Разработана электронная схема для компенсации временных сдвигов, возникающих в больших сцинтилляторах при прохождении частиц в разных местах сцинтиллятора. Получена точность компенсации лучше чем  $\pm 50$  пикосекунд. Разработан и изготовлен формирователь блокирующих импульсов для устранения наложенных импульсов при больших загрузках.

Спектрометр с разрешающим временем  $\pm 80$  пикосекунд был применен для определения состава пучка отрицательных частиц с импульсом 400 МэВ/с. Измеренный по времени пролета спектр пучка частиц, содержащий  $\pi^-$  - и  $K^-$ -мезоны, приведен на рис. 27.



27. Спектр пучка отрицательных частиц с импульсом 400 Мэв/с, измеренный по времени пролета спектрометром пикосекундного диапазона.

Совершенствование  
и разработка  
системы блоков  
быстрой,  
спектрометрической  
и электронной аппаратуры

Разработано и внедрено еще 15 новых типов блоков, предназначенных для использования в физических экспериментах, проводимых в лаборатории. Теперь имеется универсальный набор из 33 модулей блоков.

Часть блоков и, в частности, наносекундный годоскоп на 24 канала, блок преобразователя амплитуды в цифровой код и пересчетная декада выполнены на интегральных модулях.

Исследование  
физических свойств  
сверхпроводников

При изучении резистивных состояний сверхпроводников найдено несколько линейных участков на вольт-амперных характеристиках образцов и скачок дифференциального сопротивления при переходе через  $\lambda$ -точку жидкого гелия.

Проведены исследования влияния состояния поверхности на критический ток в рекристаллизованных образцах. При изучении пик-эффекта обнаружено, что с увеличением магнитного поля скорость нарастания малых напряжений непрерывно возрастает, а в области пика — резко падает. Предполагается, что наличие пика связано с изменением коэффициента вязкости движения флюксоидов.

## Совершенствование

водородных  
и гелиевых  
ожижителей

Закончено исследование разработанного ранее ожижителя водорода с детандером на всем потоке сжатого газа. Применение такого детандера увеличивает производительность ожижителя на 50%.

Проводились исследования детандеров для многоцелевого гелиевого ожижителя. Продолжались разработка и наладка системы автоматического управления ожижительными установками.

Для проведения физических экспериментов в лабораториях ОИЯИ сжижено 10000 литров водорода и 18000 литров гелия, произведено  $12000 \text{ м}^3$  газообразного водорода.



## Облучение 2-метровой пропановой пузырьковой камеры на ускорителе в Серпухове

На пучке  $\pi^-$ -мезонов с импульсом 40 Гэв/с получено 42 тыс. фотографий для методических целей и 17 тыс. рабочих. На рис. 29 показана одна из таких фотографий. Видны взаимодействия отрицательных пионов с пропаном.

29. Фотография, полученная в 2-метровой пузырьковой пропановой камере на пучке отрицательных частиц с импульсом 40 Гэв/с.

28. Двухметровая пропановая пузырьковая камера работает на пучке отрицательно заряженных частиц серпуховского ускорителя.



## Облучение фотоэмульсий на синхрофазотроне

Облучено 4 фотоэмульсионных камеры протонами вне магнитного поля и 20 камер в импульсном магнитном поле с  $H = 200$  кэ дейтронами с импульсом 9,4 Гэв/с. Полученный материал направлен в лаборатории стран-участниц ОИЯИ.

## Модернизация и усовершенствование синхрофазотрона

Создание инжектора  
линейного ускорителя на 20 Мэв  
с жесткой  
фокусировкой

Разработан и изготовлен двухазорный группирователь с трубкой дрейфа (рис. 30) для ЛУ-20. Исследования частотных характеристик показали, что они хорошо согласуются с характеристиками резонатора ЛУ-20.

Разработки  
и исследования  
по ускорению дейтронов  
на синхрофазотроне

Новая ускоряющая система, созданная в лаборатории, вместе с группирователем в начальной части инжектора ЛУ-9 позволила увеличить в 5-6 раз дейтронный

ток на выходе ЛУ-9. При токе за инфлекторными пластинами 400-500 ма в импульсе получен бетатронный импульс с числом частиц  $3 \times 10^{11}$ , при этом интенсивность пучка дейтронов, ускоренных до энергии 11 Гэв, составила  $0,9 \times 10^{10}$  частиц за цикл. Осуществлен быстрый вывод пучка из камеры ускорителя, и проведено облучение фотоэмульсий.

Модернизация  
системы регистрации орбиты  
ускоренного пучка протонов  
в синхрофазотроне

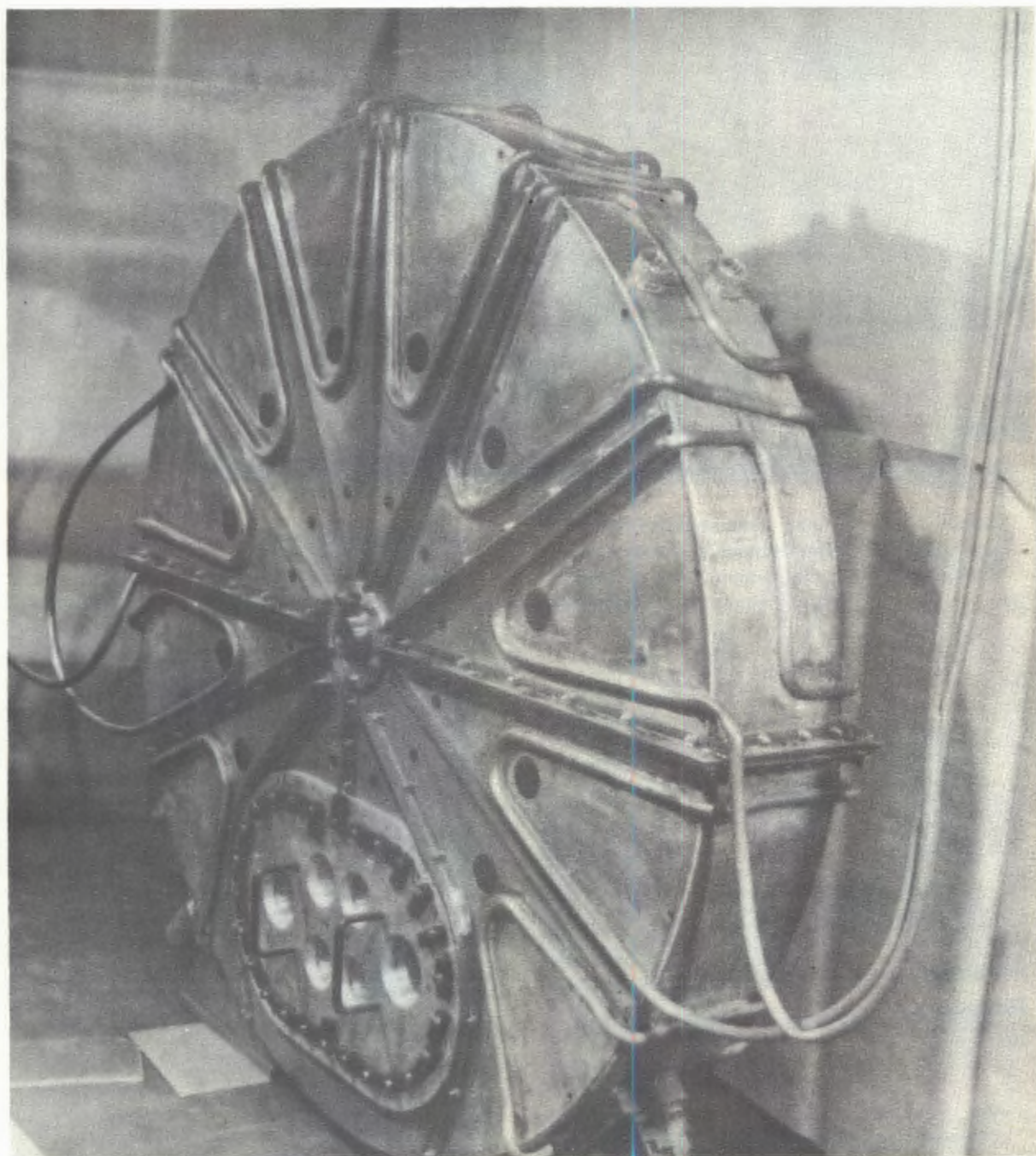
Изготовлена и введена в эксплуатацию система, регистрирующая положение ускоренных частиц в камере ускорителя. Восемь комплектов сигнальных электродов с выходом на осциллограф с запоминающей трубкой фиксируют в течение 200 мксек положение пучка частиц в камере ускорителя в вертикальной плоскости с точностью  $\pm 3$  мм и в горизонтальной - с точностью  $\pm 5$  мм. Эта система позволяет, таким образом, контролировать и анализировать орбиту ускоряемого пучка.

Стабилизация  
поля магнита ускорителя  
в режиме стола

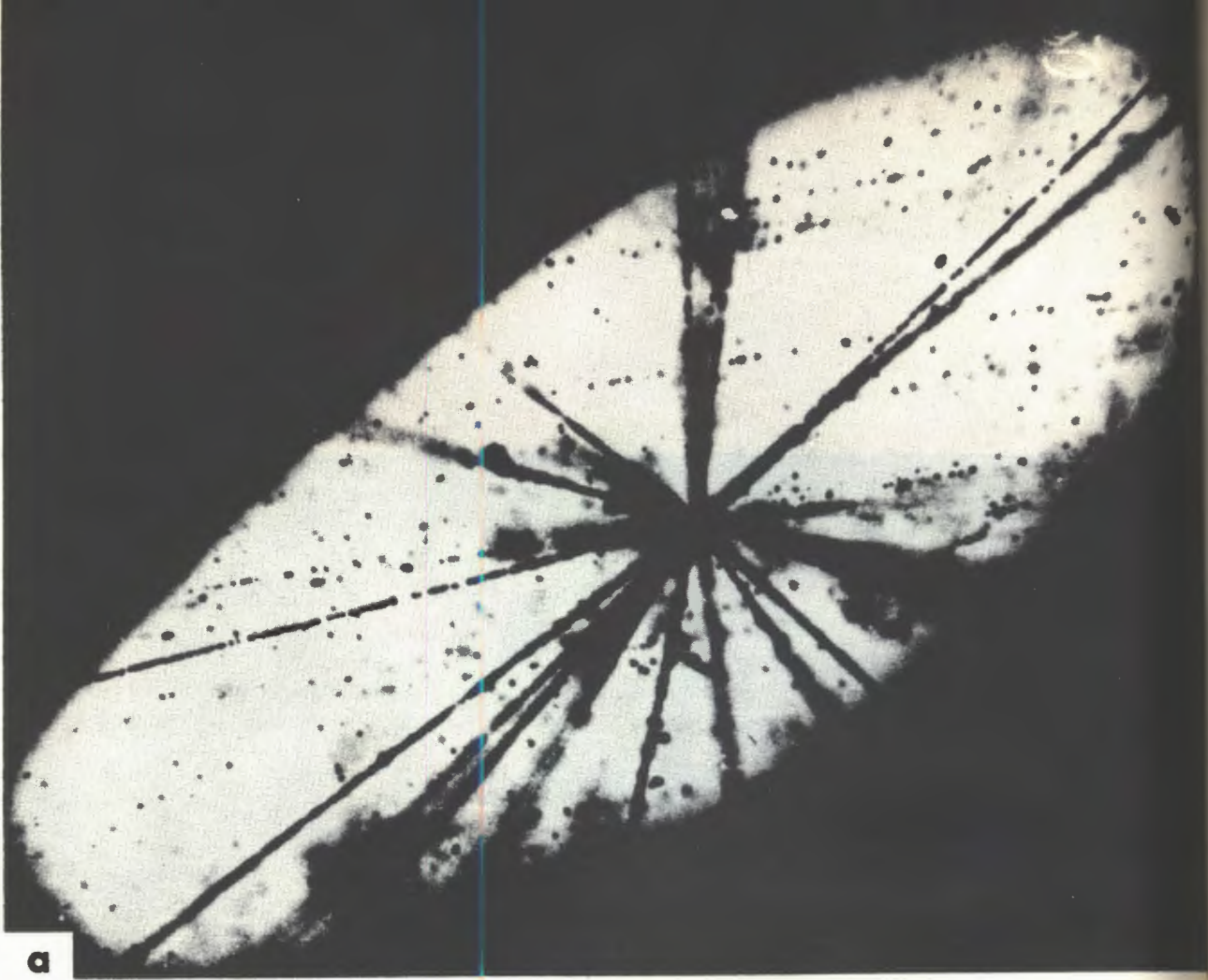
1. Разработана схема стабилизации уровня напряженности магнитного поля ускорителя при работе преобразователя системы питания в режиме "стола" тока. В схеме использована аппаратура интеграторных датчиков высокочастотной ускоряющей системы синхрофазотрона. Достигнута стабилизация уровня поля относительно заданного датчика  $\pm 0,05\%$ .

2. Создан новый режим работы системы питания основной обмотки возбужде-





30. Двухзазорный группирователь ЛУ-20.



**a**



**6**



**B**

31. На синхрофазотроне осуществлено ускорение дейтронов до энергии 11 Гэв. Ускоренный пучок выведен в магнитный канал с помощью системы быстрого вывода протонов.

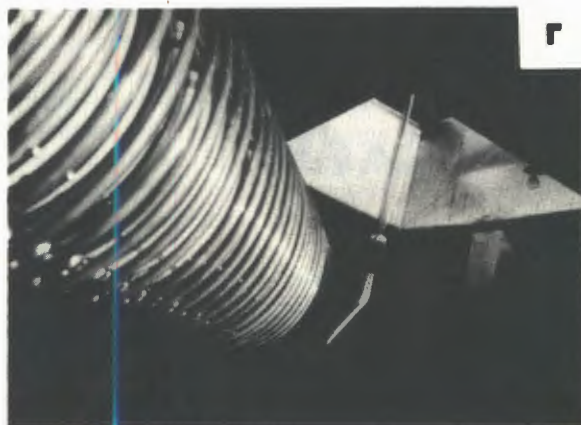
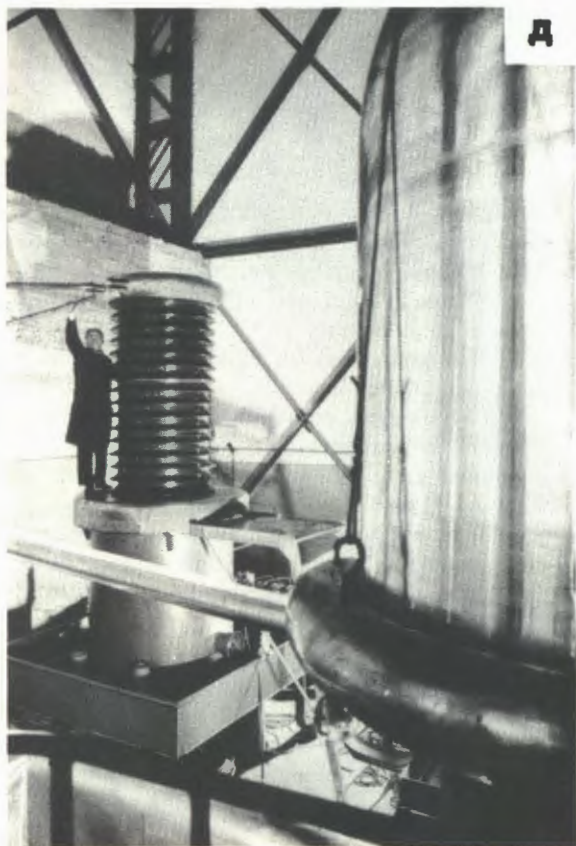
а) Увеличенный "автограф" пучка дейтронов, зарегистрированных на фотопленке, помещенной в магнитный канал. На фоне профиля пучка дейтронов - сильно увеличенная фотография случая взаимодействия дейтрона с ядром фотоэмульсии.

б) Резонатор линейного ускорителя.

в) Установка новых трубок дрейфа в резонатор линейного ускорителя для ускорения протонов, дейтронов и однозарядных ионов гелия.

г) Ускорительная трубка форинжектора.

д) Импульсный высоковольтный трансформатор, питающий ускорительную трубку форинжектора.



ния электромагнита ускорителя с двумя площадками в кривой тока, расширивший возможности проведения на ускорителе физических экспериментов.

## Эксплуатация синхрофазотрона

Запланированное время работы ускорителя - 5427 часов.

Ускоритель работал:

а) на экспериментальные исследования по физике 3804 часа;

б) на совершенствование систем ускорителя 1076 часов.

Средняя интенсивность пучка составляла  $4,9 \cdot 10^{10}$  ускоренных протонов за цикл ускорения.

На подготовку к эксперименту физической аппаратуры и технологическую подготовку ускорителя израсходовано 304 часа.

Эксплуатационные простои - 243 часа.

## ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

Научно-исследовательская деятельность Лаборатории ядерных проблем осуществлялась по следующим главным направлениям: исследования по актуальным вопросам физики элементарных частиц и атомного ядра; разработки, связанные с реконструкцией действующего синхроциклотрона в сильноточный фазотрон и развитие новых методов исследований, включая подготовку экспериментов на ускорителе 76 Гэв ИФВЭ в Серпухове.

### Научно- исследовательские работы

Проверка  
законов сохранения,  
структура частиц

1. Продолжались исследования чрезвычайно редких процессов распада мезонов:  $\pi^+ \rightarrow e^+ e^+ e^- \nu$ ,  $\mu^+ \rightarrow e^+ e^+ e^-$ .

Целью этих исследований является обнаружение взаимодействий фермионов новых типов, а также выяснение возможности нарушения закона сохранения лептонного заряда.

Измерения проводились с помощью магнитного искрового спектрометра, состоящего из цилиндрической искровой камеры с малыми зазорами, помещенной в магнитное поле, и системы сцинтилляционных счётчиков, импульсы от которых используются для управления камерой. В эксперименте осуществлялся также временной и амплитудный анализ собы-

32. В исследованиях процесса обратного электророждения пионов используется комплекс аппаратуры, включающий сцинтилляционные и черенковские счётчики, черенковские спектрометры полного поглощения, искровые камеры и пятилучевой осциллограф.

тий на 5-лучевом скоростном осциллографе. Всего в 1970 году было получено 300 тыс. снимков, в которых содержится информация о редких распадах.

Полученные оценки верхних границ относительных вероятностей распадов на уровне 90%-ной достоверности составляют:

$$R_{\pi^+ \rightarrow e^+ e^+ e^- \nu} \leq 3,4 \cdot 10^{-8},$$

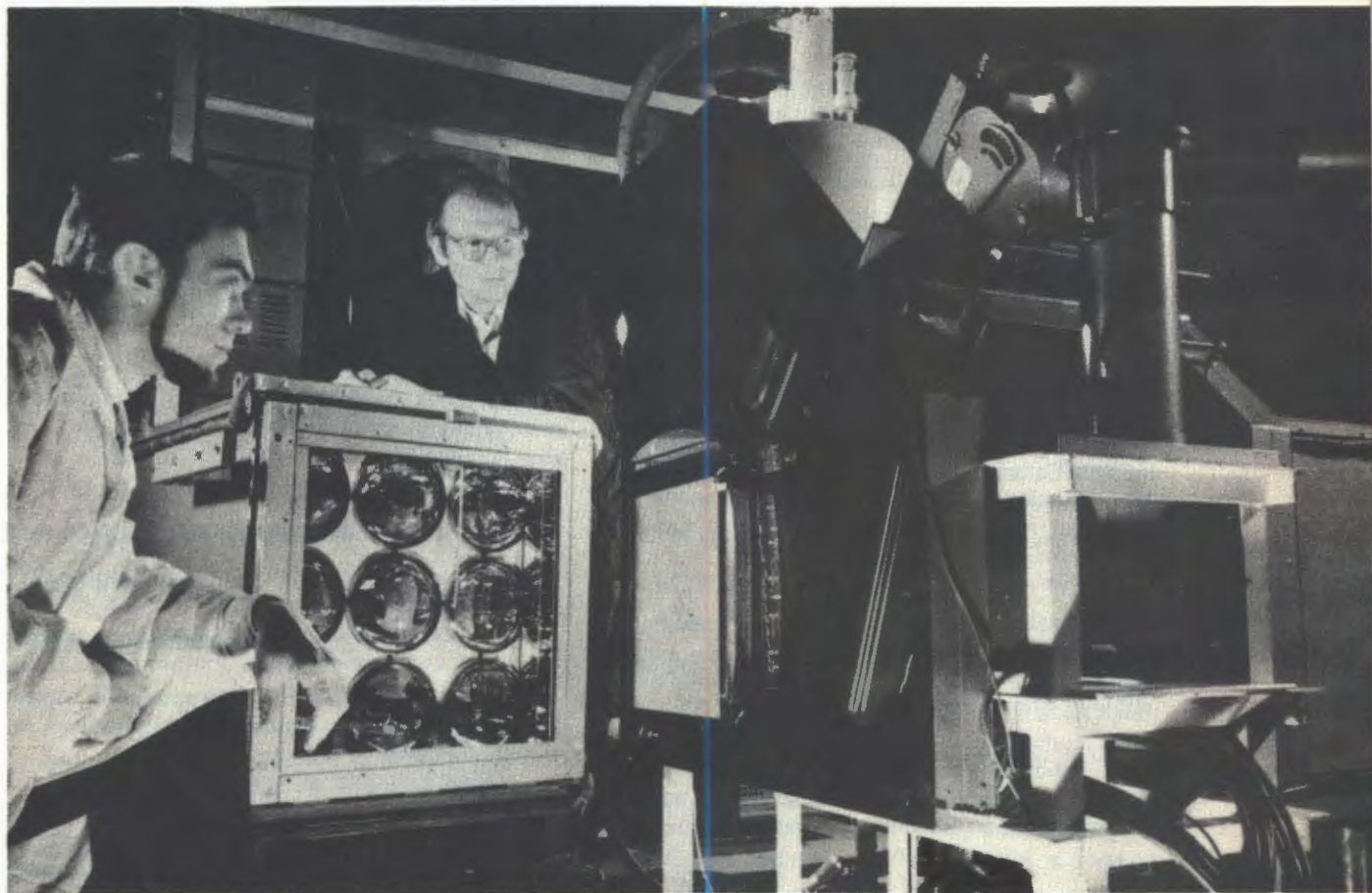
$$R_{\mu^+ \rightarrow e^+ e^+ e^-} \leq 6,2 \cdot 10^{-9}.$$

Верхнюю границу вероятности распада  $\mu \rightarrow 3e$  удалось понизить по сравнению с известными в научной литературе данными в 20 раз. Полученный результат свидетельствует о том, что закон сохра-

нения лептонного заряда выполняется с высокой степенью достоверности.

Теоретически рассмотрены возможные свойства слабого шестифермионного взаимодействия на примере распадов пионов и каонов на четыре лептона и распада мюона на пять лептонов. Рассчитаны спектры частиц и оценены ширины распадов.

2. Впервые наблюдался процесс обратного электророждения пионов  $\pi^- p \rightarrow e^+ e^- p$  при энергии 275 Мэв в области переданных импульсов  $f^{-2} \leq q^2 < 3f^{-2}$ . Эксперимент предпринят с целью изучения электромагнитной структуры пиона и нуклона в области времени-



подобных переданных импульсов. События регистрировались сложным комплексом аппаратуры, состоящим из сцинтилляционных и черенковских счётчиков, черенковских спектрометров полного поглощения, искровых камер и пятилучевого осциллографа. В результате анализа 55 событий изучаемой реакции была определена величина дифференциального сечения испускания электронов с энергией  $E > 40$  Мэв под углом  $90^\circ$  относительно направления пучка пионов:

$$\frac{d^2\sigma}{d\Omega_1 d\Omega_2} = (3,0 \pm 0,8) \cdot 10^{-33} \text{ см}^2 / \text{стер.}^2$$

На основе этого результата и исследования распределения событий по эффективным массам пары лептонов и углам разлета лептонов впервые сделана оценка электромагнитных формфакторов протона и пиона во времениподобной области передаваемого импульса. Получено, что на уровне 90%-ной достоверности электрический изотоп — векторный нуклонный формфактор  $\bar{G}_E^V \leq 1,1$  и электромагнитный формфактор пиона  $\bar{F}_\pi \leq 1,3$  (использованная нормировка имеет вид  $\bar{G}_E^V(0) = 1$  и  $\bar{F}_\pi(0) = 1$ ).

Процесс  $\pi^- p \rightarrow e^+ e^- n$  рассмотрен теоретически с целью получения информации о среднеквадратичных радиусах пиона и протона. Получена формула для дифференциального сечения этой реакции в области 33-резонанса. Обнаружено, что сечение особенно чувствительно к величине электрического радиуса протона.

3. Проведен первый этап измерений сечения  $e p$ -рассеяния при энергии 4,13 Гэв на электронном синхротроне в Ереване. Исследования выполнены с помощью оригинальной установки с полупроводниковыми счётчиками. Радиус протона, найденный по результатам измерения дифференциального сечения  $e p$ -рассеяния в интервале энергий протонов отдачи  $4 \div 8$  Мэв ( $0,2 \leq |t| \leq 0,45$  Гэв/с<sup>2</sup>),



33. Учёными Лаборатории ядерных проблем предложен и осуществляется эксперимент по изучению упругого рассеяния электронов с энергией 4–8 Гэв протонами в области малых передаваемых импульсов. В опытах, проводимых на ереванском синхротроне, принимают участие физики Бухареста и Еревана. Проведен первый этап измерений.

составляет  $0,96 \pm 0,08$  ферми. Работа осуществляется при активном участии физиков Бухареста и Еревана.

### Сильные взаимодействия нуклонов и пионов с нуклонами и ядрами

1. В опытах с метровой пропановой пузырьковой камерой на пучке пионов с импульсом 5 Гэв/с от синхрофазотрона на основании анализа 230 тыс. фотографий получена серия новых результатов в области рождения групп странных и обычных нейтральных частиц и резонансов.

а) При исследовании процессов рождения нейтральных странных частиц в  $\pi^-p$ -взаимодействиях впервые по всем каналам разделены сечения рождения  $\Lambda^0$  и

$\Sigma^0$ -гиперонов и при этом установлено, что отношения сечений реакций, различающихся только наличием в конечном состоянии  $\Lambda^0$ - и  $\Sigma^0$ -гиперонов, группируются около величины 0,5:

$$\frac{\sigma(\Sigma^0 K^0)}{\sigma(\Lambda^0 K^0)} = 0,65 \pm 0,35; \quad \frac{\sigma(\Sigma^0 K^+ \pi^- \pi^0)}{\sigma(\Lambda^0 K^+ \pi^- \pi^0)} = 0,41 \pm 0,3;$$

$$\frac{\sigma(\pi^+ \pi^- K^0 \Sigma^0)}{\sigma(\pi^+ \pi^- K^0 \Lambda^0)} = 0,49 \pm 0,29; \quad \frac{\sigma(\Sigma^0 K^0 \pi^0)}{\sigma(\Lambda^0 K^0 \pi^0)} = 0,53 \pm 0,22;$$

$$\frac{\sigma(\Sigma^0 K^+ \pi^-)}{\sigma(\Lambda^0 K^+ \pi^-)} = 0,53 \pm 0,20; \quad \frac{\sigma(\pi^+ \pi^- \pi^0 K^0 \Sigma^0)}{\sigma(\pi^+ \pi^- \pi^0 K^0 \Lambda^0)} = 0,47 \pm 0,25.$$

Впервые было измерено сечение реакции  $\pi^-p \rightarrow \Lambda^0 \bar{\Lambda}^0 n$  на ее пороге:  $\sigma = (2,3 \pm 1,5)$  мкб. Также впервые выделены каналы реакций, недоступные для идентификации в водородных камерах:

$$\pi^-p \rightarrow \pi^+ \pi^- \Lambda^0 K^0 \pi^0 \pi^0, \quad \sigma = (28 \pm 18) \text{ мкб.}$$

$$\pi^-n \rightarrow (\Lambda/\Sigma)^0 K^0 K^0 K^0, \quad \sigma = (38 \pm 26) \text{ мкб.}$$

б) В спектре эффективных масс  $\pi^- \gamma$  в реакции  $\pi^-p \rightarrow \pi^- p + (2,3)\gamma$  найден пик с массой  $275 \pm 3$  Мэв, превышающий фоновую кривую на 4 стандартных отклонения. Сечение образования этого бозонного состояния  $\pi^- \gamma$  в  $\pi^-p$ -взаимодействиях при 5 Гэв/с равно:

$$\sigma[\pi^-p \rightarrow p(\pi^- \gamma) + n \pi^0; m \geq 1] = (43 \pm 12) \text{ мкб.}$$

в) Измерены сечения образования нейтральных конечных состояний в  $\pi^-p$ -взаимодействиях при 5 Гэв/с:

$$\sigma[\pi^-p \rightarrow n \pi^0] = (92 \pm 30) \text{ мкб.};$$

$$\sigma[\pi^-p \rightarrow n 2 \pi^0] = (400 \pm 90) \text{ мкб.};$$

$$\sigma[\pi^-p \rightarrow n 3 \pi^0] = (135 \pm 90) \text{ мкб.};$$

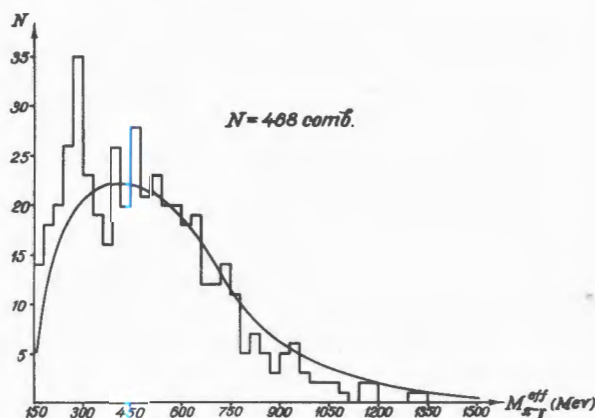
$$\sigma[\pi^-p \rightarrow n 4 \pi^0] = (132 \pm 34) \text{ мкб.};$$

$$\sigma[\pi^-p \rightarrow n 5 \pi^0] = (120 \pm 20) \text{ мкб.};$$

$$\sigma[\pi^-p \rightarrow n \eta, \eta \rightarrow 2\gamma] = (23 \pm 16) \text{ мкб.};$$

$$\sigma[\pi^-p \rightarrow n f^0, f^0 \rightarrow 2\pi^0] = (280 \pm 90) \text{ мкб.};$$

$$\sigma[\pi^-p \rightarrow \pi^0 N^{*0}(1236), N^{*0} \rightarrow n \pi^0] = (190 \pm 60) \text{ мкб.}$$



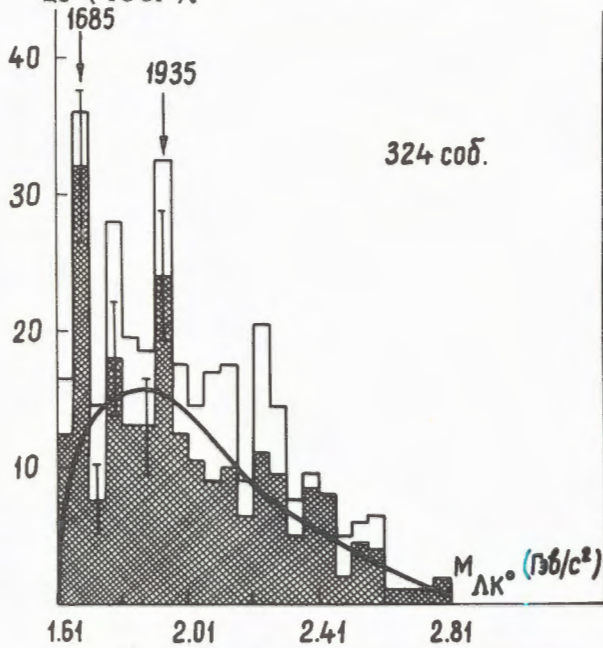
34. Спектр эффективных масс  $\pi^- \gamma$ .

Показано, что сечения реакций с образованием  $2\pi^0$  и  $3\pi^0$  продолжают падать с ростом энергии налетающего  $\pi^-$ -мезона, сечения реакций с образованием  $4\pi^0$  и  $5\pi^0$  растут, а сечение реакции  $\pi^-p \rightarrow \pi^0 N^{*0}(1236)$  в пределах ошибок остается неизменным. Особо выделяется поведение сечения реакции с образованием  $f^0$ , достигающее максимума в интервале 4-6 Гэв.

г) Исследован (совместно с ЛВЭ) спектр эффективных масс  $\Lambda^0 K^0$ -системы. Наблюдалось заметное превышение событий над фоном в области масс  $1700 \pm 1850$  Мэв/с<sup>2</sup>, что связано, по-види-

тому, с образованием двух изобар, с  $M_1 \approx 1685$  Мэв/с<sup>2</sup> и  $M_2 \approx 1935$  Мэв/с<sup>2</sup>.

Эти работы выполнены в тесном сотрудничестве с университетом в г. Кошице (ЧССР).



35. Спектр эффективных масс системы  $\Lambda^0 K^0$  из каналов реакции  $\pi^- p \rightarrow \Lambda^0 K^0 + \dots$  при 5 Гэв/с. Заштрихованная область соответствует случаям, когда  $\Lambda^0$  и  $K^0$  совместно зарегистрированы в камере.

2. С целью изучения кластерной структуры легких ядер проведены с помощью эмульсионных камер исследования взаимодействий отрицательных пионов с ядрами  $^{12}C$ ,  $^{14}N$ ,  $^{16}O$ . Выделялись трех-, четырех-, и пятичастичные реакции с образованием  $^8Li$ . Определены относительные вероятности каналов реакций. Из сравнения экспериментальных результатов с теорией прямых ядерных реакций следует, что для реакций с образованием  $^8Li$  на углероде наиболее важный вклад дает захват отрицательных пионов четырехнуклонной ассоциацией  $^4Li$ .

Относительные вероятности реакций захвата отрицательных пионов ядрами углерода, азота и кислорода.

номер канала	реакция	число случаев	относительная вероятность $W_i$
1	$\pi^- + ^{12}C \rightarrow ^8Li + ^2H + ^2H$	21	$1.4 \cdot 10^{-4}$
2	$\rightarrow ^8Li + ^2H + ^1H + n$	324	$2.1 \cdot 10^{-3}$
3	$\rightarrow ^8Li + ^3H + ^1H$	24	$1.5 \cdot 10^{-4}$
4	$\rightarrow ^8Li + ^1H + ^1H + 2n$	271	$1.7 \cdot 10^{-3}$
5	$\pi^- + ^{14}N \rightarrow ^8Li + ^3He + ^3H$	5	$1.1 \cdot 10^{-4}$
6	$\rightarrow ^8Li + ^4He + ^2H$	7	$1.5 \cdot 10^{-4}$
7	$\rightarrow ^8Li + ^3He + ^2H + n$	54	$1.2 \cdot 10^{-3}$
8	$\rightarrow ^8Li + ^4He + ^1H + n$	66	$1.5 \cdot 10^{-3}$
9	$\rightarrow ^8Li + ^3He + ^1H + 2n$	155	$3.4 \cdot 10^{-3}$
10	$\pi^- + ^{16}O \rightarrow ^8Li + ^4He + ^4He$	0	$\leq 2.3 \cdot 10^{-5}$
11	$\rightarrow ^8Li + ^6Li + ^2H$	7	$6.2 \cdot 10^{-5}$
12	$\rightarrow ^8Li + ^7Li + ^1H$	2	$\leq 3.5 \cdot 10^{-5}$
13	$\rightarrow ^8Li + ^6Li + ^1H + n$	12	$1.2 \cdot 10^{-4}$
14	$\rightarrow ^8Li + ^4He + ^3He + n$	16	$1.4 \cdot 10^{-4}$
15	$\rightarrow ^8Li + ^3He + ^3He + 2n$	15	$1.3 \cdot 10^{-4}$

3. Продолжались измерения параметров тройного рассеяния  $A_{n,p}$  и  $D_{n,p}$  в  $np$ -столкновениях. Эти эксперименты были выполнены с помощью искровых камер, управляемых телескопами сцинтилляционных счётчиков. Получены следующие результаты:

Угол $\theta$ в с.п.м.	$A_{n,p}$	$D_{n,p}$
55°	0,88±0,18	0,85±0,18
78°	0,64±0,20	-
94°	0,75±0,14	0,65±0,15
125°	0,70±0,21	0,57±0,24

С использованием этих данных удалось выполнить однозначный фазовый



анализ  $NN$ -рассеяния при энергии 630 Мэв в предположении, что мезообразование идет в основном из состояний  ${}^3P_{0,1,2}$ ;  ${}^1D_2$ ;  ${}^3F_{2,3,4}$ .

4. Осуществлен эксперимент по поиску новых квазистабильных элементарных частиц, которые могли бы рождаться при высоких энергиях. Опыт основывается на изучении "радиоактивности" с испусканием гамма-лучей высокой энергии из алюминиевой и вольфрамовой мишеней, облученных протонами с энергией 70 Гэв на ускорителе ИФВЭ.

В результате измерений установлено, что если новые квазистабильные частицы со временем жизни в интервале от 6 часов до 10 лет существуют, то они характеризуются следующими верхними пределами сечений рождения:

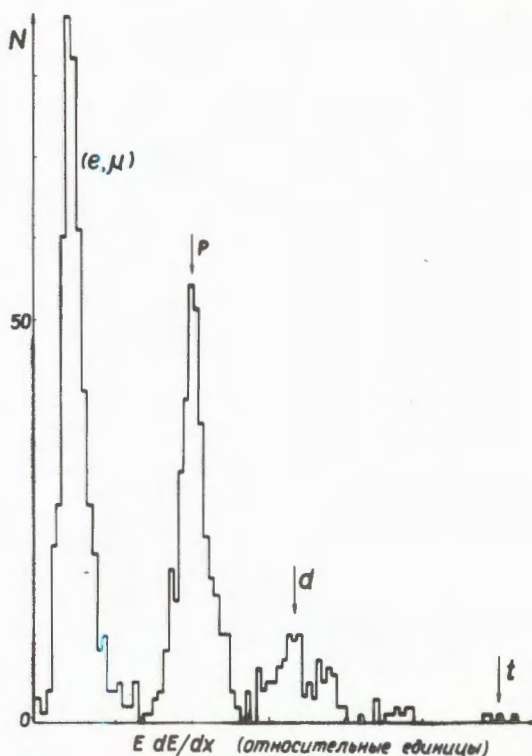
Время жизни	Верхний предел $\sigma_{Al}$ (в ед. $10^{-38} \text{ см}^2$ )	Верхний предел $\sigma_W$ (в ед. $10^{-38} \text{ см}^2$ )
6 час.	1700	13000
12 час.	150	1700
18 час.	55	900
24 часа	30	600
2 сут.	11	450
1 нед.	5	700
1 мес.	7	2200
6 мес.	15	12000
1 год	25	24000
10 лет	220	240000

5. Теоретически рассмотрен процесс взаимодействия  $K$ -мезонов с дейтроном, приводящий к двойному измерению странности  $K$ -мезонов, и показано, что сечение этого процесса просто связано с сечениями процессов однократного столкновения элементарных частиц с нуклонами. Поперечное сечение процессов двойной перезарядки на легких ядрах зависит от важной характеристики

распределения нуклонов в ядре - средней величины обратного квадрата расстояния между нуклонами.

### Слабые взаимодействия

1. Изучался механизм захвата мюонов ядрами. Исследовалось испускание заряженных частиц при захвате мюонов ядрами  ${}^{28}\text{Si}$ ,  ${}^{32}\text{S}$ ,  ${}^{40}\text{Ca}$ ,  ${}^{64}\text{Cu}$ . Эксперименты осуществлены с помощью системы сцинтилляционных и кремниевых поверхностно-барьерных детекторов. Впервые в процессах мю-захвата удалось осуществить разделение по массам испускаемых заряженных частиц. Измеренные энергетические спектры падают экспоненциально и простираются до 50 Мэв. В зависи-



36. Спектр масс заряженных частиц, испускаемых ядрами  ${}^{28}\text{Si}$  при захвате мюонов.

мости от заряда ядра выход протонов на акт захвата имеет максимум в области  $^{40}\text{Ca}$  и составляет  $(13 \pm 1,1) \cdot 10^{-3}$  при  $E > 15$  Мэв. С уменьшением заряда ядра доля дейтронов при  $E > 10$  Мэв в общем числе заряженных частиц увеличивается от  $(1,7 \pm 0,4) \cdot 10^{-3}$  для  $^{64}\text{Cu}$  до  $(3,4 \pm 0,2) \cdot 10^{-3}$  для  $^{28}\text{Si}$ . Анализ полученных результатов приводит к выводу о том, что при поглощении мюонов в поверхностном слое ядра основную роль играет клас-терный механизм.



2. Осуществлено исследование реакции  $(\mu^-, \nu p)$  на ядрах  $^{28}\text{Si}$  и  $^{39}\text{K}$ . В этом эксперименте был использован активационный метод, основанный на идентификации конечного ядра по его радиоактивности. Вероятность реакции  $(\mu^-, \nu p)$  составляет  $0,053 \pm 0,010$  для кремния и  $0,032 \pm 0,006$  для калия. Полученные результаты находятся в качественном согласии с резонансной теорией захвата мюонов ядрами.

### Теоретические аспекты физики нейтрино

1. Рассмотрен вопрос о возможности существования нового гипотетического  $\nu\nu$ -взаимодействия. Неожиданно оказалось, что существующим экспериментальным данным не противоречит наличие весьма сильного  $\nu\nu$ -взаимодействия. Обсуждены процессы, исследование которых на опыте позволило бы получить информацию о взаимодействии между нейтрино (новые распады частиц, новые процессы на пучке нейтрино высокой энергии, нейтринные формфакторы).

2. В области нейтринной физики низких энергий выяснена возможность получения сведений о "диагональном"  $\nu e$ -взаимодействии путем исследований спектров электронов отдачи в процессе  $\bar{\nu}_e + e \rightarrow \bar{\nu}_e + e$  с антинейтрино от реактора. Показано, что изучение таких спектров хотя и несколько труднее самого наблюдения процесса  $\bar{\nu}_e$ -рассеяния, но оно оправды-

37. Установка с газовой водородной мишенью для исследования захвата мюонов в газообразном водороде. Аппаратура установлена в низкофоновой лаборатории на мезонном пучке синхротрона.

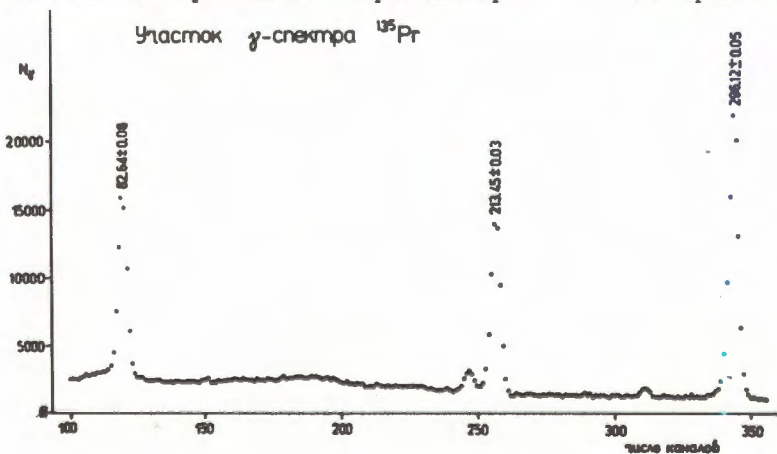
вадается тем, что дает много важных дополнительных сведений о характере этого взаимодействия.

3. Рассмотрен вопрос о нейтринных осцилляциях в нейтринной астрономии. Предложен новый метод наблюдения эффекта нейтринных осцилляций — измерение спектра солнечных нейтрино в области высоких энергий (порядка 10 Мэв) с помощью электронных методов регистрации нейтринных событий. Показано, что чувствительность астрономических методов изучения вопроса о конечной массе нейтрино на 7 порядков величин лучше, чем чувствительность классического метода исследования бета-спектра  $^3\text{H}$ , дающего верхний предел для массы  $\nu_e \approx 10$  эв.

4. Предложен новый метод для обнаружения новых источников нейтрино, заключающийся в поисках событий, которые вызваны в нейтринном детекторе нейтриноподобными частицами, продуктами распада короткоживущих частиц (тяжелых лептонов, промежуточных бозонов).

### Спектроскопия нейтронодефицитных ядер. Короткоживущие изотопы

1. Исследования свойств короткоживущих радиоактивных изотопов проводились в рамках про-



граммы ЯСНАПП. Надежно идентифицированы ранее неизвестные изотопы  $^{190}\text{Tl}$  и  $^{191}\text{Tl}$  с периодами полураспада  $(3,3 \pm 0,3)$  мин и  $(5,2 \pm 0,4)$  мин соответственно. Впервые изучены спектры гамма-лучей и конверсионных электронов  $^{190}\text{Tl}$ ,  $^{191}\text{Tl}$  и  $^{193}\text{Tl}$ . Обнаружено 25 новых  $\gamma$ -переходов. Завершен цикл исследований изотопов ниобия, иттрия и стронция в районе магического числа  $N=50$ . Получены детальные сведения о поведении возбужденных состояний ядер в этой области (одночастичных, коллективных, трехквартичных и других состояний).

С использованием разработанного в лаборатории нового высокоэффективного ионного источника масс-сепаратора впервые проведены исследования  $\gamma$ -спектров разделенных изотопов  $^{134,135}\text{Nd}$ ,  $^{133,134,135}\text{Pr}$ .

2. Систематически осуществлялась программа измерений времени жизни возбужденных состояний ядер в нано- и субнаносекундной областях методами гамма-гамма- и электрон-гамма-совпадений: определены времена жизни около 20 возбужденных уровней в ядрах  $^{139}\text{La}$ ,  $^{135}\text{La}$ ,  $^{133}\text{La}$ ,  $^{153}\text{Tb}$ ,  $^{163-166}\text{Er}$ ,  $^{156,158,160}\text{Dy}$ ,  $^{184}\text{Os}$ . На основе сравнения опытных данных для измерения времен жизни возбужденных

38. Участок гамма-спектра  $^{135}\text{Pr}$ . Энергии гамма-переходов определены на ЭВМ CDC-1804A по программе "Гамма". Гамма-переходы 213,45 кэв и 82,64 кэв находятся в каскаде; гамма-переход 296,12 кэв является кросс-переходом.

состояний  $^{149}\text{Gd}$  с моделью де Шалита делается вывод о возможной фоновой природе состояний 164,5 кэв и 352 кэв.

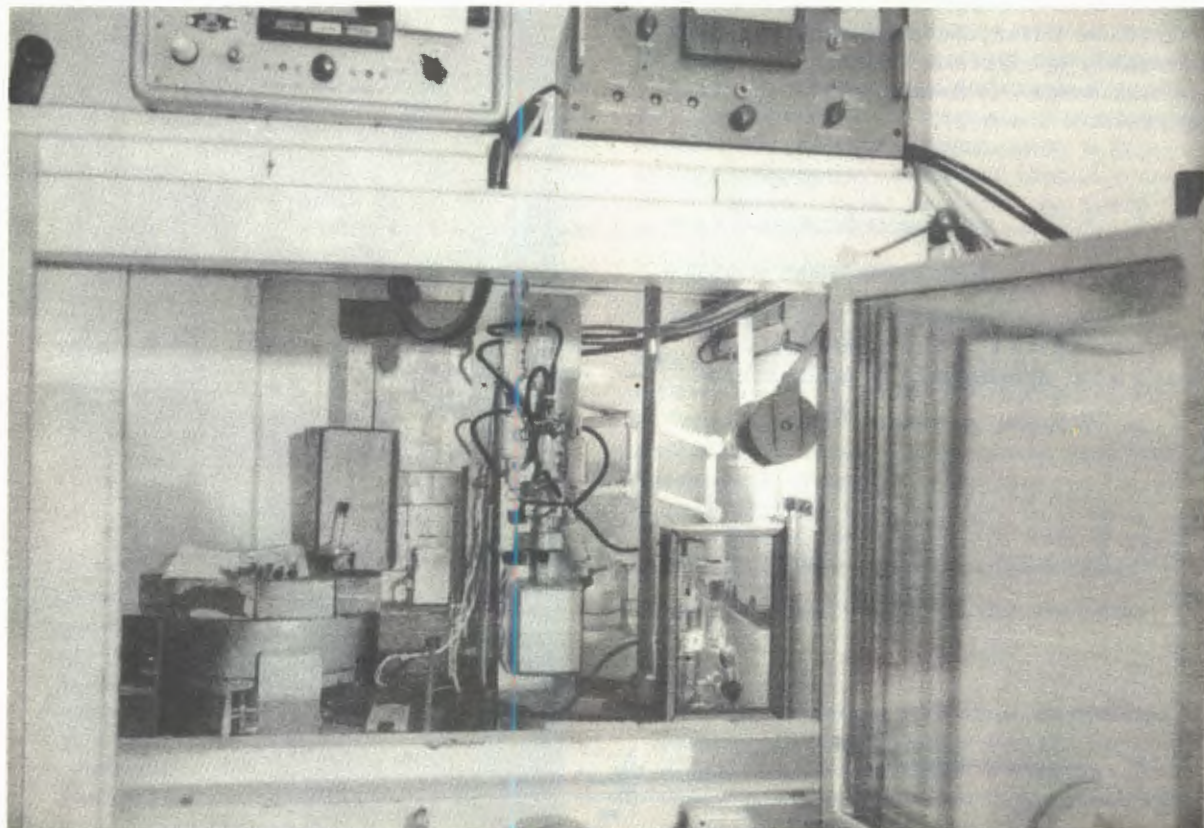
3. Проводились обширные исследования возбужденных уровней ядер. Эксперименты осуществлены с помощью гамма-спектрометра с  $\text{Ge(Li)}$ -детектором и бета-спектрографов.

Изучались распады  $^{167}\text{Lu} \rightarrow ^{167}\text{Yb}$ ,  $^{163}\text{Tm} \rightarrow ^{163}\text{Er}$ ,  $^{165}\text{Tm} \rightarrow ^{165}\text{Er}$ . Обнаружено много новых уровней, установлены их квантовые характеристики. Детально исследовались уровни  $^{176}\text{Hf}$  при распаде  $^{176}\text{Ta}$ , при этом снимались спектры конверсионных электронов, позитронов, гам-

ма-лучей, гамма-гамма-совпадений и тройных  $\beta^+$ -гамма-совпадений. Полученные опытные данные находятся в согласии с теоретическими расчётами в рамках сверхтекучей модели на базе потенциала Вудса-Саксона.

4. Тонкая структура альфа-спектров разделенных на масс-сепараторе изотопов радона с массовыми числами от 206 до 212 исследовалась с помощью большого магнитного альфа-спектрографа. Обнаружено десять ранее неизвестных линий тонкой структуры (альфа-распад на возбужденные состояния ядер полония) с интенсивностью  $10^{-3} - 10^{-5}$  на один распад соответствующего изотопа радона.

39. Микрохроматографическая колонка с дистанционным управлением для разделения высокорadioактивных смесей редкоземельных элементов.



5. Продолжались радиохимические исследования. В результате изучения сорбции анионных комплексов переходных металлов анионитами разработана новая модель сорбции, хорошо подтверждающаяся экспериментально.

Использование метода возмущенных угловых гамма-гамма корреляций для изучения химического поведения "горячих" атомов позволило исключить ряд вторичных эффектов, сопровождавших ранее применявшиеся радиохимические методы.

2. Новый метод определения энергии  $\gamma$ -квантов высоких энергий по числу электронов в максимуме ливня, предложенный в лаборатории, испытан на ускорителе ИФВЭ. Измерения показали, что уже при 10 Гэв обеспечивается точность определения энергии около  $\pm 10\%$ . Важным качеством нового метода является повышение его точности с ростом энергии. Это обеспечивает ему большую перспективность применения в опытах на ускорителях будущих поколений (энергии в сотни и тысячи Гэв).

3. Осуществлялись развитие двусторонней связи центра накопления и обработки информации с ЭВМ "Минск-22" и "Минск-2", а также автоматизация работы центра. Введен в действие комплекс новой электронной аппаратуры: два осциллографа со световым карандашом для предварительного отбора информации перед подачей ее на ЭВМ, двумерный анализатор для измерения времен жизни возбужденных состояний ядер, установка для измерения угловых корреляций в режиме двумерного анализа и др. Эти мероприятия позволили высококачественно и в короткий срок выполнить несколько физических экспериментов.

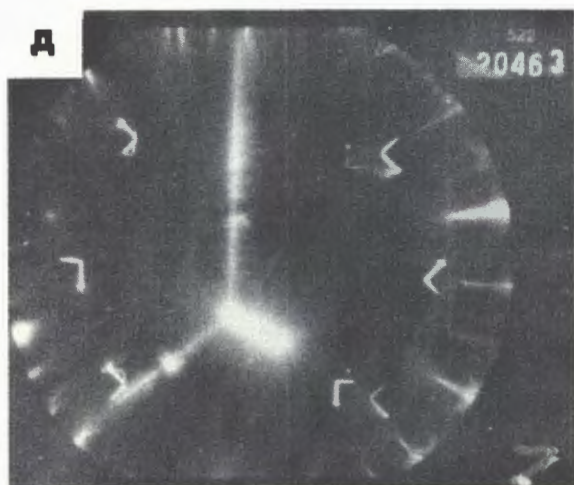
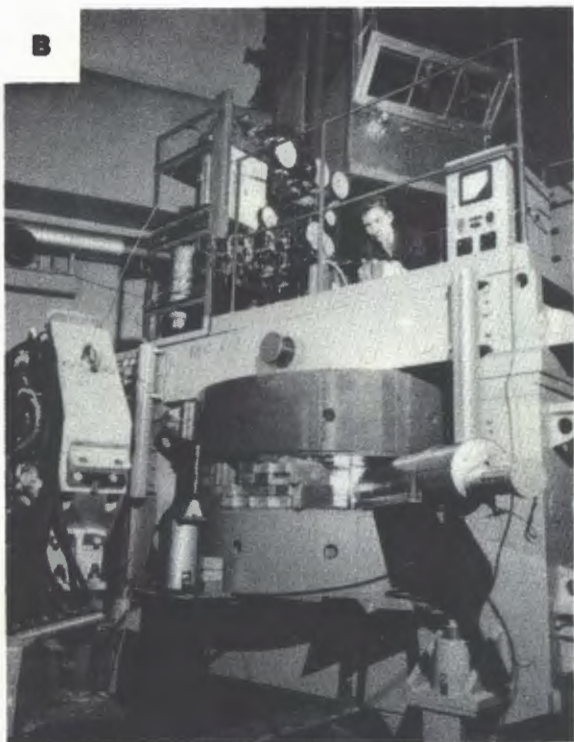
4. Состоялся успешный физический запуск установки ЯСНАПП-1. Найдены оптимальные режимы для всех масс изотопов, обеспечивающие максимальную эффективность и высокое разрешение.

Достигнут успех в разработке методов разделения радиоактивных изотопов на масс-сепараторе. Создана новая конструкция ионного источника, в котором используется явление поверхностной ионизации, позволяющего быстро (2-3 мин) и с высокой эффективностью (около 40% для  $Nd$ , более 30% для  $Sm$  и около 10% для  $Ho$ ) разделять изотопы редкоземельных элементов. Ранее в разных лабораториях мира удавалось разделять изотопы редких земель при длительности разделения 15-10 мин с эффективностью не выше одного процента.

## Новые методы исследования. Электроника. Автоматизация эксперимента

1. Создана и введена в эксплуатацию искровая стримерная камера высокого давления с гелием для экспериментов на синхроциклотроне (быстродействие до 5 раз в секунду). Первая в мировой практике камера такого типа является одним из узлов установки, представляющей собой спектрометр из двух камер диаметром 0,5 м: одна из камер помещена в магнитное поле 10 кэ, другая - камера высокого давления (8 атм) - представляет собой комбинацию газовой мишени и трекового детектора. В первой камере производится анализ пионов по импульсу (точность измерения импульса 0,6-0,7%), во второй - детектируется взаимодействие пионов с гелием. Отбор событий осуществляется с помощью снабженного соответствующей электронной логикой годоскопа из 22 сцинтилляционных счётчиков, размещённых в оболочке камеры. Для камеры разработан и построен крупнейший генератор импульсных напряжений на 1200 кв (мощность 5 Мвт) с частотой до 10 срабатываний в секунду.





40. Запущен на пучке пи-мезонов от синхротрона спектрометр с двумя стримерными камерами. Одна из камер помещена в магнитное поле. Другая камера наполнена гелием под высоким давлением, она управляется сцинтилляционным годоскопом. На установке ведется исследование взаимодействия пионов с ядрами гелия.

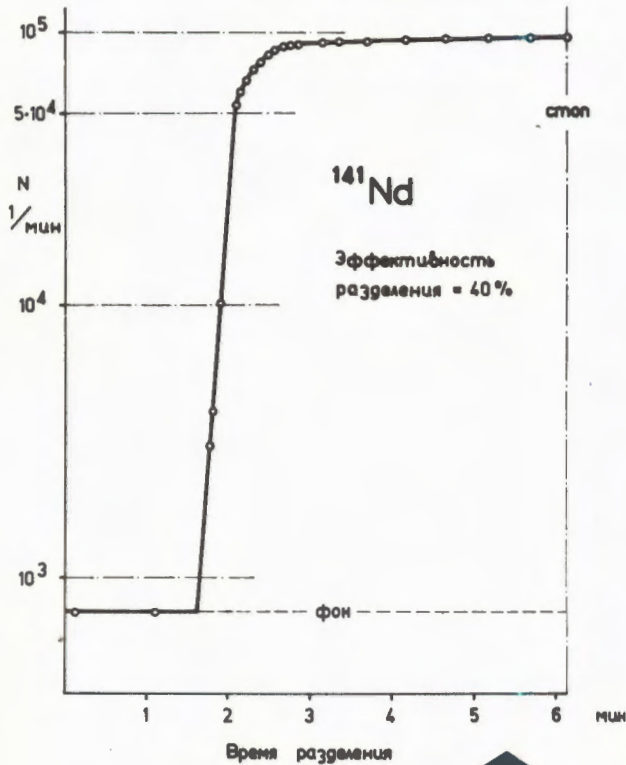
а) Стримерная камера высокого давления (до 8 атм).

б) Импульсный генератор на 1200 кв для питания стримерной камеры высокого давления.

в) Стримерная камера в магнитном поле.

г) Электронная аппаратура для управления работой спектрометра.

д) Снимок случая взаимодействия пиона с ядром гелия, сделанный в стримерной камере высокого давления.

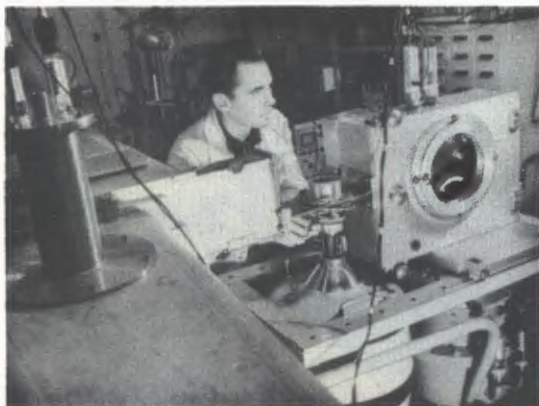


41. Нарастание активности изотопа  $^{141}\text{Nd}$  при разделении изотопов неодима на масс-сепараторе с использованием разработанного в Лаборатории ядерных проблем высокоэффективного ионного источника с поверхностной ионизацией, позволяющего производить экспрессные разделения изотопов редкоземельных элементов. По оси абсцисс отложено время, прошедшее с момента загрузки неодима в ионный источник, по оси ординат — активность разделенного изотопа. Видно, что максимальная активность достигается практически через 2,5 мин. после начала разделения. Эффективность разделения — отношение активности изотопа  $^{141}\text{Nd}$ , загруженного в ионный источник, к активности, собранной на коллекторе, — составляет 40%.

42. Новый ионный источник для масс-сепаратора установки ЯСНАПП с поверхностной ионизацией. Источник позволяет быстро и эффективно разделять короткоживущие изотопы лантанидов и актинидов.





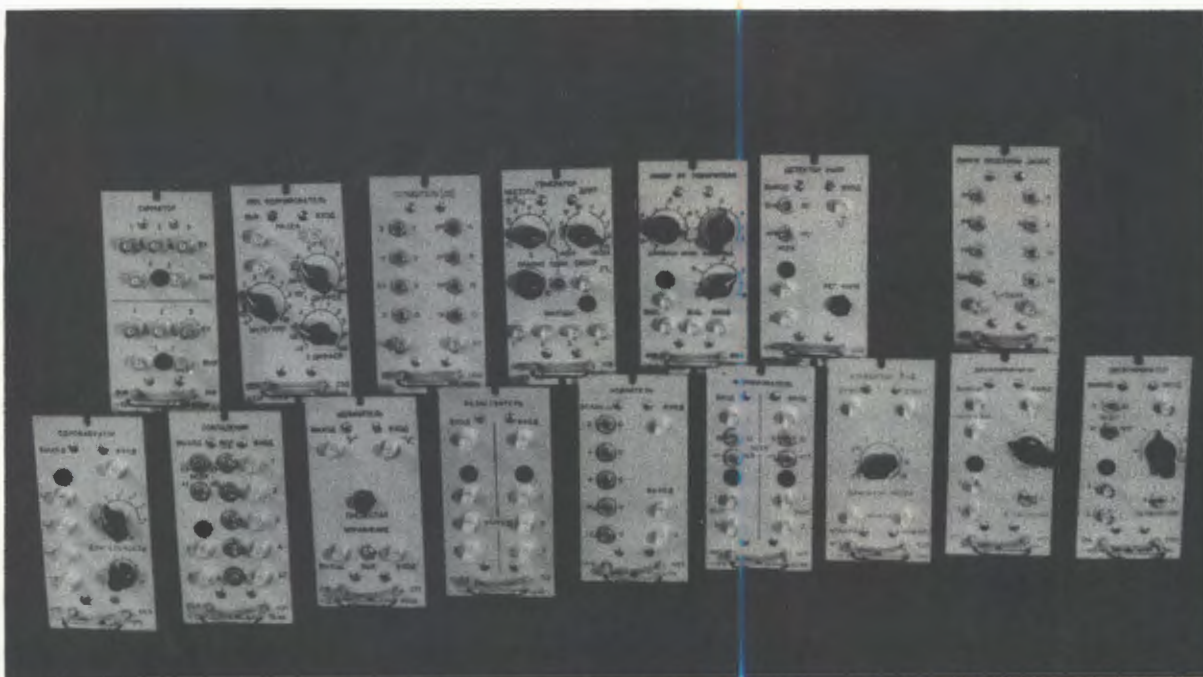


43. Ленточная система для выноса короткоживущих изотопов из коллекторной камеры масс-сепаратора установки ЯСНАПП.

5. Создана и испытана система из 20 проволочных искровых камер  $25 \times 25^2$  со съемом экспериментальной информации на ферритовые сердечники при использовании аппаратуры центра накопления и обработки информации.

6. Разработаны основные элементы новой системы наносекундных блоков электроники 12 наименований. Более 360 блоков этой системы уже успешно применяется в физических экспериментах на синхротроне. Электроника характеризуется высокой стабильностью в сочетании с высоким амплитудным и временным разрешением.

44. Созданная в Лаборатории ядерных проблем система стандартных блоков наносекундной логики (всего 25 наименований) позволяет быстро собрать электронную аппаратуру практически для любого эксперимента.



7. Разработано два прецизионных метода (монокроматический и апохроматический) определения средней энергии протонов в пучках, выведенных из синхроциклотрона. Методы основаны на измерении угла излучения Вавилова-Черенкова протонным пучком в тонких прозрачных пластинках. Точность определения средней энергии составляет 0,03% при энергии 660 Мэв для обоих методов.

8. Введена в эксплуатацию установка с диффузионной камерой высокого давления на реакторе ИРТ-2000 Физического института Болгарской академии наук. Зарегистрированы события, сопровождающиеся вылетом электрон-позитронных пар в реакции  $^{40}\text{Ar} \rightarrow ^{41}\text{Ar} e^+ e^-$ . Работа выполняется совместно с коллективом ФИ БАН.

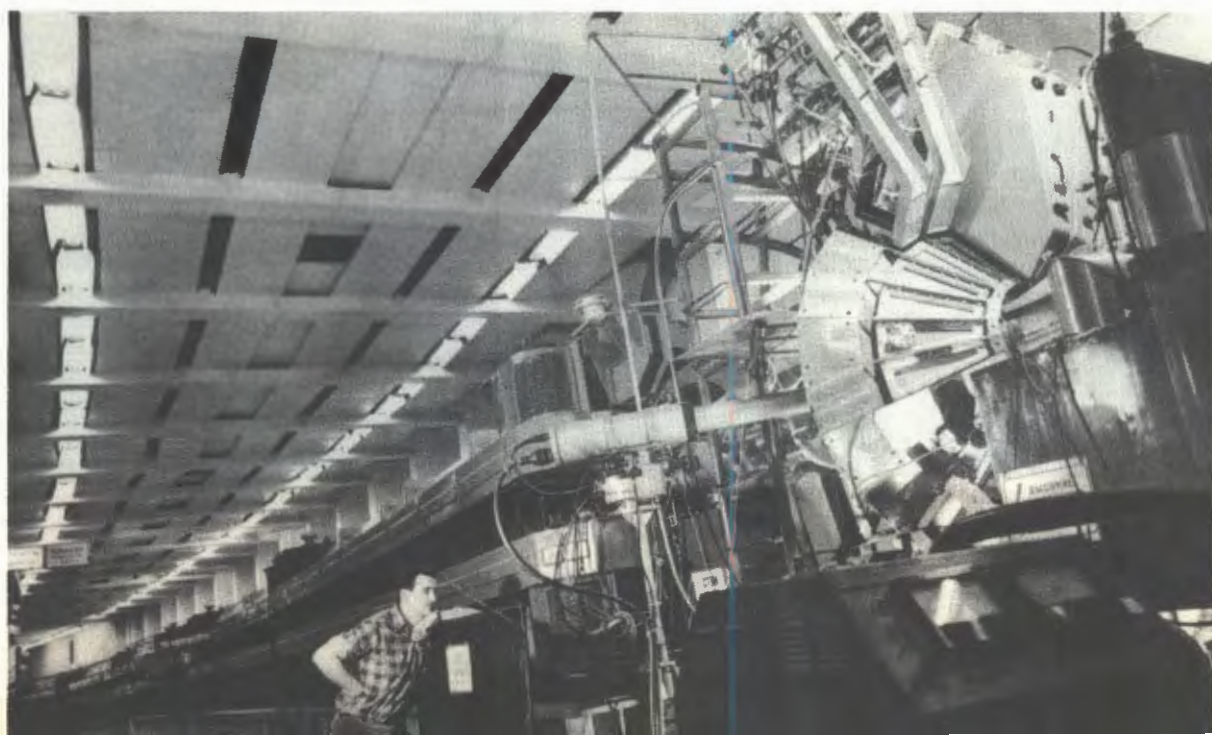
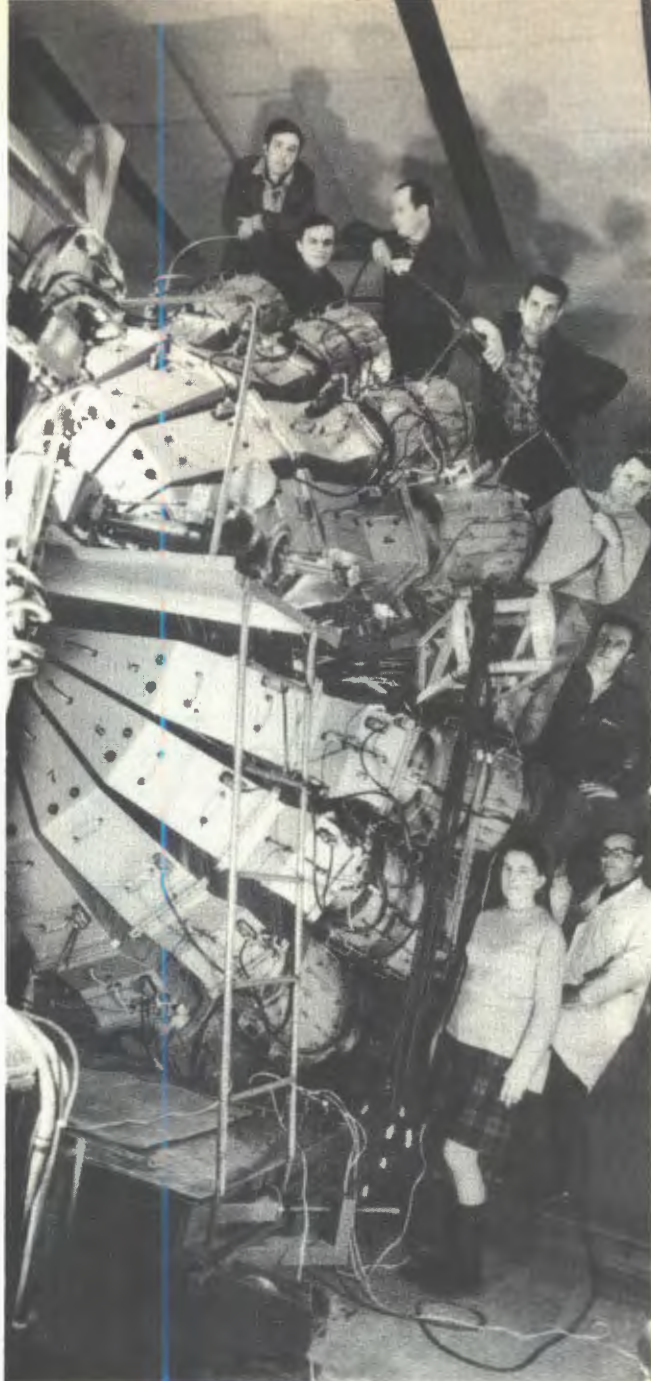
### Крупные экспериментальные установки для исследований на ускорителе 76 Гэв ИФВЭ

1. Создана и введена в действие крупная экспериментальная установка для поиска на ускорителе в Серпухове новых тяжелых частиц и антиядер со временем жизни более  $10^{-7}$  сек и массой более  $3M_p$ . В результате предварительных измерений найдено, что если такие частицы существуют, то сечение их рождения протонами с энергией 70 Гэв не более  $10^{-34}$  см<sup>2</sup>/стер. Гэв/с.

2. Завершено создание комплекса экспериментальной аппаратуры для исследований по поиску монополя Дирака. Метод поиска основан на регистрации специфического излучения Вавилова-Черенкова,



45. Установка для поиска монополя Дирака смонтирована на кольце ускорителя 76 Гэв. Метод поиска основан на регистрации излучения Вавилова-Черенкова.



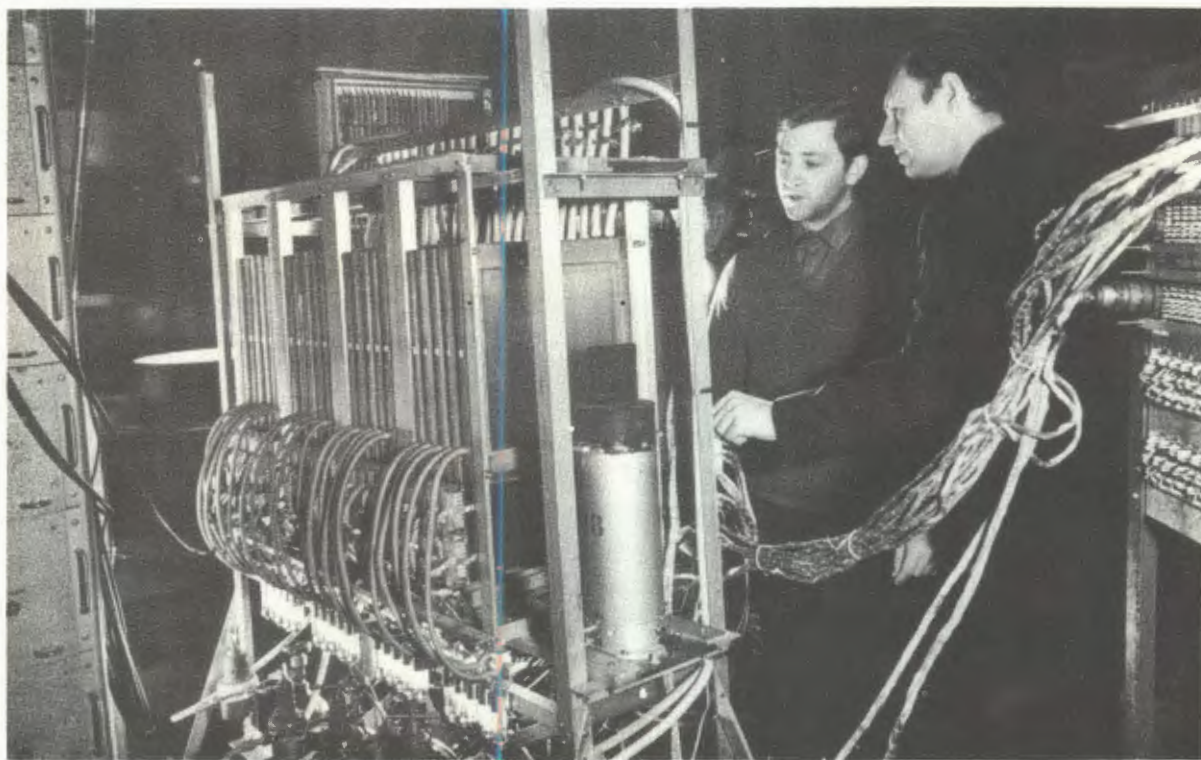
отличающегося большой интенсивностью и характерной поляризацией. Установка, прошедшая предварительные испытания, установлена на кольце протонного синхротрона ИФВЭ.

3. Для пятиметрового магнитного искрового спектрометра выполнен большой объем работ по созданию быстродействующего фоторегистратора, сделано 40 (из 50) модулей искровых камер размером  $120 \times 140 \text{ см}^2$ , смонтирована и отлажена система управления датчиками для измерения топографии магнитного поля, изготовлен вакуумный бокс для заполнения искровых модулей рабочим газом,

завершается изготовление системы очистки газа.

4. Продолжалась разработка релятивистского спектрометра со стримерной камерой и водородной мишенью в магнитном поле (РИСК). Спектрометр предназначен для изучения адронных взаимодействий на ускорителе в Серпухове. Работа проводится совместно с ИФВЭ ГАН и МИФИ. Завершен физический проект установки, который прошел экспертизу. Выполнен большой объем работ по моделированию стримерной камеры. Начато создание ряда узлов спектрометра.

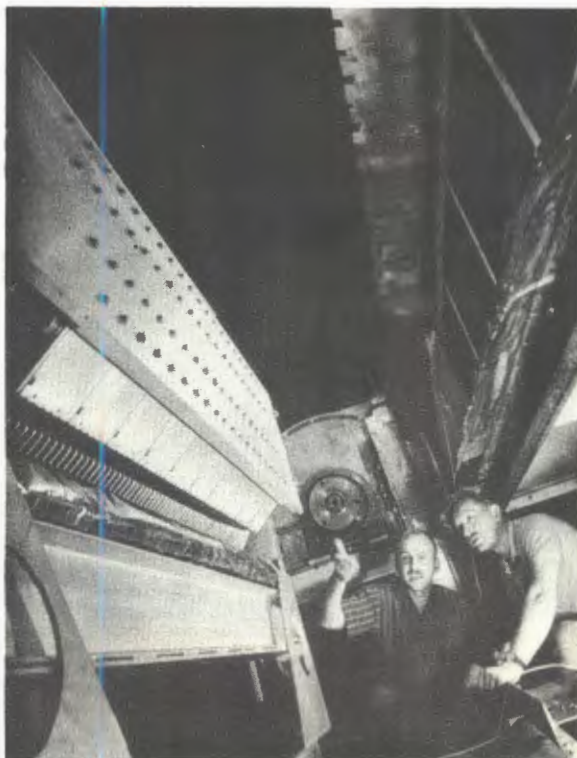
46. Система проволочных искровых камер для управления 5-метровым магнитным искровым спектрометром.



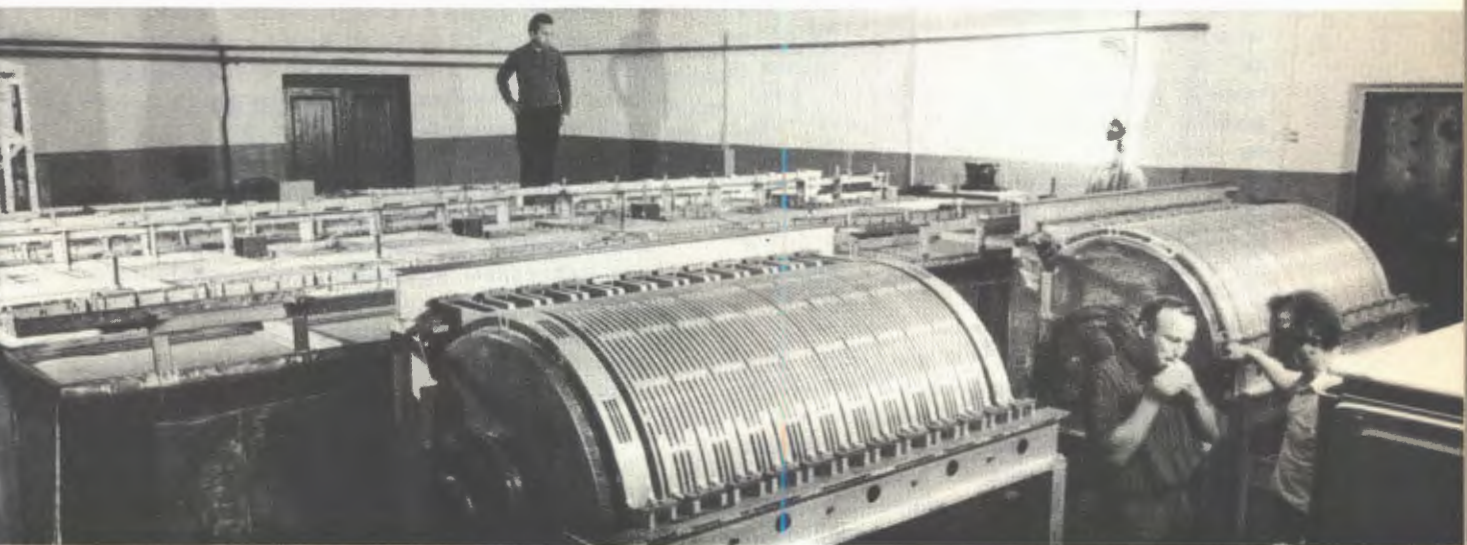
## Разработки

### в области ускорителей

1. Выполнены научно-исследовательские и конструкторские работы в связи с реконструкцией синхротрона в сильноточный фазотрон (установка "Ф"): закончено моделирование магнитного поля установки "Ф", осуществлено полномасштабное макетирование резонансной системы совместно с вариаторами частоты на среднем уровне мощности, завершено моделирование ферромагнитного канала для системы вывода пучка из камеры ускорителя, в проектных организациях закончено проектирование основных узлов и зданий ускорителя. Началось изготовление оборудования.



47. Модель (1 : 1) высокочастотной системы с вариатором сильноточного фазотрона.





48. Строительство специального корпуса для монтажных работ, связанных с созданием сильноточного фазотрона (реконструкцией синхроциклотрона).

2. В результате исследований на кольцевой электронной модели сильноточного протонного релятивистского циклотрона с жесткой фокусировкой показана принципиальная возможность создания протонных ускорителей на энергии около 1 ГэВ со средними токами в пучке порядка десятых долей ампера (мощность в пучке двести-триста мегаватт). Выполнен комплекс работ, связанных с изучением параметров электронного пучка в модели и исследованием резонансных эффектов, а также с созданием аппаратуры наблюдения и корреляции и т.д.

3. Подготовлен проект реконструкции ускорителя У-120М в циклотрон с регулируемой энергией и улучшенной моноэнергетичностью пучка протонов (до энергии 40 МэВ), дейтронов (до энергии 20 МэВ) и альфа-частиц (до энергии 40 МэВ). Выполнены эксперимен-

ты по исследованию широкодиапазонной системы ускорителя и по формированию магнитного поля.

4. Проанализированы возможности электроядерного метода генерации нейтронов с использованием сверхмощных (сотни мегаватт в пучках) ускорителей протонов с энергией около 700-1000 МэВ. С самых общих позиций проведено рассмотрение проблем использования в ядерной энергетике нейтронов, испускаемых ядрами тяжелых элементов под действием протонов (дейтронов) высоких энергий. Рассмотрены характерные свойства электроядерных установок и перспективы их использования в науке и технике.

5. Предложен метод получения поляризованных протонов на кольцевом ускорителе с интенсивностью до  $10^{13}$  прот./сек и степенью поляризации

более 90%. Рассмотрена программа физических экспериментов на таком пучке, а также принципы обнаружения чрезвычайно малых поляризационных эффектов (вплоть до  $10^{-5}$  и менее).

### Эксплуатация синхроциклотрона

Показатели работы синхроциклотрона в 1970 году

№№ пп	Показатель	Время в часах	%
1.	Запланированное время работы, в том числе	5130	100
	а) на экспериментальные работы по физике,	4516	88
	б) на работы по повышению интенсивности ускорителя,	30	0,6
	в) на подготовку к работе физической аппаратуры и технологическую подготовку ускорителя,	532	10,4
	г) эксплуатационные простои.	52	1
2.	Монтаж нового канала, шиммирование, наладка новой системы вывода.	1660	
3.	Работа мезонного тракта.	1675	
4.	Работа системы растяжки пучка.	1640	

### Усовершенствование

#### синхроциклотрона

1. И изготовлена, налажена и введена в эксплуатацию новая система вывода протонов из камеры синхроциклотрона с нелинейным регенератором и одной пластиной на входе частиц в магнитный канал. Новая система вывода позволила вдвое увеличить интенсивность выведенного пучка протонов и довести ее до  $8 \cdot 10^{11}$  протонов/сек.

2. Разработана, изготовлена и введена в действие новая система питания устройства временной растяжки пучков мезонов от синхроциклотрона, использующая тиристорный генератор пилообразного тока. Длительность импульсов мезонных пучков доведена до 70% от длительности цикла модуляции ускорителя.

3. Усовершенствованы высокочастотная система и устройства импульсного питания синхроциклотрона. Подготовлена и введена в эксплуатацию система управления на полупроводниковых приборах, включающая в себя блоки импульсного управления высокочастотным генератором ускорителя и блоки управления тиристорным генератором пилообразных импульсов растяжки. Исследованы оптимальные амплитудно-частотные характеристики для различных режимов работы генератора ускоряющего напряжения.

## ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ

Научно-исследовательские работы  
Лаборатории ядерных реакций велись в  
следующих основных направлениях:

- синтез трансурановых элементов  
и исследование свойств их радиоактивного  
распада;
- поиск изотопов сверхтяжелых эле-  
ментов в природных минералах;
- синтез нейтроноизбыточных изото-  
пов легких элементов;
- исследование протонно-радиоактив-  
ных ядер;
- изучение природы аномального спон-  
танного деления ядер из изомерных сос-  
тояний;
- изучение механизма взаимодействия  
тяжелых ионов с ядрами;
- ядерная спектроскопия в реакциях  
с тяжелыми ионами.

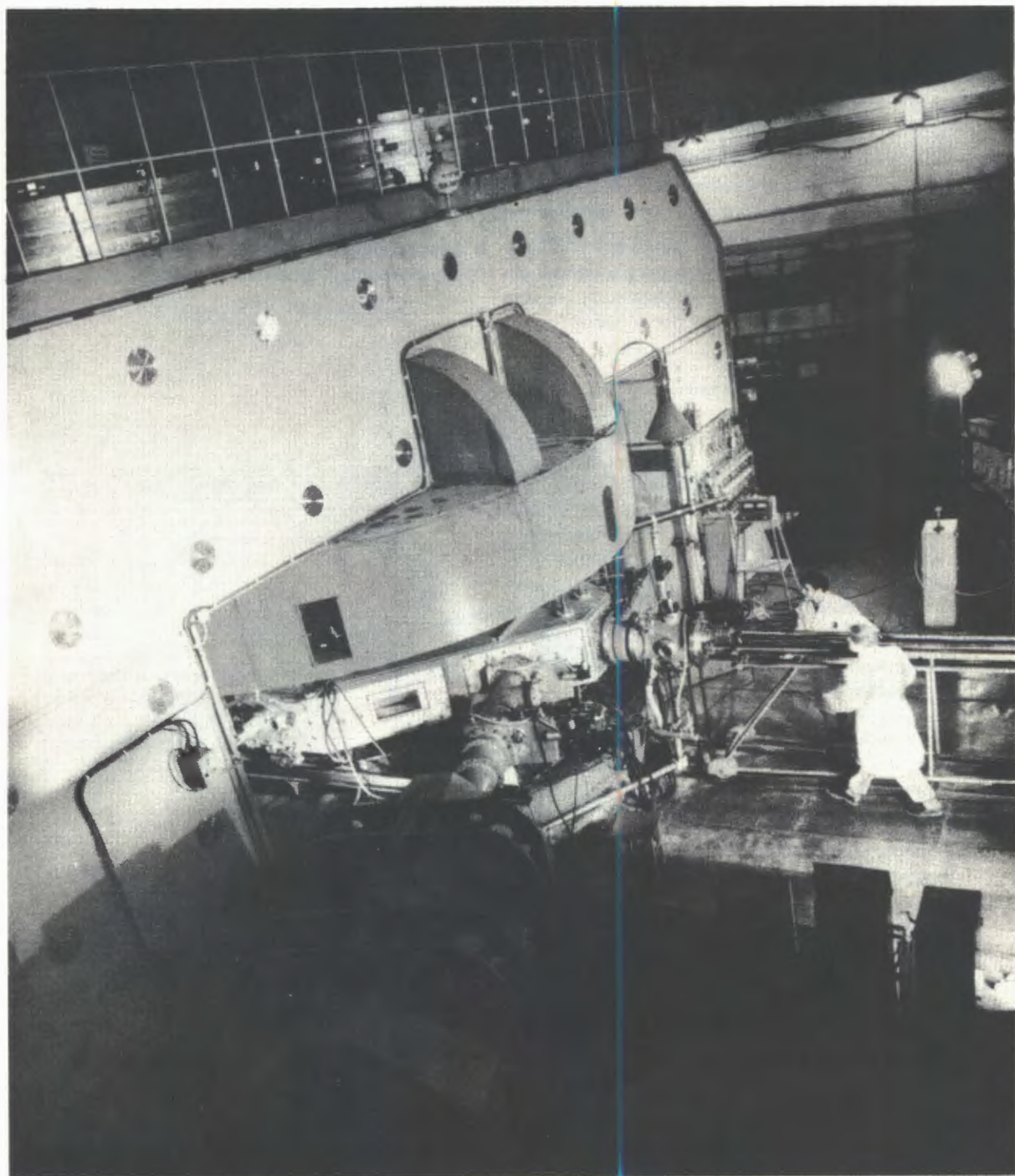
Вся научно-исследовательская дея-  
тельность Лаборатории ядерных реакций  
осуществлялась в тесном контакте с ин-  
ститутами стран-участниц ОИЯИ. Основ-  
ные работы проводились на ускорителе  
У-300.

## Научно- исследовательские работы

Синтез  
105-го элемента  
и исследование  
его физических и химических  
свойств

Успешно завершены опыты по син-  
тезу и изучению физических и химических  
свойств 105-го элемента. Первая серия  
опытов, посвященная поискам спонтанного  
деления изотопов 105-го элемента была  
завершена в конце 1969 года, и резуль-



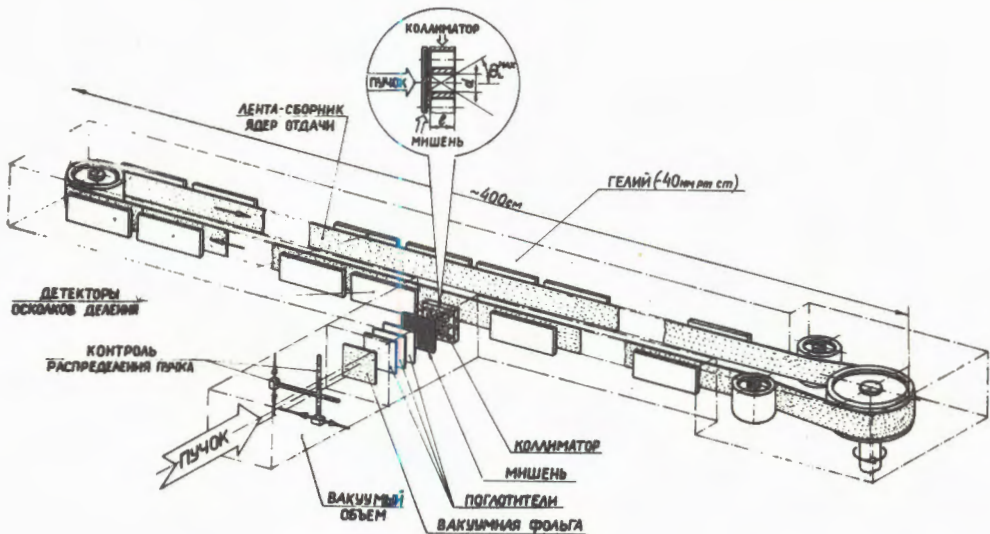


*Циклотрон У-300.*

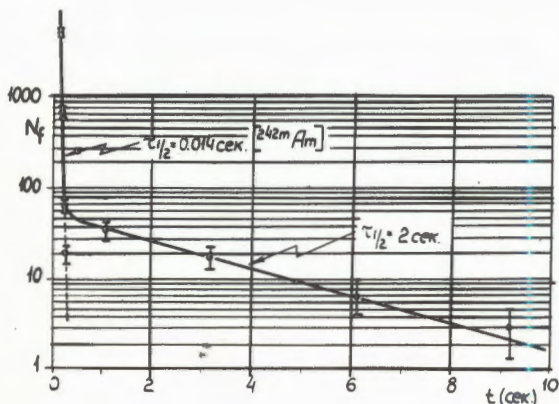
таты ее опубликованы в феврале 1970 года. При облучении  $^{243}\text{Am}$  ионами  $^{22}\text{Ne}$  был зарегистрирован излучатель осколков спонтанного деления с периодом полураспада  $1,8 \pm 0,6$  сек. Сечение образования нового излучателя, определенное по спонтанному делению, составляет  $(5 \pm 1,5) \cdot 10^{-34} \text{ см}^2$ . Для исследования закономерностей образования спонтанно делящегося изотопа с  $T_{1/2} \approx 1,8$  сек были поставлены следующие эксперименты:

1. Измерено интегральное угловое распределение ядер отдачи (коллимационный метод).
2. Измерена функция возбуждения.
3. Проведен анализ реакций с испусканием заряженных частиц, ведущих к образованию изотопов 102-го, 103-го и 104-го элементов.

В работах использовалась методика, в которой продукты реакций вбивались в "бесконечную" никелевую ленту-сборник



49. Схема экспериментального устройства для регистрации короткоживущих спонтанно делящихся изотопов, образующихся в ядерных реакциях с ускоренными ионами.



50. Распределение по времени осколков спонтанного деления ядер, образующихся в реакции  $^{243}\text{Am} + ^{22}\text{Ne}$  при энергии ионов 144 Мэв.

толщиной 50 мк и длиной 8 м, движущуюся со скоростью 0,78 см/сек. Вдоль ленты располагались детекторы осколков деления из фосфатного стекла. На основании распределения плотности треков по детекторам при заданной скорости ленты рассчитывался период полураспада спонтанно делящихся изотопов.

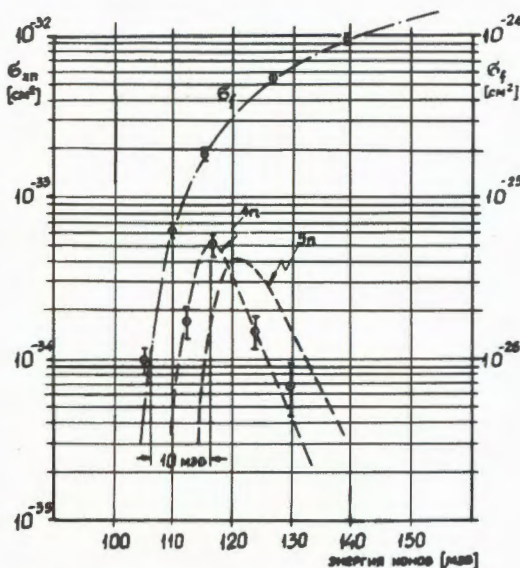
Из данных по угловому распределению ядер отдачи и анализа результатов контрольных экспериментов следует, что спонтанно делящийся изотоп с  $T_{1/2} \approx 1,8$  сек имеет атомный номер 105. При исследо-

вании зависимости сечения образования нового изотопа от энергии бомбардирующих частиц было показано, что функция возбуждения имеет максимум при энергии ионов  $^{22}\text{Ne}$  117 Мэв с шириной на полувысоте  $\approx 8$  Мэв. Характер функции возбуждения свидетельствует о том, что наблюдаемый излучатель осколков спонтанного деления с  $T_{1/2} \approx 1,8$  сек образуется через составное ядро с последующим испарением нейтронов. Это является независимым подтверждением синтеза элемента с  $Z=105$  и массой (261, 260) в реакции



В экспериментах по изучению  $\alpha$ -распада изотопов 105-го элемента использовалась усовершенствованная установка. С помощью специально разработанной электронной аппаратуры осуществлялся амплитудно-временной анализ импульсов, поступающих с двух ( $\text{Si} + \text{Au}$ )-детекторов. Появление импульса в исследуемом энергетическом интервале ( $8,8 \leq E \leq 9,7$  Мэв) вызывало остановку сборника для регистрации дочернего ядра с  $Z=103$  и  $T_{1/2} \approx 35$  сек. Методом амплитудно-временных корреляций выделялась активность с энергией  $\alpha$ -частиц 9,1 и 8,9 Мэв. Период полураспада этой активности составляет  $\approx 1,4$  сек. Результаты анализа амплитудно-временных корреляций дают основание полагать, что наблюдается  $\alpha$ -распад элемента  $^{260,261}105$ . Следует отметить, что значение периода полураспада наблюдаемого  $\alpha$ -излучателя в пределах экспериментальных ошибок согласуется с данными по спонтанному делению.

Были также проведены опыты по химической идентификации спонтанно делящегося изотопа элемента 105. Продукты ядерных реакций тормозились в потоке азота и быстро хлорировались парами титанхлорида и четыреххлористого титана. Газ пропусклся через длинную стеклянную колонку с переменной температурой. Было найдено, что активность с  $T_{1/2} \approx 2$  сек адсорбируется на стенках трубки при го-

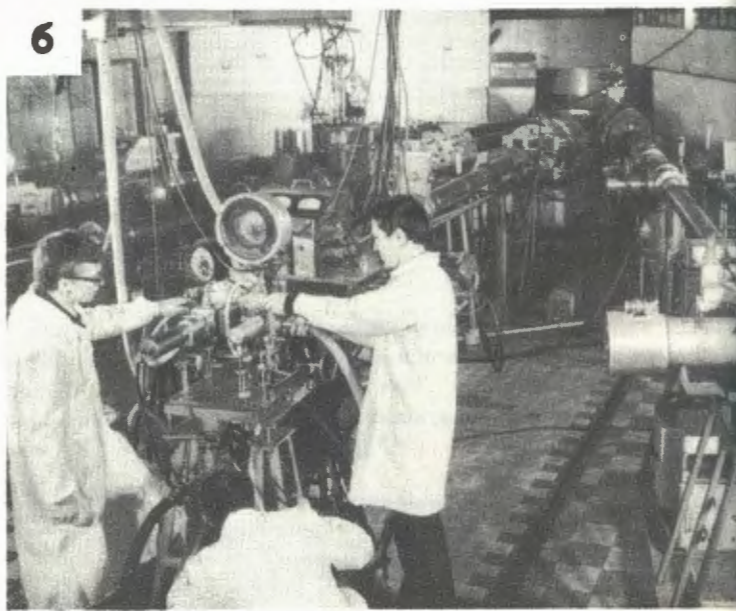


51. Зависимость сечения образования спонтанно делящегося изотопа с  $T_{1/2} \approx 2$  сек от энергии ионов  $^{22}\text{Ne}$ . Пунктирные кривые — расчётные функции возбуждения реакций  $^{243}\text{Am}(^{22}\text{Ne}, 4n)^{261}105$  и  $^{243}\text{Am}(^{22}\text{Ne}, 5n)^{260}105$ .

● — экспериментальные значения. Штрих-пунктирная кривая (правая шкала) — расчётная зависимость сечения деления  $^{243}\text{Am}$  от энергии ионов  $^{22}\text{Ne}$ . ○ — экспериментальные значения.



52. Физическая аппаратура, с помощью которой на циклотроне У-300 изучались физические свойства 105-го элемента:  
а) - спонтанное деление ядер, б) - альфа-распад ядер.





53. Химики готовятся к экспериментам по синтезу 105-го элемента.

детектор, основанный на принципе замедления нейтронов в парафине и регистрации тепловых нейтронов с помощью пропорциональных счётчиков с  ${}^3\text{He}$ . Детектор обладал высокой чувствительностью благодаря исключительно низкому уровню фона, что обеспечивалось размещением аппаратуры в соляной шахте на глубине 320 метров водного эквивалента, а также герметизацией детектора и созданием электронной схемы, исключающей собственный фон счётчиков.

В качестве акта спонтанного деления рассматривались такие события, для которых в интервале времени, определяемом

Таблица 1

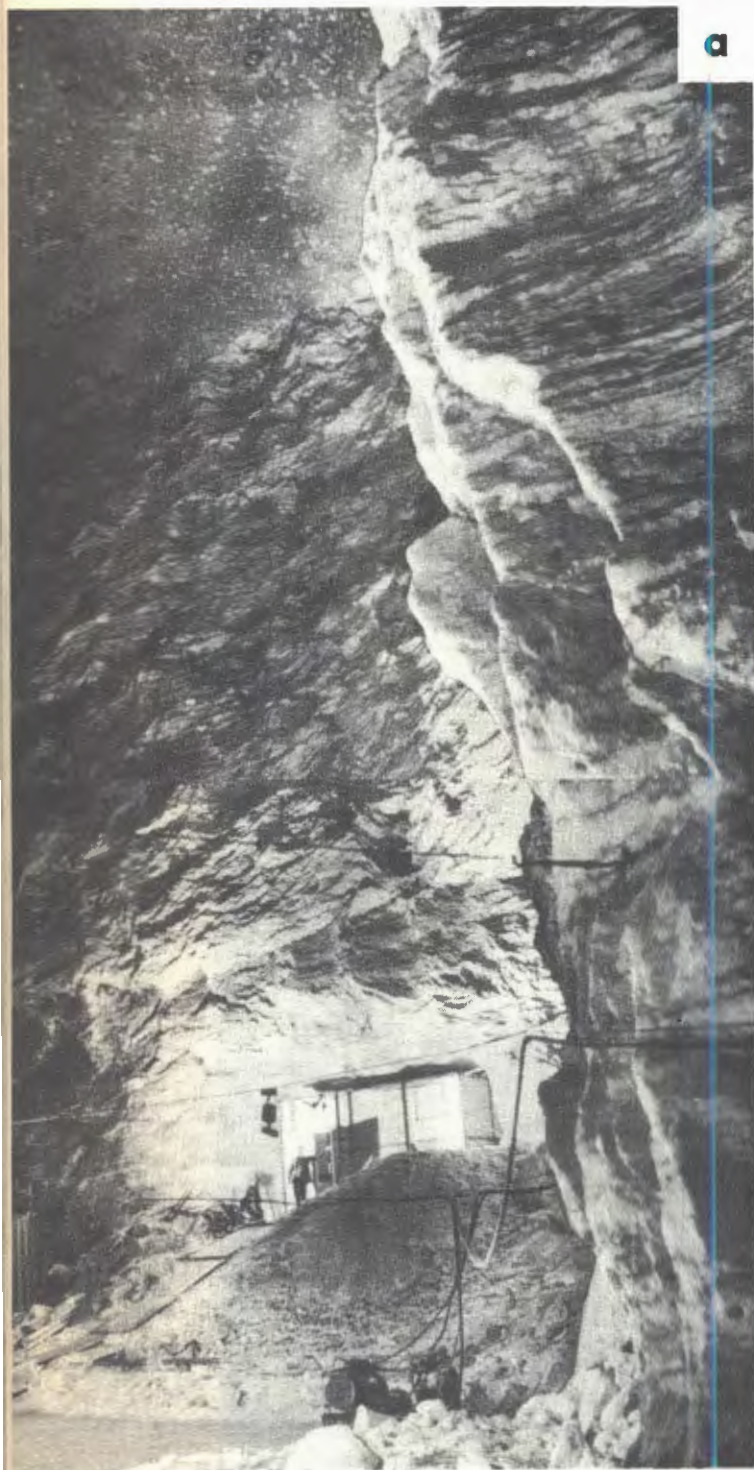
Название образца	Свинцовое стекло	Галенит
Вес образца (кг)	18	7,4
Продолжительность измерений (час)	968	151
Число зарегистрированных событий:		
два импульса в группе (II)	12	0
три импульса в группе (III)	2	0
Оценка фона космических лучей		0
II	$10 \pm 2$	-
III	$2,0 \pm 2$	-
Ожидаемое число событий		
$\bar{\nu} = 10$		
II	29	14
III	3	1-2
$\bar{\nu} = 5$		
II	14	7
III	0-1	0
$\bar{\nu} = 3$		
II	6	3
III	0	0

раздо более низкой температуре, чем хлориды актинидных элементов  ${}^{103}\text{Am}$ , в температурном интервале, характерном для элементов IV и V групп переходных металлов. Такие свойства хлорида согласуются с предсказаниями для 105-го элемента (экатантал). Зарегистрировано 18 атомов нового элемента.

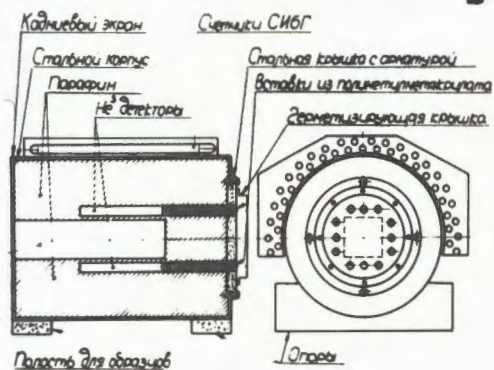
#### Поиск

#### изотопов сверхтяжелых элементов в природных минералах

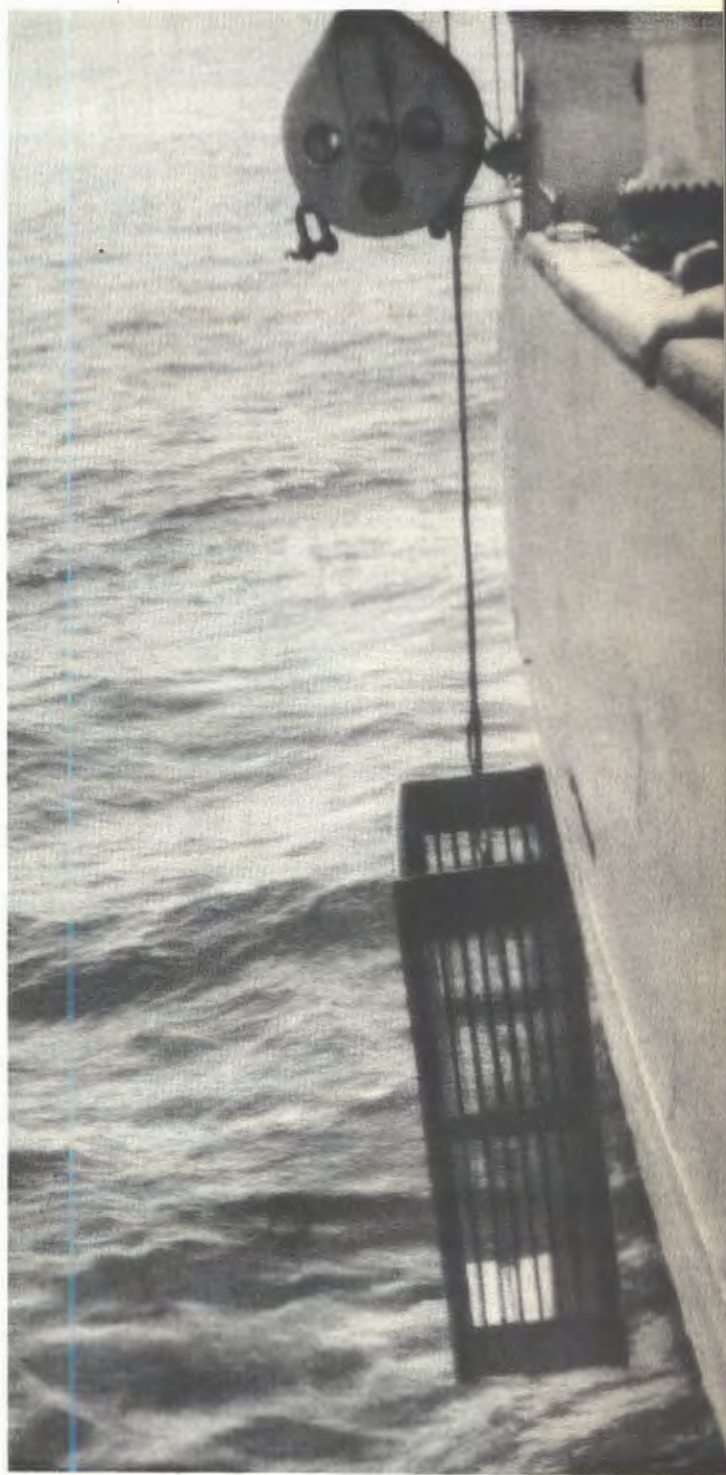
1. Проведены различные эксперименты по поиску сверхтяжелых элементов в природе. С целью измерения среднего числа нейтронов на акт деления для природного спонтанно делящегося излучателя, обнаруженного ранее, был построен нейтронный



54. Один из экспериментов по поиску сверхтяжелых элементов в природе проводился в соляной шахте на глубине около 300 м (а). В опыте использовался высокочувствительный нейтронный детектор (б). в) - схема нейтронного детектора для измерения среднего числа нейтронов  $\bar{\nu}$  на акт спонтанного деления.



55. Сотрудники Лаборатории ядерных реакций приняли участие в экспедиции советского научно-исследовательского судна "Витязь", на котором из разных районов Тихого океана доставлено 10 тонн конкреций. Минеральные включения конкреций исследуются с целью поиска в них природных спонтанных излучателей.



временем жизни нейтронов в системе детектора, регистрировались импульсы не менее чем от двух нейтронов. В детектор помещались образцы размерами 120 мм x 120 мм x 300 мм, при этом эффективность регистрации одиночных нейтронов составляла  $\approx 16\%$ .

Результаты измерений для двух образцов приведены в табл. 1. Из таблицы видно, что для обнаруженного ранее в лаборатории природного спонтанно делящегося излучателя среднее число нейтронов на акт деления  $\bar{\nu} \leq 3$ .

2. В летней экспедиции научно-исследовательского судна "Витязь" участвовала группа сотрудников лаборатории. Из различных районов Тихого океана доставлено около 10 тонн конкреций. Методом диэлектрических детекторов получены новые данные о следах осколков спонтанного деления в минеральных включениях конкреций, что указывает на возможное содержание в них природного спонтанно делящегося излучателя. Результаты измерений абсолютного возраста минералов, извлеченных из конкреций, дали величину  $(4,0 \pm 0,8)$  млн. лет.

3. Методом  $\alpha X$ -совпадений проведена идентификация  $\alpha$ -активности с энергией 4,4–4,7 Мэв, о существовании которой сообщалось в ряде работ. Показано, что с большой вероятностью эта активность может быть отнесена к изотопу  $^{237}\text{Np}$ .

### Исследование возможностей синтеза изотопов 125-го элемента и его ближайших соседей в реакциях с Zn

На пучке ионов цинка с интенсивностью  $\approx 10^9$  част/сек и энергией  $\approx 380$  Мэв была проведена отработка методики регистрации и исследования основных закономерностей спонтанного деления и  $\alpha$ -распада продуктов ядерных реакций  $^{241}\text{Am} + \text{Zn}$



56. Источник многозарядных ионов цинка. С его помощью на циклотроне У-300 ускорены 10-зарядные ионы цинка. Интенсивность выведенного пучка  $\sim 10^9$  част/сек.

и  $^{238}\text{U} + \text{Zn}$  и т.д. в области предполагаемой стабильности сверхтяжелых ядер с  $Z \leq 125$ . В реакциях  $^{238}\text{U} + \text{Zn}$ ,  $^{241}\text{Am} + \text{Zn}$  были получены  $\alpha$ -активные продукты (в частности  $^{211}\text{At}$ ) и исследована зависимость их выхода от энергии ионов Zn. Таким образом, экспериментально показано, что энергия ионов Zn выше кулоновского барьера. Это позволяет приступить к работам по синтезу сверхтяжелых элементов в реакциях с Zn.

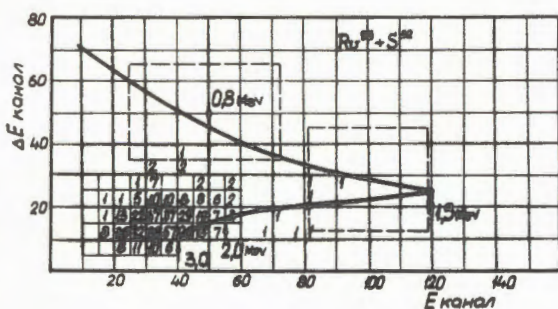
### Поиск протонного распада из основного состояния

Исследование протонного распада из основного состояния представляет исключительный интерес как средство получения информации о структуре ядер, находящихся на границе нуклонной стабильности. В работе использовался газонаполнен-

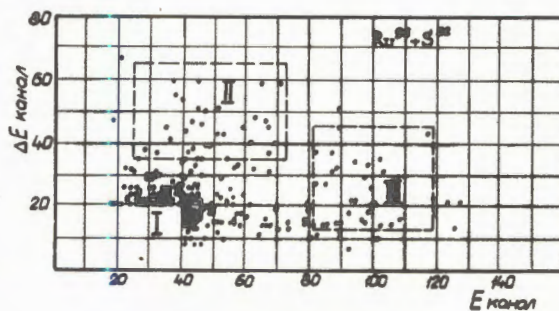


ный магнитный масс-сепаратор на пучке циклотрона У-300, предназначенный для быстрого (за  $10^{-6}$  сек) отделения "ядер отдачи" от пучка. После прохождения через сепаратор ядра отдачи останавливались в тормозном объеме, окруженном тремя коаксиальными пропорциональными счётчиками. Первый из них предназначался для определения удельной ионизации излучения, второй — полной энергии. Включение третьего счётчика на антисовпадения с первыми двумя облегчало отделение протонов малой энергии (что ожидается для распада из основного состояния) от запаздывающих протонов. (При тройных совпадениях телескоп регистрирует запаздывающие протоны).

Было проведено облучение мишеней  $^{96}\text{Ru}$ ,  $^{102}\text{Pd}$ ,  $^{106}\text{Cd}$ ,  $^{112}\text{Sn}$  ионами  $^{32}\text{S}$  и  $^{35}\text{Cl}$ . Во всех случаях наблюдалось образование излучателей запаздывающих протонов (изотопы элементов от  $\text{Ce}$  до  $\text{Dy}$ ) с поперечными сечениями, достигающими десятков микробарн. "Мягкие" протоны были обнаружены при исследовании продуктов реакции  $^{96}\text{Ru} + ^{32}\text{S}$  при энергии ионов  $= 250$  Мэв. На рис. 57 представлен



57.  $\Delta E \cdot E$ -спектр запаздывающих протонов. Жирная линия — калибровочная кривая для протонов с различной энергией. Излом кривой в точке  $E_p = 1,5$  Мэв связан с конечной "толщиной"  $E$ -счётчика: пробег протонов с  $E_p > 1,5$  Мэв превышает размер  $E$ -счётчика.

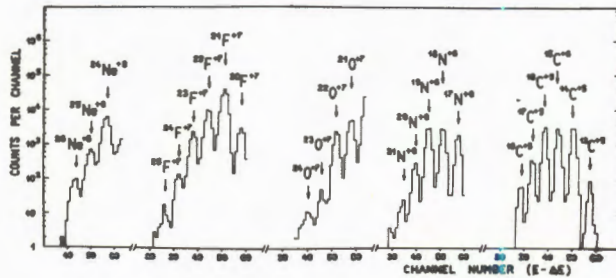


58.  $\Delta E \cdot E$ -спектр, снятый при включении третьего счётчика на антисовпадения.

$\Delta E \cdot E$ -спектр запаздывающих протонов. Импульсы группируются в районе  $E_p = 3,5$  Мэв. Средний период полураспада излучателей запаздывающих протонов составляет около 6 сек. На рис. 58 показан  $\Delta E \cdot E$ -спектр, полученный в антисовпадениях с третьим счётчиком. В этом случае спектр можно разделить на три группы. Наиболее интенсивная I группа связана с запаздывающими протонами. Группа II имеет центр тяжести при  $E_p = 0,8$  Мэв, группа III — при энергии 1,2 Мэв. Средний период полураспада в области  $E_p < 1,5$  Мэв равен  $(1,9 \pm 0,7)$  сек. Для группы II установлены следующие пределы периода полураспада:  $0,2 < T_{1/2} < 2$  сек. Выход "мягких" протонов примерно в 100 раз меньше, чем запаздывающих протонов. Можно предположить, что по крайней мере протоны с  $E_p = 0,8$  Мэв появляются при распаде из основного состояния.

### Синтез и изучение свойств нейтроноизбыточных изотопов легких ядер

Продолжались работы по получению новых нейтроноизбыточных изотопов легких элементов в реакциях передачи с тя-

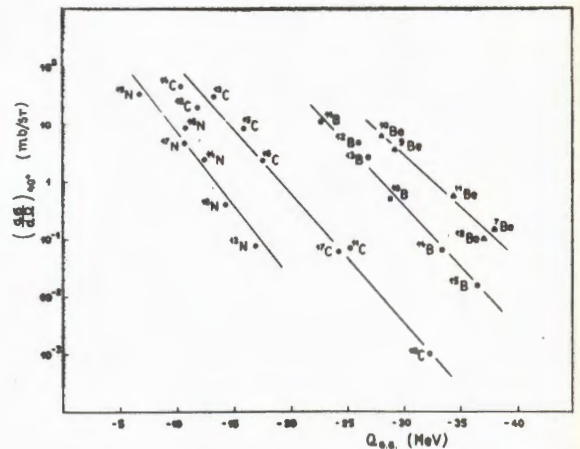


59. Выход изотопов неона, фтора, кислорода, азота и углерода, полученный в реакции  $^{232}\text{Th} + ^{22}\text{Ne}$ . Энергия ионов  $^{22}\text{Ne}$  равна 174 Мэв.

желыми ионами. При облучении  $^{232}\text{Th}$  ионами  $^{22}\text{Ne}$  с энергией 174 Мэв впервые были синтезированы ядра  $^{21}\text{N}$ ,  $^{23}\text{O}$ ,  $^{24}\text{O}$ ,  $^{25}\text{F}$ . Таким образом, общее число новых изотопов легких элементов, полученных с помощью тяжелых ионов, достигло одиннадцати:  $^{18}\text{C}$ ,  $^{20,21}\text{N}$ ,  $^{22,23,24}\text{O}$ ,  $^{23,24,25}\text{F}$ ,  $^{25,26}\text{Ne}$ .

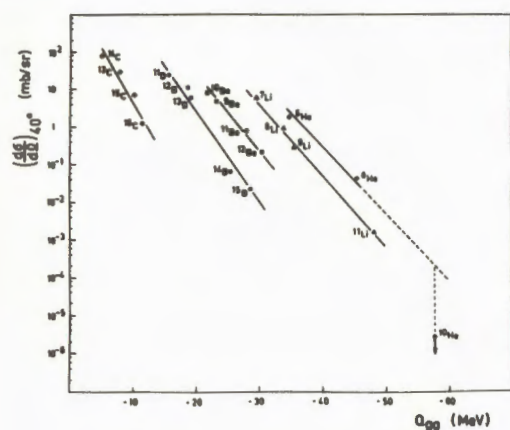
Были начаты эксперименты по изучению положения границы ядерной стабильности в этой области нуклидов. Необходимо отметить, что теоретические предсказания относительно стабильности ядер легких элементов достаточно неопределенны. Согласно модели оболочек (работы Немировского, Гарвея и Келсона) ядра  $^{10}\text{He}$ ,  $^{13}\text{Be}$ ,  $^{14}\text{Be}$  и т.д. должны быть уже нестабильны, в то время как в расчетах по методу К-гармоник (работы Бора и др.) допускается возможность существования легких ядер с большим избытком нейтронов.

В связи с этим были предприняты эксперименты по получению ядер  $^{10}\text{He}$ ,  $^{13}\text{Be}$ ,  $^{14}\text{Be}$ . Предварительно путем анализа сечений реакций многонуклонных передач была найдена систематика сечений, которая позволяет довольно надежно предска-

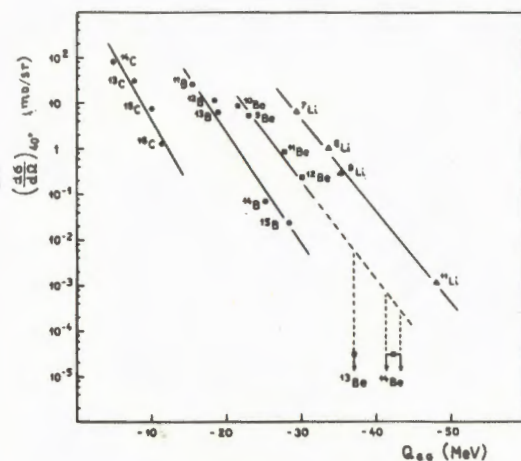


60. Дифференциальные сечения  $(d\sigma/d\Omega)_{\theta=40^\circ}$  для реакций с образованием изотопов бериллия, бора, углерода и азота в зависимости от  $Q_{c.m.}$ . Данные получены для реакции  $^{232}\text{Th} + ^{16}\text{O}$ . Энергия ионов  $^{16}\text{O}$  равна 137 Мэв.

вать сечения образования еще не найденных изотопов (рис. 60). Видно, что зависимость логарифма дифференциального сечения образования всех изотопов данного элемента от  $Q$  реакции линейная. Были получены также некоторые закономерности для энергетических спектров продуктов реакций, позволяющие подбирать величину магнитного поля сепаратора таким образом, чтобы регистрировать наиболее интенсивную часть энергетического спектра синтезируемого ядра. Результаты поисков  $^{10}\text{He}$ ,  $^{13}\text{Be}$  и  $^{14}\text{Be}$  представлены на рис. 61 и 62. Несмотря на довольно большую чувствительность аппаратуры, ни один из трех изотопов не был обнаружен. Этот факт можно рассматривать как указание на ядерную нестабильность  $^{10}\text{He}$ ,  $^{13}\text{Be}$  и  $^{14}\text{Be}$ . Этот результат согласуется с предсказаниями модели оболочек, однако



61. Дифференциальные сечения  $(d\sigma/d\Omega)_{\theta=40^\circ}$  для образования изотопов He, Li, Be, B и C в зависимости от  $Q_{\alpha\alpha}$ , полученные в реакции  $^{232}\text{Th} + ^{15}\text{N}$ , энергия ионов  $^{15}\text{N}$  равна 145 Мэв,  $Q_{\alpha\alpha}$  для  $^{10}\text{He}$  соответствует порогу ядерной стабильности ( $E_{2n} = 0$ ).



62. Дифференциальные сечения  $(d\sigma/d\Omega)_{\theta=40^\circ}$  для образования изотопов Li, Be, B и  $^{12}\text{C}$  в зависимости от  $Q_{\alpha\alpha}$ , полученные в реакции  $^{232}\text{Th} + ^{15}\text{N}$ .  $Q_{\alpha\alpha}$  для  $^{13}\text{Be}$  соответствует порогу ядерной стабильности ( $E_n = 0$ ). Для  $^{14}\text{Be}$  левая и правая стрелки указывают значения, соответствующие  $E_{2n} = 1,9\text{Мэв}$  и  $E_{2n} = 0$ .

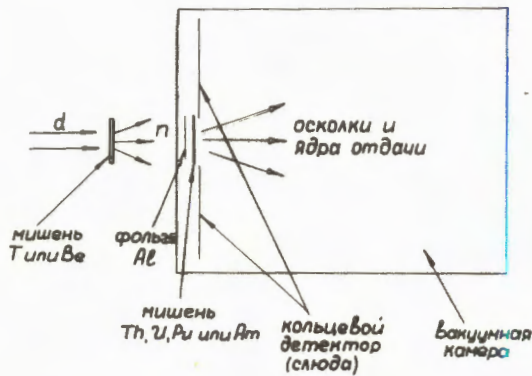
в случае  $^{11}\text{Li}$  существует противоречие, так как этот изотоп ядерно стабильный. Поэтому необходимы дальнейшие эксперименты по выяснению ядерной стабильности нейтроноизбыточных легких ядер, в частности ядер  $^{16}\text{B}$  и  $^{17}\text{B}$ .

## Изучение

спонтанно делящихся

изомеров

1. Поиск спонтанно делящихся изомеров велся в широкой области масс ядер (от редкоземельных элементов до  $Bk$ ). Эксперименты проводились с тяжелыми ионами (на циклотроне У-300),  $\alpha$ -частицами (на циклотроне У-200) и нейтронами (на электростатическом генераторе ЦИФИ, Будапешт). Использовалась методика времени пролета, которая позволяла измерять периоды полураспада до 0,5 мксек. В опытах было показано, что спонтанно делящиеся изомеры наблюдаются в ядрах тяжелее урана. Была также показана ошибочность полученных другими авторами результатов наблюдения спонтанно делящихся изомеров в ядрах  $Po-Rn$  и редкоземельных элементов. Измерены сечения образования и изомерные отношения для спонтанно делящихся изомеров урана, плутония, америция, берклия и кюрия в реакциях с тяжелыми ионами,  $\alpha$ -частицами и нейтронами.



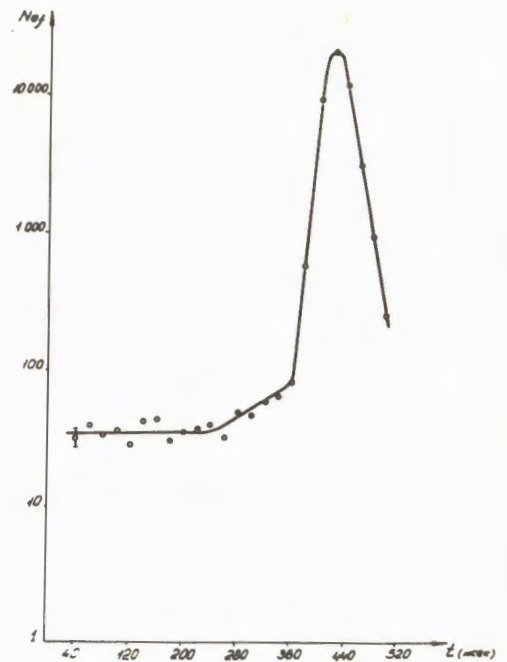
63. Схема установки для измерения периодов полураспада спонтанно делящихся изомеров методом времени пролета.

64. Спектр задержанных совпадений электронов конверсии с осколками деления от распада спонтанно делящегося изомера.

2. Энергии возбуждения спонтанно делящихся изомеров определены по разности порогов реакций, приводящих к основному и изомерному состояниям. Измерены пороги реакций

$^{242}\text{Pu}(\gamma, n) \ ^{241m}\text{Pu}$  (на микротроне ИФП АН СССР) и  $^{238}\text{U}(d, 2n) \ ^{240m}\text{Pu}$  (на циклотроне ИАЭ, Бухарест) и определены энергии возбуждения для спонтанно делящихся изомеров  $^{241m}\text{Pu}$  и  $^{240m}\text{Pu}$ , которые оказались равными  $\approx 3$  Мэв. Это примерно на 1 Мэв выше значений, полученных путем анализа подбарьерных резонансов на ядрах  $^{239}\text{Pu}$  и  $^{240}\text{Pu}$ .

3. Измерена функция возбуждения реакции образования спонтанно делящихся изомеров  $^{242m}\text{Am}$  и  $^{244m}\text{Am}$  при радиационном захвате нейтронов вплоть до энергии  $\approx 16$  Мэв. Обнаружена корреляция между процессами деления и образования спонтанно делящихся изомеров. опыты проводились на ЭГ-5 в ЛНФ.

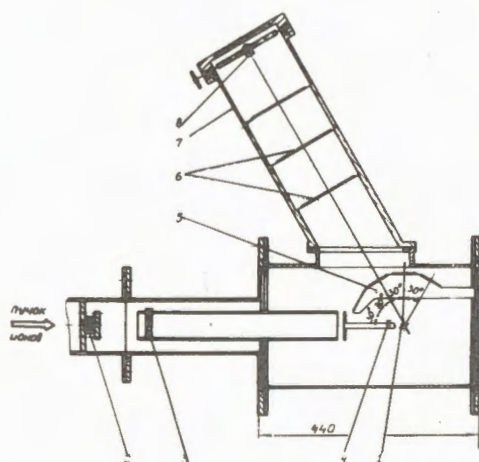


4. При радиационном захвате тепловых нейтронов получен спонтанно делящийся изомер

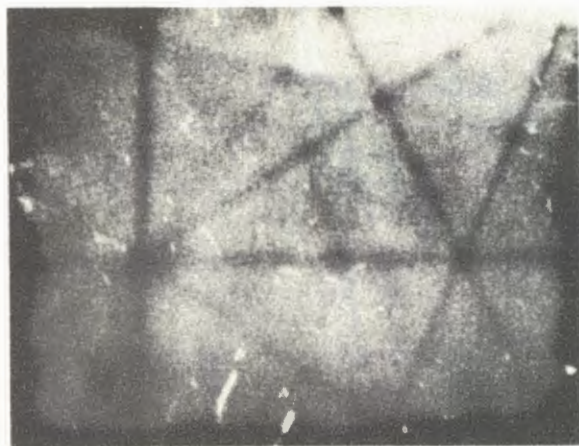
$^{236m}\text{U}$  с периодом полураспада  $\approx 70$  нсек. Использовалась методика задержанных совпадений электронов конверсии, испускаемых при заселении изомерного состояния, и осколков деления от распада изомера. Измерено сечение образования изомера, равное  $\approx 10^{-25}$  см<sup>2</sup>. Поиски ветвей  $\alpha$ - и  $\gamma$ -излучений с изомерного уровня дали отрицательный результат: число  $\alpha$ -частиц менее 0,25, а число электронов менее 10 на один осколок деления. Эти опыты проведены на нейтронном генераторе НГ-200 Лаборатории ядерных реакций.

#### Изучение механизма взаимодействия тяжелых ионов с ядрами

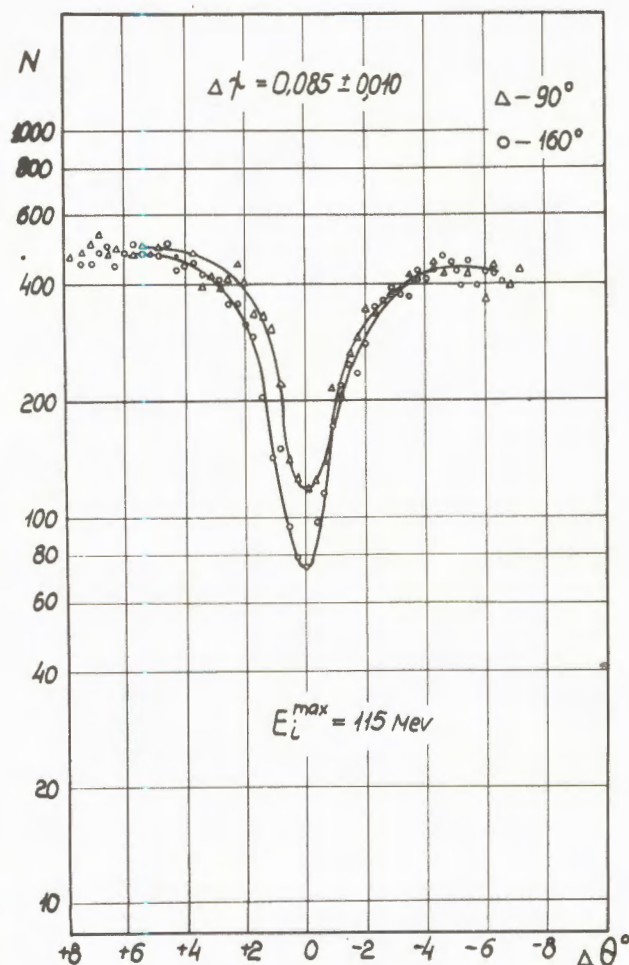
1. Время жизни возбужденного составного ядра измерялось в опытах с использованием эффекта теней в угловых распределениях заряженных продуктов реакции при облучении кристалличе-



65. Схема экспериментальной установки для измерения времени жизни возбужденных составных ядер с использованием эффекта теней в угловых распределениях: 1 - устройство для ориентации монокристаллической мишени, 2 - тормозящие фольги, 3-4 - диафрагмы, 5-6 - диэлектрические детекторы.



66. Изображение картины теней на стекле при высокой плотности треков осколков деления. Осевая тень соответствует кристаллографической оси  $\langle 111 \rangle$  монокристалла вольфрама.



67. Сравнение глубины теней при  $\theta_L = 90^\circ$  и  $\theta_L = 160^\circ$ , полученных в опыте при энергии ионов  $^{22}\text{Ne}$   $E_L^{\text{max}} = 115$  Мэв.

ского вольфрама ионами  $^{22}\text{Ne}$ ,  $^{16}\text{O}$ ,  $^{12}\text{C}$ . Схема экспериментальной установки дана на рис. 65. Угловое разрешение для регистрации осколков деления не хуже  $0,4^\circ$ , что достигается за счёт малых размеров пучка ионов ( $\approx 1$  мм) и значительного расстояния от мишени до детектора ( $> 100$  мм). Картина теней в угловом распределении осколков видна визуально на поверхности детектора после его травления (рис. 66).

Таблица 2

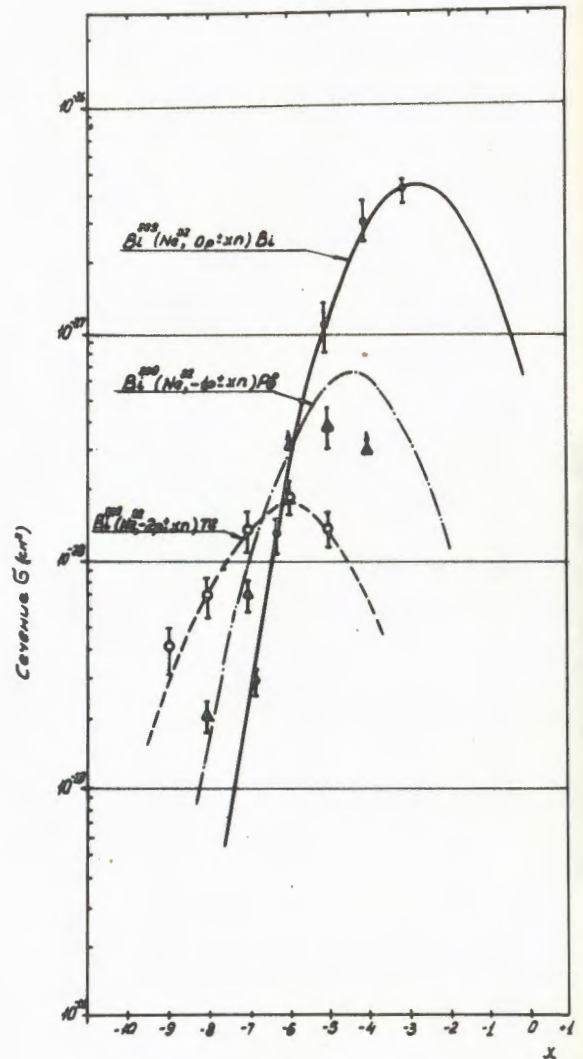
Реакция	$E_i$ МэВ	$E_c^*$ МэВ	$T_{1/2}$ сек
$W(^{22}\text{Ne}, f)$	174	116	$2,5 \cdot 10^{-18}$
	115	63	$4,0 \cdot 10^{-18}$
$W(^{16}\text{O}, f)$	137	99	$< 1,9 \cdot 10^{-18}$
	97	62	$5,81 \cdot 10^{-18}$
$W(^{12}\text{C}, f)$	80	62	$6,1 \cdot 10^{-18}$

Глубина тени зависит от полярного угла  $\theta$  между кристаллографической осью и направлением движения бомбардирующих частиц (рис. 67), что позволяет определять время жизни составного ядра. Значения времени жизни для реакций  $W(^{22}\text{Ne}, f)$ ,  $W(^{16}\text{O}, f)$  и  $W(^{12}\text{C}, f)$  при различных энергиях приведены в табл. 2, где  $E_i$  — энергия бомбардирующего иона, а  $E_c^*$  — энергия возбуждения составного ядра.

Использовался монокристалл, представляющий собой естественную смесь изотопов. Делалось упрощающее предположение, что для каждой реакции составное ядро характеризуется одним параметром распада —  $T_{1/2}$ . Для устранения этого предположения будут проводиться опыты с моноизотопными кристаллами.

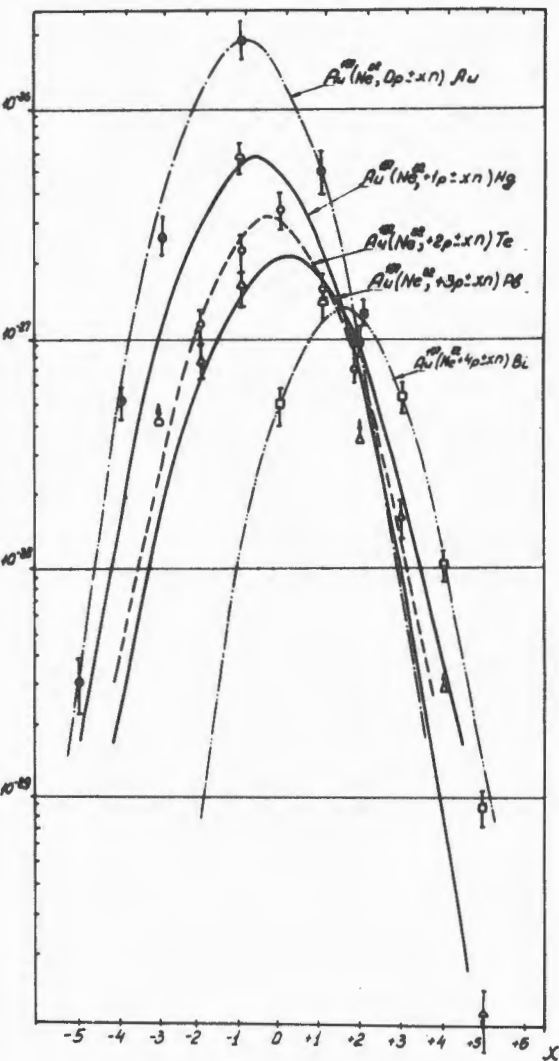
2. Закономерности образования изотопов в реакциях многонуклонных передач под действием тяжелых ионов  $^{12}\text{C}$ ,  $^{16}\text{O}$ ,  $^{22}\text{Ne}$  и  $^{40}\text{Ar}$  на ядрах мишеней  $^{197}\text{Au}$ ,  $^{208}\text{Pb}$ ,  $^{209}\text{Bi}$  изучались в широком диапазоне энергий налетающих ионов. Измерены сечения об-

разования различных изотопов:  $\text{Au}$ ,  $\text{Hg}$ ,  $\text{Tl}$ ,  $\text{Pb}$ ,  $\text{Bi}$ , а также зависимости выхода этих изотопов от энергии для различных комбинаций мишень-частица. Проведен анализ полученных данных с точки зрения возможности использования реакций многонуклонных передач для синтеза изотопов, лежащих вдали от линии  $\beta$ -стабильности.

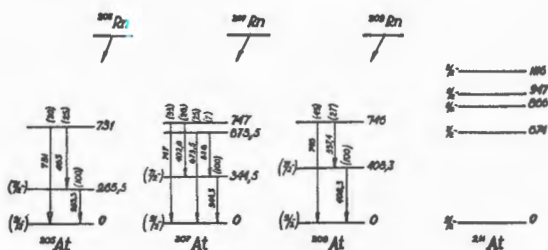


Работы  
по ядерной спектроскопии  
в реакциях  
с тяжелыми ионами

1. Исследование структуры ядер с  $Z \geq 82$  проводилось с помощью  $\beta$ -спектрометра и  $Ge(Li)$ -детектора, установленных на пучке тяжелых ионов У-300. Построена схема, позволяющая изучать  $\gamma\gamma$ - и  $e\gamma$ -совпадения. В ядрах  $^{194,196,198}Pb$  и  $^{205,207,209}At$  найдены низколежащие уровни. Плавное



68. Изотопные распределения, полученные в реакции многонуклонных передач при облучении  $^{209}Bi$  (левый рисунок) и  $^{197}Au$  (правый рисунок) ионами  $^{22}Ne$ .



69. Схема низколежащих уровней  $^{203, 207, 209}At$ .



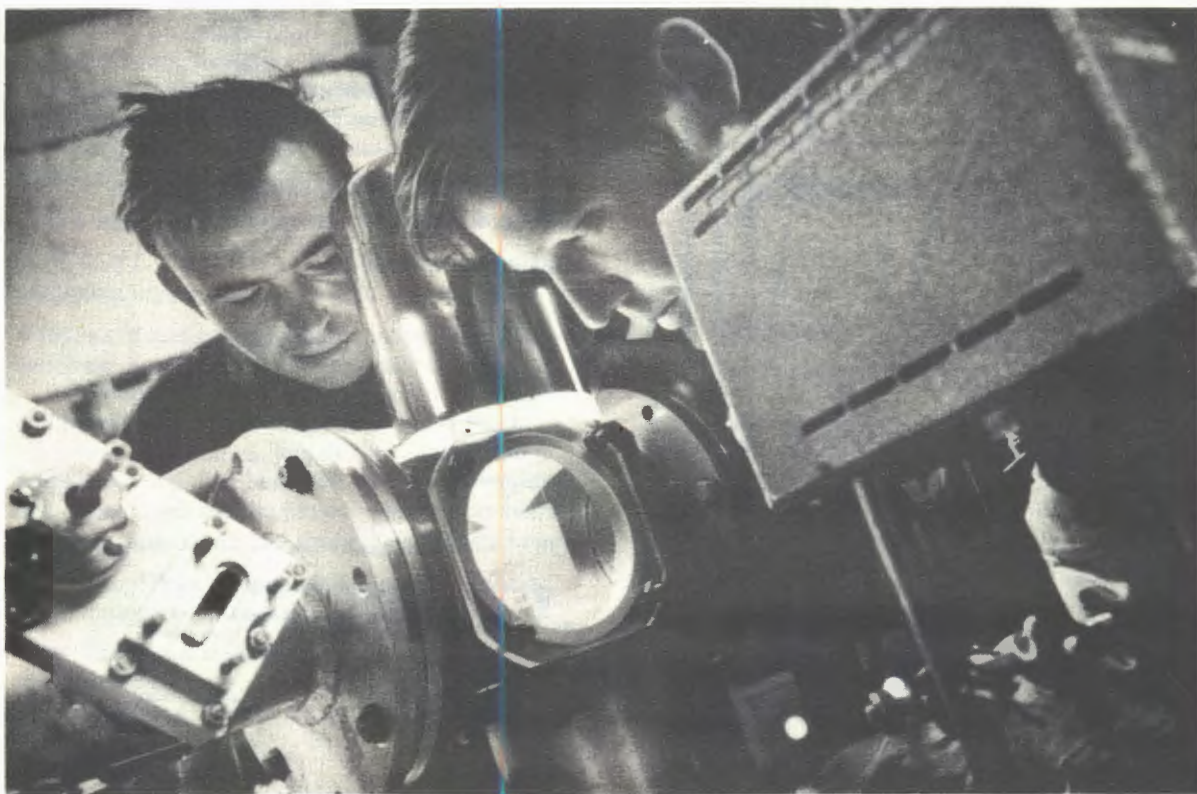
70. Схема низколежащих уровней  $^{194, 196}Pb$ .

изменение энергии состояний в изотопах  $Pb$  указывает на возможность существования изомерных состояний. Проводилось исследование структуры ядер в области  $50 < Z < 82$  и  $50 < N < 82$  с целью получения информации о ядрах, характеризующихся согласно теоретическим предсказаниям, отрицательной деформацией.

2. Подготовлена методика для исследования наносекундных изомеров, образующихся в реакциях с тяжелыми ионами. Были получены временные характеристики выведенных пучков тяжелых ионов. Оказалось, что созданная экспериментальная методика позволяет проводить измерения времен жизни в диапазоне  $20 \text{ нсек} \leq T_{1/2} \leq 300 \text{ нсек}$  и  $T_{1/2} > 20 \text{ мсек}$ . В реакциях  $^{195}Pt(^{12}C, 5n)^{202}Po$

и  $^{194}Pt(^{12}C, 4n)^{202}Po$  получен новый двухквартильный изомер  $^{202}Po$  со спином  $8^+ (\hbar_{9/2})^2$  и  $T_{1/2} = 165 \pm 20 \text{ нсек}$ . В реакциях  $^{197}Au(^{12}C, 4n)^{205}At$  и  $^{193}Ir(^{18}O, 6n)^{205}At$  обнаружен новый изомер с  $T_{1/2} = 90 \pm 20 \text{ нсек}$ , который с большой вероятностью может быть отнесен к трехчастичному.

Исследовано  $\gamma$ -излучение  $^{146,147}Eu$  в реакциях  $^{139}La(^{12}C, 4n)^{147}Eu$ ,  $^{139}La(^{12}C, 5n)^{146}Eu$ . Изучен распад изомера  $^{146m}Eu$  с  $T_{1/2} = 240 \text{ мсек}$ .



71. Установка со сцинтилляционным детектором для юстировки пучка тяжелых ионов на циклотроне У-300. На снимке: ведется настройка телевизионного тракта.



3. На основании данных о  $\gamma\gamma$ -корреляциях, измеренных на установках с  $Ge(Li) - NaI(Tl)$  и  $Ge(Li) - Ge(Li)$  детекторами, и измерения конверсионных электронов получены сведения о спинах возбужденных состояний  $^{83}Sr \rightarrow ^{83}Pb$ , построены схемы распада  $^{181}Os$  и  $^{183}Os$ . Проведено исследование спектров конверсионных электронов и позитронов,  $\gamma$ -лучей,  $\gamma\gamma$ -корреляций и  $\beta^+\beta^-\gamma$ -совпадений в распаде  $^{176}Ta \rightarrow ^{176}Hf$ , что позволило установить схему уровней  $^{176}Hf$  и сравнить ее с теоретическими расчётами по сверхтекучей модели ядра.

Проведено изучение  $EC$ -распада  $^{202-206}Po$ , что позволило уточнить схему уровней этих изотопов.

Для ряда состояний определены спины и измерены времена жизни:

$^{176}Hf$ . Время жизни состояния 124,7 кэВ  
 $T_{1/2} = (4,43 \pm 0,11)$  нсек.

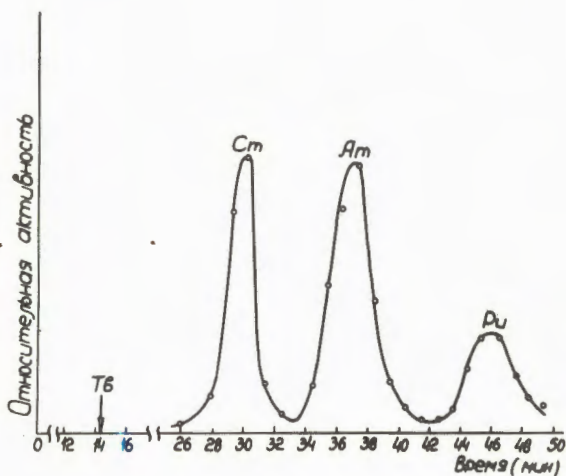
$^{181}Re$ . Время жизни состояния 356 кэВ  
 $(\frac{5}{2}, \frac{1}{2} (541))$   
 $T_{1/2} = (96 \pm 4)$  нсек.

В  $^{204}Po$  и  $^{206}Po$  найдены долгоживущие состояния с  $T_{1/2} = 143$  нсек для  $^{204}Po$  и  $T_{1/2} = 212$  нсек для  $^{206}Po$ . Эти состояния идентифицируются как уровни со спином  $8^+$ .

Получена систематика измеренных времен жизни первых  $2^+$  состояний изотопов  $^{182-192}Os$ , определены квадрупольные моменты этих ядер и проведено сравнение с теоретическими расчётами Кумара и Баранжера.

### Химические исследования

1. С помощью газоадсорбционной хроматографии с хлористым алюминием в качестве комплексообразующей компоненты носителя при температу-



72. Газохроматографическое разделение трансураниевых элементов.

ре  $\leq 250^\circ$  осуществлено разделение 15 элементов, образующих только нелетучие хлориды (температура кипения  $500-2100^\circ$ ). Впервые проведена газовая хроматография неорганических соединений щелочноземельных элементов, переходных металлов и актинидных элементов и доказано существование летучих комплексов с хлористым алюминием. На сравнительно короткой колонке получено чёткое разделение пары элементов америций-кюри.

Выполненные исследования показали, что используемый в работе принцип может быть применен для разделения большинства элементов Периодической системы Менделеева.

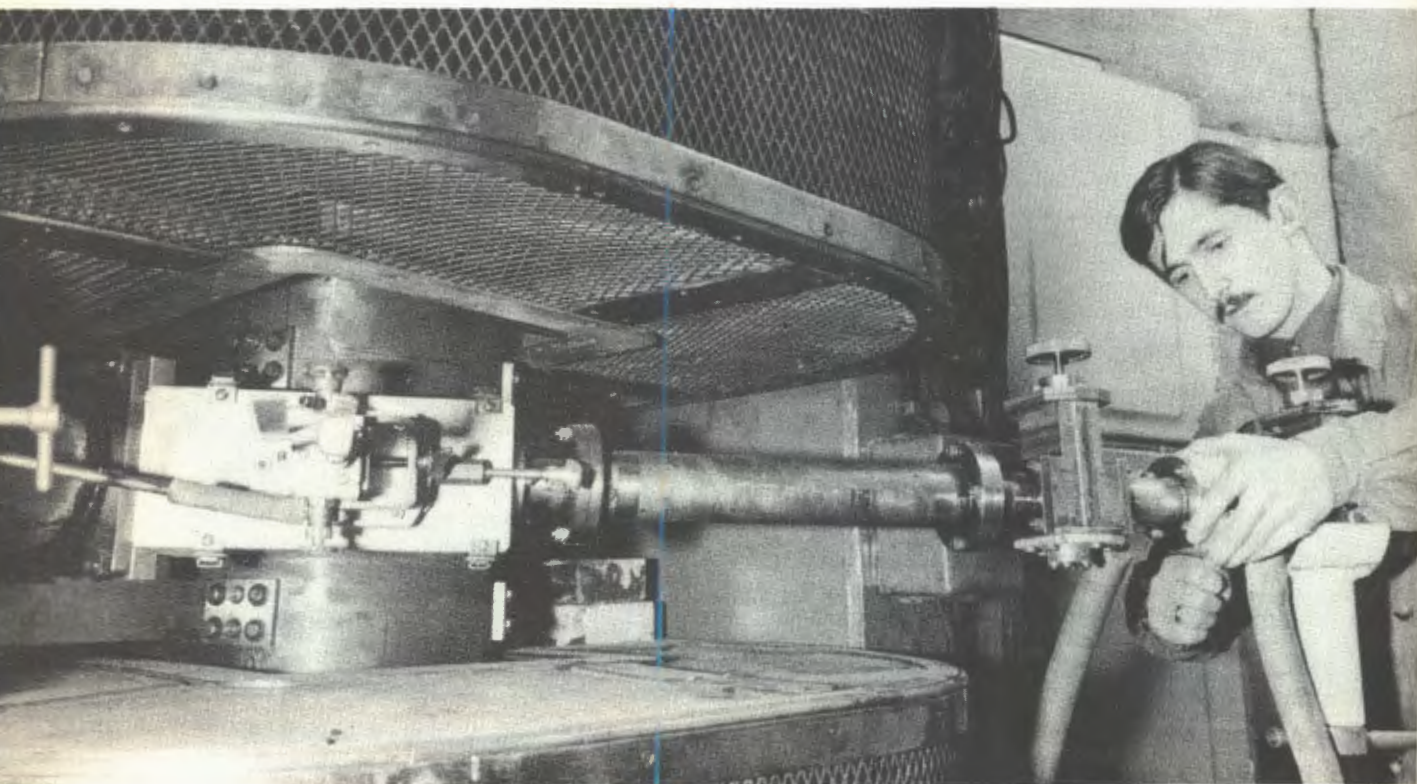
2. Проведено разделение элементов от  $Th$  до  $Cf$  распределительной бумажной хроматографией с использованием в качестве неподвижной фазы тетрабутилгипофосфорной кислоты. Осуществлено разделение всех элементов, а также различных валентных состояний  $Np$  и  $Pu$ . Изучено комплексообразование актинидных элементов в  $HNO_3$  и  $HClO_4$  и предложена новая методика изучения этих процессов в растворах.

## Экспериментальная аппаратура

### Электромагнитный масс-сепаратор на пучке тяжелых ионов (ЭМСНАПТИ)

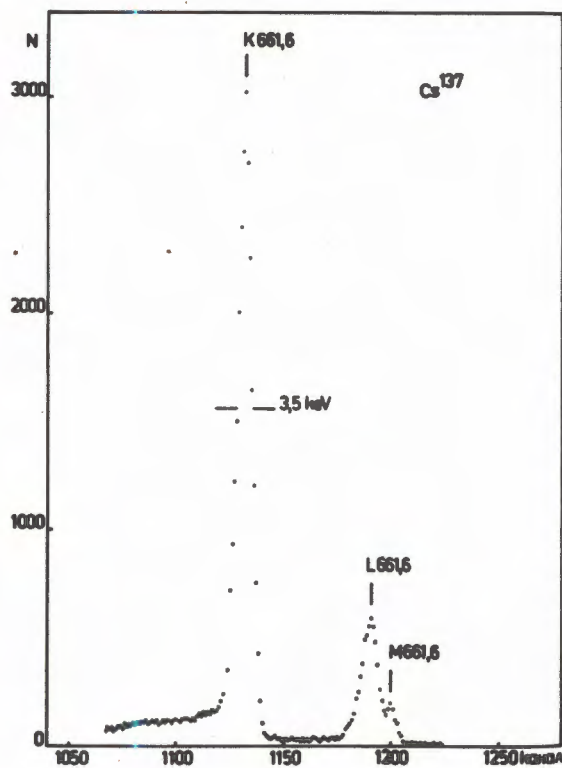
Проведена модификация ЭМСНАПТИ для экспериментов по исследованию  $\beta$ - и  $\gamma$ -распада нейтронообогащенных изотопов легких ядер. Подготовлен и введен в действие второй каскад ЭМСНАПТИ, что

позволило снизить радиоактивный фон примерно в 500 раз. Усовершенствован ионный источник, в результате его эффективность по отношению к трудноионизируемым элементам (гелий, неон) повысилась примерно в 25 раз. После модификации на ЭМСНАПТИ были проведены эксперименты по изучению радиоактивных свойств нейтронообогащенных изотопов легких элементов, образующихся в реакциях многонуклонных передач. Наблюдались неисследованные изотопы  $^{25,26}\text{Ne}$ , возникающие при облучении  $^{181}\text{Ta}$  и  $^{232}\text{Th}$  ионами  $^{22}\text{Ne}$  в результате подхвата трех и четырех нейтронов. Для  $^{25}\text{Ne}$  определены граничная энергия спектра  $\beta$ -частиц и период полураспада  $E_{\beta_{\max}} = 7\text{Мэв}$ ,  $T_{1/2} = 642 \pm 14$  мсек.

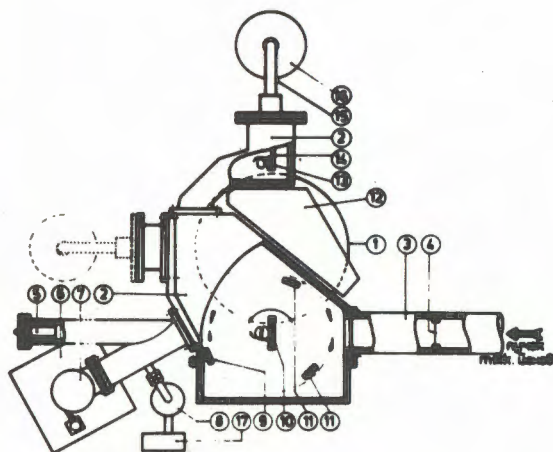


### β-спектрометр на пучке тяжелых ионов

Был введен в действие трохондальный β-спектрометр с полупроводниковым Si(Li)-детектором электронов. Магнитоведущее устройство транспортирует электроны по дуге 180° на расстоянии 40 см от источника. Эта система источник-детектор позволяет создать эффективную защиту детектора от всех фоновых излучений. Прибор имеет следующие характеристики: а) разрешение 3,5 кэВ для  $E_{эл} > 150$  кэВ; б) эффективность 2% для энергий электронов в диапазоне от 50 до 650 кэВ (для плоских источников); в) низкий фон; г) многоканальность. Этот прибор может быть очень удобным и полезным для исследования распада короткоживущих продуктов, образующихся в реакциях с тяжелыми ионами. На рис. 74 показана схема, а на рис. 75 - спектр электронов внутренней конверсии  $^{137}\text{Cs}$ .



75. Спектр электронов внутренней конверсии  $^{137}\text{Cs}$ , полученный с помощью β-спектрометра.



74. Схема трохондального полупроводникового β-спектрометра на пучке тяжелых ионов.

### Электронная аппаратура

1. Разработано и изготовлено два комплекта регистрирующей аппаратуры для поиска изотопов сверхтяжелых элементов в природных минералах с помощью нейтронного детектора. Создан и пущен в эксплуатацию 8-канальный  $\alpha$ -спектрометр с системой стабилизации усилительно-преобразовательных трактов - МАРС-12.

2. Закончена разработка основных унифицированных спектрометрических блоков для лабораторий института.

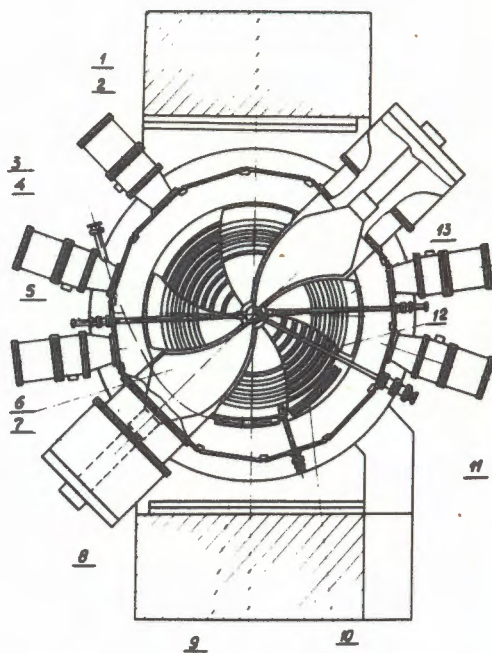
3. В измерительном центре завершены работы по централизованному выводу информации, разработаны и изготовлены 2 стойки 1024-канальных амплитудных кодировщиков и стойка для двумерного амплитудного анализа.

4. Изготовлен комплект аппаратуры для автоматического измерения магнитных полей ускорителя с регистрацией на перфораторе и электронно-вычислительной машине ТРА. Начаты эксперименты на линии с ЭВМ. В настоящее время ТРА имеет устройство сопряжения с 1024-канальным амплитудным кодировщиком и  $\alpha$ -спектрометром МАРС-12.

## Работа и усовершенствование ускорителей тяжелых ионов

Основные физические эксперименты Лаборатории ядерных реакций велись на ускорителе У-300, время работы которого на физические и химические исследования составило около 7000 часов. Максимальные интенсивности тяжелых ионов на выведенном пучке  $^{11}\text{B}^{+2}$ ,  $^{12}\text{C}^{+2}$  -

50 мка,  $^{15}\text{N}^{+3}$ ,  $^{16}\text{O}^{+3}$  - 20 мка,  $^{22}\text{Ne}^{+4}$  - 50 мка,  $^{31}\text{P}^{+5}$  - 15 мка,  $^{32}\text{S}^{+6}$  - 6 мка,  $^{40}\text{Ar}^{+4}$  - 3 мка. Продолжались работы по ускорению многозарядных ионов цинка. Максимальная интенсивность выведенного пучка  $\text{Zn}^{+10}$  составляла  $\approx 1,5 \cdot 10^9$  частиц/сек.



76. Схема ускорителя У-400 в плане: 1 - стойка электромагнита, 2 - обмотка возбуждения, 3 - вакуумная камера, 4 - высоковакуумный насос, 5 - шлюзуемый пробник, 6 - дуант, 7 - резонатор, 8 - дополнительное железо ярма, 9 - магнитный канал, 10 - электростатический дефлектор, 11 - ионный источник, 12 - концентрическая обмотка, 13 - секторная шимма.

**Реконструкция  
циклотрона У-300 в У-400**

На основании результатов, полученных при исследовании работы У-200, спроектирован четырехметровый изохронный циклотрон У-400. В настоящее время ведется изготовление различных узлов У-400, сооружаемого на основе классического циклотрона У-300.

Циклотрон У-400 позволит получать интенсивные пучки ускоренных тяжелых ионов с отношением массы  $A$  к заряду  $Z$   $\frac{A}{Z}=3,5-25$  протонных единиц и плавно регулируемой энергией в диапазоне

$E = 400 + 625 \frac{Z^2}{A}$  (Мэв). Интенсивность и максимальная энергия различных тяжелых ионов, которые будут ускорены на У-400, приведены в таблице.

Таблица 3

Тип ускоряемых ионов		Энергия (Мэв/нукл)	Интенсивн. внутр. пучка (част/сек)
массовое число	заряд		
20	2+	6,2	$9 \cdot 10^{14}$
20	3+	14,1	$4 \cdot 10^{14}$
22	3+	11,8	$4 \cdot 10^{14}$
40	5+	9,8	$6 \cdot 10^{13}$
64	7+	7,5	$2,5 \cdot 10^{13}$
84	8+	5,7	$1,8 \cdot 10^{13}$
84	9+	7,2	$1,3 \cdot 10^{12}$
132	12+	5,2	$5 \cdot 10^{11}$
132	13+	6,1	$10^{11}$

## ЛАБОРАТОРИЯ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ

В 1970 году завершена модернизация основных установок Лаборатории нейтронной физики. На новом реакторе ИБР-30 достигнута мощность 25 квт (в 10 раз больше рабочей мощности прежнего реактора ИБР). Осуществлен запуск инжектора к ИБРу-30 - линейного ускорителя электронов на 30 Мэв - и начата эксплуатация системы ИБР+инжектор. Проведена значительная работа по дальнейшему совершенствованию и развитию измерительно-вычислительного центра лаборатории. Продолжались систематические исследования на нейтронных пучках, в области ядерной физики и физики твердого тела получены новые результаты. На электростатических ускорителях выполнен цикл исследований ядерных реакций под действием протонов, дейтронов и тритонов.

Лаборатория получила новые производственные площади: новый экспериментальный зал реактора, дополнительные помещения механической мастерской и лабораторного корпуса.

Продолжались работы по проектированию мощного импульсного реактора ИБР-2.

## Научные исследования

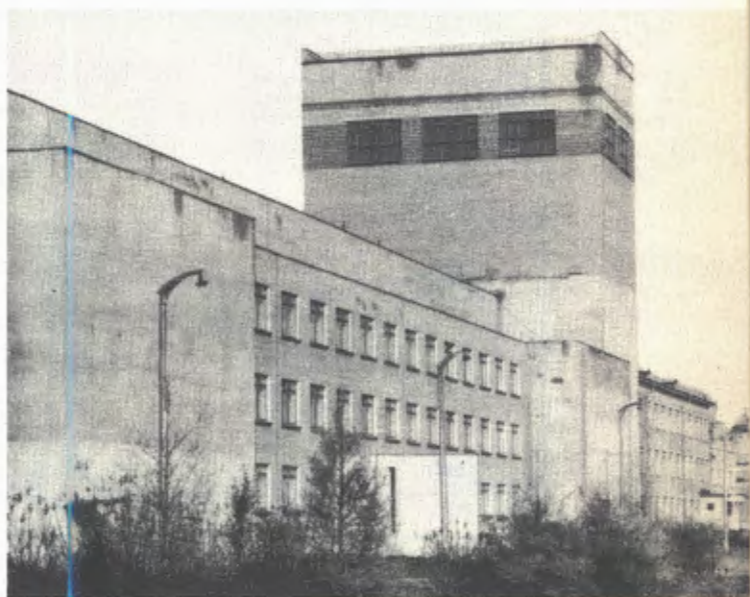
### Ультрахолодные нейтроны

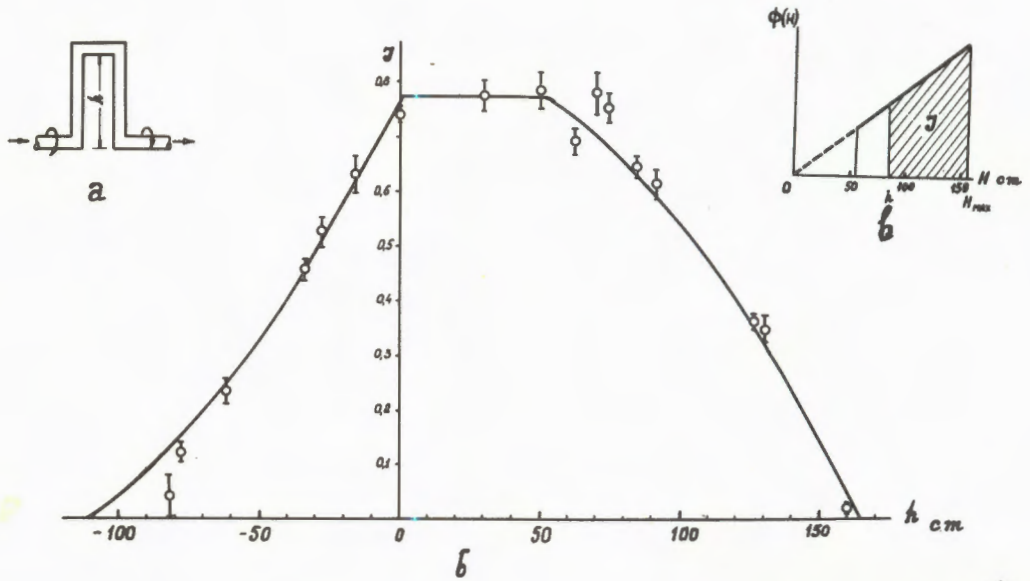
Продолжалось систематическое изучение свойств ультрахолодных нейтронов (УХН) на пучках стационарного реактора ИРТ-М (совместная работа с Институтом атомной энергии им. И.В. Курчатова). Выполнены измерения интегрального энергетического спектра УХН (рис. 79), основанные на принципе селекции нейтронов по высоте подъема в поле тяжести Земли. Как видно из рисунка, измеренный спектр оказался в согласии с теоретически ожидаемым. Поставлены эксперимен-



77. На торжественном собрании, посвященном 10-летию Лаборатории нейтронной физики.

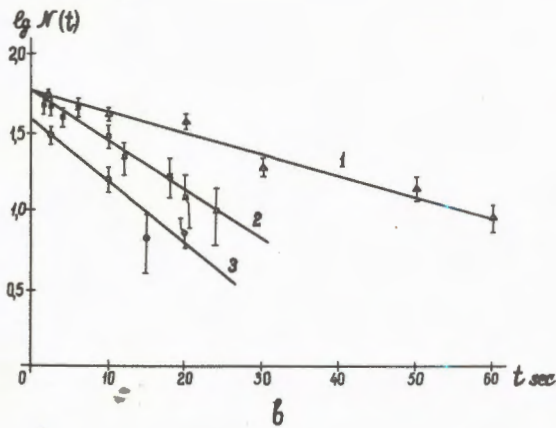
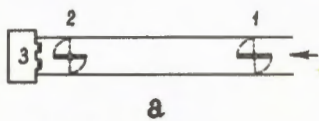
78. Введена в эксплуатацию пристройка к лабораторному корпусу ЛНФ. Здесь располагаются измерительный центр лаборатории, ЭВМ, физические лаборатории. На снимке: общий вид лабораторного корпуса.





79. Интегральный спектр ультрахолодных нейтронов как функция высоты подъема в поле тяжести Земли.

- а) Поворотное колено в медной трубе, служащее для измерения спектра. Высота подъема изменяется вращением колена вокруг оси пучка.
- б) Пропускание УХН через поворотное колено.
- в) Теоретически ожидаемый дифференциальный спектр УХН.



80. Результаты прямых экспериментов по измерению времени хранения УХН.

- а. Замкнутый объем с заслонками;
- б. Число нейтронов, остающихся в сосуде в зависимости от времени хранения:
  - 1) химически полированная медь,  $T = 33$  сек;
  - 2) необработанная медь,  $T = 14$  сек;
  - 3) пирографит,  $T = 11$  сек.



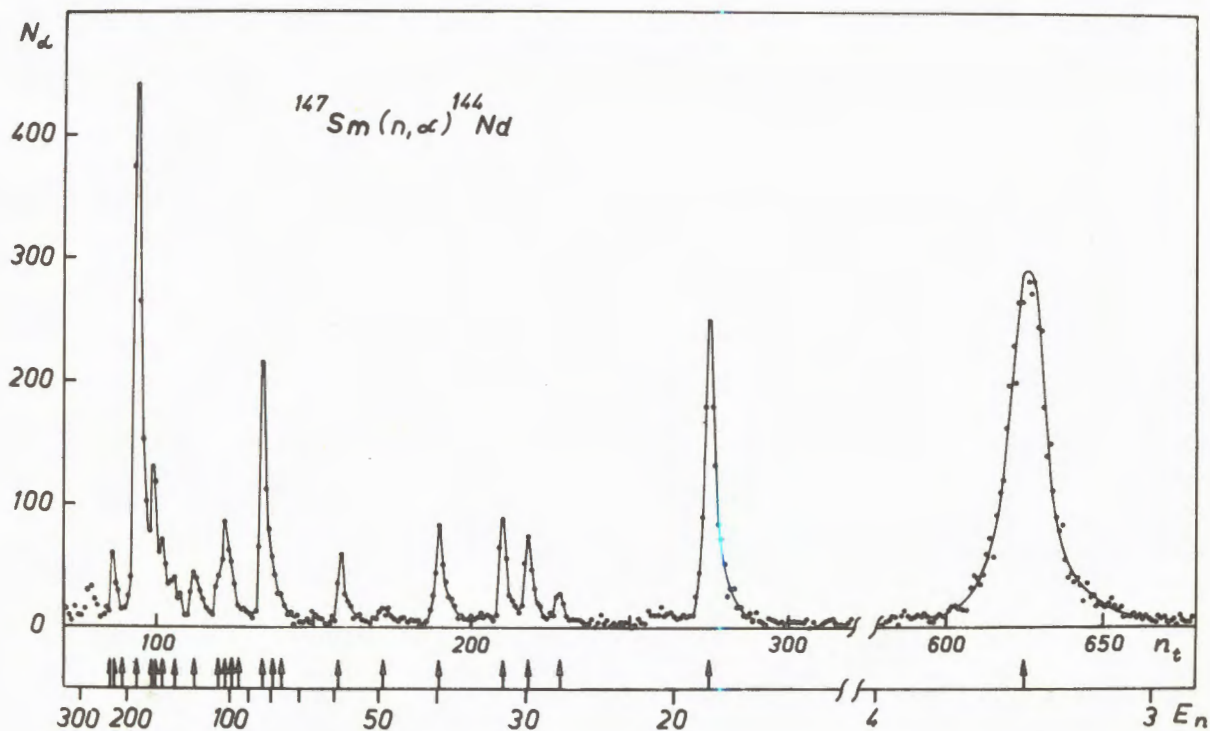
ты по проверке выводов элементарной теории диффузии относительно закономерностей распространения УХН в трубах. Проведены прямые эксперименты по хранению УХН в замкнутом объеме. Достиженные экспериментально времена хранения УХН оказались существенно ниже теоретически ожидаемых для идеальной зеркальной поверхности, и вопрос о причинах расхождения остается открытым для дальнейшего исследования.

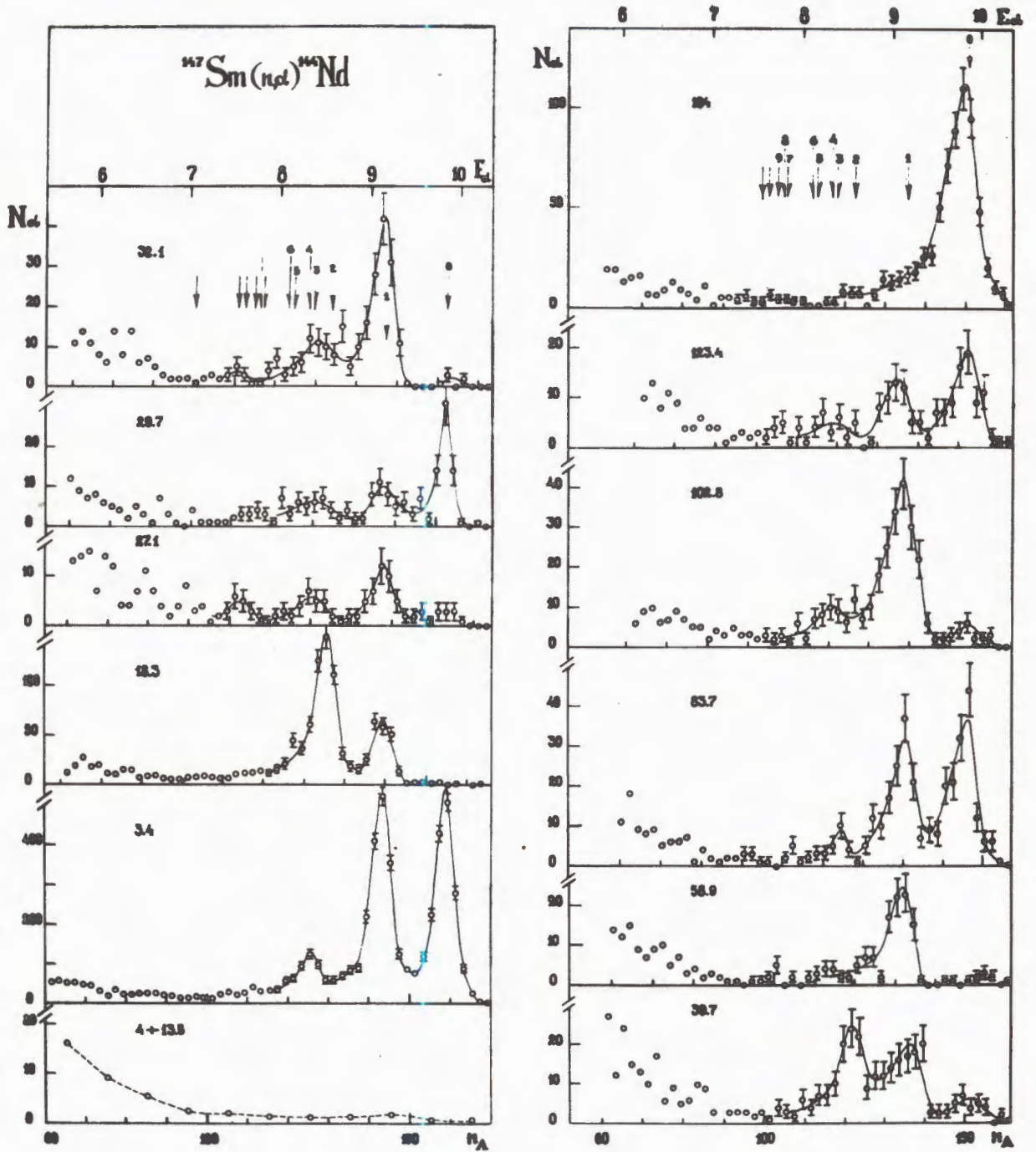
**$\alpha$ -распад  
резонансных состояний  
ядер**

В 1970 году основное внимание уделялось исследованию энергетических спектров  $\alpha$ -частиц. Запуск системы ИБР-30+инжектор и улучшение методики измерения спектров позволили осуществить изме-

рения для 11 резонансов изотопной мишени  $^{147}\text{Sm}$  и двух резонансов  $^{145}\text{Nd}$ . Наблюдались парциальные  $\alpha$ -переходы в основное и некоторые возбужденные состояния дочерних ядер. Проведенный анализ двух десятков впервые измеренных парциальных ширин показал, что средние парциальные приведенные  $\alpha$ -ширины больше для переходов в первое возбужденное, нежели в основное состояние дочернего ядра. В то же время обнаружена аномально большая ширина перехода в основное состояние для резонанса 184 эв в  $^{147}\text{Sm}$ , где практически весь распад идет в основное состояние.

81. Счет  $\alpha$ -частиц из нейтронных резонансов изотопной мишени  $^{147}\text{Sm}$ . По оси абсцисс отложено время пролета нейтронов, стрелками указано положение нейтронных резонансов.





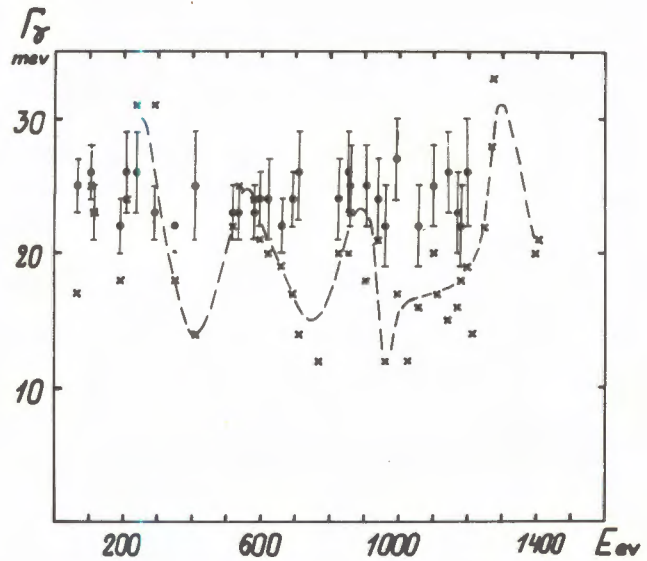
82. Энергетические спектры  $\alpha$ -частиц в различных резонансах  $^{147}\text{Sm}$ . Значения резонансных энергий в электрон-вольтах указаны на свободном поле каждого рисунка.

Нейтронная  
спектроскопия  
неделящихся ядер

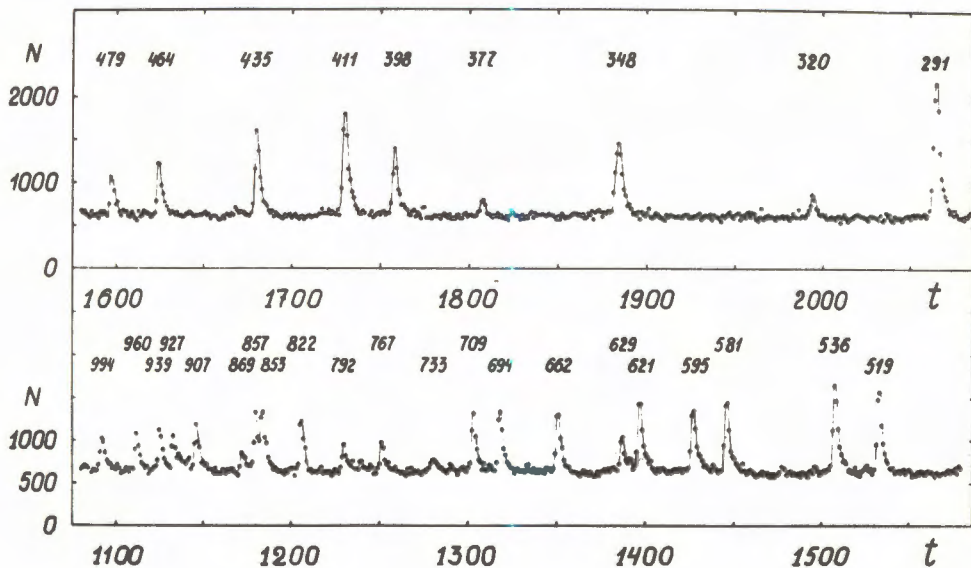
1. Измерения пропускания и радиационного захвата нейтронов в  $U-238$  выполнены в области энергий до 1200 эв. Целью их являлась проверка неожиданных данных для полных  $\Gamma_\gamma$ , полученных в США при подземном ядерном взрыве. Результаты показаны на рис. 84, откуда видно, что американские данные ошибочны. Полные радиационные ширины резонансов  $^{238}U$  постоянны в пределах ошибки измерения, и среднее значение  $\Gamma_\gamma = 24$  мэв.

2. Температурная зависимость (доплер-эффект) полных сечений взаимодействия нейтронов с ядрами в области неразрешенных резонансов исследовалась

83. Резонансы в радиационном захвате нейтронов ураном-238 (аппаратурный спектр).



84. Радиационные ширины резонансов урана-238. Крестиками нанесены данные американской группы, кружками - результаты ЛНФ.

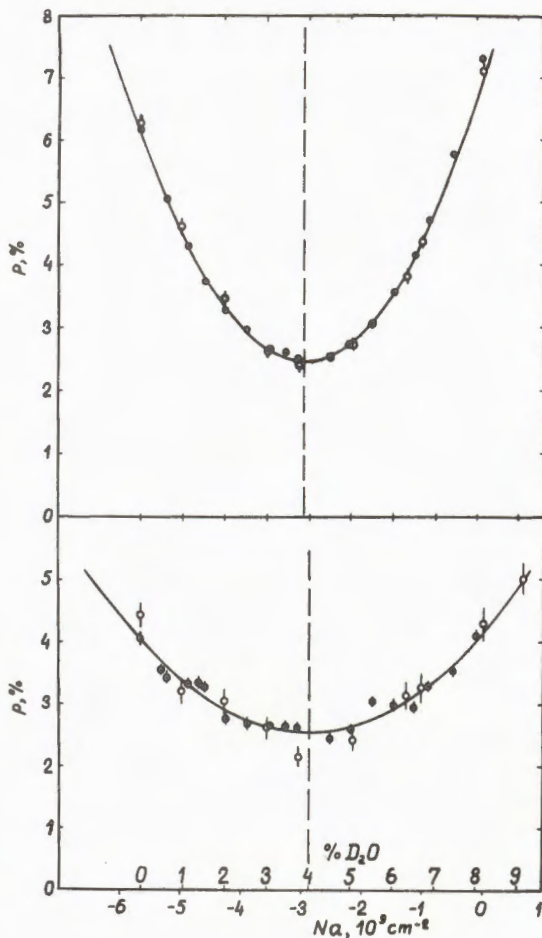


в совместной работе ОИЯИ, ФЭИ (Обнинск) и ЦИЯИ (Россендорф). Эксперименты поставлены в связи с той важной ролью, которую играет доплеровский коэффициент реактивности в обеспечении безопасности энергетических реакторов на быстрых нейтронах. Пропускание нейтронов с энергией до 100 кэВ измерено на образцах  $^{238}\text{U}$  для температур  $-196^\circ$ ,  $+20^\circ$ ,  $+800^\circ\text{C}$ . Результаты сравнены с теоретическими расчётами доплер-эффекта. Получены также усредненные параметры взаимодействия  $s$ -нейтронов с ураном (силовая функция, радиус потенциального рассеяния).

#### ne-взаимодействие

1. В развиваемом в ЛНФ методе изучения  $ne$ -взаимодействия посредством дифракции нейтронов на  $^{186}\text{W}$  измеряется отношение  $a_{ne}/a$  яд. Чтобы получить  $a_{ne}$ , необходимо точно знать  $a$  или когерентную амплитуду  $a = a_{\text{яд.}} + Zfa_{ne}$  (для вольфрама заряд  $Z=74$ , формфактор  $f$  - известная величина, равная  $\approx 1$ ). Измерения  $a$  выполнены в совместной работе с Garching Reactor Station (ФРГ, Мюнхен). Использовался метод фильтров Кристиансена, в котором амплитуда  $a$  определяется из условия равенства показателей преломления исследуемого порошка и эталонной жидкости (при достижении этого равенства почти исчезает рассеяние нейтронов на малые углы). Результат:  $a = -0,466 \pm 0,006$  ферми (для нейтронов с  $\lambda = 15 \text{ \AA}$  и использованной изотопной смеси вольфрама, содержащей 90,7%  $^{186}\text{W}$ ).

2. Выполнен эксперимент и проведены расчёты по определению коэффициента  $B$  в факторе Дебая-Валлера  $e^{-2B \sin^2 \theta / \lambda^2}$ . Расчёты, основанные на данных о теплоемкости и фоновом спектре, дали значение  $B = -0,16 \text{ \AA}^{-2}$ .



85. Относительная интенсивность рассеяния на малые углы нейтронов, прошедших через фильтр Кристиансена, в зависимости от концентрации тяжелой воды.

#### $\gamma$ -спектроскопия

##### с высоким разрешением

В совместной работе с радиохимическим отделом Лаборатории ядерных проблем исследовался радиоактивный распад ядер, получаемых на синхроциклотроне. Изучены схемы распада для  $^{86}\text{Y}$ ,  $^{132}\text{La}$ ,  $^{146}\text{Eu}$ ,  $^{151}\text{Tb}$ ,  $^{182}\text{Re}$ .

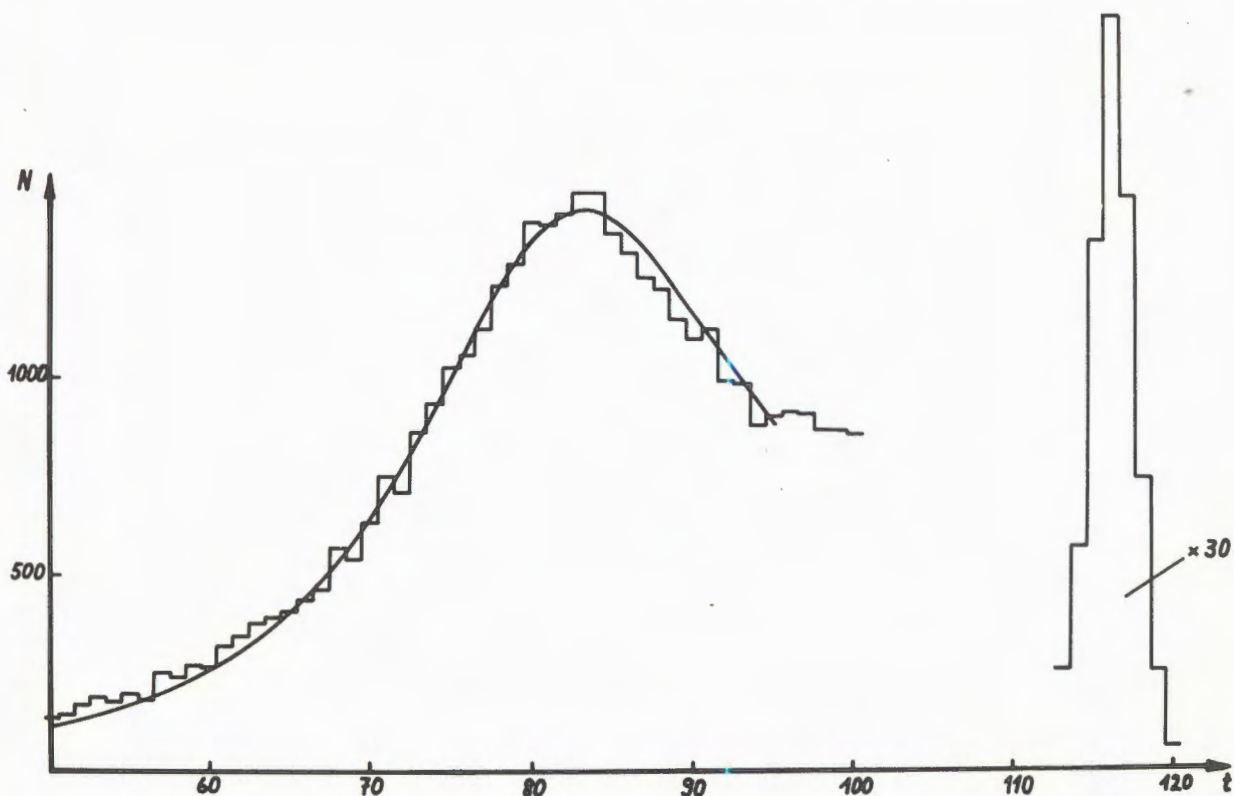
### Теоретические исследования

1. Разработан метод построения оптического потенциала для сложных частиц (например,  ${}^3\text{He}$ ,  $\alpha$ -частица) из известных нуклонных оптических потенциалов.

2. Некоторым особенностям переходного излучения посвящена работа, в которой рассматривается случай движения частиц под углом к поверхности раздела вакуум - среда. Результаты получены в виде аналитических формул, удобных для анализа и сравнения с экспериментом.

### Ядерные реакции на электростатических ускорителях

1. Начато исследование реакции  ${}^3\text{T} \rightarrow \alpha 2n$  в связи с проблемой зарядовой независимости и зарядовой симметрии ядерных сил. Взаимодействие двух нейтронов (описываемое длиной рассеяния  $a_{nn}$ ) сказывается на форме энергетического спектра нейтронов из этой реакции. Эксперимент выполнен на ЭГ-2 при энергии тритонов 1,5 Мэв, использовалась газовая тритиевая мишень, нейтроны регистрировались по времени пролета с использованием наносекундной техники.



88. Спектр нейтронов (гистограмма), зарегистрированных в совпадении с  $\alpha$ -частицами из реакции  ${}^3\text{T} \rightarrow \alpha 2n$ . Теоретическая (гладкая) кривая соответствует значению  $a_{nn} = 14,8$  ферми. Пик справа - калибровочный спектр из реакции  $\text{D} + \text{T}$ .

Кинематика эксперимента подобрана так, что наблюдаемый пик соответствует минимальной относительной энергии разлетающихся нейтронов. С использованием приближения Мигдала-Ватсона для взаимодействия нейтронов в конечном состоянии получено значение длины рассеяния  $a_{nn} = 14,8 \pm 1$  ферми. Для проверки справедливости этого приближения будет исследована реакция  $T^3\text{He} = a_{np}$ .

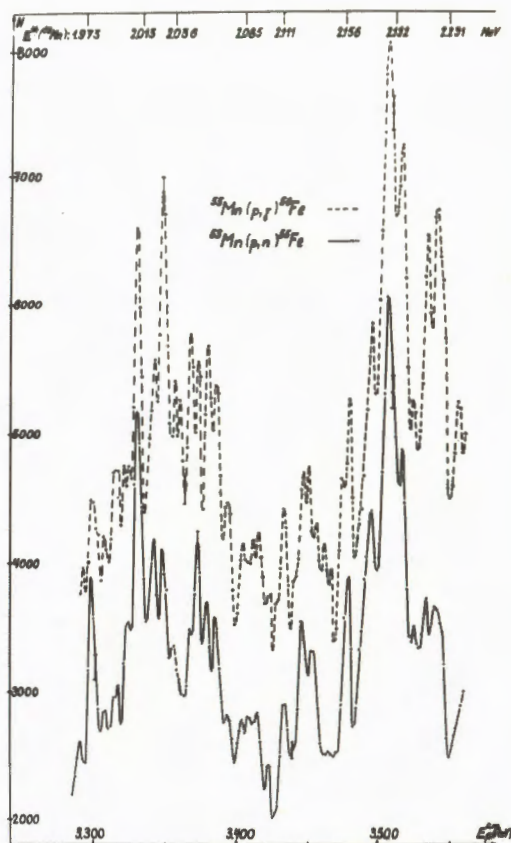
2. Поставлен эксперимент по изучению изобар-аналоговых состояний ядра  $^{56}\text{Fe}$ . Измерялись функции возбуждения для нейтронного и  $\gamma$ -канала в реакциях  $^{55}\text{Mn}(p, n)^{55}\text{Fe}$  и  $^{55}\text{Mn}(p, \gamma)^{56}\text{Fe}$  в интервале энергий протонов 2-4,5 Мэв с шагом по энергии 1 кэв. Начаты измерения  $\gamma$ -спектров распада изобар-аналоговых резонансов с целью изучения тонкой структуры резонансов и получения сведений об их спинах, чётностях и других параметрах.

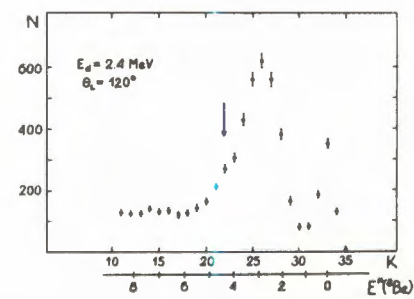
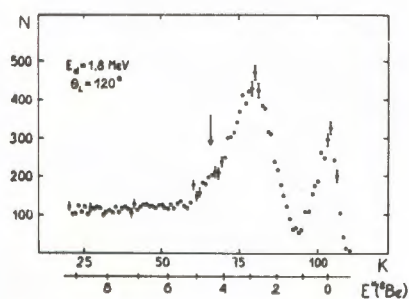
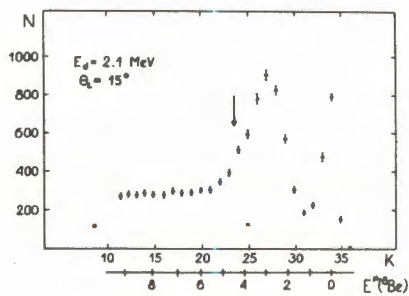
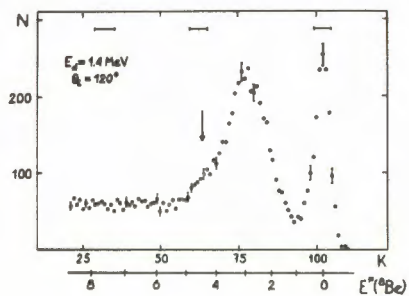
3. Для двух групп нейтронов в реакции  $^7\text{Li}(d, n)^8\text{Be}$  измерены функции возбуждения и угловые распределения в интервале энергий дейтронов 1-4 Мэв и найдено, что реакция идет через составное ядро. Характер спектра нейтронов указывает на существование единственного возбужденного уровня ядра  $^8\text{Be}$  в интервале энергий до 9 Мэв.

4. На ЭГ-5 группой сотрудников Лаборатории ядерных реакций получены и исследованы делящиеся изомеры  $^{241}\text{Am}$  и  $^{243}\text{Am}$ .

87. Изобар-аналоговые резонансы в реакции  $^{55}\text{Mn} + p$ .

88. Спектры нейтронов из реакции  $^7\text{Li}(d, n)^8\text{Be}$ .





89. Аппаратура для экспериментального определения длины  $pp$ -рассеяния. Физики ОИЯИ и ЦИЯИ (Россендорф) совместно провели кинематически полный опыт для реакций  $T + T$ ,  $T + {}^3\text{He}$  и  ${}^3\text{He} + {}^3\text{He}$ , из результатов которого было определено значение длины  $pp$ -рассеяния.



## Эффект Мессбауэра в $^{67}\text{Zn}$

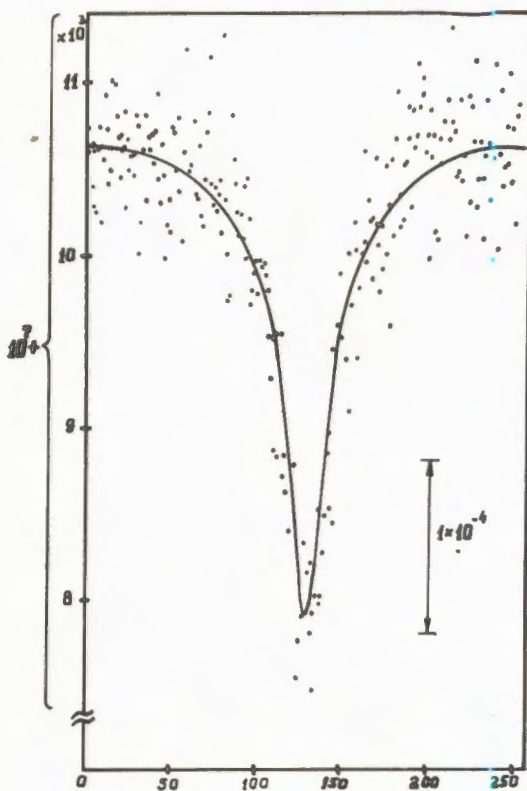
Работы с мессбауэровским излучателем  $^{67}\text{Zn}$  (с самой узкой относительной шириной линии  $\Gamma/E \approx 10^{-15}$ ) сопряжены со значительными методическими трудностями. Эффект мал даже при гелиевых температурах, и наблюдение его возможно лишь с помощью сильных источников. Создана методика приготовления источника  $^{67}\text{Ga}$  ( $\text{ZnO}$ ) на циклотроне Лаборатории ядер-

ных реакций и новая методика измерения скоростных спектров (на многоканальном анализаторе) с использованием токового метода регистрации излучений большой интенсивности. В проведенных измерениях с  $^{67}\text{Zn}$  быстро и надежно регистрировался эффект  $\approx 10^{-3}$  (изменение интенсивности  $\gamma$ -излучения при наступлении резонанса).

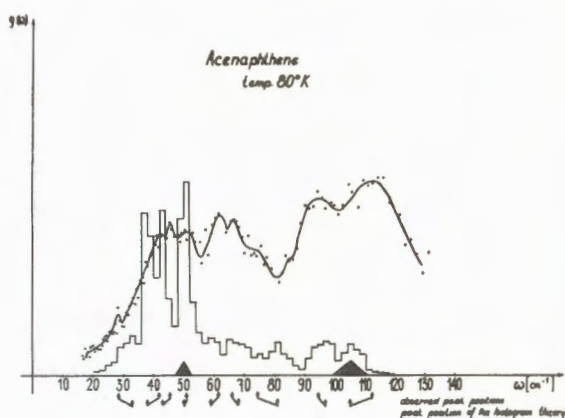
### Исследование

#### конденсированных сред

1. Спектры неупругого некогерентного рассеяния в молекулярных кристаллах  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{NH}_4\text{ClO}_4$  и аценафтена измерены на введенном в действие новом экспериментальном канале 1А с помощью спектрометра с обратной геометрией. Полученные функции  $g(\omega)$  - распределения частот колебаний в этих кристаллах - сравнены с результатами теоретического рассмотрения динамики кристаллической решетки. Пример результатов для аценафтена дан на рис. 91.



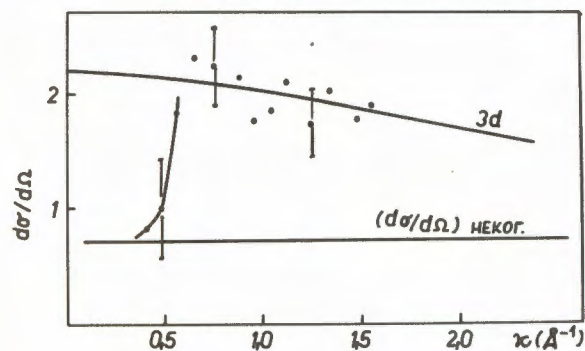
90. Скоростной спектр эффекта Мессбауэра в  $^{67}\text{Zn}$ , полученный с помощью токового метода регистрации. Статистическая точность  $\sim 10^{-5}$  обеспечена всего за 30 часов измерений.



91. Сравнение расчётного и измеренного спектра частот для аценафтена. Гистограмма - расчёт в области низких частот. Чёрные треугольники показывают энергетическое разрешение. Согласно удивительное до частот  $\sim 60 \text{ см}^{-1}$ .



2. Вопрос о существовании кондо-состояния в алюминии с примесью марганца до последнего времени оставался спорным. На рис. 92 показаны результаты измерений упругого некогерентного рассеяния нейтронов на монокристалле  $Al(0,5\% Mn)$ , выполненных по методу времени пролета. Основной вклад в некогерентное рассеяние здесь вносит магнитное рассеяние на примесных атомах  $Mn$ . Это рассеяние, наблюдаемое при больших переданных импульсах, исчезает при малых, что и следует ожидать при образовании кондо-состояния как результат экранировки магнитного момента  $Mn$  облаком поляризованных электронов проводимости. Измерения динамического сопротивления туннельных переходов  $Al-Al_2O_3(Mn)-Al$  в зависимости от температуры образцов и концентрации  $Mn$  подтверждают результат, полученный в опытах с нейтронами.



Прерыватель, сфазированный с реактором ИБР, имеет две системы изогнутых щелей и может пропускать нейтроны с длиной волны от 0,6 до 5 Å, обеспечивая разрешение  $\Delta\lambda/\lambda=2-8\%$ . Измерения рассеяния можно вести одновременно под 8 углами с интервалом  $1,5^\circ$ . Максимально возможный угол равен  $70^\circ$ . Криостаты и вакуумная печь позволяют изменять температуру образцов от  $1,2K^\circ$  до  $1250K^\circ$ .

### Спектрометр КД СОГ-1

Краковско-дубненский спектрометр с обратной геометрией смонтирован на новом канале 1А. Схема спектрометра (горизонтальный разрез) приведена на рис. 94. Он состоит из двух секций, способных вращаться вокруг вертикальной оси. В каждой секции может одновременно находиться до 4 детекторов, расположен-

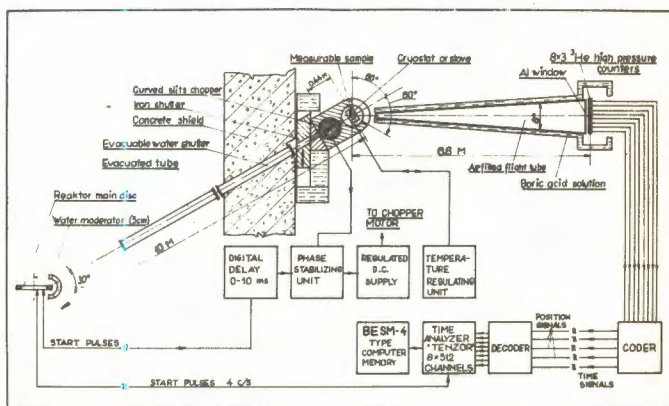
92. Некогерентное рассеяние нейтронов в  $Al(0,5\% Mn)$  в зависимости от переданного импульса  $k = \frac{4\pi}{\lambda} \sin \theta / 2$ .

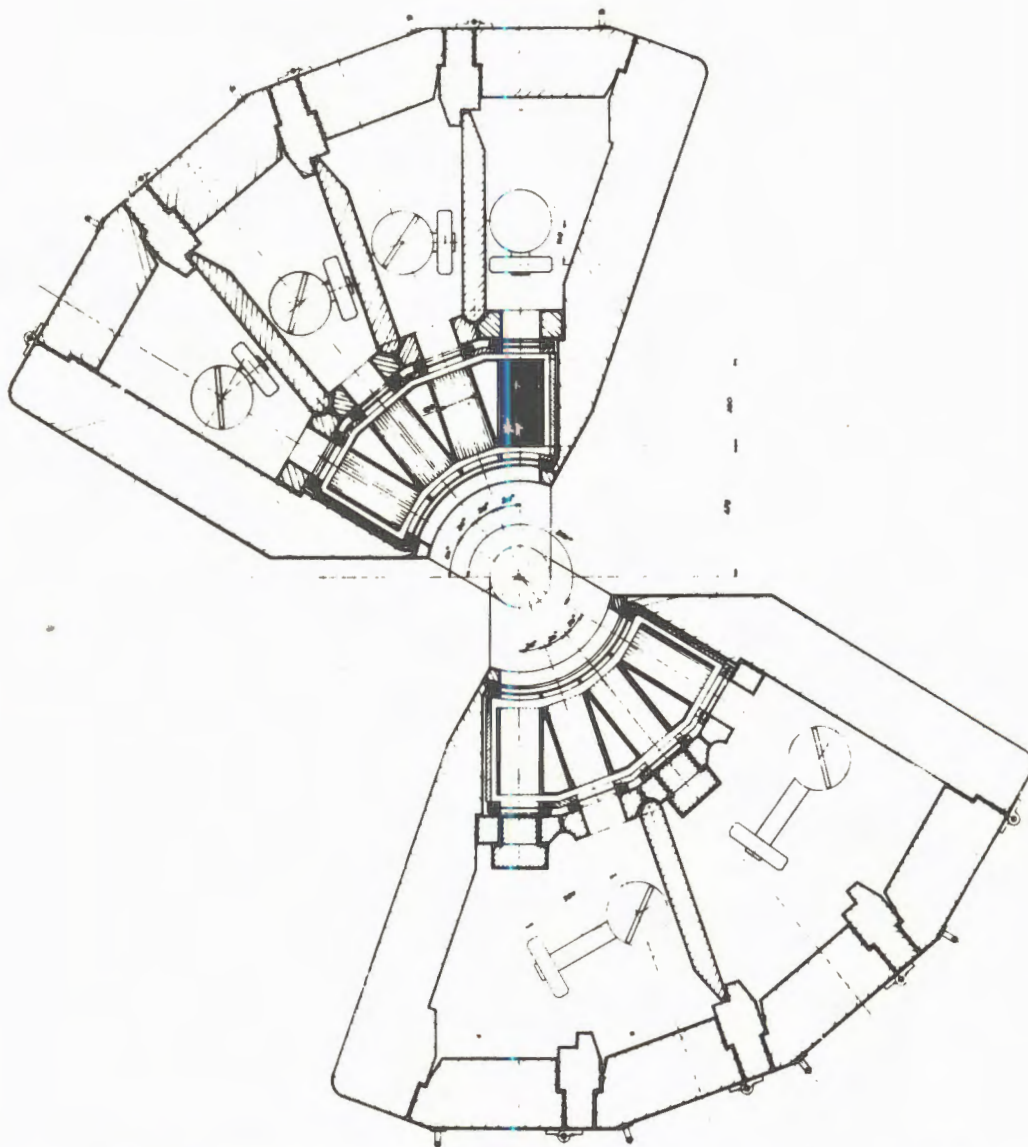
93. Схема спектрометра медленных нейтронов с прерывателем, предназначенного для изучения магнитного рассеяния нейтронов.

## Физическая аппаратура

### Спектрометр V-I

На III канале реактора ИБР установлен венгерский спектрометр медленных нейтронов с прерывателем, предназначенный для изучения магнитного рассеяния.





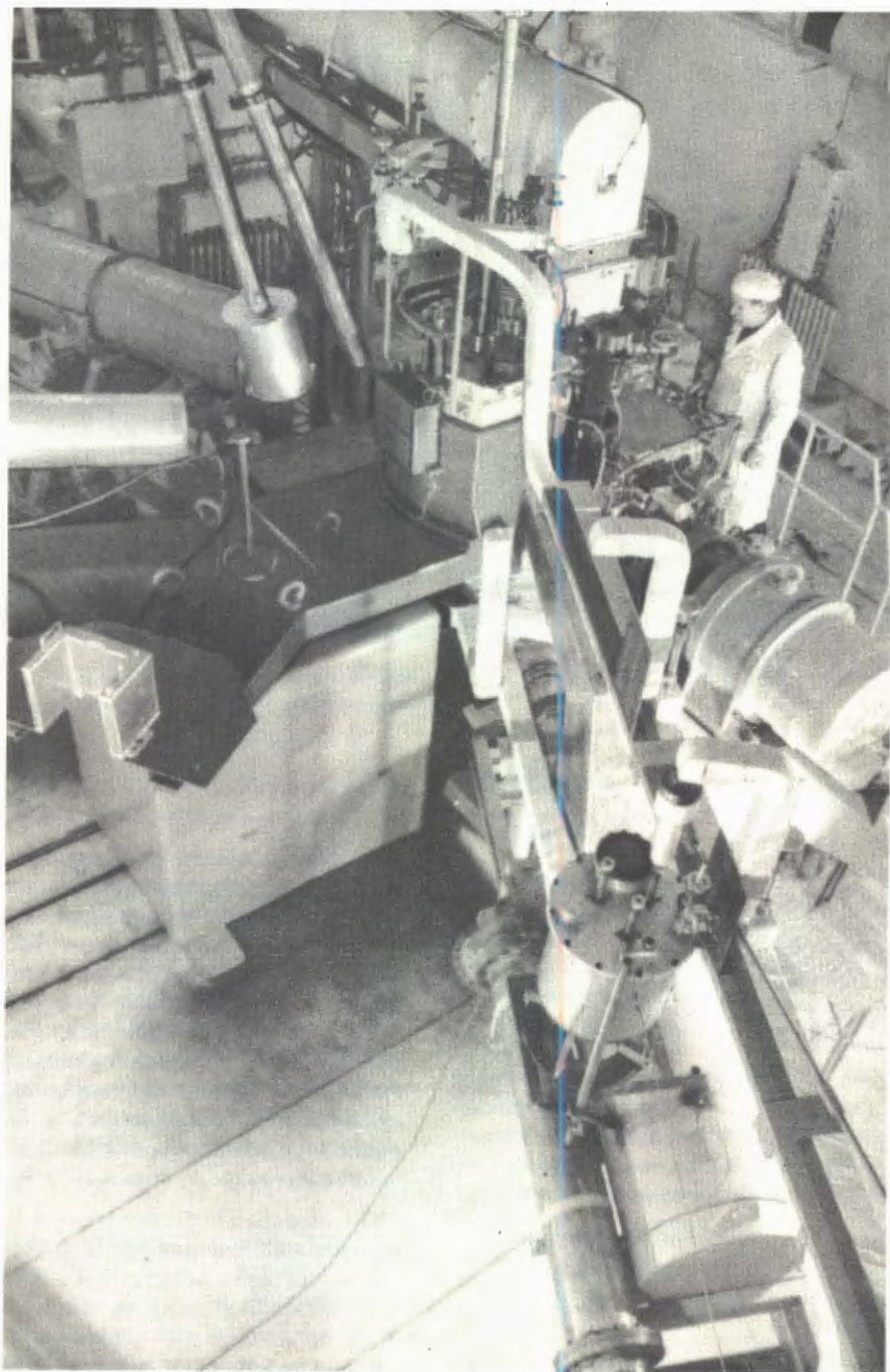
94. Схема спектрометра КД СОГ-1 для изучения рассеяния медленных нейтронов в кристаллах и жидкостях.

ных с угловым интервалом  $20^\circ$ . Энергия падающих нейтронов измеряется по времени пролета. Энергия рассеянных в заданный угол нейтронов анализируется с помощью монокристаллов (например,  $Zn$ ,  $Al$ ,  $Si$ ) или бериллиевого фильтра. Спектрометр создан главным образом для исследования некогерентного рассеяния и может быть использован для измерений когерентного рассеяния нейтронов кристаллами.

Канал

ультрахолодных нейтронов.

Канал ультрахолодных нейтронов смонтирован, отлажен и запущен на пучке №2. Канал предназначен для исследований с ультрахолодными нейтронами на реакторе ИБР-30.



95. Канал ультрахолодных нейтронов на реакторе ИБР-30.

### Новые сцинтилляторы

Разработан жидкий сцинтиллятор для раздельной регистрации нейтронов и гамма-лучей путем дискриминации по форме импульса. Проводилось изучение факторов, вызывающих старение органических сцинтилляторов, разработаны и рекомендованы к использованию устойчивые сцинтилляторы, обладающие стабильными сцинтилляционными характеристиками.

## Эксплуатация, совершенствование и развитие основных установок ЛНФ

### Реактор и ускоритель

Проводилась эксплуатация нового реактора ИБР-30, запущенного летом 1969 года. Реактор отработал в 1970 году 3725 часов. Мощность реактора систематически повышалась и достигла 25 квт. Реактор работал стабильно.

В марте 1970 года запущен линейный ускоритель электронов. Одновременно была успешно осуществлена состыковка ускорителя с реактором ИБР-30, тем самым введен в эксплуатацию импульсный бустер.

Параметры ЛУЭ (линейный ускоритель электронов, двухсекционный, в вертикальном исполнении) в настоящее время:

энергия ускоренных электронов	28-31 Мэв,
рабочий ток в импульсе	250-300 ма,
длительность импульсов	1,5 мксек,

частота следования импульсов	100 гц,
мишень из карбида плутония помещена в активную зону реактора.	

С введением в действие линейного ускорителя мощность системы ИБР+инжектор возросла в 4 раза. Начаты работы по улучшению параметров установки.

### Электростатические ускорители

Ускорители ЭГ-2 и ЭГ-5 в 1970 году работали для физического эксперимента 600 и 3830 часов соответственно. Ускоритель ЭГ-5 эксплуатировался до максимального напряжения 4,7 Мв. Проведена работа по улучшению эксплуатационных характеристик машины.

### Измерительно- вычислительный центр

Проводилось дальнейшее совершенствование и развитие измерительного центра лаборатории. В дополнение к имеющимся многоканальным анализаторам введена в действие многотрактовая система анализа на базе МОЗУ вычислительной машины "Минск-2", эквивалентная четырем многоканальным анализаторам. Начата эксплуатация нового токового временного анализатора, созданного на базе промышленного прибора АИ-2048 для физических экспериментов с большой загрузкой ( $10^7$  имп/сек). Подготовлен к испытаниям третий многомерный анализатор с записью на магнитную ленту. Проведена настройка аппаратуры, и идет отладка математических программ для системы автоматической обработки многомерной информации (работа, выполненная совместно с ЛВТА). Подключен к ЭВМ БЭСМ-4 графико-строитель измерительного центра.



96. В зале ЭВМ БЭСМ-4 измерительного центра ЛНФ. Отладка фортранной станции многомашинной системы ввода-вывода БЭСМ-6.

Осуществлялось создание детекторной аппаратуры и автоматизация физического эксперимента. Выполнены работы по математическому обеспечению измерительно-вычислительного комплекса ЛНФ; произведена отладка системы программ ПОФИ-2 для приема и предварительной обработки физической информации (совместно с ЛВТА); созданы новые программы для обработки спектрометрической информации с помощью осциллографа со световым карандашом. Разрабатывается проект нового измерительного центра для реактора ИБР-2.

#### Проектирование реактора ИБР-2 с инжектором

Велось курирование рабочего проекта мощного импульсного реактора на быстрых нейтронах, создаваемого в ЛНФ. Подготовлены рабочие чертежи ряда узлов

и технологических систем реактора. Закончено изготовление и проведены первые испытания макета подвижного отражателя. Проектировались тепловыделяющие элементы будущего реактора. Проводились экспериментальные работы по обоснованию конструкций наиболее ответственных узлов реактора.

Продолжалось проектирование строительного комплекса ИБР-2, завершено проект здания для реактора, начаты строительные работы.

Выполнена существенная работа по оптимизации предложенного ранее технического проекта инжектора к реактору ИБР-2 - мощного индукционного ускорителя электронов на энергию 30 Мэв (ЛИУ-30). Проведены расчёты движения пучка электронов в ускорителе, необходимые для рабочего проекта. Закончено проектирование головного образца ЛИУ-30 (секции ускорителя на энергию 700 кэв).

Велись работы по подготовке к экспериментам на ИБР-2: исследования

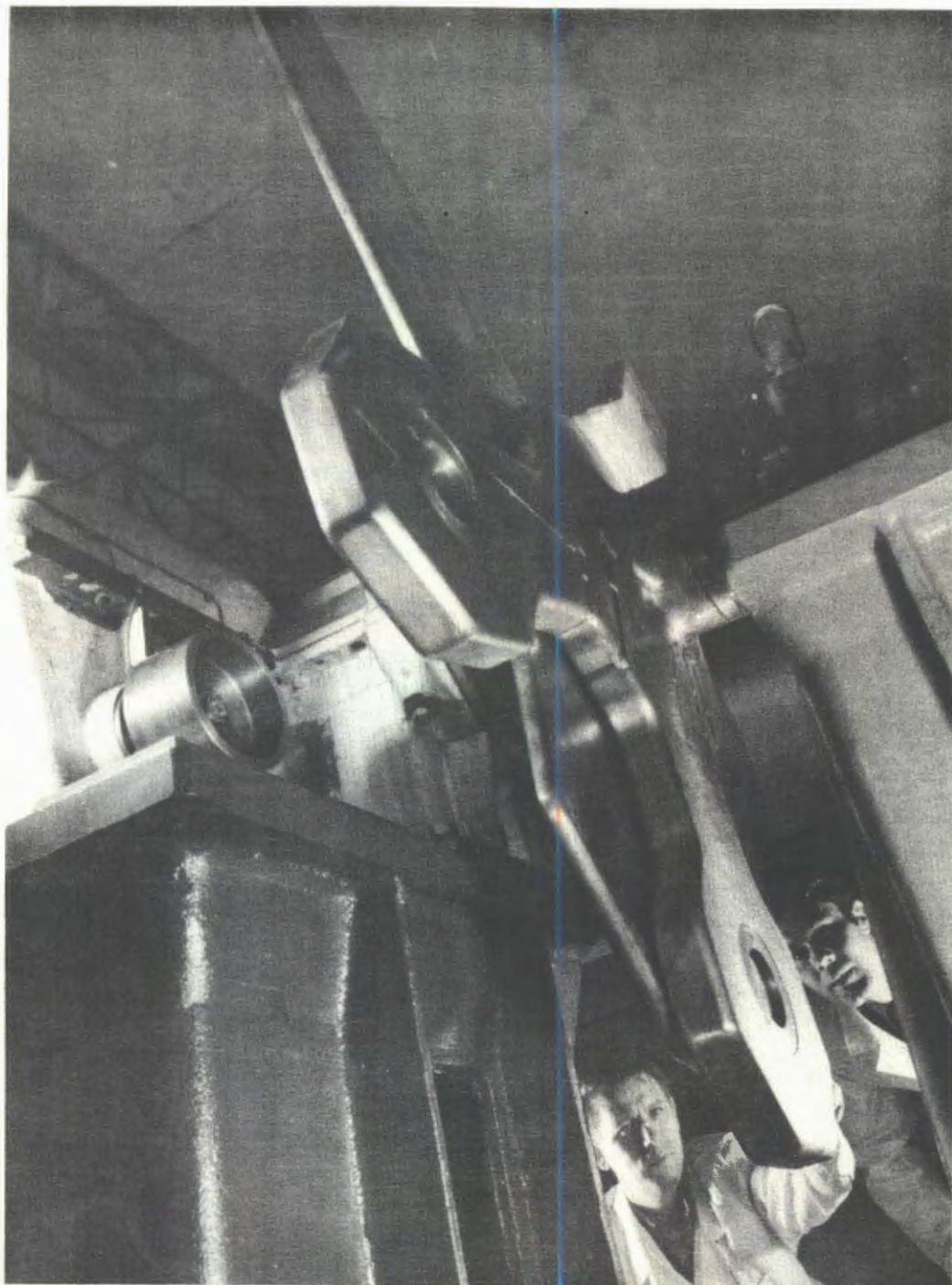
замедлителей для формирования нейтронных пучков, разработка жидководородного замедлителя, исследования проблемы мониторинга нейтронов, синхронизация механических селекторов и др.

В апреле 1970 года проведено совещание экспертов по физическим установкам для ИБР-2. Совещание выработало рекомендации по перспективным направлениям исследования и целесообразным пропорциям между ними, а также по оборудованию ИБР-2 аппаратурой для обеспечения развития этих направлений.



*97. Строительная площадка реактора ИБР-2. Начало строительства (апрель 1970 года).*





98. В связи с проектированием реактора ИБР-2 изготовлен макет подвижного отражателя (в масштабе 1:1).

# ЛАБОРАТОРИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И АВТОМАТИЗАЦИИ

Работа  
электронных  
вычислительных  
машин

ЭВМ	Полезное время (в часах)	Среднесуточное полезное время (в часах)
БЭСМ-6	7236	20,7
БЭСМ-4 ЛВТА	6972	19,8
БЭСМ-4 ЛНФ	7274	20,8
БЭСМ-4 ЛВЭ	7716	21,8
CDC-1604A	7334	20,8
"Минск-22"	2854	12,8



99. Зал электронных вычислительных машин БЭСМ-4, CDC-1604A, CDC-160A.



## Измерительно-вычислительный комплекс ОИЯИ

В этой области деятельность лаборатории была направлена на дальнейшее расширение вычислительной базы института, а также на совершенствование вычислительных машин с целью более широкого и эффективного их использования в исследовательских работах.

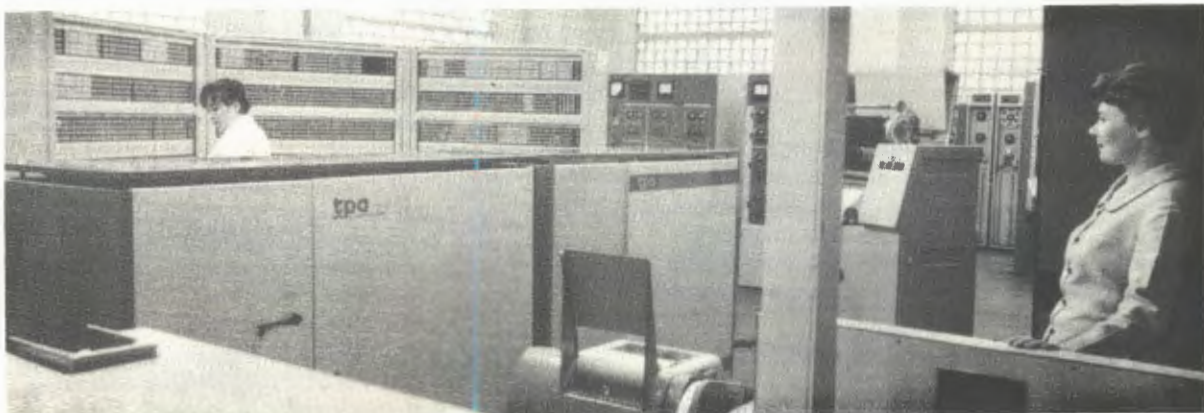
1. Установлены в ЛВТА и введены в эксплуатацию две новые ЭВМ: БЭСМ-4 для общих вычислительных работ и малая машина CDC-160A, применяемая в качестве буферной машины ввода-вывода информации на машине CDC-1604A. Такого рода использование новой машины CDC-160A позволило примерно в полтора раза повысить производительность ранее установленной и очень загруженной машины CDC-1604A.

2. Продолжались работы по созданию системы вычислительных машин института, предусматривающей совместное функционирование центральной машины БЭСМ-6 и периферийных машин лабораторий.

На БЭСМ-6 завершается создание канала связи на 8 направлений для подключения периферийных ЭВМ. Проведена комплексная наладка аппаратуры связи БЭСМ-6 с машиной БЭСМ-4 ЛНФ, производится подсоединение к БЭСМ-6 машины "Минск-2" (ОЯС Лаборатории ядерных проблем) и БЭСМ-4 (Лаборатория высоких энергий).

Разработан и осуществляется совместно с ЦИФИ ВНР проект многомашинной системы ввода-вывода информации на БЭСМ-6. Проект предусматривает организацию нескольких расположенных в лабораториях института фортранных станций ввода-вывода на основе венгерских машин типа TPA.





100. Проект многомашиной системы ввода-вывода информации на БЭСМ-6 разработан и осуществляется совместно с ЦИФИ ВНР. Создаются фортранные станции на основе машины ТРА.



101. Венгерские инженеры ведут установку электронной вычислительной машины ТРА.

3. Проведена модернизация вычислительных машин ЛНФ и СНЭО. На БЭСМ-4 ЛНФ завершено расширение оперативной памяти машины до 16 тыс. слов и создание специализированных каналов связи с экспериментальной аппаратурой. Совместно с ЛНФ налажена новая система обработки информации со специализированного многомерного ана-

лизатора с использованием новых каналов и оперативной памяти БЭСМ-4.

На БЭСМ-3М серпуховского научно-экспериментального отдела введен в эксплуатацию программно управляемый канал на 4 направления для связи с экспериментальной аппаратурой. К одному из направлений подключен стандартный накопитель на магнитной ленте, обеспечивающий обмен данными с другими машинами ОИЯИ, а также с машинами стран-участниц.

## Математическое обеспечение ЭВМ

Проведено усовершенствование транслятора с языка ФОРТРАН и мониторной системы "Дубна" БЭСМ-6. Достигнуто ускорение трансляции в 1,5-2 раза по сравнению с первоначальным вариантом. Использование модернизированного диспетчера позволило увеличить скорость печати в 2 раза. Введена в эксплуатацию система работы с несколькими библиотечными лентами. Сдано в эксплуатацию программное обеспечение магнитофона CDC-608 в рамках мониторной системы БЭСМ-6.

Мониторная система "Дубна", разработанная в ЛВТА, в настоящее время используется для создания систем обработки данных в других институтах стран-участниц.

Завершены работы по составлению компилирующей системы математического обеспечения БЭСМ-4 на базе автокода и загрузчика. Эта система структурно подобна мониторной системе "Дубна" БЭСМ-6. Она позволит также использовать в решении различных задач язык ФОРТРАН, для этой цели в лаборатории разрабатывается транслятор с ФОРТРАНА, который будет включен в систему.

В библиотеку программ общего назначения для БЭСМ-6 включено более 40 новых программ. Для библиотеки

CDC-1604A подготовлено 27 новых программ общего назначения.

## Системы программ для обработки камерных снимков

Завершены работы над системой программ обработки снимков с двухметровой пропановой камеры на вычислительных машинах БЭСМ-4, CDC-1604A и "Минск-22".

Завершено также создание системы программ на ФОРТРАНе для полуавтоматической обработки снимков с двухметро-

вой пропановой камеры. Эта система включает в себя программу управления пятнадцатью ПУОСами на линии с БЭСМ-4, геометрическую программу GEOM-7 обработки на БЭСМ-6 снимков с камеры, наполненной тяжелой жидкостью, а также кольцо программ для обработки снимков с пропановой камеры (ГРАЙНД, СЛАЙС, САМКС).

Для обработки на БЭСМ-6 снимков с двухметровой водородной камеры подготовлен вариант программы ТРЕШ, предназначенной для определения импульсов частиц в неоднородном магнитном поле с учетом потерь энергии. Подготовлены также программы ГРАЙНД и СЛАЙС.

Работы ЛВТА по запуску новых вариантов программ обработки пленочной информации с жидководородных камер вызывают большой интерес в ряде институтов стран-участниц ОИЯИ.

Продолжалось составление системы программ обработки снимков с больших магнитных искровых спектрометров. В институт начали поступать снимки с магнитного искрового спектрометра ИТЭФ, установленного на серпуховском ускорителе. В связи с этим была создана измерительная система на базе ПУОСов, работающих на линии с машиной БЭСМ-4. Разрабатывались система автоматического измерения снимков при помощи сканирующего автомата HPD и система программ распознавания треков при автоматическом сканировании снимков. Написана программа управления сканирующим автоматом. Для проверки методики определения параметров треков в неоднородном магнитном поле создана специальная версия программы ТРЕШ, которая определяет параметры треков заряженных частиц в неоднородном магнитном поле с учетом трех его компонент.

Велась также разработка системы математического обеспечения магнитного искрового спектрометра Лаборатории ядерных проблем. Написан первый вариант программы ПАРСИН, которая позволяет восстанавливать вместе с координатами вершины события его кинематическую карти-

ну с учётом большой неоднородности магнитного поля, потерь на ионизацию, многократного рассеяния и измерительных ошибок.

Математики и физики ЛВТА приступили к созданию системы обработки снимков с больших стримерных камер.

### Использование ЭВМ

на линии

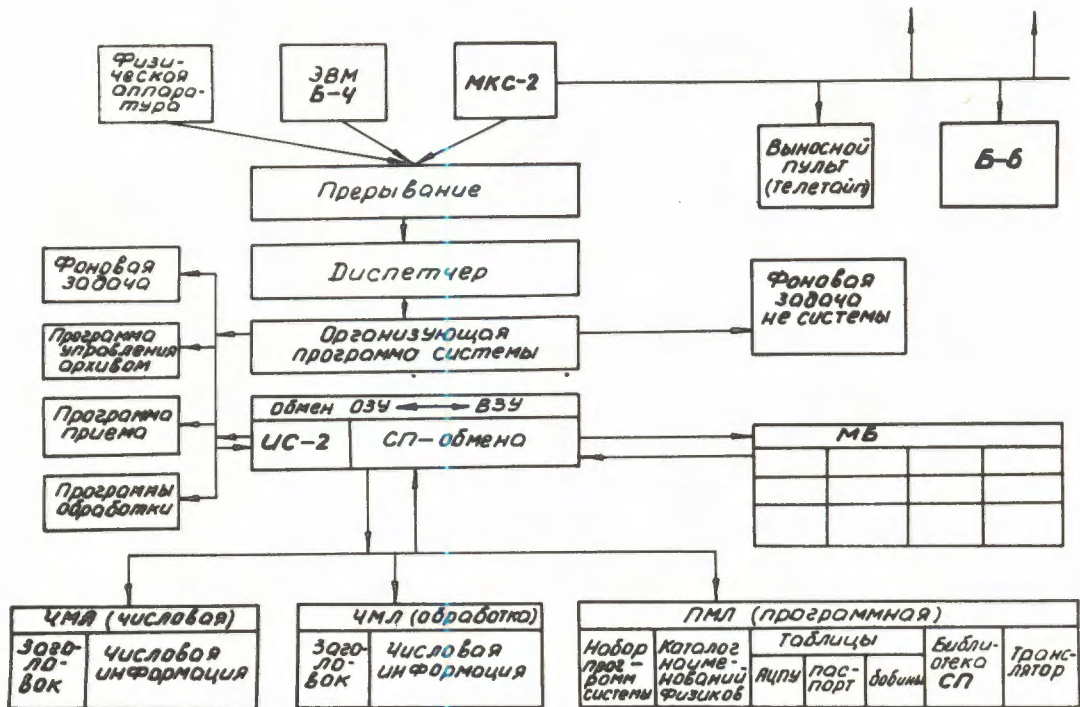
с экспериментальными

установками

Совместно с Лабораторией высоких энергий подготовлена система математического обеспечения эксперимента по ре-

генерации  $K^0$ -мезонов на ускорителе ИФВЭ (Серпухов). Система включает в себя программы контроля аппаратуры и накопления информации в реальном времени на БЭСМ-3М, тестовые программы, программы нахождения параметров установки, программу управления магнитофоном, а также программу переписи информации для последующей обработки на вычислительных машинах CDC-1604A и БЭСМ-6.

Для измерительного центра ЛНФ на базе вычислителя БЭСМ-4 создана и сдана в эксплуатацию система приема, накопления и обработки данных. Система позволяет использовать выводные устройства БЭСМ-4 и является быстрым и гибким аппаратно-программным комплексом, предназначенным для предварительной



102% Схема системы математического обеспечения обработки спектрометрической информации (ПОФИ-2).

и полной обработки спектрометрической информации. В БЭСМ-4 введено устройство прерывания.

Система математического обеспечения обработки спектрометрической информации (она получила название ПОФИ-2) позволяет одновременно проводить ряд экспериментов и предоставляет возможность обрабатывать в реальном времени поступающую информацию и информацию из архивов по программам предварительной и окончательной обработки. С вводом ПОФИ-2 решен целый ряд таких вопросов, как контроль за аппаратурой, используемой в эксперименте, проверка качества проведения эксперимента, набор необходимой статистики событий, проведение математической обработки. В системе развит язык общения человека с машиной, в том числе посредством осциллографа со световым карандашом.

Система математического обеспечения ПОФИ-2 сейчас включает в себя приблизительно 50 программ, что составляет около 25000 команд в кодах машины БЭСМ-4. Происходит дальнейшее наращивание системы за счёт подключения новых программ обработки. ПОФИ-2 представляет большой интерес для ряда институтов стран-участниц.

### Участие

#### в исследованиях на ускорителях ОИЯИ

Завершен цикл экспериментов по исследованию поляризационных эффектов в неупругих протон-протонных взаимодействиях при 669 Мэв. Полученные результаты свидетельствуют о наличии заметной поляризации вторичных протонов в реакциях  $pp \rightarrow \pi^+ pn$  и  $pp \rightarrow \pi^0 pp$  при 669 Мэв и могут быть описаны моделью однопионного обмена, в которой учитываются пионный формфактор нукло-

нов и особенность в поведении амплитуды  $S_{11}$  - состояния  $\pi N$  - системы вне массовой поверхности.

Развивая ранее выполненные на синхротроне эксперименты группа физиков ЛВТА вместе с учёными ЛВЭ готовится к исследованиям процессов неупругих столкновений протонов с ядрами при релятивистских энергиях (4-10 Гэв). Разработана необходимая детектирующая аппаратура, включая набор проволочных двухкоординатных искровых камер и устройства связи с вычислительной машиной. Разрабатываются пропорциональные камеры и аппаратура для идентификации частиц во время пролета, создается математическое обеспечение этих экспериментов.

Продолжалось изучение взаимодействий пионов с протонами при энергии 5 Гэв. Эти работы проводятся совместно с ЛВЭ, а также ИФВЭ ГДР и другими институтами стран-участниц. Просмотрено 100 тысяч снимков с однометровой водородной камеры, отобрано 22 тысячи событий. Обработано около 3 тысяч шестилучевых событий. Получены сечения для различных каналов и сечения рождения барионных и мезонных резонансов. Произведено сравнение экспериментальных данных с некоторыми теоретическими моделями.

Сотрудниками ЛВТА и ЛВЭ проводились работы по созданию большой стримерной камеры. На модели камеры длиной 2 м с зазором 2x4 см, питаемой генератором "Блюмлайн", произведены наблюдения следов релятивистских частиц. Получено подтверждение правильности принципов, положенных в основу при создании аппаратуры.

Лаборатория вычислительной техники и автоматизации принимала также участие в проводимых в ЛВЭ исследованиях возможности ускорения дейтронов в синхрофазотроне ОИЯИ.

103. а) Схема совместного эксперимента ЛВТА и ЛВЭ по исследованию протон-ядерных взаимодействий при энергии 4-10 Гэв. б) Блок-схема электронной аппаратуры эксперимента. в) Для эксперимента создана система проволочных двухкоординатных искровых камер и устройства связи их с ЭВМ.

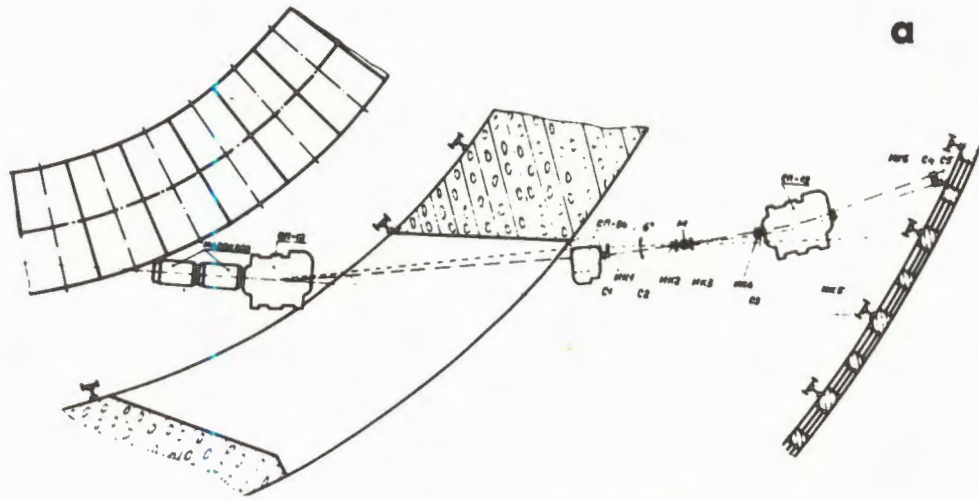
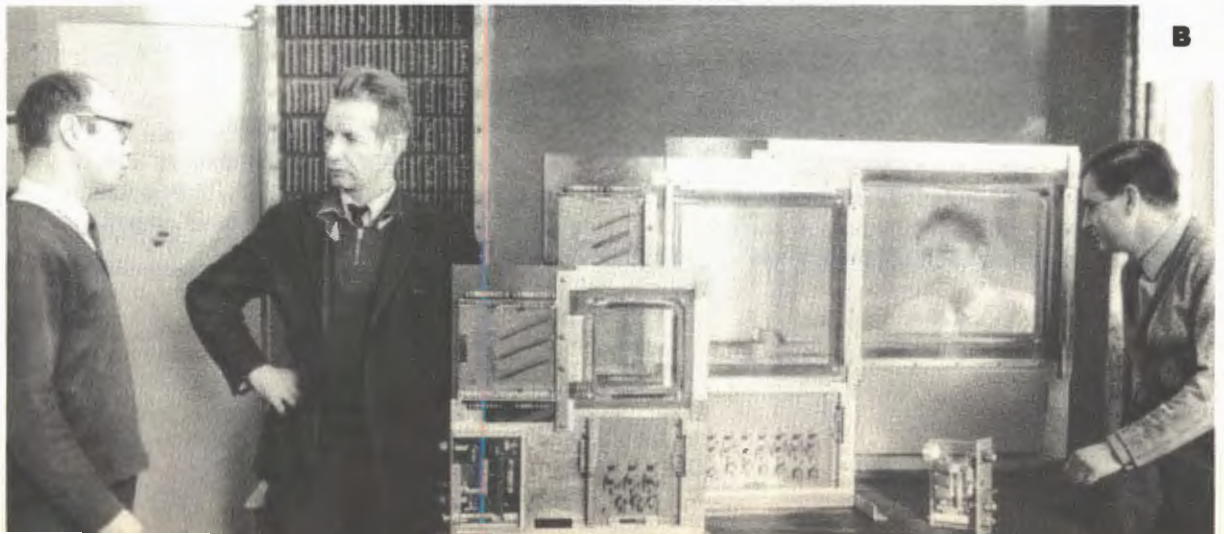
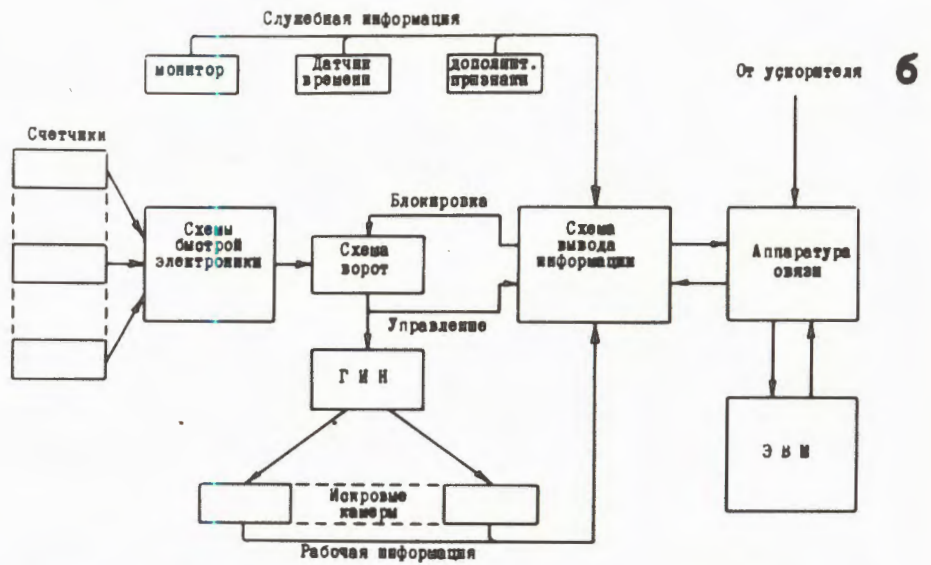


Схема эксперимента ИК1-ИК6-искровые камеры, С1-С5 сцинтилляционные счетчики



## Работы по математической физике

В связи с разработкой коллективного метода ускорения совместно с ОНМУ проводилось теоретическое и численное исследование нелинейных задач физики плазмы и релятивистских электронных колец. Создан метод расчёта (с помощью введения дополнительного параметра) сечений стационарных колец электронов в коллективном ускорителе и проведены соответствующие вычисления на ЭВМ. Разработанный метод пригоден для решения ряда важных проблем современной теории ускорителей, например, для нахождения самосогласованной формы двухкомпонентного сгустка в коллективном ускорителе.

Сотрудниками ЛВТА было решено нелинейное интегральное уравнение, описывающее корреляционные функции квазистационарной ленгмювской турбулентности. Последние являются одной из важнейших характеристик турбулентной плазмы. Сравнение результатов численного счёта с экспериментально найденными кривыми дает возможность найти уровень энергии турбулентности. С другой стороны, знание корреляционных функций позволяет получить нелинейные интегро-дифференциальные уравнения для измерения спектральной плотности энергии турбулентности во времени. Эти уравнения решались численно в широком классе начальных данных. Таким путем были определены время изотропизации энергии, условия, при которых энергия передается по спектру не диффузионно, а через систему сателлитов (так называемая "двухуровневая перекачка"), и возможные конечные состояния эволюции. Тем самым был решен вопрос об единственности спектра стандартной ленгмювской турбулентности.

Дальнейшим развитием этих работ явилось исследование проблем радиационной устойчивости кольца релятивистских электронов, вращающихся в магнитном

поле. Задача сводится к решению весьма громоздкой системы 22 нелинейных интегро-дифференциальных уравнений в частных производных.

Трехмерность и нелинейность задачи, а также необходимость поиска устойчивой схемы счёта потребовали существенных затрат машинного времени. Задача решена впервые. Результатом является чёткое представление о характере изменения и численных значениях всех физических величин, описывающих кольцевой пучок электронов.

Совместно с физиками Лаборатории ядерных проблем выполнена работа по восстановлению потенциала по предельной фазе в случае  $S$ -волны. Решение было найдено методом введения дополнительного параметра. Использование этого метода, развитого в ЛВТА, позволяет избежать предположений о конкретной аналитической зависимости потенциала от расстояния между взаимодействующими частицами. Таким образом, имеется возможность решать задачу о нахождении потенциала взаимодействия двух нуклонов в более общем виде, чем это делалось до сих пор.

По заданию ЛНФ, в связи с сооружением ИБРА-2, были проведены точные расчёты термоупругих напряжений в неравномерно нагретом бесконечном цилиндре.

Совместно с Лабораторией ядерных проблем проводились работы по определению, при табличном задании электрического поля, области захвата ионов в режиме синхрофазотронного ускорения.

Совместно с ЛТФ продолжалось создание комплекса программ для расчёта моделей ядра с потенциалом Саксона-Вудса. Выполнено исследование регулярного вырождения решений релятивистского уравнения Шредингера в решении нерелятивистского уравнения.

С учётом заявок лабораторий Объединенного института создана новая, усовершенствованная программа минимизации функционалов на БЭСМ-6 и CDC-1804A.

**Математическая информация и документация**

**Обработка фильмовой информации**

Пополнялась библиотека математической документации ЭВМ. В 1970 году в нее были включены подробное описание библиотеки программ на ФОРТРАНе и дополнения к существующим описаниям математического обеспечения ЭВМ.

Подготовлен к печати сборник "ЭВМ в физических исследованиях", содержащий материалы школы, организованной ОИЯИ в Алуште.

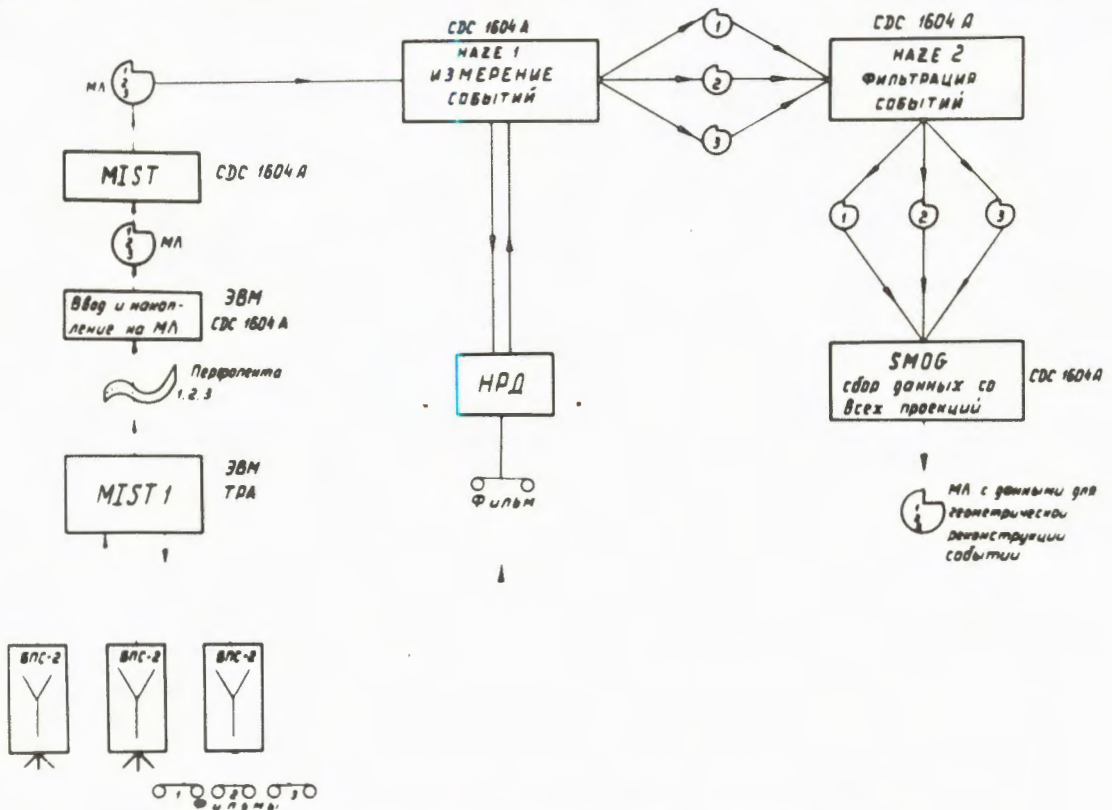
Систематически рассылались информационные материалы о математическом обеспечении используемых в ОИЯИ вычислительных машин в научные учреждения стран-участниц.

По заданию Лаборатории высоких энергий и Лаборатории ядерных проблем измерено на ранее сделанных снимках с пузырьковых камер 233 тысячи треков и с искровых камер - 50 тысяч.

**Аппаратура**

**для обработки фильмовой информации**

Сканирующий автомат НРД находился в опытной эксплуатации с целью отладки всего комплекса, включая программное обеспечение. Закончено создание и



104. Структурная схема измерительной системы НРД .



отладка всех блоков программ системы измерений на *HPD*. Проведено комплексное опробование системы в режиме опытной эксплуатации на реальных снимках с двухметровой водородной камеры. Система в настоящее время включает в себя:

1) большие просмотрово-измерительные столы, работающие на линии с венгерской ЭВМ *ТРА*, для приготовления "маски" событий;

2) программу ввода и накопления информации на магнитных лентах в вычислительной машине *CDC -1604A*;

3) программу МИСТ (программа подготовки входных лент с просмотренными событиями);

4) диспетчер с управляющей программой и программой ГЕЙТ для работы *HPD* в реальном времени;

5) диспетчер для фильтрации событий на *CDC -1604A* в режиме "офф-лайн";

6) программу СМОГ, комплектующую события и подготавливающую информацию в формате, пригодном для геометрической программы.

Сданы в опытную эксплуатацию два просмотрово-измерительных стола типа БПС-2 на линии с ЭВМ *ТРА*. Завершены работы по изготовлению еще четырех

столов. Таким образом, за два последних года в институте установлено и введено в эксплуатацию 25 просмотровых столов.

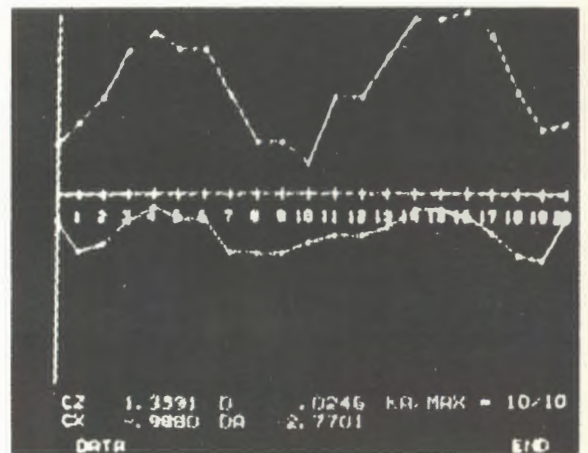
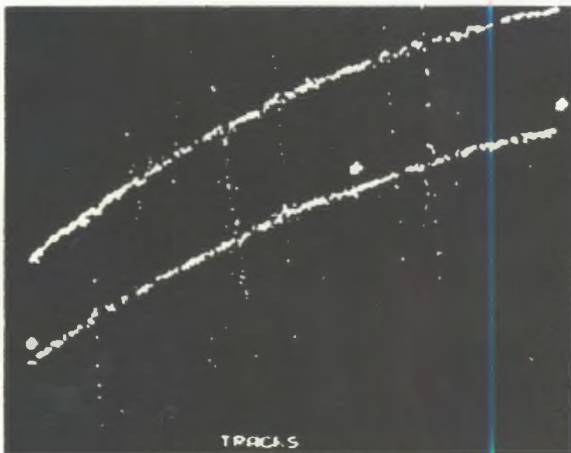
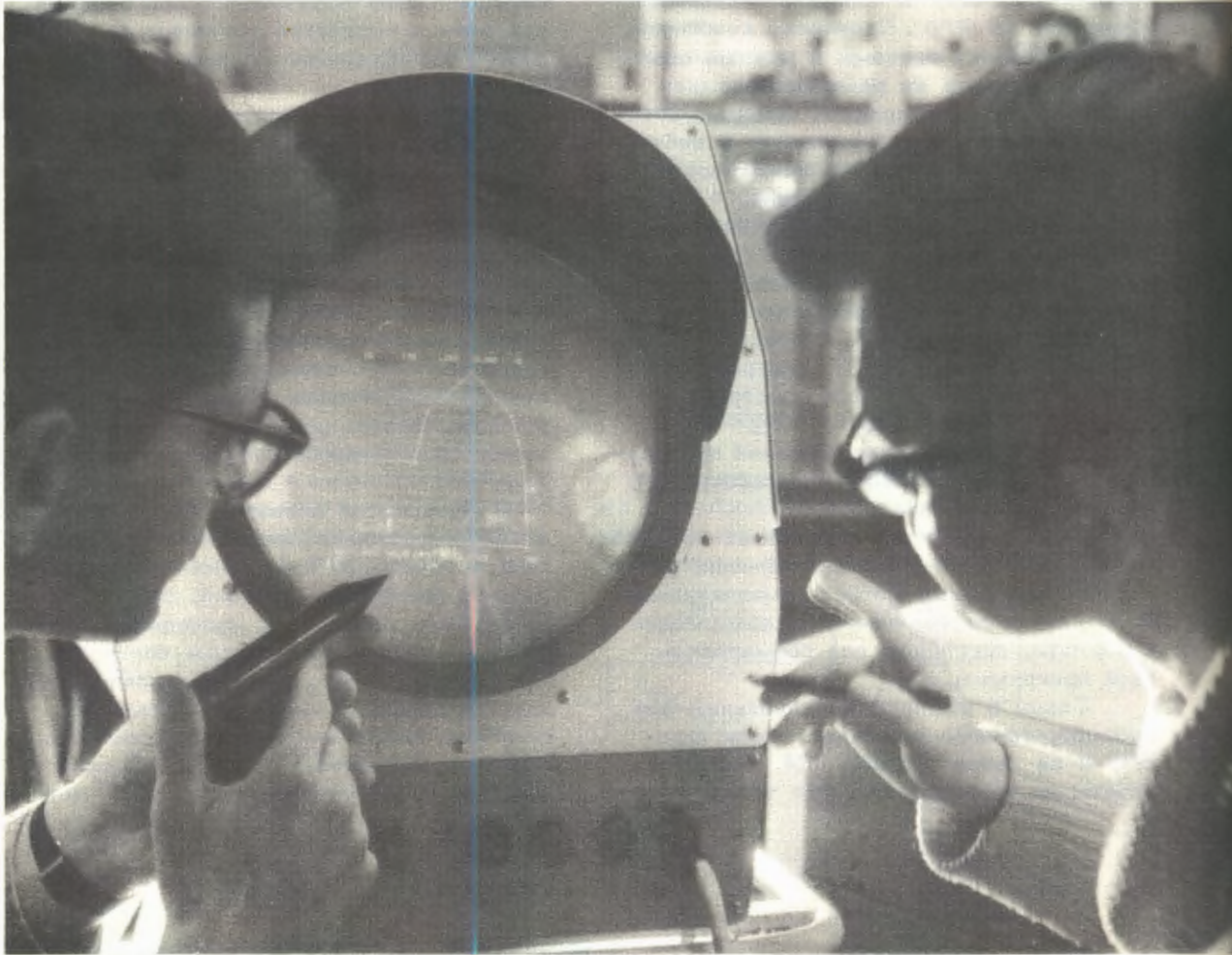
С вводом в действие автоматического сканирующего устройства *HPD* и больших просмотровых столов завершено создание системы обработки снимков с жидководородных пузырьковых камер и магнитных искровых спектрометров.

Закончена разработка большинства принципиальных схем электронных блоков сканирующего автомата "Спиральный измеритель". Проведены испытания изготовленных в ГДР опико-механических узлов прибора. Велась работа по математическому обеспечению "Спирального измерителя".

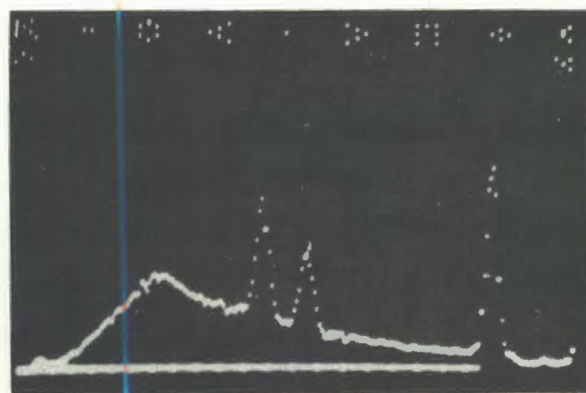
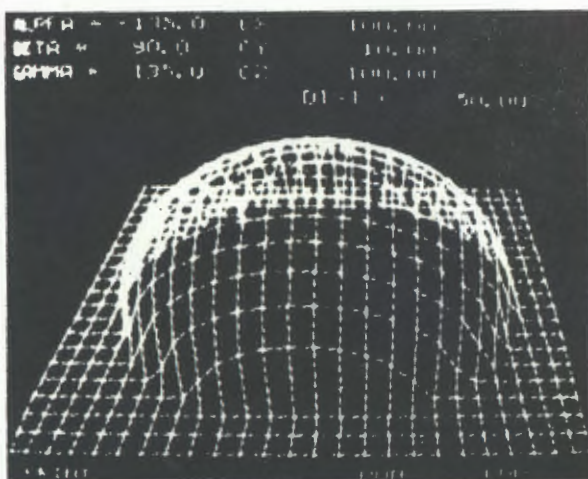
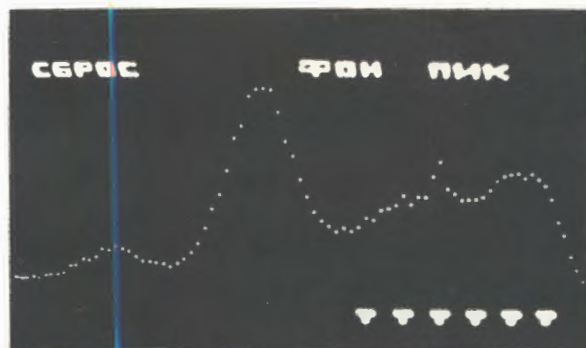
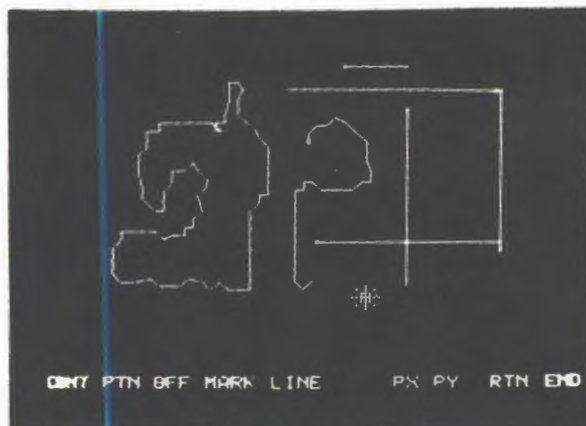
Разработан и введен в эксплуатацию электроннолучевой дисплей на сканирующем автомате ЭЛТ-1, связанный с магнитным барабаном БЭСМ-4, благодаря чему стало возможным проведение обработки снимков с визуальным контролем. Регенерация изображения на экран производится непосредственно с магнитного барабана, минуя центральный процессор БЭСМ-4. Средством общения человека с машиной является перемещающаяся метка,

105. Автомат на электроннолучевой трубке для обработки снимков с искровых камер. На переднем плане - малая электронная вычислительная машина *ТРА*, используемая для управления растром электроннолучевой трубки автомата.





106. Осциллограф со световым карандашом. Ведется обработка спектрометрической информации на ЭВМ БЭСМ-4. На осциллограммах представлены типовые случаи, соответствующие различным решаемым задачам.



которая генерируется на индикационный экран, и функциональная клавиатура.

В сотрудничестве с ЦЕРНом ведутся работы по созданию более совершенного сканирующего прибора ЭЛТ-2, в котором управление растром электроннолучевой трубки будет производиться при помощи вычислительной машины ТРА.

#### Методы визуального представления информации на ЭВМ

В лаборатории ведутся разработки методов визуального представления информации на ЭВМ с целью обеспечения

вычислительных машин осциллографом со световым карандашом. В настоящее время такими осциллографами оснащены машины БЭСМ-4 ЛВТА и ЛНФ, а также "Минск-2", БЭСМ-3М и CDC-1604A. Работы эти проводились совместно с Лабораторией нейтронной физики, Лабораторией ядерных проблем и серпуховским научно-экспериментальным отделом. В ЛВТА создается модель более совершен-

*107. Дирекция и научная общественность института, сотрудники Лаборатории вычислительной техники и автоматизации отметили 60-летие со дня рождения директора лаборатории члена-корреспондента АН СССР профессора М.Г. Мешерякова.*



ного графического дисплея. Совместно с ЦИФИ ВНР подготавливается также вариант буквенно-цифрового дисплея для БЭСМ-6 и его программного обеспечения.

Совместно с ОНМУ разработан метод использования дисплея при расчёте на машине CDC-1604A электромагнитных полей. Этот метод оказался пригодным для решения дифференциальных уравнений в частных производных эллиптического типа методом сеток. Процесс нахождения оптимального решения обычным методом сводился к многократному повторению расчётов, анализ которых требовал на каждом этапе большого ручного труда. При использовании дисплея резуль-

таты расчёта выдаются на экран сразу в наглядной графической форме и могут быть немедленно проанализированы. При необходимости с помощью светового карандаша и клавиатуры можно быстро изменять начальные данные и повторять расчёт. Время нахождения оптимального решения сокращается примерно в 10 раз.

Первые полученные результаты показывают высокую эффективность разрабатываемого метода математического моделирования и позволяют надеяться, что он найдет широкое применение в тех случаях, когда мы сталкиваемся с необходимостью использовать вычислительную машину в темпе мышления человека.

## ОТДЕЛ НОВЫХ МЕТОДОВ УСКОРЕНИЯ

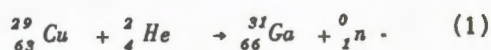
Наиболее существенными результатами работы Отдела новых методов ускорения в 1970 году являются:

- успешные эксперименты по ускорению альфа-частиц коллективным методом в адгезаторе;
- монтаж первой секции ускорителя электронов с номинальным током 2000 а;
- монтаж системы из четырех коаксиальных резонаторов для ускорения кольцевых сгустков;
- эксперименты по ускорению газосфокусированного электронного пучка в индукционном ускорителе;
- первые опыты по нанесению сверхпроводящих покрытий на различные подложки в максимально "чистых" условиях;
- теоретические исследования некоторых вопросов коллективного ускорения ионов в электронном кольце.

### Работа на модели коллективного ускорителя

Первые опыты ускорения альфа-частиц коллективным методом, проведенные в июне-июле, показали необходимость улучшения вакуума в камере адгезатора. Соответствующие работы были проделаны, и это позволило в октябре выйти по вакууму на уровень  $5 \cdot 10^{-8}$  тор. В ноябре-декабре было проведено несколько сеансов ускорения альфа-частиц.

Для определения числа альфа-частиц и их энергии измерялась наведенная на медной мишени радиоактивность, являющаяся результатом реакции



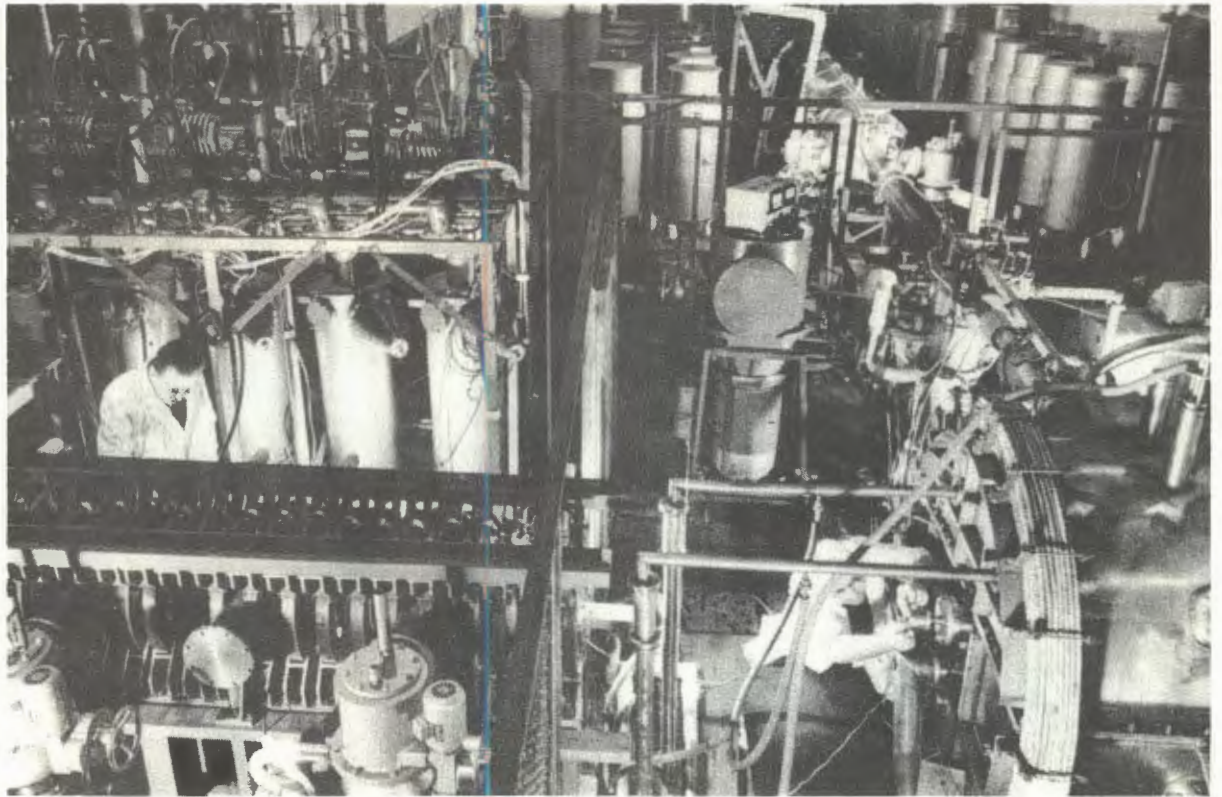
Чтобы эта ядерная реакция была эффективной, кинетическая энергия альфа-час-

тиц должна быть сравнима с высотой кулоновского барьера ( $E \geq 10,6$  Мэв).

Были проведены измерения гамма-спектра  $^{31}_{66}\text{Ga}$ , период полураспада которого составляет 9,4 часа, а основные линии гамма-квантов следующие:

0,511 Мэв (114%), 1,039 Мэв (37%), 2,748 Мэв (25%) (в скобках приведен абсолютный квантовый выход). В экспериментах использовался сцинтилляционный гамма-спектрометр в сочетании с анализатором импульсов АИ-128. Кристалл





109. Модель коллективного ускорителя. На переднем плане - ускоряющая секция, состоящая из четырех коаксиальных резонаторов, с системой соленоидов ведущего магнитного поля. После ускорения в этой секции вместе с электронным кольцом протоны приобретут энергию около 100 Мэв.

110. Внутренняя часть камеры адгезатора.





111. Блок-схема установки для измерения энергии и числа альфа-частиц, ускоренных в адгезаторе.

NaI имел размеры 40x40 мм. Разрешение по линии  $^{137}\text{Cs}$  составляло 12%.

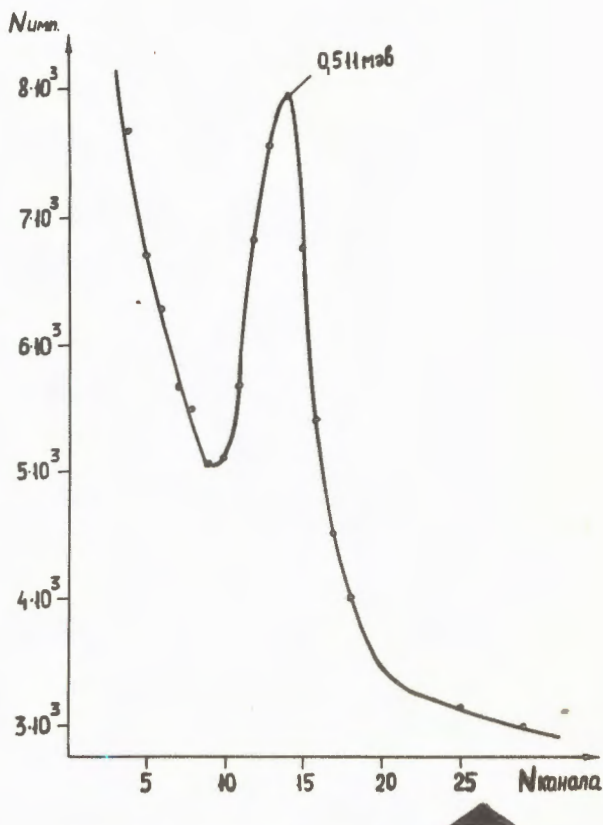
В гамма-спектре облученной в адгезаторе мишени присутствуют две линии, соответствующие энергиям 0,511 и 1,039 Мэв.

Чтобы определить энергию альфа-частиц, мишень была сделана наборной из пяти медных фольг толщиной 12 микрон каждая и пяти алюминиевых фольг толщиной 20 микрон каждая. Функция возбуждения реакции (1) по слоям мишени показана на рис. 113.

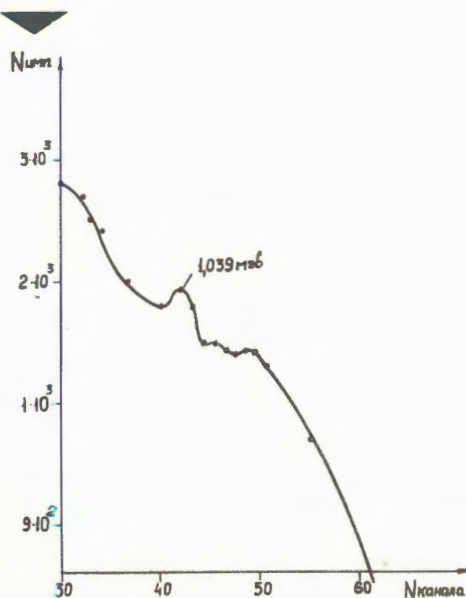
Результаты измерений, проверенные облучением контрольной стопки медных мишеней на циклотроне У-200 Лаборатории ядерных реакций, показали, что энергия ускоренных альфа-частиц превышает 20 Мэв.

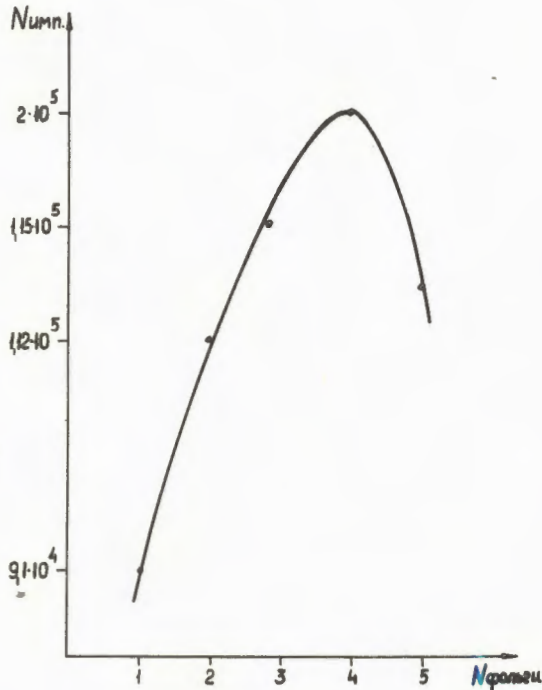
По выходу реакции (1) определялось число частиц, упавших на мишень за время облучения. Оно оказалось равным  $(3-5) \cdot 10^9$  для разных серий облучения.

Так был установлен факт ускорения альфа-частиц коллективным методом, определены их энергия и количество.



112. Гамма-спектр медной мишени, облученной альфа-частицами на выходе из адгезатора.





113. Функция возбуждения мишени (по слоям).

### Создание экспериментальных установок

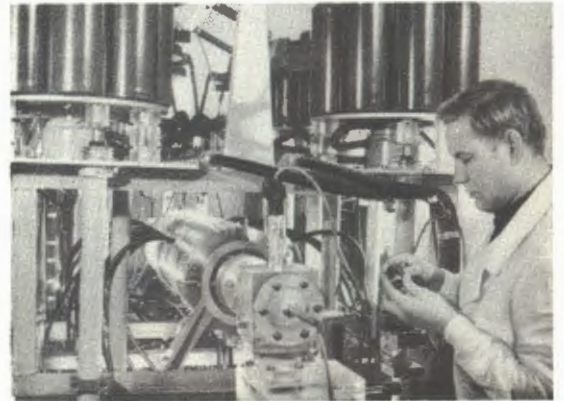
Смонтирована секция ускорителя СИЛУНД, и начаты ее физические испытания. Газофокусированный электронный пучок с током 600 а ускорен до энергии 350 кэв. Наладочные работы на секции продолжаются.

Начат монтаж ускорителя, состоящего из четырех таких секций. Смонтирована ускорительная секция с теплыми резонаторами (четыре резонатора), и ведется ее наладка.

Нанесение сверхпроводящих покрытий ионным методом позволяет вести процесс при давлении остаточных газов

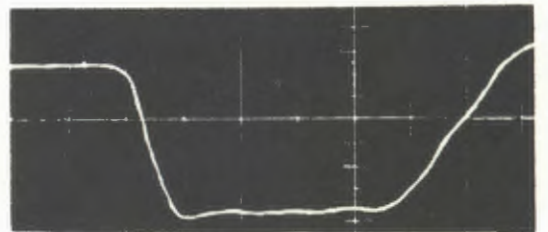
$(1-5) \cdot 10^{-7}$  тор, что способствует получению пленок, достаточно чистых по химиче-

скому составу. Напыление осуществляется на различные по форме поверхности. На модели камеры для напыления получена скорость образования пленки ниобия  $2000 \text{ \AA} / \text{мин.}$



114. Секция ускорителя СИЛУНД. Номинальные данные секции: энергия пучка электронов 700 кэв, ток 2000 а.

115. Осциллограмма импульса одного из модуляторов секции ускорителя СИЛУНД. Масштаб времени: 1 клетка - 20 нсек; масштаб напряжения: 1 клетка - 30 кв.





116. Испытания модели камеры для напыления сверхпроводящих пленок. На втором плане виден рабочий вариант камеры.

117. Строительство нового здания Отдела новых методов ускорения.



### Теоретические исследования

Исследования вопросов устойчивости кольца, излучения в переходных структурах и фокусировки дали новые данные в решении следующих задач.

1. Пролет релятивистского сгустка через круглое отверстие в металлическом экране. Показана возможность получения точного решения задачи в виде, пригодном для численных расчётов.

2. Прохождение резонанса  $Q_p = 1$  с учётом нелинейных поправок в собственных полях кольца с неоднородным рас-

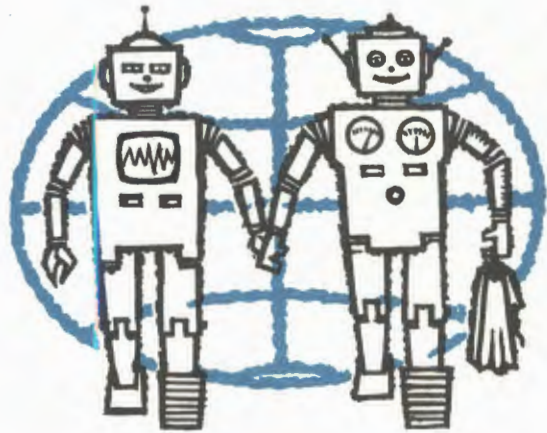
пределением плотности по сечению. Предварительные расчёты показывают, что этот резонанс не очень опасен.

3. Стационарные состояния самофокусирующихся пучков с большим  $v/\gamma$ . Построена модель нейтрализованного кольца и доказано существование заряженного состояния прямолинейного пучка с большим током.

4. Эффект фокусировки в гофрированном магнитном поле обобщен на движение кольца в произвольном магнитном поле, переменном в пространстве и времени. Исследуются приближения в решении задачи и условия фокусировки.

РУКОВОДЯЩИЕ И  
КОНСУЛЬТАТИВНЫЕ  
ОРГАНЫ

МЕЖДУНАРОДНЫЕ  
СВЯЗИ



## Деятельность руководящих и консультативных органов

6-9 января 1970 года состоялась XXVII сессия Учёного совета Объединенного института ядерных исследований.

Совет отметил, что решения, принятые на XXV и XXVI сессиях, в основном выполнены. Совет одобрил мероприятия дирекции института по подготовке и выработке пятилетнего плана развития ОИЯИ на период 1971-1975 г.г. Ученый совет заслушал и обсудил отчеты о деятельности института в 1969 году и планы научных исследований на 1970 год. Была одобрена деятельность по выполнению программы научных работ ОИЯИ на ускорителе ИФВЭ. Совет отметил значительную работу, проделанную в истекшем году по пректированию ИБРа-2.

Были утверждены планы международного сотрудничества на 1970 год, и вручены дипломы авторам открытия антисигма-минус-гиперона, а также дипломы ОИЯИ за лучшие работы 1968 года.

Комитет Полномочных Представителей на сессии 13-14 января 1970 года одобрил работу института по выполнению научно-исследовательской программы 1969 года, решения Учёного совета по научным исследованиям в лабораториях института и совместным исследованиям с институтами стран-участниц. Были утверждены планы научных работ на 1970 год и заслушано сообщение дирекции об ожидаемом исполнении бюджета ОИЯИ за 1969 год, о проектах бюджета штатной численности и планах капитального строительства на 1970 год. Комитет обсудил доклад о проекте пятилетнего плана развития ОИЯИ на 1971-1975 г.г., утвердил объем капиталовложений на пятилетку 1971-1975 г.г. и главные научные направления института на этот период. В связи с истечением срока полномочий вице-директора института профессора Х. Христова Комитет Полномочных Представителей избрал вице-директором Объединенного института ядерных исследований профессора А. Михула на срок два года.

На XI сессии Учёного совета по физике высоких энергий



118. На сессии Комитета  
Полномочных Представителей.

(26–29 мая 1970 года) и XI сессии Учёного совета по физике низких энергий (26–28 мая 1970 года) были заслушаны доклады о ходе выполнения тематических планов научно-исследовательских работ лабораторий ОИЯИ, отчёты о выполнении решений X сессии Учёного совета по физике низких энергий и работе комитетов по ядерной и нейтронной физике. Рассмотрены вопросы сотрудничества ОИЯИ с ИФВЭ, выполнения экспериментальных исследований на ускорителе в Серпухове, подготовки ОИЯИ к международным конференциям по физике высоких энергий в Киеве и по аппаратуре в физике высоких энергий в Дубне. В связи с истечением срока полномочий рабочих органов Фотоэмульсионного, Камерного и Электронного комитетов был избран новый состав их на срок 2 года. Были отмечены важные результаты по изучению нейтронодефицитных ядер, полученные в отделе ядерной спектроскопии и радиохимии Лаборатории ядерных проблем, и ценность проводимых в институте разработок по усовершенствованию У-120 для стран-участниц.



119. Полномочные Представители стран-членов ОИЯИ знакомятся с работами, проводимыми в ЛВТА.

9–12 июня 1970 года состоялась XXVIII сессия Учёного совета ОИЯИ. На ней была одобрена деятельность ученых советов по физике высоких и низких энергий, заслушано сообщение о решениях XI сессий этих советов, а также доложены результаты наиболее важных исследований. Были одобрены проведенные в 1969–1970 г.г. дирекцией и лабораториями ОИЯИ мероприятия по совершенствованию тематического планирования научно-исследовательских работ. XXVIII сессия решила просить дирекцию института об установлении рабочих контактов с Постоянной комиссией по использованию атомной энергии в мирных целях и Постоянной комиссией по вычислительной технике СЭВ при решении научно-технических проблем в области стандартизации радиоэлектронной аппаратуры и при использовании средств вычислительной техники в ОИЯИ. Была принята к сведению информация о ходе капитального строительства в 1970 году. Сессия утвердила решение жюри о присуждении премий ОИЯИ за лучшие работы, выполненные в 1969 году.

22–24 октября 1970 года была проведена IV сессия Ученого совета ОИЯИ по теоретической физике. На сессии обсуждались отчётные доклады о работе отделов элементарных частиц и теории ядра. Совет одобрил научные планы и планы международного сотрудничества ЛТФ ОИЯИ и доклад о перспективах развития теоретических исследований в ОИЯИ на 1971 год. Совет отметил весьма успешную работу международных конференций по физике высоких энергий в Киеве и по нелокальной квантовой теории поля в Азау. Труды учёных ЛТФ, представленные на эти конференции, внесли существенный вклад в развитие физики элементарных частиц и атомного ядра.

27–30 октября 1970 года состоялась XXIX сессия Ученого совета Объединенного института ядерных исследований, обсудившая отчёты о научно-исследовательской деятельности лабораторий института в 1970 году и проблемно-тематические планы на 1971 год. Были сде-





120. Ученые института в гостях у экипажа теплохода "Ф. Жолио-Кюри". Общественные организации ОИЯИ являются шефами экипажа этого теплохода.



ланы сообщения о работе специализированных комитетов. Одобрена деятельность дирекции по развитию международного сотрудничества и связей института с другими научными центрами и утверждены планы сотрудничества лабораторий ОИЯИ с научно-исследовательскими организациями стран-участниц на 1971 год.

Ученый совет отметил, что успешное осуществление на синхрофазотроне ускорения дейтронов до энергии 11 Гэв от-

крыло новые уникальные возможности для использования синхрофазотрона для проведения исследований в области релятивистской ядерной физики. Совет обсудил доклады о перспективах научных исследований на ИБРе-2, сильноточном фазотроне и синхрофазотроне. В основном был одобрен предложенный дирекцией института график строительных и монтажных работ на 1971 год. Состоялись выборы на должности директоров лабораторий и их

заместителей. Группе сотрудников были вручены дипломы за лучшие работы 1969 года, удостоенные премий ОИЯИ.

Комитет Полномочных Представителей на совещании 25–26 ноября 1970 года одобрил деятельность института по выполнению научно-исследовательской программы 1970 года, утвердил принятые XXIX сессией Ученого совета планы научных работ на 1971 год; одобрил решения Ученого совета по научным исследованиям в лабораториях института и совместным исследованиям с институтами стран-участниц, по расширению международного сотрудничества Объединенного института, планы сотрудничества с лабораториями стран-участниц на 1971 год и план проведения научных совещаний, организуемых ОИЯИ в 1971 году.

Комитет Полномочных Представителей утвердил отчет об исполнении бюджета института за 1969 год и заслушал отчет дирекции об ожидаемом исполнении бюджета за 1970 год, утвердил бюджет, штатную численность сотрудников института и план капитального строительства на 1971 год.

Комитет Полномочных Представителей избрал академика Н.Н. Боголюбова директором и профессора Н. Соднома вице-директором Объединенного института ядерных исследований на следующий срок.

Комитет по ядерной физике на двух своих сессиях (10–17 мая, Будапешт, и 20–23 октября, Дубна) заслушал доклады об изучении структуры ядра с помощью заряженных частиц и дальнейших возможностях этих исследований. Комитет рассмотрел и одобрил план научных работ лабораторий в области ядерной физики низких энергий, обсудил проблему изучения легких ядер с большим избытком нейтронов, которая интенсивно решается в Лаборатории ядерных реакций, и наметил

направления дальнейших исследований в этой области.

Комитет по нейтронной физике (11–16 мая, Краков, и 20–21 октября, Дубна) обсудил следующие вопросы: рекомендации по основным физическим направлениям исследований на ИБРе-2 и по оборудованию реактора физической аппаратурой для обеспечения развития этих направлений, сообщения о работах, сделанных некоторыми группами и отделом радиоэлектроники, выполнение плана совместных работ в 1970 году и плана международного сотрудничества ЛНФ на 1971 год. В Кракове был проведен семинар по физике конденсированных сред с участием ученых из ряда институтов ПНР.

Камерный комитет (12–14 мая, 20–22 октября) на совместном заседании с Электронным комитетом одобрил проекты создания установок со стримерными камерами СКМ-20 и РИСК и рекомендовал порядок приоритета камерных работ. Комитет поддержал предложение лабораторий Кракова и Варшавы о проведении рабочего собрания по координации исследований, связанных с обработкой материалов с 2-метровой пропановой камеры, облученной на ускорителе ИФВЭ. Комитет предложил своему рабочему органу подготовить рекомендации по повышению эффективности использования камерных установок ОИЯИ.

Электронный комитет (12–14 мая, 20–22 октября) заслушал сообщения о проводимых в Объединенном институте экспериментах, а также о проектах новых работ на ускорителях ОИЯИ и ИФВЭ. Широко обсуждались вопросы развития методики, в особенности внедрения стандартных систем наносекундной электроники и съема информации с проволочных искровых камер, а также развития вычислительной техники в ОИЯИ.

Фотоэмульсионный комитет (12–14 мая, 20–22 октября) провел совместные заседания с Камерным и Элект-

ронным комитетами для обсуждения экспериментов ОИЯИ на ускорителе 76 Гэв в Серпухове, проектов создания больших стримерных камер для исследований на этом ускорителе, а также вопроса о проведении в странах-участницах ежегодных научных совещаний по тематике комитетов.

На отдельном заседании Фотоэмульсионного комитета основное внимание было уделено работам, выполненным на эмульсиях, облученных  $\pi^-$ -мезонами с импульсом 45-65 Гэв/с на ускорителе ИФВЭ, и предстоящим облучениям фотоэмульсии в импульсном магнитном поле.

## Премии ОИЯИ за 1969 год

На соискание премий Объединенного института ядерных исследований за 1969 год было представлено 15 лучших научно-исследовательских работ, выполненных сотрудниками института.

Решением Ученого совета ОИЯИ от 13 июня 1970 года были присуждены премии за следующие работы.

### Научно-исследовательские работы

Первая премия за научно-исследовательскую работу "Измерение параметра наклона дифференциального сечения упругого  $pp$ -рассеяния в интервале энергий 12-70 Гэв", авторы: Г.Г. Безногих, А. Буж, Н.К. Жидков, В.Й. Заячки, Л.С. Золин, К.И. Йовчев, Л.Ф. Кириллова, П.К. Марков, Б.А. Морозов, В.А. Никитин, П.В. Номоконов, В.А. Свиридов, Чыонг Бьен, М.Г. Шафранова.

Две вторые премии ОИЯИ за научно-исследовательские работы:

1. "Теория внутриядерных каскадов при высоких и сверхвысоких энергиях", авторы: В.С. Барашенков, С.М. Елисеев, В.Д. Тонеев.

2. "Получение изотопов легких элементов с большим избытком нейтронов в ядерных реакциях с тяжелыми ионами.

Новые изотопы  $^{18}\text{C}$ ,  $^{20,21}\text{N}$ ,  $^{22,23,24}\text{O}$ ,  $^{23,24,25}\text{F}$ ,  $^{25,26}\text{Ne}$ ", авторы: А.Г. Артюх, В.В. Авдейчиков, Я. Вильчински, В.В. Волков, Г.Ф. Гриднев, В.Л. Михеев, Я. Эрё.

### Научно-методические работы

Первая премия ОИЯИ за научно-методическую работу "Исследовательский реактор ИБР-30", авторы: Б.Н. Ананьев, Б.Н. Бунин, Н.Л. Владимиров, В.П. Воронкин, Б.И. Воронов, В.И. Константинов, Н.А. Мацуев, С.К. Николаев, В.П. Пластинин, Г.Н. Погодаев, В.Т. Руденко, И.М. Франк, Е.П. Шабалин, Ф.Л. Шапиро.

Вторая премия ОИЯИ за научно-методическую работу "Новый способ регистрации частиц (пропорциональная камера)", авторы: В.А. Бирюков, В.Г. Зинов, А.Д. Конин.

Присуждены дополнительно вторые премии за научно-методические работы, ввиду их большой научной ценности и значения для развития института:

1. "Методы получения высокоактивных препаратов редкоземельных элементов для ядерной спектроскопии", авторы: Г.Ю. Байер, Н.А. Лебедев, Ф. Мольнар,

А.Ф. Новгородов, В.А. Халкин, Э. Херрманн.

2. "Система математического обеспечения БЭСМ-6 с транслятором с ФОРТ-РАНа", авторы: Н.Н. Говорун, И.Н. Силин, В.П. Шириков, Р.Н. Федорова, А.И. Волков, В.Ю. Веретёнов, Н.С. Заикин, В.А. Загинайко, Г.Л. Мазный, Э. Бродчинский.

## Международные связи и научное сотрудничество

Международное научное сотрудничество Объединенного института ядерных исследований, которое с каждым годом укрепляется и расширяется, имеет для института большое значение, так как содействует решению стоящих перед ним задач. В 1970 году международные связи института развивались в следующих направлениях:

- проведение работ совместно с научно-исследовательскими учреждениями стран-участниц;
- командировки специалистов института в страны-участницы и прием специалистов стран-участниц в ОИЯИ;
- организация научных совещаний ОИЯИ;
- участие ученых Объединенного института в международных и национальных научных конференциях;
- командировки специалистов института в научные центры стран, не являющихся членами института, и прием ученых из этих стран.

Сотрудничество  
лабораторий института  
с научно-исследовательскими  
организациями  
стран-участниц

Все лаборатории Объединенного института поддерживают тесные контакты с научно-исследовательскими организациями стран-участниц. Подписание в 1970 году Соглашения о сотрудничестве между Объединенным институтом ядерных исследований и Госкомитетом по использованию атомной энергии СССР способствовало расширению связей ОИЯИ с Институтом физики высоких энергий в Серпухове, Ереванским физическим институтом и другими институтами СССР.

Лаборатория высоких энергий активно сотрудничает с различными научными центрами стран-участниц. Мюн-

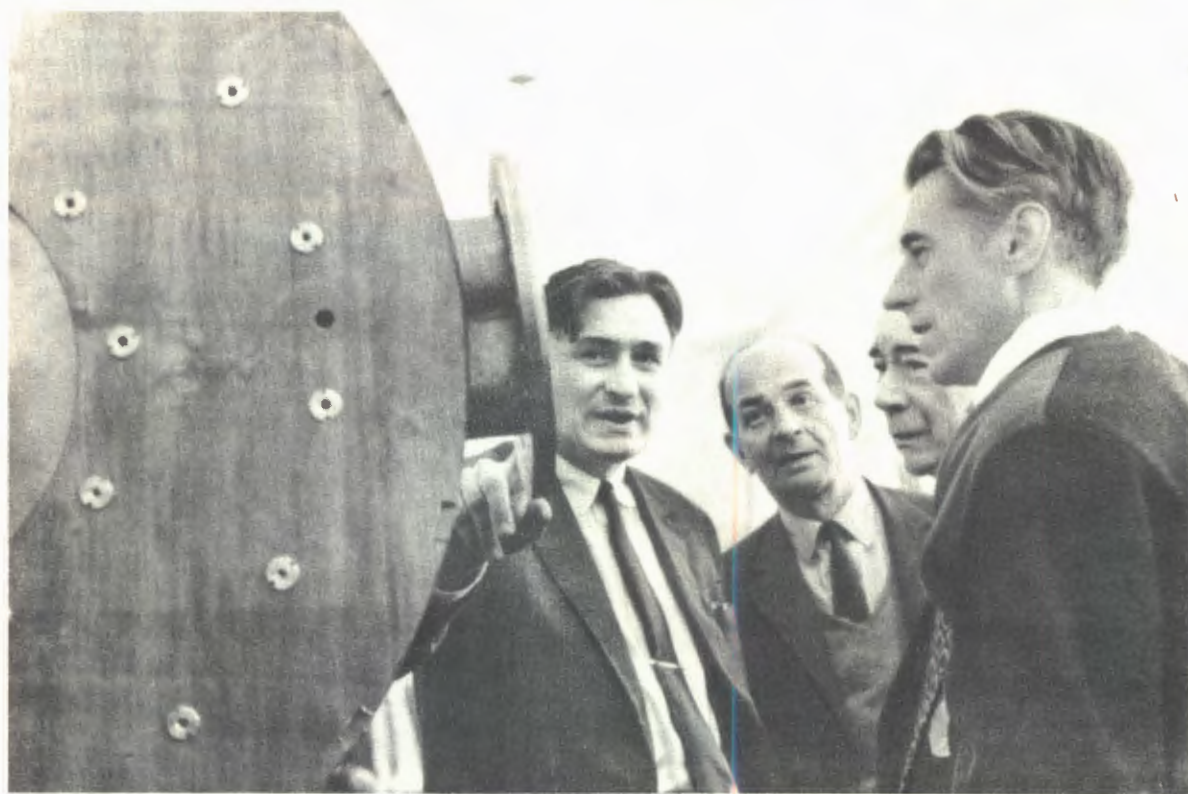
гие работы ведутся на базе протонного синхротрона в Серпухове, в частности, изучение упругого рассеяния протонов на протонах и дейтронах (эксперимент группы В.А. Никитина), исследования регенерации  $K^0$ -мезонов при высоких энергиях (эксперимент группы И.А. Савина), изучение взаимодействий частиц высоких энергий с ядрами с помощью методики фотоэмульсий (группа К.Д. Толстова).

Группа Р.М. Лебедева совместно с физиками ГДР, Монголии, Румынии, Чехословакии изучает неупругие взаимодействия  $\pi$ -мезонов с протонами с помощью 1-метровой пузырьковой камеры на синхрофазотроне. Физики группы З. Стругальского вместе с учеными Венгрии и Польши ведут исследования бозонов с помощью ксеноновой пузырьковой каме-

ры, облученной на ускорителе ИТЭФ (Москва).

Экспериментальная информация передается другим лабораториям в виде облученных фотоэмульсий, фотографий с пузырьковых камер и впервые в истекшем году - путем передачи магнитных лент для последующей их обработки в институтах стран-участниц.

Лаборатория сотрудничает со странами-участницами в разработке новой экспериментальной аппаратуры: с Венгрией - в создании установок для изучения нейтрон-протонных взаимодействий на ускорителе ИФВЭ (группа И.А. Савина и Д. Киша), с Польшей - в разработке большого спектрометра для исследования свойств векторных мезонов (группы М.Н. Хачатуряна и Р. Фирковского), электроники для экспе-



121. Румынские учёные академик Х. Хулубей, академик Ш. Цицейка и профессор А. Михуя знакомятся с работами Отдела новых методов ускорения.

риментов по когерентному рождению резонансов (группы Э.Н. Цыганова и П. Зеллинского).

Лаборатория ядерных проблем. В течение нескольких лет группа В.М. Сидорова совместно с физиками Болгарии, Монголии, Румынии, а также Франции эффективно ведет исследования по захвату пионов и мюонов легкими ядрами, двойной перезарядке пионов.

В 1970 году в Физическом институте БАН в Софии в сотрудничестве с группой Ю.А. Щербакова запущена установка с диффузионной камерой в магнитном поле на реакторе этого института и получены первые фотографии процессов захвата нейтронов ядрами с образованием электрон-позитронной пары.

Закончен первый этап экспериментов на электронном ускорителе в Ереване по рассеянию электронов высоких энергий протонами.

Эти эксперименты ставятся физиками групп Ю.К. Акимова, Ю.М. Казаринова, Л.И. Лapidуса из Лаборатории ядерных проблем, группы М. Петрашку из ИАФ в Бухаресте и группы Г. Бадаляна из Физического института в Ереване.

На ускорителе 70 Гэв в Серпухове проведена первая серия экспериментов по поиску новых тяжелых частиц и антиядер с помощью многопараметровой установки, созданной специалистами Лаборатории ядерных проблем при активном участии Института физики высоких энергий ГАН.

Отдел ядерной спектроскопии и радиохимии осуществил 25 поставок радиоактивных изотопов в научные центры Болгарии, Польши, СССР, Чехословакии.

Расширяются взаимнополезные связи отдела полупроводниковых детекторов с физиками Болгарии, ГДР, Польши.

Группа В.С. Евсеева совместно с физиками Польши (группа З. Суйковского) выполнила три важные работы с использованием нейтронного спектрометра и электроники, частично изготовленной в Польше.

Лаборатория теоретической физики поддерживает научные контакты

со странами-участницами во всех основных направлениях своих исследований: в области взаимодействия элементарных частиц при высоких энергиях, свойств симметрии элементарных частиц, в области теории ядра, физики твердого тела, ядерных реакций и других проблем. По ряду тем имеются совместные публикации.

А.Н. Тавхелидзе, И. Тодоров, В.Г. Кадышевский, В.А. Матвеев и другие ученые ЛТФ выполняют ряд исследований в сотрудничестве с болгарскими теоретиками.

Отдел В.Г. Соловьева успешно ведет совместные работы по теории ядра с теоретиками из научных организаций ГДР и Польши. С учеными этих стран лаборатория сотрудничает и в области физики твердого тела.

Научные связи Лаборатории ядерных реакций с институтами стран-участниц осуществлялись в области структуры ядра, в разработке циклотронной техники и электронной аппаратуры.

Продолжались совместные работы с Институтом атомной физики в Бухаресте и с Центральным институтом физических исследований в Будапеште по исследованию спонтанно делящихся изомеров.

Группа С. Хойнацкого проводила эксперименты при участии физиков ИЯИ и Варшавского университета с помощью бета-спектрометра в области исследования структуры ядра. Были найдены новые изотопы висмута, и установлены схемы распада этих изотопов. Исследован ряд изотопов радона.

Лаборатория тесно сотрудничает с ЦИФИ (Будапешт) в использовании ЭВМ в физическом эксперименте и визуальном представлении данных с многоканальных измерительных систем и ЭВМ.

Группа В. Нойберта вместе с ЦИЯИ в Россендорфе проводит исследования возбужденных состояний сложных ядер на пучке тяжелых ионов. В области реконструкции циклотронов лаборатория сотрудничает с Польшей и Румынией.

Лаборатория нейтронной физики работает в тесном контакте с науч-



но-исследовательскими организациями Болгарии, Венгрии, ГДР, Польши, Советского Союза, Чехословакии и других стран.

Группа Н. Кроо совместно с ЦИФИ (Будапешт) проводила исследования критического состояния магнитных материалов и исследования коллективных магнитных возбуждений в чистых и магнитоприемных кристаллах.

Лабораторию связывает многолетняя совместная работа с Институтом ядерной физики в Кракове, Институтом ядерных исследований в Сверке, Варшавским, Ягеллонским и Лодзинским университетами.

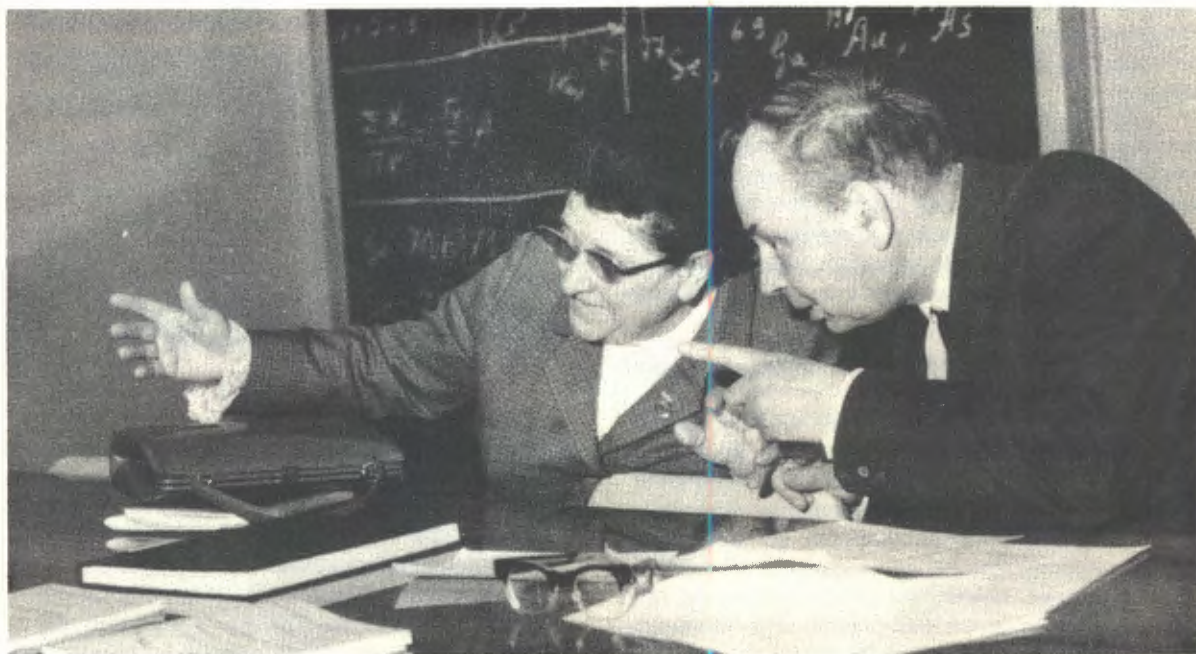
Продолжается активное сотрудничество лаборатории с институтами стран-участниц в создании экспериментальной аппаратуры. Учеными ГДР с участием специалистов лаборатории создана сложная аппаратура для измерений нейтрон-нейтронных и нейтрон-протонных длин рассеяния в реакциях ионов трития с ядрами трития и гелия-3 и автоматизированная аппаратура для изучения изобар-аналоговых состояний ядер. На ЭГ-2 и ЭГ-5 с помощью этих установок ведутся совместные измерения.

Монгольскими специалистами совместно с учеными лабораторий нейтронной физики, ядерных реакций и ядерных проблем завершается создание аппаратуры для исследования короткоживущих изомерных изотопов в милли- и микросекундном диапазоне, запущен нейтронный генератор, на котором будут проводиться эти работы.

Физиками Польши и ЛНФ разработан и изготовлен спектрометр с "обратной" геометрией, завершается его отладка на пучке ИБРа-30.

Институтами СССР совместно с отделами лаборатории завершается рабочий проект мощного импульсного реактора ИБР-2. Отдел ИБРа-2 лаборатории и исследовательские институты Венгрии, ГДР,

*122. Дубну посетила Цола Драгойчева, член Политбюро Болгарской Коммунистической партии. На снимке: академик И.М. Франк рассказывает Ц. Драгойчевой о работах, которые ведут ученые Лаборатории нейтронной физики на импульсном реакторе.*



Польша, Чехословакия ведут разработку исследовательской измерительной аппаратуры для этого реактора.

Лаборатория вычислительной техники и автоматизации сотрудничает с Центральным институтом физических исследований в Будапеште в создании системы вычислительных машин на базе ЭВМ центрального вычислительного комплекса ОИЯИ и периферийных ЭВМ. Совместно с институтами СССР и ИФВЭ (ГДР) проводится разработка математического обеспечения БЭСМ-6. С рядом институтов стран-участниц лаборатория сотрудничает в создании программ по обработке данных с пузырьковых камер и в области автоматизации обработки экспериментальных данных.

Сканирующий автомат типа "Спиральный измеритель" разрабатывается совместно с институтами ГДР, Польши и СССР.

Установились широкие связи и обмен специалистами между лабораторией и физическими центрами стран-участниц. Многие из этих центров используют разработки лаборатории. Созданное в лаборатории математическое обеспечение, в том числе математическое обеспечение БЭСМ-6 с транслятором с ФОРТРАНа, внедрено или внедряется на ЭВМ институтов стран-участниц.

Отдел радиационной безопасности института совместно с Физическим институтом БАН, Центральным институтом ядерных исследований ГДР и Институтом ядерных исследований в Сверке ведет работы в области защиты от излучений, дозиметрического контроля и других исследований.

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

Большое значение для укрепления связей лабораторий института с научно-исследовательскими организациями стран-

участниц, выполнения совместных научных исследований и методических разработок имеют командировки сотрудников института в страны-участницы и специалистов стран-участниц в ОИЯИ.

В течение года ОИЯИ направил 287 наших специалистов в страны-участницы, не считая СССР, из них 175 человек с целью выполнения совместных работ, 72 человека для участия в научных совещаниях и 40 человек для обмена опытом и чтения лекций.

В институты стран, являющихся членами института, выезжали ведущие ученые ОИЯИ: И.М. Франк, Г.Н. Флеров, В.П. Желепов, А.М. Балдин, В.П. Саранцев, А.А. Тяпкин и другие.

В 1970 году Объединенный институт принял из стран-участниц 446 специалистов, наибольшее количество их приезжало в лабораторию ядерных проблем, нейтронной физики и высоких энергий. Эти командировки были связаны с совместными работами и обменом опытом.

#### Научные совещания, проведенные ОИЯИ

В 1970 году Объединенный институт был организатором 12 научных и 16 научно-организационных совещаний.

Лаборатория теоретической физики провела II Международное совещание по нелинейной и нелокальной квантовой теории поля в Азау (СССР), в котором участвовали ученые 10 стран. Совещание прошло успешно и помогло укреплению международных связей теоретиков, работающих в этой области.

Крупным событием в жизни Объединенного института явилась II школа по применению ЭВМ в экспериментальной физике, организованная ОИЯИ совместно с Советом по автоматизации научных исследований при Президиуме АН СССР. В качестве лекторов были приглашены ведущие специалисты ОИЯИ и его стран-участниц, а также ЦЕРНа и Англии. В работе школы приняло участие свыше 200

специалистов. Обсуждавшиеся вопросы имели большую актуальность.

Международная школа по теоретической физике для экспериментаторов была проведена совместно с ЦЕРНом в Финляндии. От Объединенного института и его стран-участниц там присутствовало 35 физиков. В качестве лекторов школы было приглашено несколько наших ученых. Первый опыт совместной организации международной школы Дубной и ЦЕРНом оказался успешным. Целью школы было глубокое изучение слушателями наиболее важных вопросов современной теории элементарных частиц, а также ознакомление с новейшими экспериментальными данными.

Лаборатория ядерных проблем была организатором Международной конференции по аппаратуре в физике высоких энергий. На конференции присутствовали 228 учёных из 27 стран. Ценный вклад в ее работу внесли физики ОИЯИ, которые представили более 20 докладов.

Для обмена научно-технической информацией и популяризации научно-технических успехов стран-участниц Объединенного института ядерных исследований Советом по электронике института была устроена выставка электронных приборов для ядерной физики и проведено совещание экспертов стран-участниц ОИЯИ по вопросам стандартизации в области ядерной электроники. Выставка способствовала обеспечению ведущихся в ОИЯИ экспериментов аппаратурой, разработанной в этих странах.

Успешно прошли организованные ОИЯИ Международный семинар по радиохимии и Совещание по физике малонуклонных систем.

#### Научные совещания, организованные другими физическими центрами

466 специалистов Объединенного института в 1970 году приняли участие в 32 конференциях, семинарах, школах и совещаниях, проведенных в странах - членах

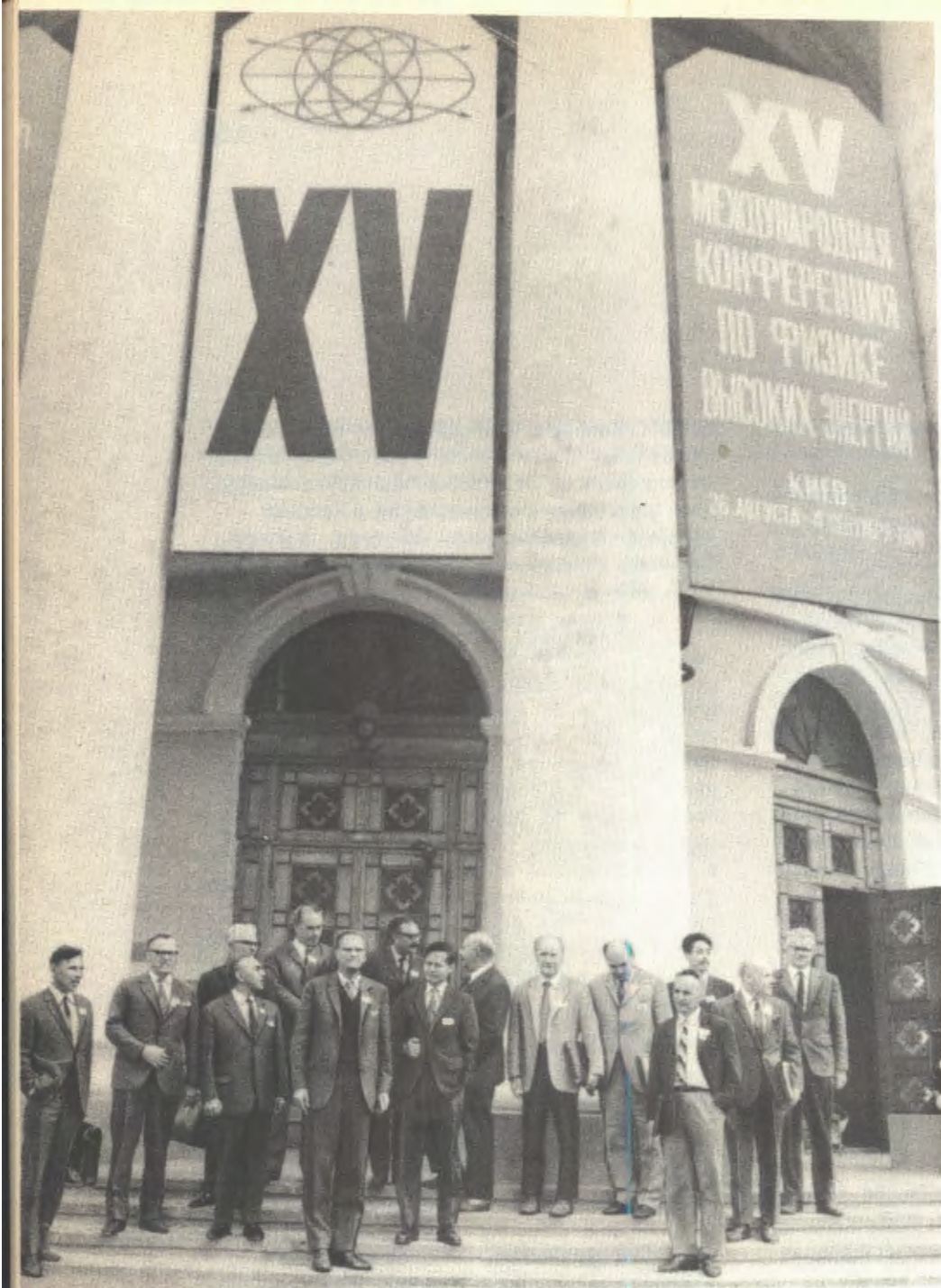
ОИЯИ: Венгрии, ГДР, Польше, Румынии, Советском Союзе; и 87 ученых института участвовали в 35 конференциях, симпозиумах и школах, состоявшихся в других странах: Италии, США, Австрии, Англии, Франции, Финляндии, Голландии, Югославии, ФРГ, Швейцарии, Японии.

Крупнейшим научным событием года явилась XV Международная конференция по физике высоких энергий, проходившая в Киеве с 26 августа по 4 сентября. ОИЯИ играл активную роль в организации и проведении конференции. Делегация института, состоявшая из 92 физиков, представила 64 доклада. В центре внимания конференции были экспериментальные и теоретические исследования по физике сильных взаимодействий элементарных частиц. Многие доклады физиков Дубны имели большой успех: эксперименты, выполненные в Серпухове, ряд работ наших теоретиков.

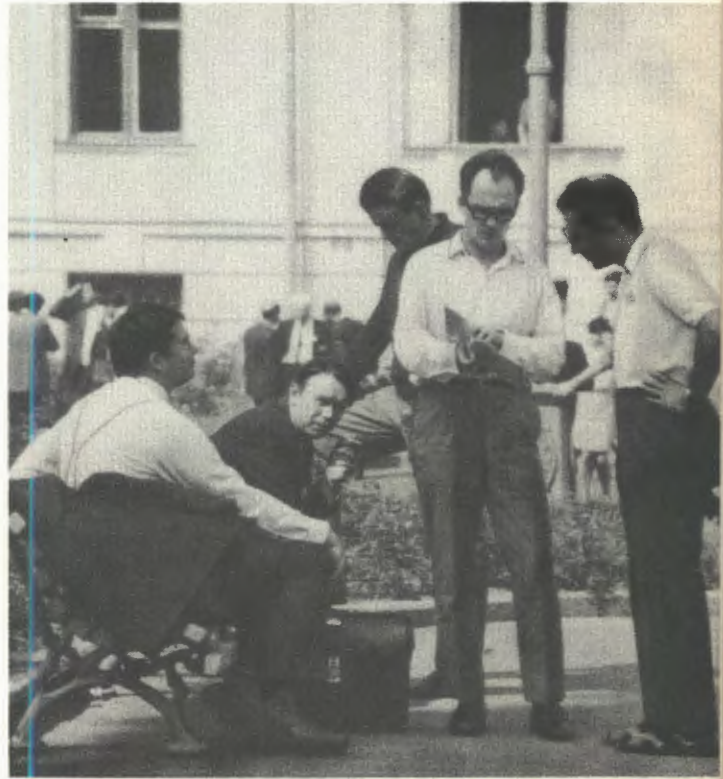
Объединенный институт направлял представительные делегации на Всесоюзное совещание по ядерной спектроскопии и теории атомного ядра в Ленинграде, Семинар по ядерной спектроскопии в Кракове, Проблемный симпозиум по физике ядра в Новосибирске и др. совещания.

Специалисты ОИЯИ выезжали на Международную конференцию по свойствам ядер, далеких от области стабильности, в Лейзен (Швейцария). Большой интерес на ней вызвали доклады, представленные Объединенным институтом.

Наши делегации были представлены на Международной конференции по системам обработки данных по физике высоких энергий в Кембридже (Англия), Международной конференции по микроэлектронике в Париже, Международной конференции по мезонным резонансам и Гордоновской конференции по ядерной химии в США, Международной конференции по магнетизму в Гренобле (Франция), Международной конференции по электромагнитным масс-сепараторам в Марбурге (ФРГ) и др.



123. Объединенный институт принял участие в организации и проведении XV международной конференции по физике высоких энергий, которая проходила в Киеве с 26 августа по 4 сентября 1970 года. В работе конференции участвовали 82 учёных ОИЯИ, институт представил на конференцию 64 доклада с результатами новых исследований.





**МЕЖДУНАРОДНАЯ  
КОНФЕРЕНЦИЯ  
ПО АППАРАТУРЕ В ФИЗИКЕ  
ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ**  
Даты 8-12 сентября 1970

**INTERNATIONAL  
CONFERENCE  
on Instrumentation for  
High Energy Physics**  
Peters 8-12 September 1970



124. 8-12 сентября в Дубне была проведена Международная конференция по аппаратуре в физике высоких энергий. В конференции приняли участие более 200 учёных из 27 стран.



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

В 1970 году состоялось 79 командировок сотрудников ОИЯИ в научные центры различных стран, в том числе 18 долгосрочных командировок в крупные научные

центры: ЦЕРН, центры ядерных исследований в Орсе, Сакле, Институт Нильса Бора.

В ЦЕРНе работали 11 специалистов из разных лабораторий ОИЯИ. В.Б. Флягин (ЛЯП) принял участие в физических экспериментах на английской 1,5-метровой пузырьковой камере с тяжелой жидкостью. Целью командировки Е.И. Розанова (ЛЯП) являлось изучение проекта реконструкции синхротрона ЦЕРНа для использования этого опыта при разработке и осуществлении проекта реконструкции



125. Группа физиков из Франции, возглавляемая доктором Жанной Лаберриг, во время посещения Дубны ознакомились с работами учёных института. На снимке: французские учёные в Лаборатории высоких энергий.

126. Учёные из ЦЕРНа знакомятся с работами, проводимыми на синхротроне по программе ЯСНАПП. Физики Лаборатории ядерных проблем и ЦЕРНа сотрудничают в спектроскопических исследованиях короткоживущих ядер на пучках синхротронов.





синхроциклотрона ОИЯИ. В.А. Жуков (ЛЯП) изучил находящиеся в эксплуатации в ЦЕРНе сверхпроводящие магнитные системы и работы ЦЕРНа по созданию ультразвуковой пузырьковой камеры, выполнил экспериментальную работу по измерению коэффициента теплопроводности материала сверхпроводящей обмотки, пропитанной эпоксидной смолой.

Сотрудники ЛВЭ Н.И. Малашкевич и С.А. Аверичев участвовали в ЦЕРНе в наладке, опробовании и отправке в Серпухов установки "Мамонт-1" для формирования импульсных магнитных полей большой напряженности. Установка предоставлена ЦЕРНом во временное пользование Фотоэмульсионному комитету ОИЯИ.

Хорошо развиваются связи ОИЯИ с французскими научными центрами. В Ла-

боратории корпускулярной и теоретической физики в Страсбурге-Кроненбурге Ю.А. Батусов (ЛЯП) работал вместе с французскими коллегами над изучением явления двойной перезарядки пи-мезонов, обнаруженного в Дубне. Ю.Ц. Оганесян (ЛЯР) проводит эксперименты по синтезу трансурановых элементов в Институте ядерной физики в Орсе.

Были завершены некоторые долгосрочные командировки в Институт Н. Бора, начатые в 1969 году. С.М. Поликанов участвовал в исследованиях спонтанно делящихся изомеров, в результате которых были обнаружены и идентифицированы 8 новых делящихся изомеров и выявлен ряд закономерностей в свойствах делящихся изомеров. Работа В.А. Морозова (ЛЯП) в рамках проекта "Изольда" позволила выяс-



127. Генеральный секретарь Комиссии по атомной энергии Ирака доктор Мессер Альмаллах (на снимке - справа) побывал в Объединенном институте и познакомился с организацией ОИЯИ и проводимыми здесь исследованиями.

нить направления основных исследований по короткоживущим изотопам, ознакомиться с методами анализа и машинной обработки экспериментальных результатов. Р. Арльт (ЛЯП) занимался изучением короткоживущих изотопов на пучке. С. Хойнацки (ЛЯР) и З. Бохнацки (ЛТФ) обсудили с учеными института Н. Бора результаты исследований в области ядерной спектроскопии, а также теории эффективных взаимодействий в ядре.

Сотрудники ЛНФ Ю.А. Александров и Г.С. Самосват в Высшей технической школе в Мюнхене проводили контрольные измерения амплитуды когерентного рассеяния



128. Состоялся визит в ОИЯИ бельгийско-голландской делегации комитетов по атомной энергии, возглавляемой доктором Нев де Меверни. На снимке: гости знакомятся с моделью импульсного реактора ИБР-30.

нейтронов на порошке вольфрама-186 методом рассеяния на малые углы в связи с проводящимися в ЛНФ исследованиями взаимодействия нейтрон-электрон.

Р.Н. Фаустов (ЛТФ) работал в Туринском университете (Италия) над изучением свойств связанной системы частиц во внешних полях на основе трехмерного квазипотенциального метода и закончил исследование о магнитном моменте релятивистской связанной системы частиц.

За 1970 год Объединенный институт посетили 184 учёных из стран, не являющихся членами ОИЯИ, в том числе по обмену с другими научными центрами - 27, для чтения лекций и обмена опытом - 44, работали в качестве стипендиатов - 8, приняли участие в наших научных совещаниях и конференциях - 105. Многие из приглашенных физиков выступали с докладами и лекциями на научных совещаниях и в школах, организованных ОИЯИ.

В порядке обмена учеными с ЦЕРНом в 1970 году в ОИЯИ работали 5 физиков. В связи с развитием сотрудничества с французскими ядерными центрами 5 ученых из Сакле, Орсе и Гренобля вели исследования в Дубне.

Наиболее активно в приеме ученых из других научных центров участвовала Лаборатория теоретической физики, где трудились ученые из Австрии, Франции, ЦЕРНа, Лаборатории ядерных проблем, нейтронной физики, ядерных реакций, вычислительной техники и автоматизации также приглашали специалистов из других научных центров.

### Экскурсии в ОИЯИ

За прошедший год в Объединенном институте ядерных исследований было принято 92 группы экскурсантов (1108 человек), из них 44 группы (898 человек) - из стран-участниц, 48 групп (210 человек) из других стран.

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

СПРАВКА  
о развитии международного сотрудничества  
и связей  
Объединенного института  
ядерных исследований  
за период 1965-1970 г.г.

№№ пп	Вид сотрудничества	1965	1966	1967	1968	1969	1970
1.	Количество совместных работ	104	153	203	210	235	250
2.	Количество командировок специалистов из стран-участниц в Дубну (без совещаний)	203	252	307	301	352	446
3.	Количество командировок специалистов ОИЯИ в страны-участницы	162	210	252	258	350	287
4.	Количество научных, методических и научно-организационных совещаний	19	28	28	23	29	28
5.	Количество командировок на международные конференции и в научные центры стран, не являющихся членами Объединенного института	69	78	102	129	147	166
6.	Количество приездов ученых из стран, не являющихся членами ОИЯИ	18	52	67	49	87	176 <sup>x/</sup>
7.	Количество стипендиатов института	-	1	6	7	6	8

x/

В том числе участники Международной конференции по аппаратуре в физике высоких энергий в Дубне.

ПЕРЕЧЕНЬ  
научных совещаний,  
проведенных  
Объединенным институтом  
ядерных исследований  
в 1970 году

№№ пп	Тематика совещаний	Время проведения	Место про- ведения	Количество участников
1	2	3	4	5

А. Совещания по физике высоких энергий

1.	II международное совещание по нелокальной квантовой теории поля	15-24 марта	Азау, СССР	73
2.	Международная школа по теоретической физике для экспериментаторов (совместно с ЦЕРНом)	21 июня - 5 июля	Лома Коли, Финляндия	100
3.	Международная конференция по аппаратуре в физике высоких энергий	8-12 сентября	Дубна	228

Б. Совещания по физике низких энергий

4.	Совещание по физике малонуклонных систем	7-11 апреля	Дубна	70
5.	Международный семинар по радиохимии	29 сентября - 6 октября	Дубна	130

В. Совещания по методическим вопросам

6.	Рабочее совещание экспертов по вопросам стандартизации и выставка электронных приборов для ядерной физики	25 марта - 1 апреля	Дубна	57
7.	Совещание экспертов по физическим установкам для ИБР-2	14-18 апреля	Дубна	43

1	2	3	4	5
8.	II школа по применению ЭВМ в экспериментальной физике (совместно с АН СССР)	3-17 мая	Алушта, СССР	220
9.	Рабочее совещание по полупроводниковым детекторам ядерных излучений	2-4 июня	Дубна	57
10.	Совещание экспертов по выработке рекомендаций по дальнейшему развитию измерительно-вычислительного комплекса ОИЯИ в 1971-1975 г.г.	16-20 июня	Дубна	47
11.	Рабочее совещание о ходе научных исследований и проектных работ по моноэнергетическому циклотрону	13-16 октября	Дубна	29
12.	Совещание по перспективам использования нейтронной спектроскопии	13-16 октября	Дубна	120
<u>Г. Научно-организационные совещания</u>				
13.	Сессия Ученого совета ОИЯИ	6-9 января 10-13 июня 27-30 октября	Дубна Дубна Дубна	59 50 54
14.	Сессия Ученого совета по физике высоких энергий	26-30 мая	Дубна	23
15.	Сессия Ученого совета по физике низких энергий	26-30 мая	Дубна	36
16.	Сессия Ученого совета по теоретической физике	22-23 октября	Дубна	16
17.	Совещания Камерного комитета	12-14 мая 20-22 октября	Дубна Дубна	35 37
18.	Совещания Фотоэмульсионного комитета	12-14 мая 20-22 октября	Дубна Дубна	53 42
19.	Совещания Электронного комитета	12-14 мая 20-22 октября	Дубна Дубна	14 27

1	2	3	4	5
20.	Совещания Комитета по ядерной физике	11-16 мая 20-23 октября	Будапешт, ВНР Дубна	29 23
21.	Совещания Комитета по нейтронной физике	11-16 мая 20-22 октября	Краков, ПНР Дубна	25 31

**ПЕРЕЧЕНЬ**  
международных и национальных конференций,  
симпозиумов, семинаров, совещаний и школ,  
в которых принимали участие  
специалисты  
Объединенного института ядерных исследований  
в 1970 году

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

А. В странах-участницах института

1.	Сессия Отделения ядерной физики Академии наук СССР	5-9 января	Таллин, СССР	39 чел.
2.	Зимняя школа физиков	12 января - 1 февраля	Россендорф, ГДР	У.Хагеманн (ГДР) Р.Арльт (ГДР) Г.-У.Герш (ГДР) З.Теш (ГДР)
3.	XX совещание по ядерной спектроскопии и строению атомного ядра	28 января - 5 февраля	Ленинград, СССР	72 чел.
4.	II всесоюзная конференция по программированию	3-6 февраля	Новосибирск, СССР	20 чел.
5.	Зимняя школа физиков	3-17 февраля	Закопане, ПНР	Т.Козловски (ПНР)
6.	Конференция по дифракции нейтронов	6-20 апреля	Краков, ПНР	С.Низёл(ПНР)

1	2	3	4	5
7.	Заседание Физического общества ГДР	20-24 апреля	Дрезден, ГДР	Н.Кроо (ВНР)
8.	Международный симпозиум по чистым веществам	3-15 мая	Дрезден, ГДР	Э.Херрманн(ГДР) К.Темпельхофф (ГДР)
9.	Семинар ВДНХ по детекторам излучений	26-28 мая	Москва, СССР	34 чел.
10.	Симпозиум по проблемам создания преобразователей формы информации	26-29 мая	Киев, СССР	8 чел.
11.	I сессия Ежегодной школы по теоретической ядерной физике	27 мая - 6 июня	Москва, СССР	А.И.Вдовин (СССР)
12.	Краковско-россендорфский семинар по ядерной спектроскопии	7-17 июня	Краков, ПНР	В.И.Кузнецов (СССР) С.И.Федотов (СССР) М.И.Кривоустов (СССР) В.Нойберт (ГДР) Б.Амов (НРБ) М.Пшитула (ПНР) Е.Схвабе (ПНР)
13.	IX Краковская школа по теоретической физике	11-28 июня	Закопане, ПНР	В.Б.Беляев (СССР) О.Лхагва (МНР)
14.	II проблемный симпозиум по физике ядра	12-19 июня	Новосибирск, СССР	33 чел.
15.	Летняя школа по ядерной физике	20-28 июня	Тихань, ВНР	П.Береги (ВНР) Я.Эрё (ВНР)
16.	Летняя школа по теоретической физике	8-24 июля	Предеал, СРР	Г. Шульц (ГДР) Х.Вибики (ГДР) А.Рэдуце (СРР)
17.	Международная конференция по физике высоких энергий	26 августа - 4 сентября	Киев, СССР	92 чел.
18.	Осенняя школа по теории магнетизма переходных металлов	30 августа - 12 сентября	Закопане, ПНР	Е.Пшистава (ПНР) Л.Добжиньски (ПНР)

1	2	3	4	5
19.	III Летняя школа по ядерной физике	1-16 сентября	Краков, ПНР	Т.Кэмписты (ПНР) Я.Вильчински (ПНР) Б.Фришчин (ПНР) В.Куш (ПНР) К.Вильчинска (ПНР) Я.Тыкэ (ПНР) Е.Белевич (ПНР)
20.	Семинар по преобразованию и представлению информации в управляющих и информационно-вычислительных электронных машинах	14-16 сентября	Ленинград, СССР	Ю.И.Лыков (СССР)
21.	Конференция по автоматизации научных исследований на основе применения ЭВМ	14-18 сентября	Новосибирск, СССР	Н.Н.Говорун (СССР) Г.И.Забиякин (СССР) Л.С.Нефедьева (СССР) В.Н.Поляков (СССР)
22.	VII семинар по экономико-политическим проблемам	21 сентября - 3 октября	Краков, ПНР	З.Бохнацки (ПНР) А.Зелински (ПНР)
23.	VI конференция и выставка по автоматизации	27 сентября - 4 октября	Будапешт, ВНР	И.Ланг (ВНР)
24.	Научный совет по ядерным реакциям при Отделении ядерной физики АН СССР	28-29 сентября	Москва, СССР	42 чел.
25.	Конференция по операционному исчислению	4-10 октября	Будапешт, ВНР	Й.Эсенски (ВНР)
26.	Всесоюзная конференция по космическим лучам	26 октября - 2 ноября	Москва, СССР	10 чел.
27.	Осенняя школа по электронным структурам	28 октября - 11 ноября	Вайссиг, ГДР	П.Цише (ГДР) В.Ён (ГДР)
28.	II всесоюзное совещание по ускорителям заряженных частиц	11-18 ноября	Москва, СССР	43 чел.
29.	Осенняя школа по магнетизму	11-25 ноября	Гауссиг, ГДР	К.Эльк (ГДР) А.Холас (ПНР) К.Хенниг (ГДР)
30.	VII всесоюзный семинар "Управляющие машины и системы"	23-26 ноября	Киев, СССР	В.Н.Замрий (СССР) О.К.Нефедьев (СССР)



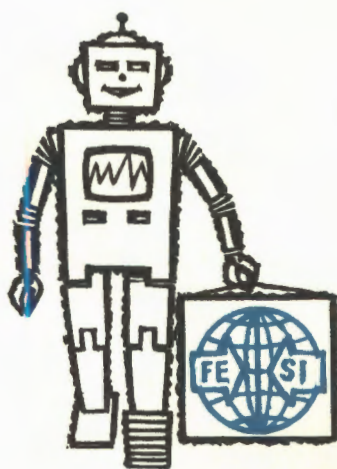
1	2	3	4	5
31.	Курсы по системе обработки данных КАМАК	6-10 декабря	Варшава, ПНР	З.Хофманн (ПНР) М.Понятовски (ПНР) И.Палмай (ВНР) К.Андерт (ГДР)
32.	XVI всесоюзное совещание по физике низких температур	7-12 декабря	Ленинград, СССР	20 чел.
<u>Б. В странах-неучастницах института</u>				
33.	Международная школа по теории твердого тела	14 января - 1 апреля	Триест, Италия	Е.Правецки (ВНР)
34.	Международная конференция по фундаментальным взаимодействиям при высоких энергиях	19-30 января	Корал-Гейблс, США	Н.Н.Боголюбов (СССР) А.Н.Тавхелидзе (СССР)
35.	Симпозиум по сбору, обработке и распространению ядерной информации	13-21 февраля	Вена, Австрия	М.М.Лебеденко (СССР) В.А.Бирюков (СССР) Е.А.Логинова (СССР)
36.	Симпозиум по достижениям в технологии реакторов на быстрых нейтронах	20-29 марта	Монако	Е.П.Шабалин (СССР)
37.	Международная конференция по системам обработки данных по физике высоких энергий	21-30 марта	Кембридж, Англия	Р.Поэ (ГДР) В.Н.Шкунденков (СССР) А.С.Вовенко (СССР)
38.	Международная конференция по микроэлектронике	3-12 апреля	Париж, Франция	А.Н.Синаев (СССР) М.Дражев (НРБ)
39.	Заседание оргкомитета Международной школы по теоретической физике для экспериментаторов	4-12 апреля	Хельсинки, Финляндия	А.Н.Тавхелидзе (СССР)
40.	VII европейская циклотронная конференция	11-21 апреля	Эйндховен, Голландия	Е.Схвабе (ПНР)
41.	Международный симпозиум и выставка "Представление графической информации с помощью ЭВМ"	11-23 апреля	Аксбридж, Англия	И.Ланг (ВНР)
42.	XV симпозиум, семинар и выставка "ЮРЕМА-70"	18-27 апреля	Загреб, Югославия	А.А.Карлов (СССР) В.Ф.Сиколенко (СССР)

1	2	3	4	5
43.	Международная конференция по мезонным резонансам	29 апреля - 13 мая	Филадельфия, США	А.А.Кузнецов (СССР) И.А.Савин (СССР) З.Стругальски (ПНР)
44.	Гордоновская конференция по ядерной химии	10-21 июня	Нью-Лондон, США	В.С.Барашенков (СССР) В.В.Волков (СССР)
45.	II международная конференция по ядерным данным для реакторов	13-20 июня	Хельсинки, Финляндия	Ю.П.Попов (СССР) М.Флорек (ЧССР) М.Стемпиньски (ПНР)
46.	Международная школа по ядерной электронике	16 июня - 3 июля	Герцег-Нови, Югославия	Д.Коллар (ЧССР) Л.Ондриж (ЧССР) В.Н.Замрий (СССР) В.А.Владимиров (СССР) Б.В.Фефилов (СССР) З.Гузик (ПНР)
47.	Гордоновская научная конференция	17 июня - 3 июля	Сиэтл, США	В.П.Саранцев (СССР)
48.	Конференция министров европейских стран-участниц ЮНЕСКО	19 июня - 2 июля	Париж, Франция	Н.Содном (МНР)
49.	Международная школа по теоретической физике для экспериментаторов	20 июня - 6 июля	Лома-Коли, Финляндия	16 чел.
50.	Международная школа по физике	15-31 июля	Эриче, Италия	М.Щугулеа (СРР)
51.	Летняя школа физиков	19 июля - 2 августа	Гейдельберг, ФРГ	З.Кунст (ВНР)
52.	Международная конференция по угловой корреляции в ядерной физике	13-22 августа	Дельфт, Голландия	Р.Брода (ПНР)
53.	Совещание МАГАТЭ	15-23 августа	Вена, Австрия	Н.Кроо (ВНР)
54.	XV международная школа по структуре ядра	18 августа - 4 сентября	Герцег-Нови, Югославия	Я.Вильчински (ПНР) В.Г.Соловьев (СССР) Л.А.Малов (СССР)
55.	Заседание Ученого совета международного центра теоретической физики	21-23 августа	Триест, Италия	В.Г.Соловьев (СССР)
56.	Школа ЦЕРНа по обработке данных	29 августа - 13 сентября	Варенна, Италия	В.М.Котов (СССР)

1	2	3	4	5
57.	Международная конференция по свойствам ядер, далеких от области стабильности	29 августа - 6 сентября	Лейзин, Швейцария	Г.Н.Флеров(СССР) С.А.Карамян(СССР) Т.Морэк (ПНР) Т.Фенеш (ВНР) В.А.Карнаухов(СССР) С.Хойнацки(ПНР) К.Я.Громов(СССР) Х.Тыррофф (ГДР)
58.	IV европейская конференция по управляемому синтезу и физике плазмы	30 августа - 9 сентября	Рим, Италия	В.Г.Маханьков (СССР)
59.	III международный симпозиум по поляризационным явлениям в ядерных реакциях	30 августа - 24 сентября	Медисон, США	И.В.Сизов (СССР) Г.Элер (ГДР)
60.	Международная конференция по физике низких температур	31 августа - 9 сентября	Киото, Япония	А.Михул (СРР) Н.Кроо (ВНР)
61.	Международная конференция по электромагнитным масс-сепараторам	4-13 сентября	Марбург, ФРГ	Н.И.Тарантин (СССР) В.И.Райко (СССР) С.Хойнацки (ПНР)
62.	Международная школа по физике элементарных частиц	12-29 сентября	Герцег-Нови, Югославия	Г.И.Копылов (СССР) В.А.Свиридов (СССР) Ю.В.Катышев (СССР) Г.Янчо (ВНР)
63.	Международная конференция по магнетизму	12-23 сентября	Гренобль, Франция	К.Хенниг (ГДР) С.Низёл (ПНР) И.Натканец(ПНР) Ю.Н.Денисов (СССР)
64.	Генеральная ассамблея Международного совета научных союзов	17-27 сентября	Барселона, Испания	Д.И.Блохинцев (СССР)
65.	Совещание действительных членов ассоциации пользователей ЭВМ фирмы CDC	25 октября - 2 ноября	Вашингтон, США	Н.Н.Говорун (СССР)

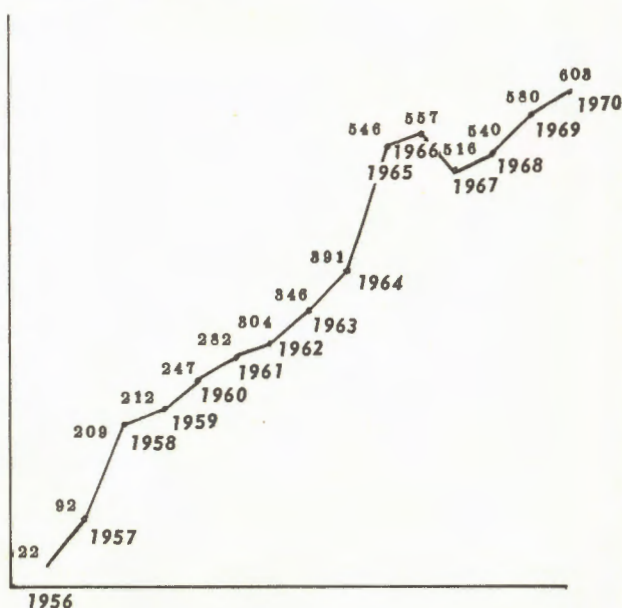
1	2	3	4	5
66.	Международное совещание по электронным приборам и Симпозиум по ядерной науке	25 октября - 9 ноября	Вашингтон и Нью-Йорк, США	В.А.Никитин (СССР) Ю.К.Акимов (СССР) Л.Ондриж (ЧССР)
67.	Курсы по изучению ЭВМ CDC-1804A	26 октября - 18 ноября	Ганновер, ФРГ	В.П.Миролюбов (СССР)

# НАУЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ



## Издательский отдел

Для 1970 года характерен дальнейший рост объема продукции издательского отдела. Если в 1969 году было отпечатано 3577538 оттисков, то в 1970 году их число достигло 5368982. Отпечатано 603 названия препринтов и сообщений ОИЯИ. Общая тенденция роста видна из следующего графика.



Увеличилось не только количество публикаций, но и общий их объем. В 1970 году он был равен 840,6 учётно-издательских листов (1969 год - 765,0).

Общее число препринтов и сообщений, изданных в 1970 году, распределяется по лабораториям следующим образом:

Лаборатория	Количество названий
ЛТФ	181
ЛВЭ	109
ЛВТА	63
ЛЯП	125
ЛНФ	41
ЛЯР	55
ОРБ	2

ОНМУ	15
Сборники <sup>х/</sup>	12

---

Всего	603
-------	-----

В 1970 году по заказам лабораторий, дирекции института, библиотеки и различных подразделений ОИЯИ было отпечатано 240 наименований брошюр, служебных материалов. Их общий объем 235,9 учётно-издательских листов. Таким образом, не считая бланочной и различной мелкопечатной продукции, общий объем публикаций издательского отдела составил за год 1034 учётно-издательских листа.

В 1970 году продолжалось совершенствование применяемой в издательском отделе техники. Приобретен и освоен автоматический процессор для изготовления печатных форм А.Б. Дик-140 ФОТОМАТ. Эта машина полностью обеспечивает весь необходимый объем изготовления текстовых печатных офсетных форм.

Продолжался обмен опытом между издательским отделом и другими полиграфическими центрами стран-участниц. Полиграфисты ОИЯИ побывали в ряде аналогичных предприятий Советского Союза и ГДР. В свою очередь, издательский отдел за год посетило 64 экскурсанта из СССР, КНДР, ВНР, Франции, США, ЧССР, Польши.

Расширялся объем международного обмена научной информацией. Препринты и сообщения ОИЯИ в порядке обмена рассылались в 51 страну (1969 год - в 48). Как видно из таблицы, приведенной на стр. 167 в качестве ответного потока информации в ОИЯИ поступило за год 7326 публикаций из 33 стран. Наиболее интенсивный обмен был с ЦЕРНОм (мы получили 500 препринтов). Также в порядке обмена институт получает бесплатно 68 иностранных научных журналов. Зарубежные институты по-



129. В издательском отделе установлен высокопроизводительный процессор для изготовления печатных форм.

лучили из Дубны 2077 брошюр по отдельным запросам.

За прошедший год по заказам лабораторий и подразделений института сотрудниками отдела переплетено 3808 книг. Изготовлено 886 негативов для печатных плат электронных схем. Удовлетворены все запросы на изготовление бланков для обработки экспериментальных данных, материалов математического обеспечения и т.п.

Издательский отдел провел большую работу по обслуживанию XV Международной конференции по физике высоких энергий, которая состоялась в Киеве в августе-сентябре 1970 года. Отпечатан двухтомный сборник аннотаций конференции (около 1000 стр. тиражом 1000 экземпляров). Отпечатаны экстра-копии рапортерских докладов, причём этот сборник на протяжении длительного времени является единственным вышедшим в свет изданием, содержащим материалы Киевской конференции. В ходе самой конференции регулярно дважды в день печатались текущие материалы (программы работы секций и пр.).

---

<sup>х/</sup> Каждый из сборников издавался с участием нескольких лабораторий.

## Научно- техническая библиотека

В 1970 году библиотека Объединенного института обслужила 4900 человек, в том числе 763 приехавших в командировки (в 1969 году - 4800). Ежедневно библиотеку посещали и работали в ее читальных залах более 200 человек. Количество выданной за год литературы превысило 200 тысяч печатных единиц. По заказам читателей необходимые книги и журналы привозились из московских библиотек. Всего получено по межбиблиотечному абонементу 1732 печатных единицы. В свою очередь, библиотека института обслужила по МБА 70 библиотек Советского Союза (в 1969 году - 64).

По всем источникам комплектования за прошедший год поступило 17567 печатных единиц (в 1969 - 16857). Получено 579 названий периодических изданий. В порядке обмена прислано 7127 препринтов, 131 название научных монографий, 68 названий научных журналов. Фонд пополнился 64 диссертациями (в 1969 г. - 58). Проводилась работа по очистке библиотеки от устаревшей литературы.

На 1 января 1971 года в библиотечном фонде насчитывалось 281669 печатных единиц.

Вся поступившая литература своевременно обрабатывалась и отражалась в каталогах<sup>х/</sup> центральной библиотеки.

---

<sup>х/</sup> Имеется сводный каталог на русский и иностранный книжный фонд, сводный каталог на периодические издания, систематический каталог, картотека авторефератов, диссертаций, тематические картотеки журнальных статей по разделам теоретической и ядерной физики, картотека публикаций ученых ОИЯИ.



Карточки для каталогов библиотек отделений размножались на "Ксероксе".

Велась большая информационно-библиографическая работа. Ежедневно выпускались экспресс-информационные бюллетени о новых поступлениях литературы: "Книги", "Препринты", "Статьи". Всего за год выпущено 193 бюллетеня, сообщивших о выходе в свет 21785 названий.

Напечатано 134 списка новых журналов. Ежедневно устраивались выставки новых поступлений. 6 тематических выставок было организовано к совещаниям и конференциям, проходившим в институте. Были составлены и изданы тематические списки литературы, представленной на выставках.

В обслуживании читателей большое место занимала справочно-библиографическая работа. Выдано 25 письменных тематических справок и свыше 300 устных справок по запросам ученых.

Распределение по странам публикаций, поступивших в ОИЯИ в 1970 году

	Пре- при- ты	Жур- на- лы	Моно- гра- фии
Болгария	-	6	-
Венгрия	60	5	3
ГДР	50	1	-
Польша	231	6	7
Румыния	12	7	1
СССР	1127	27	90
Чехословакия	37	6	-
Югославия	99	3	1

	Пре- при- ты	Жур- на- лы	Моно- гра- фии
Австралия	8	1	-
Австрия	23	-	-
Бельгия	17	-	-
Бразилия	51	-	-
Великобритания	340	-	-
Голландия	5	-	-
Греция	15	-	-
Дания	31	-	-
Израиль	49	-	-
Индия	144	-	5
Ирландия	7	-	-
Испания	8	-	-
Италия	368	-	2
Канада	91	-	-
Новая Зеландия	4	-	-
Норвегия	11	-	-
ОАР	52	-	-
Пакистан	11	-	-
США	2401	3	9
Финляндия	32	1	-
Франция	384	-	3
ФРГ	643	-	-
Швейцария (ЦЕРН)	500	1	8
Швеция	65	-	-
Япония	251	2	2
Общее количество	7127	68	131

## Изобретательство, рационализация и патентная служба

Работу по изобретательству, рационализации и патентной информации в институте ведет Отдел изобретательства, рационализации и патентной информации совместно с Патентным советом, Техническим советом по рационализации и изобретательству и Информационным советом ОИРПИ.

В 1970 году число изобретений, сделанных сотрудниками института, достигло 211, число открытий - 6, число внедренных рационализаторских предложений - 3448. Экономический эффект от использования изобретений и рационализаторских предложений составил 1200000 рублей. Более подробные данные представлены в следующей таблице:

	1970 год	1961- 1965	1966- 1970	Всего
Изобретения	37	76	126	211
Внедренные изобретения	19	26	83	109
Открытия	1	3	3	6
Внедренные рационализаторские предложения	326	1720	1728	3448
Экономический эффект от использования изобретений и рационализаторских предложений (в тыс.руб.)	20,6	731,6	249,7	1200

Среди 37 авторов открытий - сотрудников института - граждане ДРВ (1 чел.), КНДР (1 чел.), КНР (3 чел.), СРР (1 чел.), СССР (30 чел.), ЧССР (1 чел.).

19 изобретений сделано совместно гражданами двух стран-участниц.

30 изобретателей являются авторами трех и более изобретений. Среднее число авторов одного изобретения 2,2.

**ОБЩЕИНСТИТУТСКИЕ  
С Л У Ж Б Ы**

**АДМИНИСТРАТИВНО-  
ХОЗЯЙСТВЕННАЯ  
ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ**



## Радиационная безопасность

Контроль радиационных излучений осуществлялся вблизи действующих ядерно-физических установок и при работе с радиоактивными веществами. По результатам измерений уровней ионизирующих излучений произведена зональная классификация рабочих помещений в соответствии со степенью радиационного воздействия. Разработаны правила работы персонала в этих зонах.

В настоящее время индивидуальным дозиметрическим контролем охвачено около 2200 сотрудников. Результаты индивидуального дозиметрического контроля показывают, что случаев превышения допустимой дозы не было. Большая часть сотрудников ОИЯИ при работе на ядерно-физических установках подвергалась незначительному облучению. Степень облучения 99,3% контролируемых сотрудников Лаборатории высоких энергий, 66,5% сотрудников Лаборатории ядерных проблем, 84,3% сотрудников Лаборатории нейтронной физики, 95% сотрудников Лаборатории ядерных реакций не превышала 1 бэра (0,2 годовой предельно допустимой дозы).

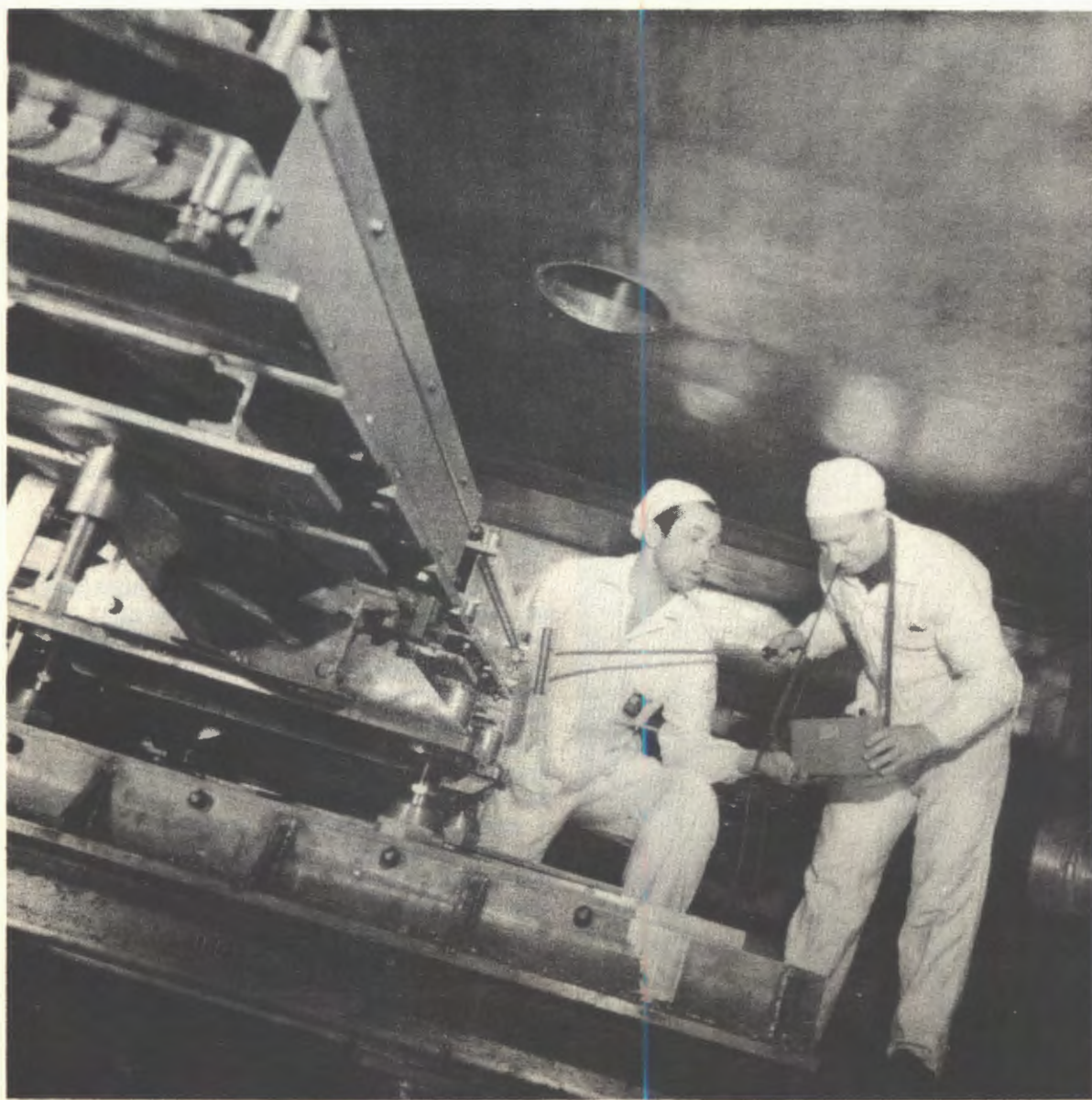
В 1970 году выполнен ряд научно-методических и инженерно-технических работ. Исследован компонентный состав излучения за защитой синхроциклотрона при различных максимальных энергиях ускоряемых протонов, определен изотопный состав долгоживущих радиоактивных элементов в воде контура охлаждения синхроциклотрона. Коэффициент качества излучения в полях смешанного излучения за защитой синхроциклотрона измерен с помощью рекомбинационных ионизационных камер и сдвоенного детектора (ионизационная камера-сцинтиллятор).

Экспериментально определены верхние пределы величин, измеряемых дозиметрическими приборами в импульсных полях излучений ускорителей и импульсного быстрого реактора; изготовлен переносный прибор для измерения эквивалентной дозы нейтронов в импульсных полях нейтронов.

Смонтирована и введена в действие установка для контроля выноса радиоактивных веществ за пределы технической площадки Лаборатории высоких энергий. Изготовлены и сданы в опытную эксплуатацию 5 установок для измерения интегральных уровней гамма-излучения, а также 12 установок для контроля радио-

активного загрязнения рук, одежды сотрудников института.

Произведена реконструкция системы дозиметрического контроля на ИБРе-30; усовершенствована система радиометрического контроля в гелиевом контуре ИБРа-30.



## Совет по радиоэлектронике

Организация международных  
научно-технических выставок,  
совещаний, семинаров

С целью дальнейшего развития системы научно-технической информации, популяризации научно-технических достижений стран-участниц ОИЯИ Советом по радиоэлектронике подготовлена и проведена тематическая выставка "Электронные приборы для ядерной физики". На выставке предприятием МЕТРИМПЕКС были представлены приборы, разработанные в Венгерской Народной Республике, Институтом ядерных исследований в Варшаве — приборы, разработанные в Польской Народной Республике, и Институтом ядерных исследований в Ржеже — приборы, разработанные в Чехословацкой Социалистической Республике.

На семинаре специалисты из этих стран доложили об успехах в области ядерного приборостроения и ответили на многочисленные вопросы посетителей. С экспозицией выставки ознакомились сотрудники Объединенного института, а также ряда организаций Москвы, Ленинграда, Киева, Тбилиси. Выставку посетили специалисты секретариата Совета Экономической Взаимопомощи.

Одновременно с выставкой проходило совещание экспертов по вопросам стандартизации, организованное Советом по радиоэлектронике. В нем приняли участие представители Болгарии, Венгрии, Германской Демократической Республики, Польши, Румынии, Чехословакии, Объединенного института, а также секретариата Совета Экономической Взаимопомощи и некоторых институтов Советского Союза. На семинаре и в ряде дискуссий обсуждались технические возможности применения западноевропейского стандарта КАМАК в условиях ОИЯИ и других институтов стран-участниц.

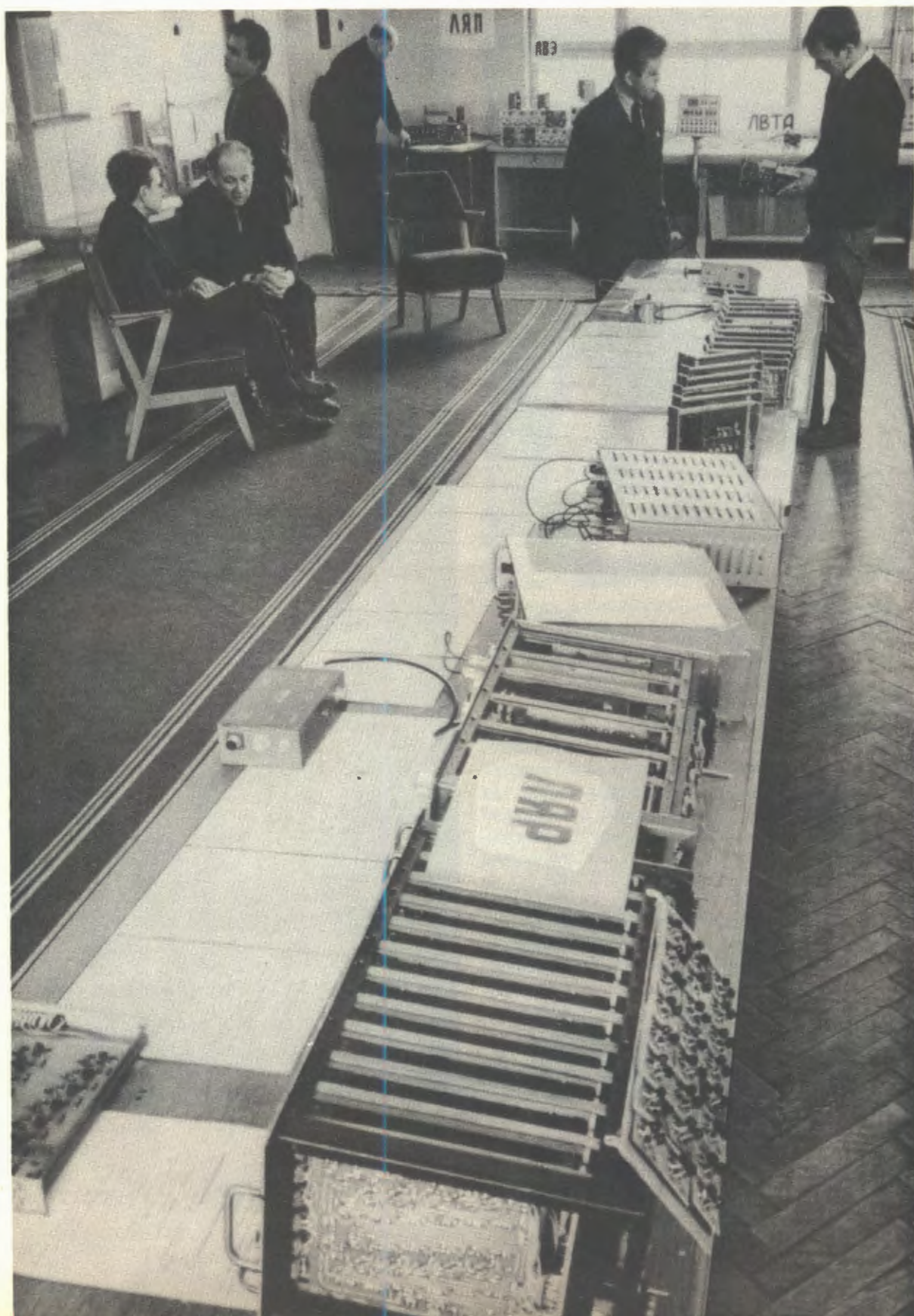
Совет по радиоэлектронике для специалистов ОИЯИ организовал коллективное посещение выставки "Электронмаш-70" и "III Японской промышленной выставки"



130. В марте 1970 года в Дубне экспонировалась выставка "Электронные приборы для ядерной физики". На выставке демонстрировались приборы, изготовленные в Венгрии, Польше, Чехословакии.



131. Выставка научных приборов французских фирм была организована Всесоюзной торговой палатой СССР в Дубне (май 1970 года).





в Москве, а также оказал содействие Всесоюзной торговой палате в организации экспозиции в Дубне "Передвижной выставки научных приборов" французских фирм.

Приглашенные в Дубну по инициативе Совета по радиоэлектронике профессора Ж. Потье (Сакле, Франция) и Л. Станки (Испра, Италия) провели ряд семинаров в лабораториях ОИЯИ.

132. Советом по радиоэлектронике была организована выставка работ, представленных на конкурс унифицированных радиоэлектронных устройств, которые были разработаны в лабораториях ОИЯИ.



### Стандартизация и текущие работы

Второй тематический конкурс на разработку унифицированных радиоэлектронных устройств, подготовленный и проведенный Советом, завершился выставкой представленных работ. Работы были доложены и обсуждены на семинарах при выставке в присутствии жюри конкурса. Конкурс позволил отобрать лучшие спектрометрические блоки, а также две системы наносекундных блоков с высокими параметрами и начать производство их в

Центральных экспериментальных мастерских. Среди экспонатов были приборы и устройства, выполненные с применением микроэлектроники. Выставка показала успехи электронных групп и отделов института за последние пять лет.

Как и ранее, на заседаниях Совета рассматривались планы работ по радиоэлектронике лабораторий и подразделений ОИЯИ, 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 1970 года составила 5309 человек.

Распределение сотрудников ОИЯИ по категориям показано в табл. 1.

Таблица 1

Категория работников	Численность		
	В лабораториях и управлении	В производственных подразделениях и др.	Всего
Научные сотрудники	689	-	689
Инженеры	928	95	1023
Техники и мастера	323	113	436
Рабочие	1425	1062	2487
Младший обслуживающий персонал	145	122	267
Служащие	247	91	338
Ученики	13	46	59
	3780	1529	5309

В ОИЯИ работают 4 академика (Н.Н. Боголюбов, Б.М. Понтекорво, Г.Н. Флеров, И.М. Франк), 7 членов-корреспондентов (Д.И. Блохинцев, В.П. Джемелев, М.Г. Мешеряков, Н. Содном, И. Тодоров, Ф.Л. Шапиро, Д.В. Ширков), 73 доктора наук, 319 кандидатов наук.

В 1970 году в ОИЯИ принято 747 человек:

научных сотрудников	157
инженеров	117
техников и мастеров	37
рабочих	298
учеников	73
младшего обслуживающего персонала	33
служащих	32

Уволено из ОИЯИ за этот же период в связи с окончанием срока работы и по другим причинам 426 человек.

В течение года учеными советами и научно-техническими советами лабораторий избраны на должности на новые сроки 109 специалистов. Присвоены ученые звания младшего научного сотрудника 14 и звания старшего научного сотрудника 2 человекам.

В течение 1970 года защитили кандидатские диссертации 47 и докторские диссертации 13 сотрудников ОИЯИ.

#### Финансовая деятельность

Для проведения научно-исследовательских работ и капитального строительства научно-исследовательских и других объектов Комитет Полномочных Представителей государств-членов Объединенного института ядерных исследований утвердил на 1970 год бюджет института в сумме 31590 тыс.рублей.

Фактические расходы за 1970 год составили 29149 тыс.руб. (или 92,3% по отношению к годовым ассигнованиям), распределение которых по разделам бюджета показано в табл. 2.

В институте проводилась работа по выявлению излишних и ненужных материальных ценностей (оборудования, аппаратуры, приборов и т.п.) и их реализации на сторону, в результате чего в 1970 году реализовано материалов и оборудования на сумму 376,0 тыс.руб.

Таблица 2

Наименование разделов	Годовые ассигнования	Фактические расходы	В % к плану
Раздел I на научно-исследовательскую деятельность и хозяйственные нужды	20606,0	18305,0	88,8

Наименование разделов	Годовые ассигнования	Фактические расходы	В % к плану
Раздел II на приобретение оборудования, требуемого для проведения научно-исследовательских работ	2200,0	2151,0	97,8
Раздел III на капитальное строительство научно-исследовательских и других объектов	8784,0	8692,0	99,0
Итого:	31590,0	29149,0	92,3

#### Капитальное строительство

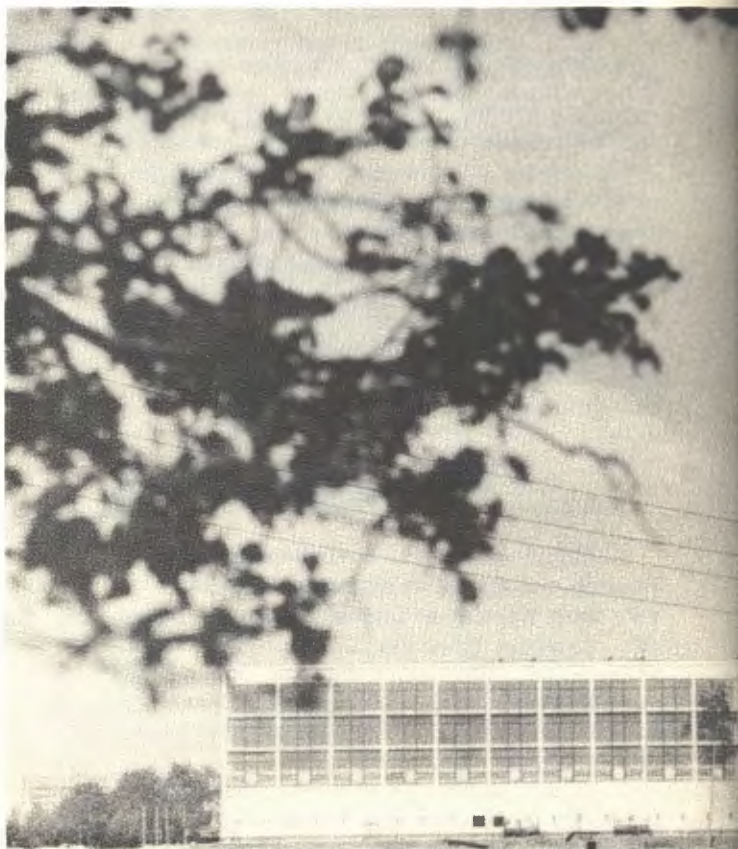
Затраты по плану капитального строительства на 1970 год планировались в размере 8784,0 тыс.руб., фактические затраты составили 8692,0 тыс.руб., или 99,0%. Выполнение плана по отдельным статьям капитального строительства показывает (в тысячах рублей) табл. 3.

Таблица 3

Структура капитальных вложений	План	Фактические затраты	% выполнения
Всего капитальных вложений	8784	8692	99,0
В том числе:			
1. Строительно-монтажные работы	3054	3055	100,0
2. Оборудование и монтаж	5406	5209	96,4

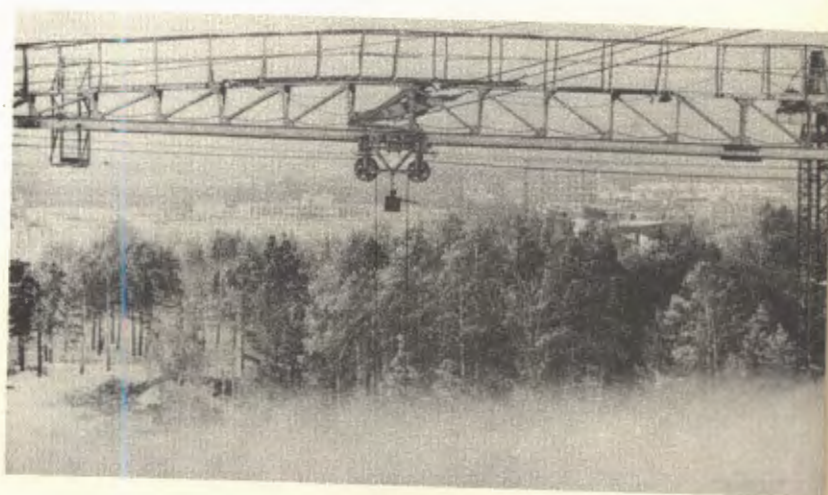


133. Построен новый корпус для криогенных работ и экспериментов Отдела новых методов ускорения (на снимке - слева). Справа - здание для испытания 2-метровой жидководородной камеры и других работ.



134. Введено в эксплуатацию новое здание Центральных экспериментальных мастерских.





135. Строительство жилого квартала  
города Дубны.

Структура капитальных вложений	План	Фактические затраты	%% выполнения
3. Проектно-изыскательские работы и прочие затраты	324	428	132,1
Ввод основных фондов	9042,1	7364,3	81,4

**Производственные подразделения  
института**

Деятельность производственных подразделений в 1970 году характеризуется показателями, приведенными в табл. 4.

Таблица 4

Показатели	План	Фактически выполнено	%% выполнения
1. Объем годовой продукции, выполненных работ и оказанных услуг в тыс. рублей	5674	5893	103,9
2. Результат деятельности (прибыль) в тыс.руб.	170	657	-
в %% к объему	3,0	11,0	-

Показатели	План	Фактически выполнено	%% выполнения
3. Затраты на 1 руб. реализованной продукции в коп.	97	88,9	-
4. Среднесписочная численность работающих	1406	1374	99,7
5. Выработка на одного работающего в руб.	4035	4289	106,3

**Охрана труда,  
техника безопасности  
и производственная санитария**

В 1970 году осуществлен ряд организационно-технических мероприятий, направленных на улучшение условий труда и безопасности работ. На их выполнение израсходовано 48000 рублей, в том числе: на мероприятия по предупреждению заболеваний на производстве - 10700 рублей;

на мероприятия по общему улучшению условий труда - 20660 рублей.

В институте был организован и проведен общественный смотр культуры производства.