

Объединенный

Институт

Ядерных

Исследований

1968

Дубна

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

Профессор П. Пилла (Народная Республика Албания)
 Академик Г. Наджаков (Народная Республика Болгария)
 Профессор А. Коия (Венгерская Народная Республика)
 Профессор Ле Ван Тхьем (Демократическая Республика Вьетнам)
 Доктор Ф. Гильберт (Германская Демократическая Республика)
 Тен Дюн Тхик (Корейская Народно-Демократическая Республика)
 Профессор Д. Шэвагмид (Монгольская Народная Республика)

С. Аяджевски (Польская Народная Республика)
 Академик Х. Хулубей (Социалистическая Республика Румыния)
 А. М. Петросьянц (Союз Советских Социалистических Республик)
 Академик Я. Кожешник (Чехословацкая Социалистическая Республика)

Финансовый комитет
 По одному представителю от
 каждой страны-участницы
 ОИЯИ

Учёный Совет Объединенного института ядерных исследований

Председатель академик Н. Н. Боголюбов
 академик Х. Христов
 профессор Н. Солном
 учёный секретарь к. ф. м. н. Ю. А. Щербаков

Народная Республика Албания	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
профессор П. Пилла	академик Г. Наджаков академик Э. Джаков	академик Л. Яноши академик А. Коия профессор Л. Пал	профессор Ле Ван Тхьем	профессор Г. Позе профессор К. Лянуис профессор К. Александер	Тен Гун Дек Пак Гван О	профессор Д. Чултэм	академик Г. Неволин-чанский профессор М. Даныш	академик Х. Хулубей академик Ш. Дяцейка профессор В. Новачу	академик Г. Н. Флеров профессор В. П. Джелелов профессор А. А. Логунов	профессор Л. Трифай профессор И. Удегла профессор Я. Урбанец

Учёный совет
 по физике высоких энергий
 Председатель - академик Х. Христов
 Учёный секретарь - и-р ф. м. н. А. И. Мухия

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

Учёный совет
 по физике низких энергий
 Председатель - профессор Н. Солном
 Учёный секретарь - к. ф. м. н. В. А. Карнаузов

Камерный комитет
 Председатель - к. ф. м. н. К. Гроте

Электронный комитет
 Председатель - проф. П. Зелински

Эмуляционный комитет
 Председатель - проф. П. Марков

Комитет по нейтронной физике
 Председатель - проф. Е. Яник

Комитет по ядерной физике
 Председатель - к. ф. м. н. Г. Музюль

Экз. чит. зала

P-4431

с.з.м
0-292

ОТЧЕТ

о деятельности

Объединенного института

ядерных исследований

в 1968 году

дубна

с.ф. 2462

Издательский отдел Объединенного института
ядерных исследований

Редактор Н.Н.Зрелова

Материалы подготовил к публикации В.А.Бирюков

Фото и заставки Ю.А.Туманова

Оформление Н.Н.Зреловой и Л.В.Кречетовой

Май 1969 года. Заказ 9732. Тираж 150.
14,1 уч.-изд.л.

Отпечатано на ротапринтере
Печатник С.И.Елизаров

Рукопись поступила в издательский отдел
28 марта 1969 года.

Оглавление

<i>Цели и задачи ОИЯИ</i>	4
<i>Лаборатории и основные установки</i>	5
<i>Введение</i>	7
I. План ОИЯИ на 1968 год	15
II. Научно-исследовательские работы, выполненные лабораториями ОИЯИ в 1968 году	
<i>Лаборатория высоких энергий</i>	19
<i>Лаборатория ядерных проблем</i>	30
<i>Лаборатория ядерных реакций</i>	41
<i>Лаборатория нейтронной физики</i>	53
<i>Лаборатория вычислительной техники и автоматизации</i>	63
<i>Лаборатория теоретической физики</i>	72
III. Работа основных установок и создание экспериментальной аппаратуры в 1968 году	
<i>Лаборатория высоких энергий</i>	78
<i>Лаборатория ядерных проблем</i>	82
<i>Лаборатория ядерных реакций</i>	92
<i>Лаборатория нейтронной физики</i>	98
<i>Лаборатория вычислительной техники и автоматизации</i>	102
IV. Деятельность руководящих и консультативных органов	107
V. Премии ОИЯИ за 1967 год	110
VI. Международные связи и научное сотрудничество	111
VII. Радиационная безопасность	130
VIII. Издательский отдел	131
IX. Научно-техническая библиотека	132
X. Совет по радиоэлектронике	134
XI. Изобретательство, рационализация и патентная служба	135
XII. Административно-хозяйственная деятельность	136

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 учёными государств - членом Института;

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

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
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

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

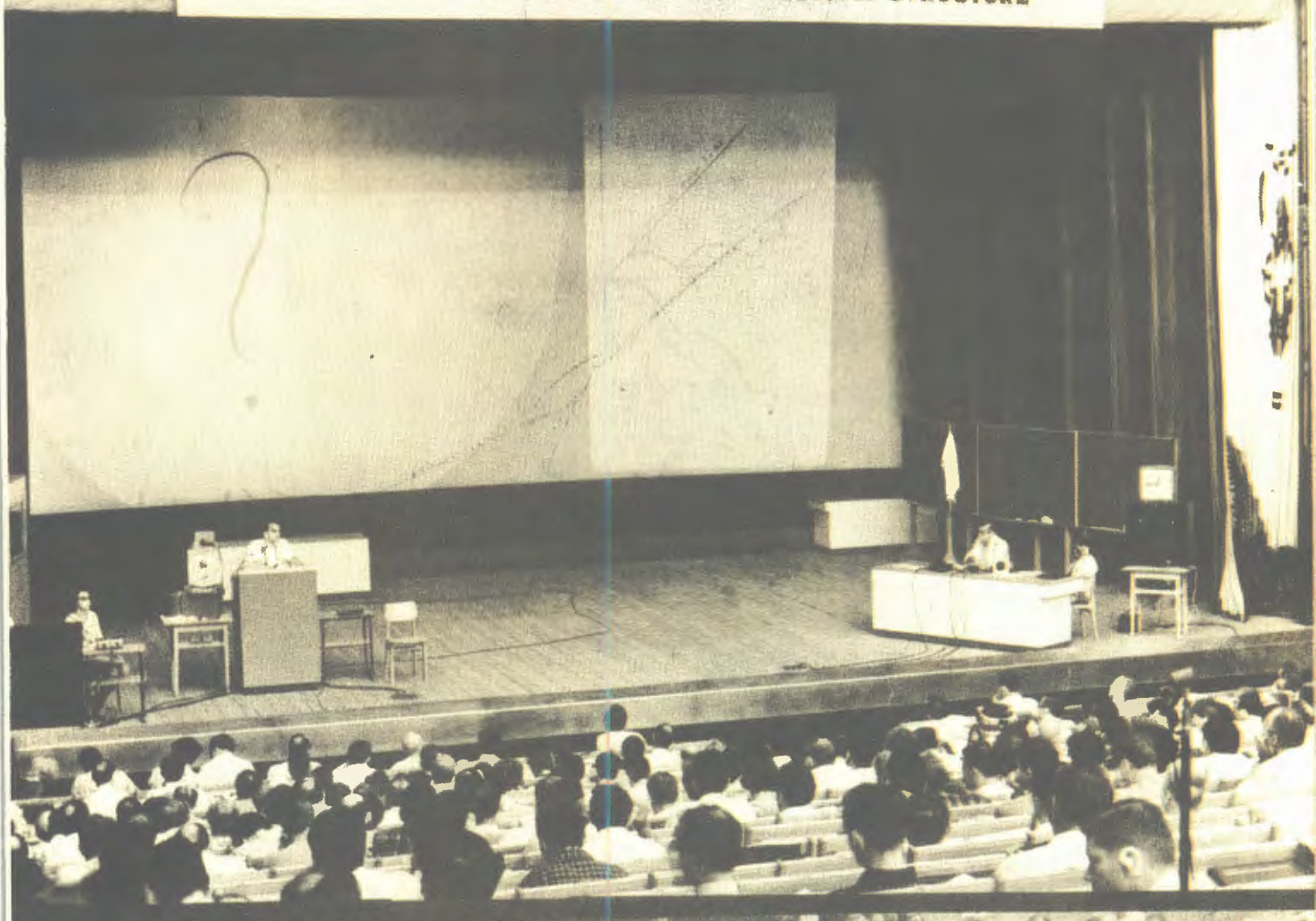
Импульсный реактор на быстрых нейтронах

Лаборатория теоретической физики

Лаборатория вычислительной техники и автоматизации

8 электронно-вычислительных машин

МЕЖДУНАРОДНЫЙ СИМПОЗИУМ ПО СТРУКТУРЕ ЯДРА 1968
1968 INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NUCLEAR STRUCTURE



Введение

В прошедшем году Объединенный институт ядерных исследований успешно выполнил свою научную программу теоретических и экспериментальных исследований. Продолжалось дальнейшее развитие и усовершенствование экспериментальной базы института — основных установок и физической аппаратуры.

Как известно, в Советском Союзе вступил в эксплуатацию крупнейший (на 76 Гэв) ускоритель протонов в Институте физики высоких энергий близ Серпухова. В соответствии с соглашением, заключенным между ОИЯИ и ИФВЭ СССР, учёные нашего института приступили к реализации программы экспериментов первой очереди на этом ускорителе. Первым опытом этой программы является исследование упругого рассеяния протонов протонами на малые углы в области энергий 10–70 Гэв — дальнейшее развитие цикла оригинальных экспериментов, выполненных на дубненском синхрофазотроне. Наша исследовательская группа совместно с физиками ИФВЭ получила предварительные сведения о поведении дифракционного конуса упругого pp -рассеяния в ранее недоступной области энергий. Эксперименты ведутся с помощью многоканального детектора с полупроводниковыми счётчиками, работающего на линии с электронно-вычислительной машиной. Проведены также первые облучения ядерных фотоэмульсий в пионных пучках ускорителя с энергией 40 и 60 Гэв. Экспонированные материалы обрабатываются в ОИЯИ и в ряде лабораторий стран-участниц.

Для предстоящих экспериментов на серпуховском ускорителе из Дубны в ИФВЭ перевезена после реконструкции двухметровая пропановая пузырьковая камера, монтаж которой уже начался на пионном пучке; учёными ОИЯИ создается различная аппаратура, в том числе крупные физические установки.

Продолжалось энергичное развитие измерительно-вычислительного комплекса Объединенного института. В большинстве экспериментальных лабораторий организованы измерительные центры. Они оборудованы многоканальной

анализирующей аппаратурой и вычислительными машинами среднего класса, которые используются для обработки накопленной в опытах информации или работают на линии с физической аппаратурой. В Вычислительном центре института введена в эксплуатацию ЭВМ большой производительности — БЭСМ-6. Она оборудована транслятором с ФОРТРАНа, созданным в ОИЯИ; завершается отладка системы математического обеспечения машины. Продолжаются работы по созданию средств автоматической обработки камерных снимков.

Дальнейшему усовершенствованию подверглись основные установки института — ускорители и импульсный реактор. Для синхрофазотрона на 10 Гэв создается новый инжектор — линейный ускоритель, проводятся опыты по эффективному выводу пучка из синхрофазотрона. На синхроциклотроне (680 Мэв) в три раза увеличена интенсивность пучков в мезонном канале. Успешно ведется подготовка к реконструкции синхроциклотрона и сооружению всего комплекса сильноточного фазотрона на 700 Мэв. Осуществлен физический запуск циклотрона У-200 для ускорения тяжелых ионов (реконструированный У-150) и вывод пучка из ускорителя. В новом циклотроне повышена энергия и расширен диапазон ускоряемых частиц. В связи с выработкой ресурса топливных элементов импульсный реактор ИБР демонтирован и ведется сборка реконструированного образца ИБР-30, инжектор-микротрон заменяется линейным ускорителем на 35 Мэв.

Наша научно-исследовательская программа весьма успешно развивалась лабораториями института. Наиболее интересные результаты получены в следующих направлениях.

В опытах на синхрофазотроне исследовалось рассеяние отрицательных пионов протонами в области кулоновской интерференции. Результаты для пионов с импульсами от 3 до 6 Гэв/с подтвердили предсказания дисперсионных соотношений. Велись поиски мезонно-нуклонных состояний с изотопическим спином $5/2$. Получены новые данные о спектрах за-

Рис. 1. В декабре состоялось заседание Координационного совета Института физики высоких энергий близ г.Серпухова, на котором рассматривались эксперименты учёных ОИЯИ, подготавливаемые и проводимые на ускорителе ИФВЭ (76 Гэв).





ряженных пионов в $\pi^+ p$ -взаимодействии при 3,9 Гэв/с. В экспериментах по изучению неупругого pp -взаимодействия установлен верхний предел сечения образования изобары с изотопическим спином 5/2, он равен 30 микробарн. Завершены исследования электромагнитного распада векторных мезонов. Измерены вероятности их распадов на пару электрон-позитрон. Экспериментальные результаты подтверждают предсказания $SU(3)$ и гипотезы $(\omega - \phi)$ -смешивания. При обработке 200 тыс. фотографий с однометровой пропановой камеры установлено существование Y_0^* -резонанса, распадающегося на λ -частицу и

γ -квант; получены данные о массе резонанса, его ширине и вероятных значениях квантовых чисел.

На синхроциклотроне интересный результат дали измерения энергетических спектров нейтронов от мюонного захвата в ядрах серы и кальция. Здесь впервые наблюдался линейчатый характер спектров, как это предсказывалось теоретиками института, и это явление будет более тщательно изучаться. Завершены систематические исследования по экспериментальной проверке T -инвариантности сильных взаимодействий в упругом рассеянии протонов протонами; величина синуса T -неинвариантного фазового сдвига составляет

$0,09 \pm 0,1$. Для процессов взаимодействия нейтронов с протонами измерены параметры тройного рассеяния при энергии 605 Мэв. С помощью жидководородной камеры завершено изучение процесса $\pi^- p \rightarrow \pi^- p \gamma$; определена константа реакции $\gamma p \rightarrow \pi^+ \pi^-$, которая равна $C^2 = 1,0 \pm 0,2$. В продолжающихся исследованиях двойной перезарядки пионов на сложных ядрах измерены эффективные сечения процесса при энергии выше порога мезообразования в интервале 210–375 Мэв. При изучении короткоживущих изотопов, удаленных от линии стабильности, открыто более двадцати новых изотопов и изомеров.

Работы по синтезу и исследованию свойств трансурановых элементов велись на

циклотроне для ускорения тяжелых ионов. В истекшем году удалось синтезировать короткоживущие α -излучатели, которые могут быть отнесены к изотопам 105-го элемента. Полученные предварительные характеристики таковы: для изотопа $^{260}105$ энергия α -частиц $E_\alpha = 9,4 \pm 0,1$ Мэв, а период полураспада $0,1 < T_{1/2} < 3$ сек, для $^{261}105$ — $E_\alpha = 9,7 \pm 0,1$ Мэв и $T_{1/2} > 0,01$ сек. Выполнены первые химические исследования 103-го элемента, которые позволили установить его принадлежность к III-ей группе периодической системы. Начаты работы по поиску изотопов трансурановых элементов с $Z > 110$ в природных минералах и анализ возможностей синтеза их в реакциях с ускоренными тяжелыми ионами. В совместных с румынскими физиками работах на циклотроне Института атомной энергии в Бухаресте измерено сечение образования спонтанно делящегося изомера ^{244m}Am в реакции, вызываемой нейтронами с энергией $0,5 \pm 7$ Мэв. На синхроциклотроне ОИЯИ обнаружено образование того же изомера в реакции радиационного захвата быстрых нейтронов.

На импульсном реакторе осуществлен эксперимент по сохранению ультрахолодных нейтронов, в котором подтверждено существование эффекта, предсказанного советскими теоретиками. Опыты с ультрахолодными нейтронами открывают возможности постановки сложных экспериментов по измерению периода распада нейтрона и его электрического дипольного момента и ряда других. Повторные измерения отношения сечений радиационного захвата и деления плутония-239 на быстрых нейтронах подтвердили прежние данные, полученные в ОИЯИ. Таким образом, были опровергнуты результаты некоторых работ, ставившие под сомнение возможность расширенного воспроизводства ядерного горючего. С помощью большой многослойной ионизационной камеры успешно развивались исследования (n, α) -реакции на резонансных нейтронах. В нейтронографических исследова-

ниях магнитных структур дифракция нейтронов впервые изучалась в импульсных магнитных полях большой напряженности (до 120 кэ), опыты показали перспективность использования ИБРА для подобных экспериментов. С помощью электростатических генераторов изучались реакции на легких ядрах, для реакции $T + {}^3\text{He} \rightarrow d + {}^4\text{He}$ получено доказательство сохранения изотопического спина с точностью $(0,5 + 1,5)\%$.

Теоретики института продолжали исследования свойств симметрии элементарных частиц. Получены важные результаты в теории высших симметрий с некомпактными группами. Предложен метод однозначного определения спина и четности $X_D(960)$ -мезона. В одной из наиболее интересных работ построена нелокальная унитарная теория квантованного скалярного поля. Достигнут успех в решении и квантовании ряда нелинейных задач теории поля. Предложена новая постановка опытов для определения параметра тройного pN -рассеяния. Для сечений взаимодействия нейтрино и антинейтрино с нуклоном получены правила сумм. В исследованиях структуры сложных ядер проведен ряд расчетов с применением потенциала Саксона-Вудса. Предложен новый метод вычисления констант эффективного взаимодействия в ядрах, а также оригинальное приложение уравнения Томаса-Ферми к ядрам.

Методика физического эксперимента получила дальнейшее развитие. Помимо уже упомянутых разработок, отметим ряд других интересных приборов и установок. Завершается изготовление и наладка основных узлов 2-метровой жидководородной камеры. Для опытов в ИФВЭ создана струйная водородная мишень, она успешно прошла испытания в эксперименте. Интенсивно развиваются работы по совершенствованию метода получения сверхнизких температур растворением гелия-3 в гелии-4. Улучшение характеристик теплообменника в изготовленной ранее установке позволило до-

стичь рекордной температуры $0,008^\circ\text{K}$. На использовании этого же метода основан новый криостат, созданный для поляризации ядер различных веществ. Для искровых камер разработан новый метод съема информации с помощью статического запоминающего устройства на магнитострикционных линиях. На пучке ускорителя ведется наладка стримерной гелиевой камеры высокого давления, управляемой газовым сцинтилляционным счетчиком. Для экспериментов с ядерными фотоэмульсиями подготовлен соленоид, позволяющий получить сильные магнитные поля (до 120 кэ) в объеме нескольких кубических дециметров. Изготовлен новый бета-спектрометр с двойной двукратной фокусировкой, он будет использоваться в исследованиях, проводимых в Физическом институте БАН. Для изучения короткоживущих изотопов на пучке протонов от синхротрона сделана новая спектрометрическая аппаратура, она связывается со спектрометрическим измерительным центром, создаваемым на базе электронно-вычислительной машины.

Успешному решению задач, стоящих перед институтом, в значительной степени содействует сотрудничество с другими научными центрами, обмен опытом и информацией. Особенно широки связи ОИЯИ со странами-участницами, совместно с институтами которых выполняется более 200 теоретических и экспериментальных работ. В связи с этим сотрудничеством в Дубне в истекшем году побывало более 300 специалистов из стран-участниц. Институт развивает свои традиционные связи с ЦЕРНом, Институтом Н.Бора, где постоянно работают дубненские ученые. Поддерживаются полезные связи также с Международным центром теоретической физики в Триесте, Институтом ядерной физики в Орсе, Итальянской академией наук, институтами Филадельфии, Швеции, Англии, Югославии. В 1968 году Объединенный институт принял участие в 21 международной конференции. Доклады о работах, выполненных в ОИЯИ, были представлены на

Международной конференции по физике высоких энергий в Вене, Симпозиуме по ядерной электронике в Париже и др. Институт был организатором ряда международных конференций и совещаний, в том числе широко представительного Международного симпозиума по структуре ядра в Дубне, Семинара по теории элементарных частиц в Варне, Симпозиума по

радиоэлектронике и других. В течение года в ОИЯИ работали 7 стипендиатов из разных стран, более 40 известных специалистов были приглашены и посетили Дубну для обсуждения научных проблем и участия в научных совещаниях. Институт стремится укреплять свои международные связи, добивается их наибольшей эффективности.



Н.БОГОЛЮБОВ,

директор Объединенного института
ядерных исследований



**1 ПЛАН
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
НА 1968 ГОД**

Научно-исследовательская, методическая и научно-организационная деятельность Объединенного института ядерных исследований в 1968 году проводилась в соответствии с планами, утвержденными Учёным советом ОИЯИ на его XXI сессии:

- планами научно-исследовательских и методических работ лабораторий;

- планом 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 Учёный совет отметил как наиболее важные следующие направления:

Лаборатория высоких энергий

1. Проведение в пучках синхрофазотрона экспериментов с большими пузырьковыми камерами, а также искровыми камерами на линии с ЭВМ.

2. Выполнение исследований упругого pp - и pd -рассеяния на малые углы в интервале энергий 10-70 Гэв на ускорителе ИФВЭ.

3. Подготовка и ввод в эксплуатацию 2-метровой пропановой пузырьковой камеры для работы на ускорителе ИФВЭ.

4. Проведение азотного и водородного пусков 2-метровой жидководородной пузырьковой камеры.

5. Продолжение работ по созданию нового линейного ускорителя на 20 Мэв.

6. Продолжение работ по созданию системы для медленного вывода пучка протонов из синхрофазотрона.

Лаборатория ядерных проблем

1. Экспериментальная проверка законов сохранения и симметрий взаимодействий.

2. Исследование захвата мюонов в газообразном водороде, а также захвата мюонов ядрами.

3. Исследование электромагнитной структуры пиона.

4. Изучение свойств и квантовых характеристик новых короткоживущих радиоактивных изотопов.

5. Подготовка к экспериментам по поиску тяжелых частиц и антиядер и монополя Дирака на ускорителе ИФВЭ.

6. Работы по созданию установки с пятиметровым магнитным искровым спектрометром для исследований на ускорителе ИФВЭ.

7. Работы по созданию сверхнизкотемпературной поляризованной протонной мишени для исследований на ускорителе ИФВЭ.

8. Работы по созданию прототипа криостата низкотемпературной установки, основанной на растворении гелия-3 в гелии-4.

9. Завершение изготовления масс-сепаратора.

10. Проектные, расчётные и исследовательские работы (включая моделирование), связанные с реконструкцией синхроциклотрона на 680 Мэв в сильноточный фазотрон.

11. Запуск электронной модели кольцевого циклотрона с внешним сильноточным инжектором и исследование проблемы высокой плотности пространственного заряда.

12. Моделирование новой системы вывода пучка из синхроциклотрона.

Лаборатория вычислительной техники и автоматизации

1. Сдача в эксплуатацию в первом полугодии 1968 года машины БЭСМ-6.

2. Разработка системы связи БЭСМ-6 с периферийными и спутными машинами БЭСМ-4 и CDC-1604A.

3. Создание системы математического обеспечения БЭСМ-6 применительно к задачам ОИЯИ.

4. Ввод в эксплуатацию системы прог-

рам на ФОРТРАНе для обработки данных с жидководородных пузырьковых камер на CDC-1604A.

5. Ввод в эксплуатацию системы программ обработки экспериментальных данных с двухметровой пропановой пузырьковой камеры ОИЯИ.

6. Проведение работ по комплексному опробованию НРД совместно с машиной CDC-1604A.

7. Завершение всех работ по вводу в эксплуатацию сканирующего автомата на электроннолучевой трубке и разработка автомата для обработки снимков с магнитного искрового спектрометра.

Лаборатория ядерных реакций

1. Дальнейшие работы по синтезу и изучению свойств новых элементов и изотопов, в частности синтезу элемента 105, и подготовке к синтезу элементов в предполагаемых областях стабильности в районе Z , равных 114 и 126.

2. Работы по дальнейшему совершенствованию имеющихся в лаборатории ускорителей, источников многозарядных ионов, масс-сепараторной техники и экспериментальных методик.

3. Подготовительные работы по реконструкции ускорителя У-300 в У-400 по образцу ускорителя У-200.

Лаборатория нейтронной физики

1. Исследование структуры ядер методами нейтронной спектроскопии при использовании аппаратуры высокого разрешения (микротрон, германиевые детекторы), поляризованных пучков нейтронов и поляризованных мишеней.

2. Изучение структуры конденсированных сред методами нейтронной физики и с использованием эффекта Мёссбауэра.

3. Изучение реакций на легких ядрах с помощью ЭГ-5.

4. Проектирование реактора ИБР-2.



2 НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ
РАБОТЫ,
ВЫПОЛНЕННЫЕ
ЛАБОРАТОРИЯМИ ОИАИ
В 1968 ГОДУ



Лаборатория высоких энергий

Научно-исследовательская деятельность Лаборатории высоких энергий проводилась в тесном контакте с лабораториями и институтами стран-участниц ОИЯИ.

Работы в области физики элементарных частиц в основном велись в двух направлениях:

- изучение поведения мнимой и реальной амплитуд рассеяния в зависимости от энергии в районе 3-70 Гэв;
- поиск и исследование механизма рождения и распада нестабильных частиц и резонансов.

Исследование упругого рассеяния протонов и пионов

1. Дифференциальное сечение упругого pp -рассеяния измерялось в интервале энергий 15-70 Гэв на ускорителе ИФВЭ с помощью полупроводниковых детекторов и сцинтилляционных счётчиков (рис. 2), работающих в непосредственной связи с ЭВМ БЭСМ-3М (блок-схема электроники показана на рис. 3).

Исследовалась область $0,01 < |t| < 0,1$ (Гэв/с)². Установка зарегистрировала $\approx 90\,000\,000$ протонов отдачи от упругого рассеяния на протонах полиэтиленовой мишени толщиной меньше микрона.

По полученным предварительным данным наблюдается медленный рост параметра наклона дифференциального сечения упругого pp -рассеяния в области энергий от 15 до 70 Гэв.

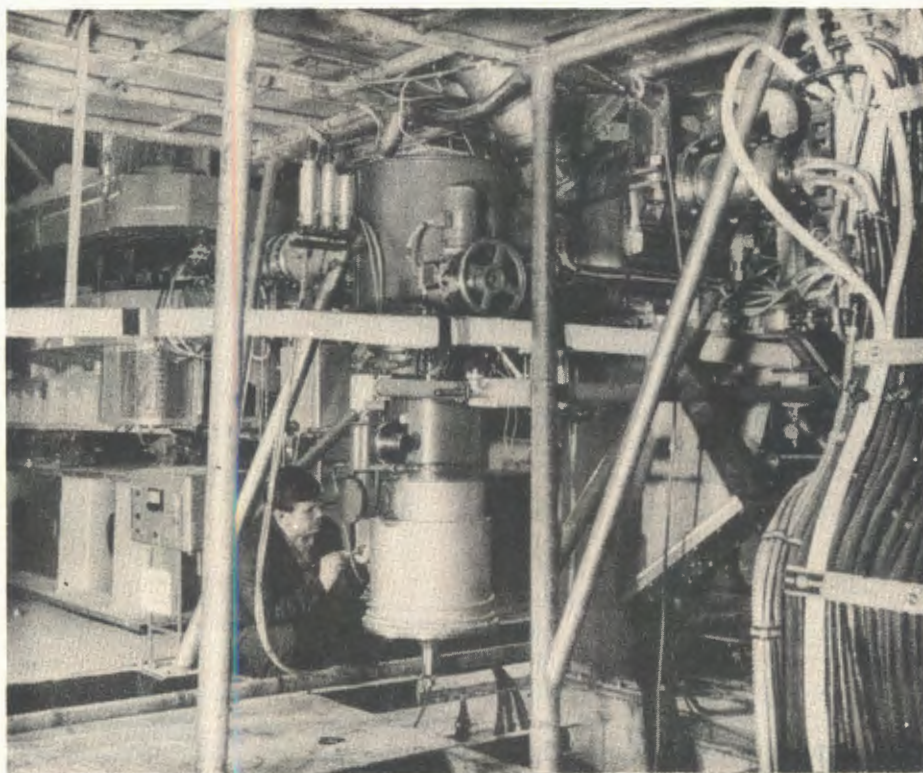


Рис. 2. Установка из полупроводниковых детекторов и сцинтилляционных счётчиков, работающих на линии с БЭСМ-3М в эксперименте по измерению дифференциальных сечений упругого pp -рассеяния в интервале энергий 10-70 Гэв на ускорителе ИФВЭ.

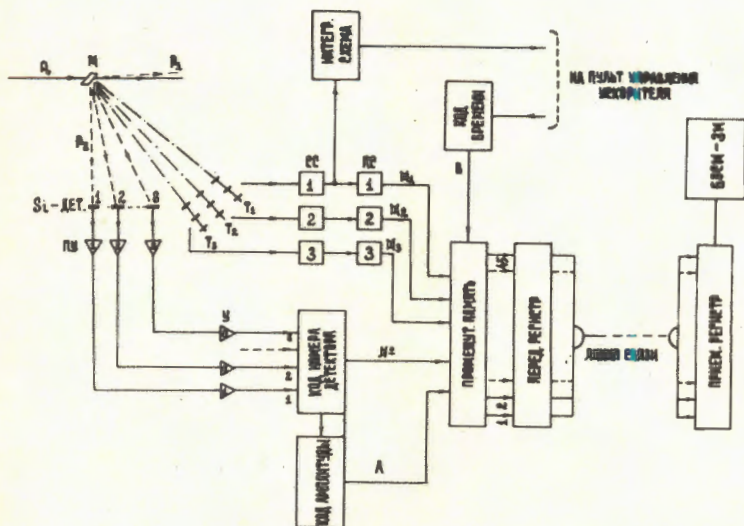


Рис. 3. Блок-схема электроники эксперимента по исследованию упругого pp -рассеяния на малые углы.

Результаты измерений анализируются в рамках теории полюсов Редже.

На рис. 4 и 5 показаны дифференциальные сечения упругого pp -рассеяния при 70 Гэв и вид спектра протонов отдачи при 40 Гэв, соответственно.

2. Дифференциальные сечения упругого рассеяния отрицательных пионов на протонах на малые углы при импульсах 3,06 и 4,56 Гэв/с измерены с помощью дифференциальных газовых черенковских и сцинтилляционных счётчиков и бесфильмовых искровых камер на линии с ЭВМ. Результаты измерений фазы ядерной амплитуды π^-p -рассеяния и их сравнение с дисперсионными расчётами представлены на рис. 6.

Исследования резонансов

1. Продолжались исследования распада векторных мезонов на e^+ - и e^- -пары с помощью черенковских гамма-спектрометров и искровых камер (рис. 7). Обнаружено 6 распадов ϕ -мезона на e^+e^- . Получены ве-

Рис. 4. Дифференциальное сечение упругого pp -рассеяния при энергии 70 Гэв.

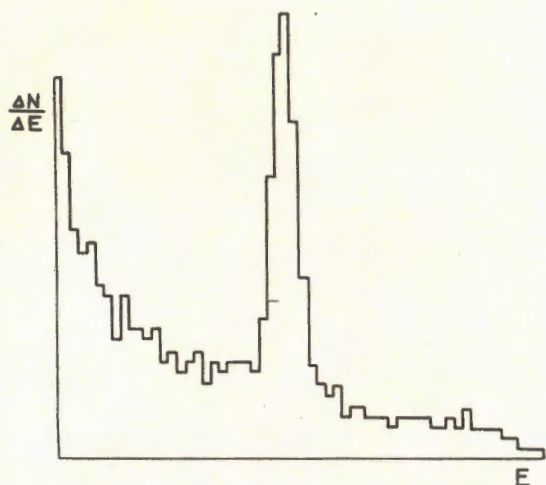
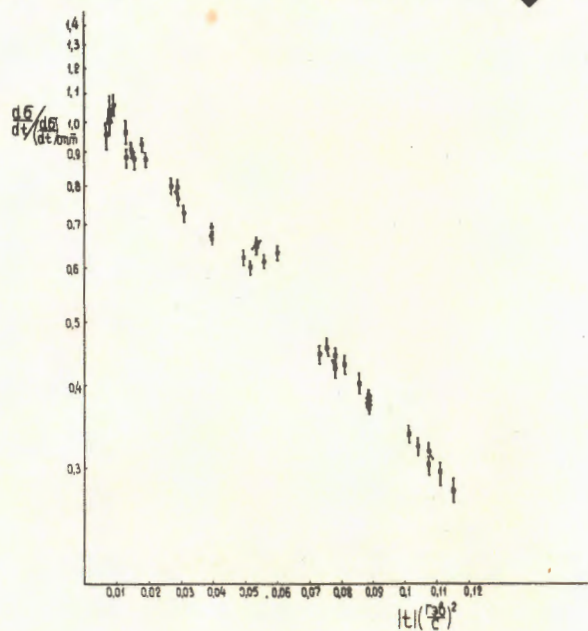


Рис. 5. Упругое pp -рассеяние при 40 Гэв. Вид спектра протонов отдачи при $|t| = 0,037$ (Гэв/с)².

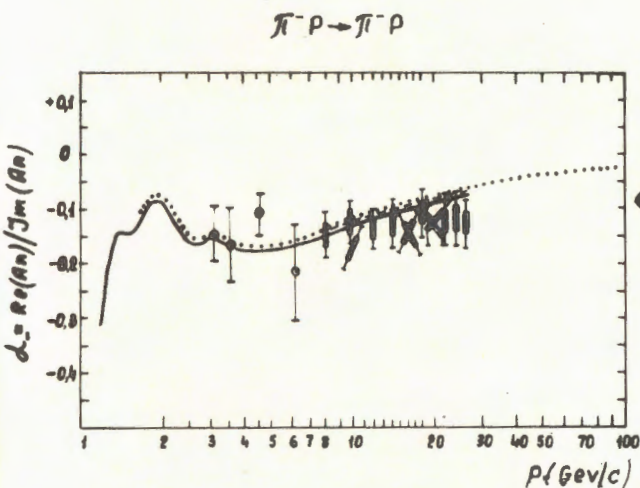


Рис. 6. Результаты измерений фазы ядерной амплитуды $\pi^- p$ -рассеяния и их сравнение с дисперсионными расчётами. ∇ - Foley et al. Phys. Lett., **19**, 193 (1967); \bullet - Номофилов и др. Phys. Lett., **22**, 350 (1968) и Письма ЖЭТФ, **6**, 546 (1967); \circ - данные этого эксперимента (1968); \cdots - Барашенков, Тонеев. Препринт ОИЯИ P2-3850, Дубна, 1962; $---$ Foley et al.; $---$ - Хехлер и Штраусс, частное сообщение (1966), Z. Phys., **180**, 430 (1964).

Рис. 7. Схема установки для исследования распадов векторных мезонов на пары $e^+ e^-$.

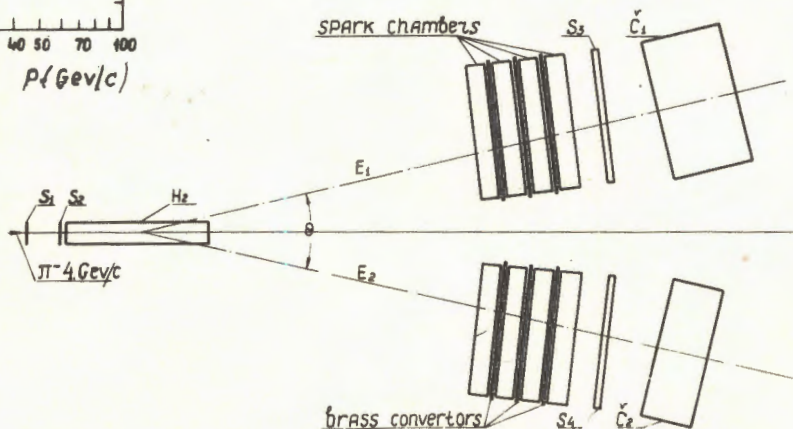
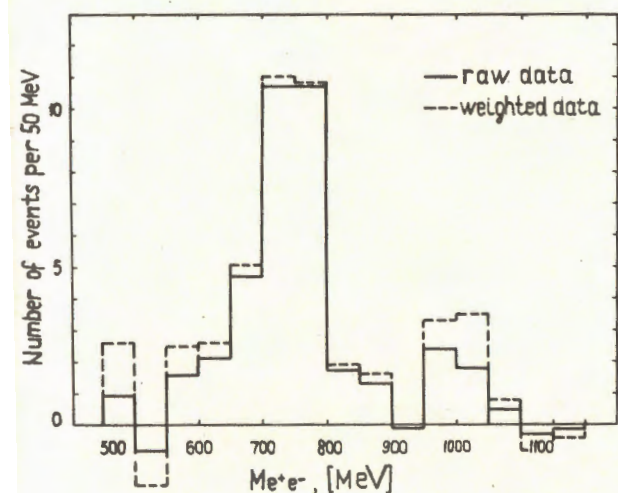


Рис. 8. Спектр эффективных масс частиц, распадающихся на пару $e^+ e^-$.



роятности распада по этому каналу для ρ -мезона: $V_\rho = (5,3 \pm 1,1) \cdot 10^{-5}$; ω -мезона: $V_\omega = (6,5 \pm 1,3) \cdot 10^{-5}$ и ϕ -мезона: $V_\phi = (66 \pm 28) \cdot 10^{-5}$.

Сравнение полученных данных с теоретическими (SU(3) - симметрия и гипотеза (ω - ϕ)-смешивания) указывает на справедливость последних.

Из этих данных найдена величина константы γ_ρ модели векторной доминантности:

$$\frac{\gamma_\rho^2}{4\pi} = 0,49 \pm 0,10.$$

В этом же эксперименте получена верхняя граница вероятности распада $\eta' (960)$ на 2γ , равная $7 \pm 5\%$.

На рис. 8 показан полученный спектр эффективных масс, распадающихся на электрон-позитронную пару.

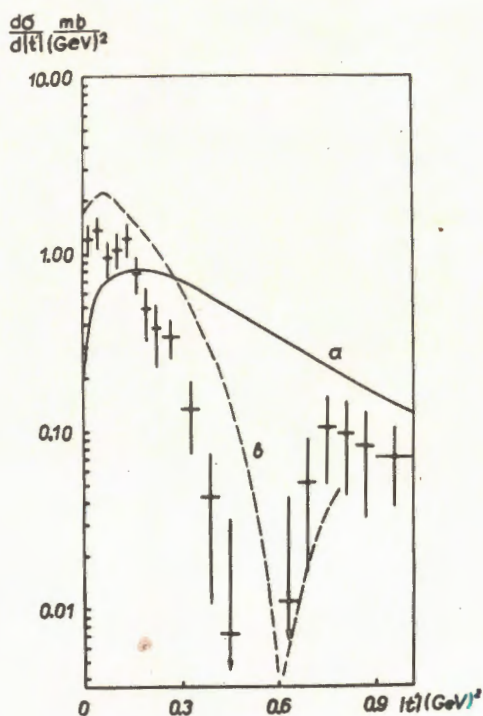
2. Продолжалась обработка 4-лучевых событий и уточнение некоторых данных о 2-лучевых событиях, полученных при облучении 40-сантиметровой жидководородной пузырьковой камеры в пучке π^+ -мезонов с импульсом 2,34 Гэв/с.

а) Аппроксимация экспериментального распределения для реакции



выражением $\frac{d\sigma}{dt} = A_{\rho} \exp\{-B_{\rho} |t|\}$ дала "наклон" $B_{\rho} = (10,1 \pm 0,8) (\text{Гэв})^{-2}$, что существенно превышает "наклон" дифференциального сечения упругого рассеяния.

Рис. 9. Дифференциальное сечение рождения изобары N_{1238}^{++} в реакции $\pi^+ p \rightarrow N_{1238}^{++} \rho^0$. Сплошная кривая - расчёт по модели с поглощением, пунктирная - по модели полюсов Редже.



Интересно отметить, что экспериментальное распределение $\frac{d\sigma}{dt}$ для реакции



имеет явно выраженный минимум при $|t| \approx 0,6 (\text{Гэв/с})^2$, предсказываемый моделью с обменным ρ -мезонным полюсом Редже (рис. 9). Однако расчёт $\frac{d\sigma}{dt}$, произведенный по этой модели, в случае использования параметров, найденных для реакции (2) при импульсе первичного пучка 4 и 8 Гэв/с, превышает экспериментальное распределение примерно в 2 раза.

Рис. 10. Распределение по $M_{\text{эфф}}$ в системе $(\pi^+ p)$. Гистограммы а, б, в соответствуют разным интервалам четырехмерных переданных импульсов (барийный обмен).

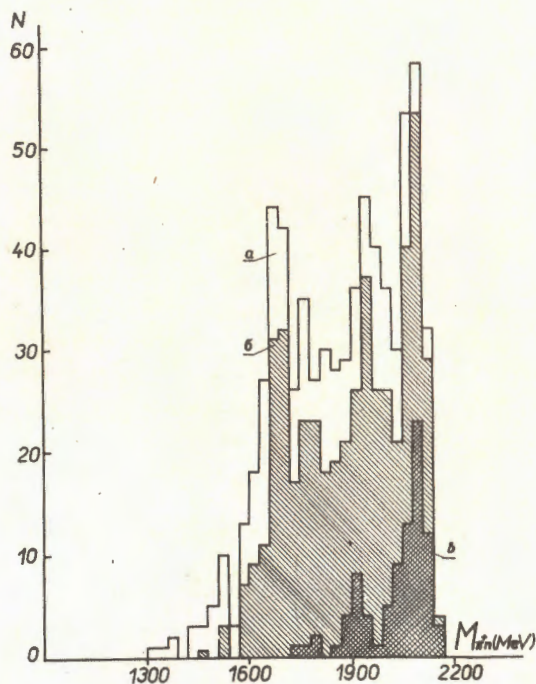


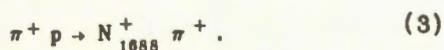
Таблица 1

Параметры Резонансы	Γ_0 (Мэв)	M_0 (Мэв)	σ (мб)
N_{1688}^+	109 ± 32	1681 ± 14	$0,32 \pm 0,1$

Таблица 2

Реакция	Интервал $/t - t_{\min} / (\text{Гэв})^2$	$A (\text{Гэв})^{-2}$
$N_{1238}^{++} + \rho^0$	$0,04 + -0,28$	$-9,02 \pm 0,92$
$N_{1238}^{++} + \omega^0$	$0,09 + 0,51$	$-3,92 \pm 0,35$

б) Полное сечение реакции $\pi^+ p \rightarrow \pi^+ \pi^+ n$ найдено равным $(2,7 \pm 0,1)$ мб. Установлено, что в конечное состояние большой вклад дает процесс



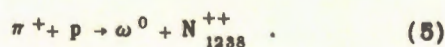
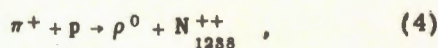
Оценки параметров изобары N_{1688}^+ и сечения реакции (3) были найдены с помощью аппроксимации плотности событий из конечного состояния $\pi^+ \pi^+ n$ на диаграмме в осях $M^2(\pi_1^+ n)$ vs $M^2(\pi_2^+ n)$ двумя распределениями типа Брайта-Вигнера (табл.1).

в) Анализ распределения событий из конечного состояния $\pi^+ \pi^+ n$ на диаграмме Чу-Лоу U vs $M^2(\pi^+ n)$, а также ряда других распределений позволил сделать вывод о том, что образование N_{1688}^+ происходит через барионный обмен.

Получены также указания на наличие в системе $\pi^+ n$ изобар с массами 1920 и

2080 Мэв, которые образуются тоже через барионный обмен (рис. 10).

г) В 4-лучевых $\pi^+ p$ -взаимодействиях исследовались реакции совместного рождения резонансов:



Всего обработано около 6000 4-лучевых событий. Сечения реакций (4) и (5) равны $(1,3 \pm 0,2)$ мб и $(1,8 \pm 0,2)$ мб, соответственно. Были определены дифференциальные сечения и параметры наклона при аппроксимации дифференциальных сечений экспонентой

$$\frac{d\sigma}{d(t - t_{\min})} = A \exp\{-B(t - t_{\min})\}.$$

Значения параметра B приведены в табл. 2.

Таблица 3

Реакция		$\pi^+ p \rightarrow N_{1238}^{++} \rho^0$	$\pi^+ p \rightarrow N_{1238}^{++} \omega^0$
Векторный мезон или (ρ^0 или ω^0)	ρ_{00}	$0,709 \pm 0,011$	$0,531 \pm 0,039$
	$\rho_{1,-1}$	$0,012 \pm 0,024$	$-0,026 \pm 0,029$
	$\text{Re } \rho_{1,0}$	$-0,090 \pm 0,022$	$-0,051 \pm 0,025$
Барион N_{1238}^{++}	ρ_{33}	$0,121 \pm 0,025$	$0,162 \pm 0,029$
	$\text{Re } \rho_{3,-1}$	$0,009 \pm 0,055$	$0,006 \pm 0,063$
	$\text{Re } \rho_{3,1}$	$0,001 \pm 0,063$	$-0,052 \pm 0,071$
Интервал $/t-t_{\min}/$ (ГэВ/с) ²		$0 \pm 0,2$	$0 \pm 0,2$

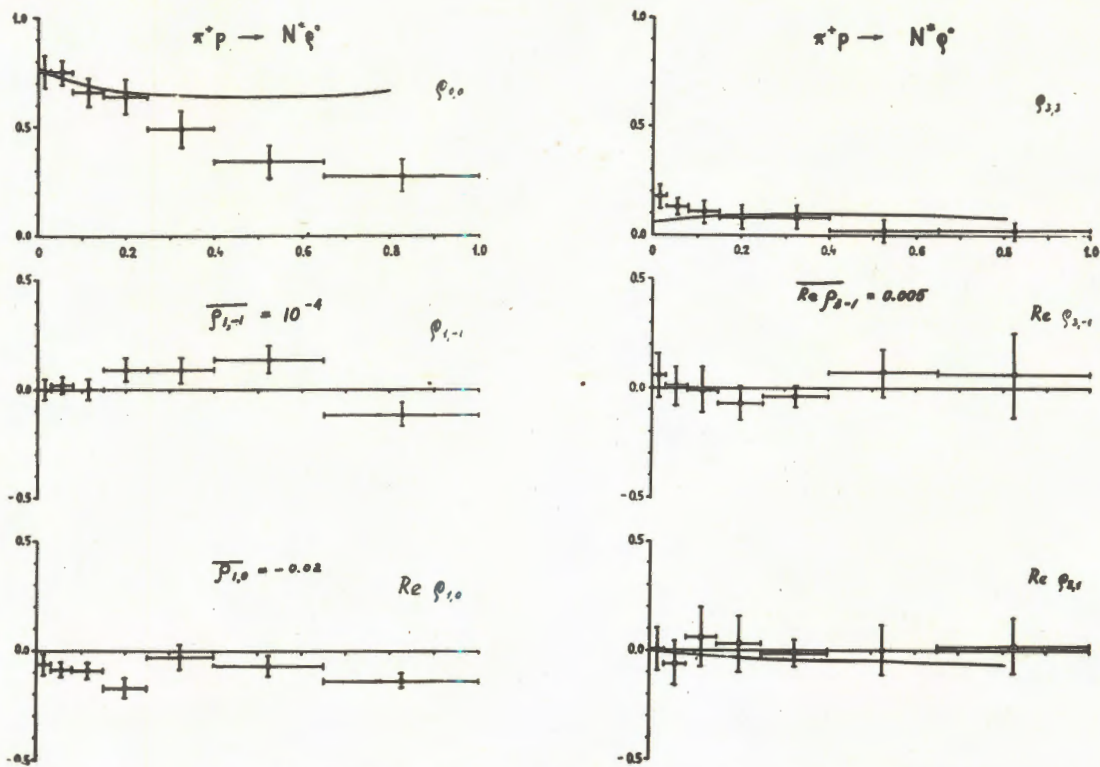


Рис. 11. Зависимость элементов спиновой матрицы плотности от переданного импульса для реакции $\pi^+ p \rightarrow N_{1238}^{++} \rho^0$.

Значения элементов спиновой матрицы плотности для ρ^0 и N^{++} в реакции (4) и для ω^0 и N^{++} в реакции (5) даны в табл. 3. Их зависимость от $|t-t_{\min}|$ показана на рис. 11 и 12. Практически отличие от нуля наблюдается только для ρ_{00} и ρ_{33} в обеих реакциях.

3. Поиск двухбарийонных систем проводился на основе снимков с 55-сантиметровой пропановой камеры. Обнаружены пики в спектре эффективных масс Λp при $M \approx 2060$; 2220 и 2573 Мэв. Показано, что система Λp обладает виртуальным уровнем при $(4,8 \pm 1,1)$ Мэв и пик при $M \approx 2060$ Мэв (рис. 13) обусловлен резонансом на этом уровне.

4. Исследование генерации странных частиц в πp -взаимодействии при 4 Гэв/с на основе снимков с 55-сантиметровой пропановой камеры.

а) Завершена работа по изучению реакций



Получены данные по полным и дифференциальным сечениям этих процессов (рис. 14 и 15).

б) Завершена работа по изучению корреляций между продольными (в с.ц.м.) и поперечными компонентами импульсов π^- , K^0 -мезонов и Λ -гиперонов, образующихся в $\pi^- p$ -взаимодействиях (рис. 16, 17 и 18).

в) Оценены размеры области рождения ΛK (\bar{r}^2)^{1/2}. Для этой величины получено значение $(0,46 \pm 0,012) \cdot 10^{-13}$ см, что хорошо совпадает с ядерным радиусом частиц, полученным из анализа опытов по упругому рассеянию.

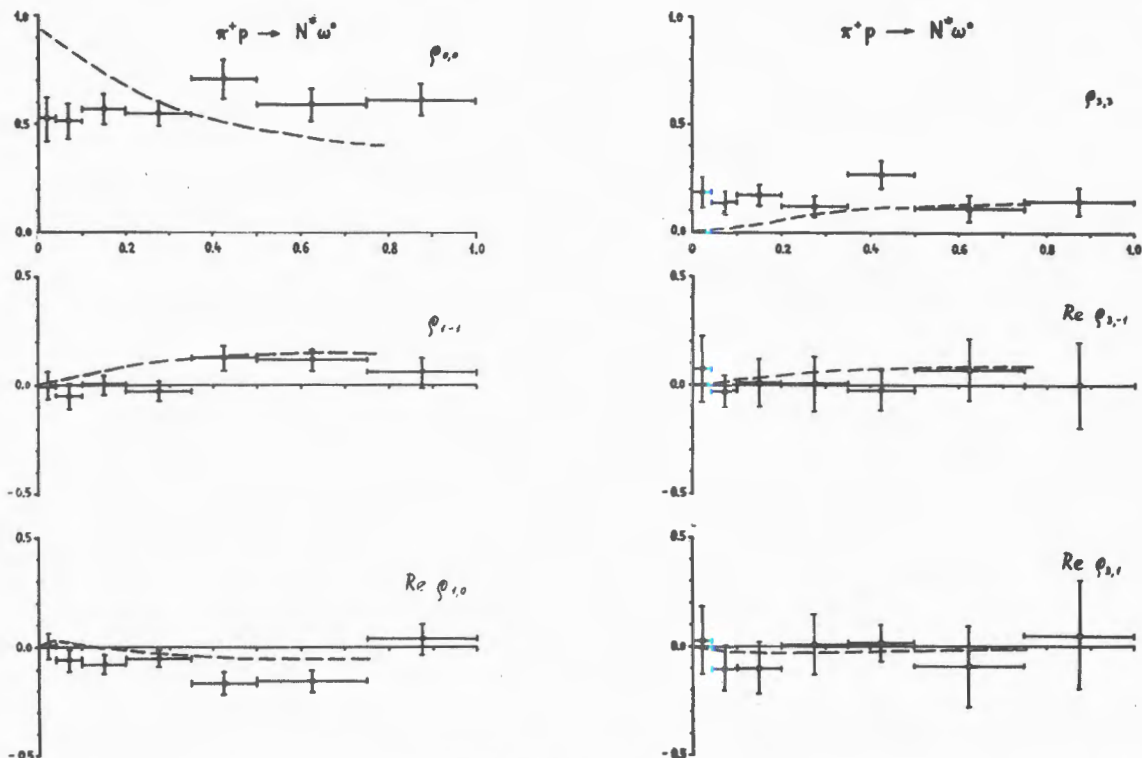
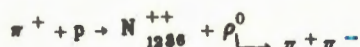


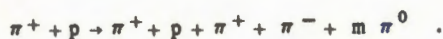
Рис. 12. Зависимость элементов спиновой матрицы плотности от переданного импульса для реакции $\pi^+ p \rightarrow N_{1238}^{++} \omega^0$.

5. Поиск мезон-нуклонных состояний с изотопическим спином 5/2.

а) Получены спектры π^- -мезонов в реакции $\pi^- p$ при импульсе падающих пионов 3,888 Гэв/с (рис. 19, 20 и 21). Предварительные данные указывают на то, что спектр π^- -мезонов можно объяснить суммой реакции

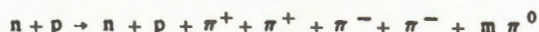


и нерезонансных процессов типа



В опыте использовались сцинтилляционные черенковские счётчики, искровые камеры и магнитный спектрометр из двух сильнофокусирующих магнитов.

б) Закончена обработка результатов исследования неупругого πp -взаимодействия на основе снимков с 55-сантиметровой пропановой камеры. Показано, что верхний предел сечения образования изобары и с изотопическим спином 5/2 в реакции



равен 30 мкбарн.

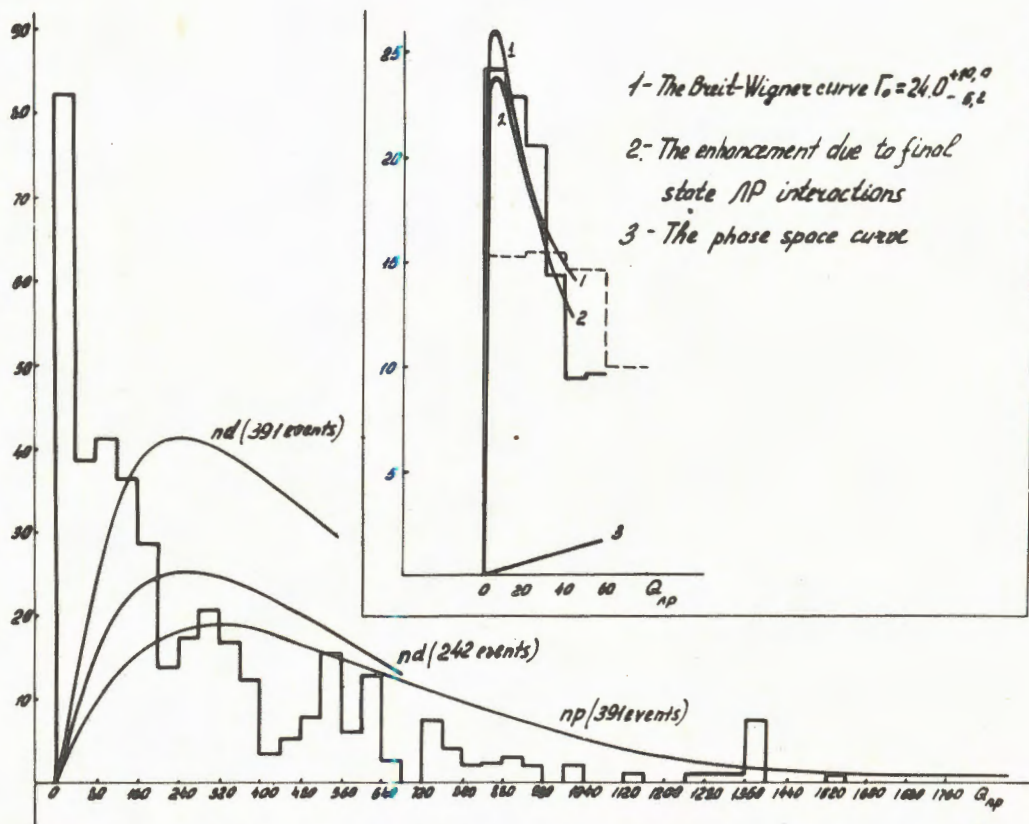


Рис. 13. Распределение по полной кинетической энергии в системе Λp .

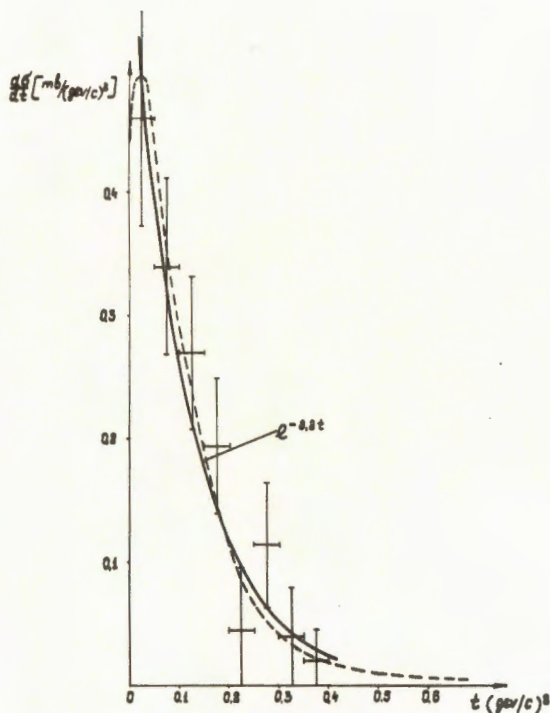
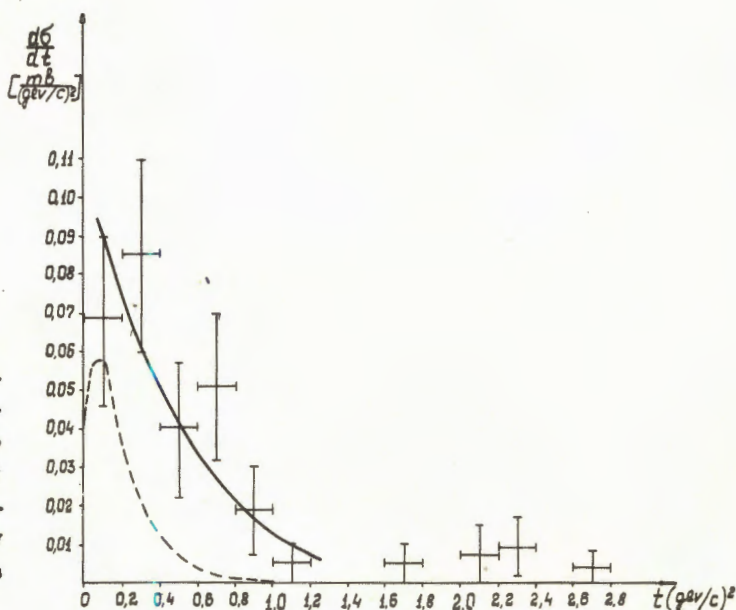


Рис. 14. Распределение дифференциального сечения реакции $\pi^- + p \rightarrow \Lambda^0 (\Sigma^0) + K^0$ в зависимости от квадрата четырехмерного переданного импульса t . Пунктирная кривая - вычисления на основе модели Редже с обменом двумя полюсами K_{890}^{*0} и K_{1420}^{*0} .

Рис. 15. Распределение дифференциального сечения реакции $\pi^- + p \rightarrow \Lambda^0 (\Sigma^0) + K_{890}^{*0}$ в зависимости от квадрата четырехмерного переданного импульса t . Сплошная кривая - расчёт $d\sigma/dt$ по ОРЕ-модели с учётом поглощения в предположении обмена K -мезоном. Пунктирная кривая - расчёт по модели полюсов Редже в предположении обмена K -полюсом.



7. При обработке 600 000 снимков, сделанных в ксеноновой камере, облученной π^+ -мезонами с импульсом 2,34 Гэв/с, получены следующие результаты:

а) отношение вероятностей образования η -мезона, распадающегося на два γ -кванта, к вероятности образования π^0 -мезона равно $(12,2 \pm 3,1)\%$;

б) вероятность образования других частиц, распадающихся на два γ -кванта, составляет не более 0,1 от вероятности образования η -мезона;

в) соотношения разных нейтральных каналов распада η - и ω -мезонов имеют вид:

$$R_1 \frac{\eta \rightarrow \pi^0 2\gamma}{\eta \rightarrow 2\gamma} = 0,30 \pm 0,22;$$

$$R_2 \frac{\eta \rightarrow 3\pi^0}{\eta \rightarrow 2\gamma} = 1,06 \pm 0,31;$$

$$R_3 \frac{\eta \rightarrow \pi^0 2 \gamma}{\eta - \text{все нейтр.}} = 0,13 \pm 0,12;$$

$$R_4 \frac{N(\omega \rightarrow \eta \gamma)}{N(\omega \rightarrow \pi^0 \nu)} = 0,22 \pm 0,11;$$

$$R_5 \frac{N(\omega \rightarrow 2\pi^0 \gamma)}{N(\omega \rightarrow \pi^0 \gamma)} = 0,25 \pm 0,15.$$

г) Изучалось распределение эффективных масс комбинаций $2\pi^0$. Обнаружено отклонение, выходящее за фон, при массе S^0 -мезона со средним значением массы (733 ± 15) Мэв.

Рис. 17. Зависимость среднего поперечного импульса K^0 -мезона от его продольного импульса в с.ц.м.

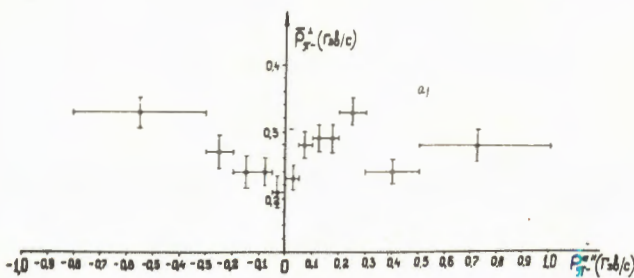
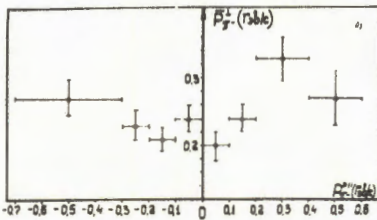
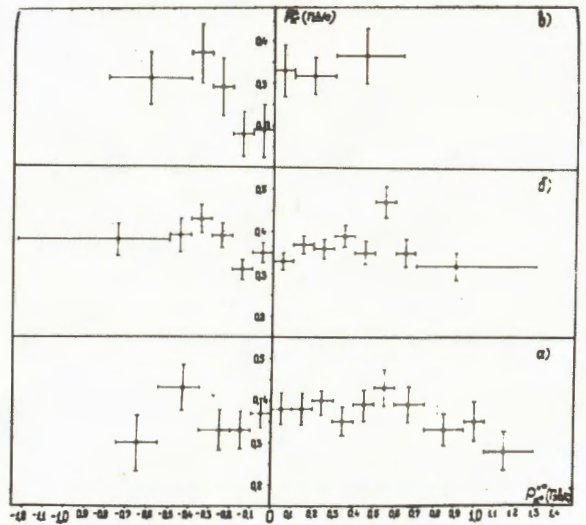


Рис. 16. Зависимость среднего поперечного импульса π^- -мезона от его продольного импульса в с.ц.м.

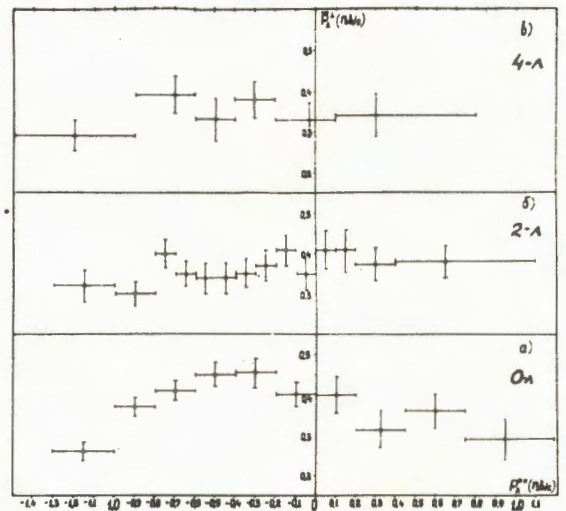


Рис. 18. Зависимость среднего поперечного импульса Λ -гиперона от его продольного импульса в с.ц.м.

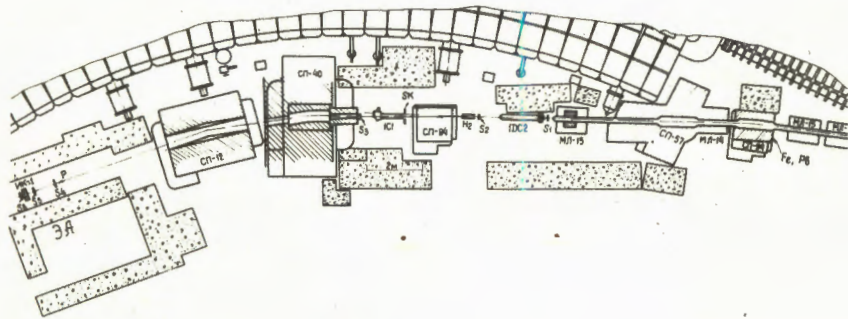


Рис. 19. Схема расположения аппаратуры на пучке в опытах по измерению спектра π^- -мезонов в реакции $\pi^+ p \rightarrow X^{+++} \pi^-$. МЛ-14 и МЛ-15 - квадрупольные магнитные линзы; СП-40 и СП-12 - магнитный спектрометр; ИК-1 - искровая камера; S_1, S_6 - сцинтилляционные счётчики; SK - сцинтилляционный счётчик с дыркой по пучку; IC1 и IDC2 - газовые черенковские счётчики.

Рис. 20. Спектр импульсов π^- -мезонов в реакции $\pi^+ p \rightarrow X^{+++} \pi^-$. Пунктирная кривая - фон с пустой мишенью, сплошная кривая - расчёт для реакции $\pi^+ p \rightarrow N_{1338}^{++} \rho^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-$.

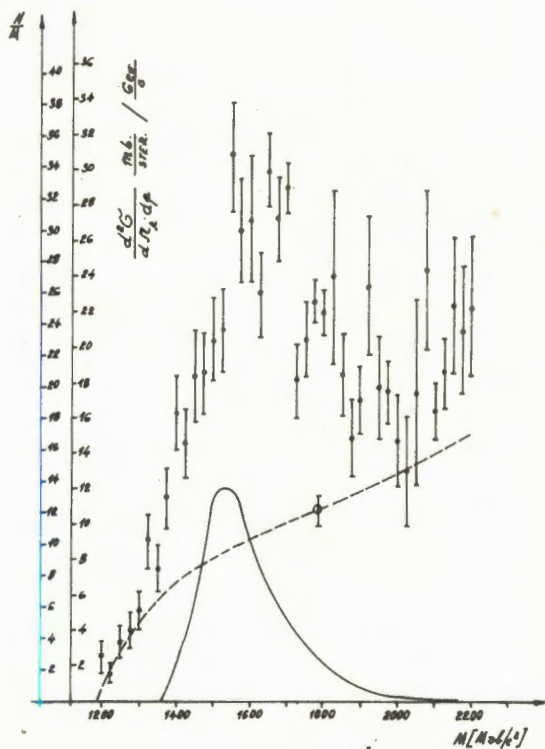
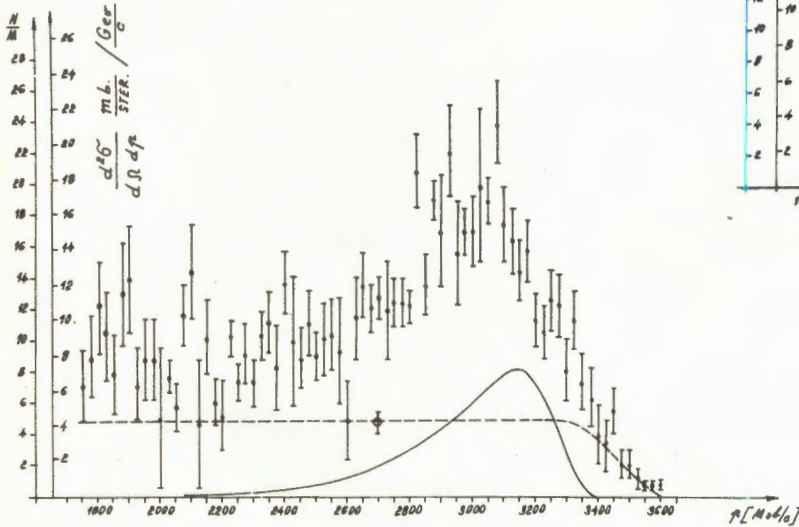


Рис. 21. Спектр эффективных масс X^{+++} в реакции $\pi^+ p \rightarrow X^{+++} \pi^-$. Пунктирная кривая - фон с пустой мишенью, сплошная кривая - расчёт для реакции $\pi^+ p \rightarrow N_{1338}^{++} \rho^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-$.

Лаборатория
ядерных проблем



Научно-исследовательская деятельность Лаборатории ядерных проблем проводилась по следующим главным направлениям: изучение сильных взаимодействий нуклонов и пионов, слабых и электромагнитных взаимодействий с участием мезонов, свойств нейтрондефицитных ядер, а также проведение теоретических исследований.

Проверка законов симметрии в сильных взаимодействиях нуклонов с нуклонами

Завершены систематические исследования по экспериментальной проверке T -инвариантности сильных взаимодействий в процессах упругого рассеяния протонов протонами. Требования T -инвариантности приводят к равенству поляризации, возникающей в рассеянии неполяризованных протонов, и асимметрии в рассеянии поляризованных протонов (оба рассеяния на неполяризованной мишени). В опыте сравнивались асимметрия и поляризация, измеренные с высокой точностью соответственно в двойном и тройном рассеянии протонов протонами. При этом эксперимент по тройному рассеянию протонов протонами позволил определить также параметр Вольфенштейна D_{pp} .

В дополнение к ранее полученным данным были получены результаты для пяти углов рассеяния в интервале от 34° до 108° в с.д.м. при энергии протонов 635 Мэв. Прецизионность измерений дала возможность уменьшить в пять раз ошибку в величине параметров, характеризующих точность, с которой экспериментально проверена T -инвариантность сильных взаимодействий.

Анализ опытных данных приводит к заключению, что отношение величины T -неинвариантной амплитуды, если она существует, к полной амплитуде упругого рассеяния не превышает $(1-3) \cdot 10^{-2}$, а значение синуса

T -неинвариантного фазового сдвига λ_2 составляет $\sin \lambda_2 = 0,08 \pm 0,1$. Такой вывод для области энергий выше порога мезообразования получен впервые.

Сильные взаимодействия нуклонов и пионов с нуклонами и ядрами

1. Измерение параметров тройного рассеяния A_{pn} и D_{pn} в рассеянии нейтронов протонами с энергией 605 Мэв. Эксперимент выполнен на установке с искровыми камерами в целях получения данных, необходимых для дискриминации одного из двух существующих решений в фазовом анализе нуклон-нуклонного рассеяния при энергии 635 Мэв.

Получено, что

$$A_{pn}(55^\circ) = 0,80 \pm 0,32, \quad A_{pn}(125^\circ) = 0,51 \pm 0,38 \text{ и} \\ D_{pn}(84^\circ) = 0,48 \pm 0,2, \quad D_{pn}(125^\circ) = 0,61 \pm 0,43.$$

Выбор указанных углов в опыте был сделан на основании результатов аналитического планирования, проведенного с использованием данных ранее выполненных экспериментов. По совокупности результатов ведется фазовый анализ.

2. Новые данные об угловой зависимости фактора деполяризации получены в опытах по двойному рассеянию протонов с энергией 660 Мэв при использовании поляризованной протонной мишени. Фактор деполяризации для двух углов рассеяния оказался равным

$$D_{pp}(80^\circ) = 0,54 \pm 0,1 \text{ и } D_{pp}(50^\circ) = 0,72 \pm 0,11.$$

3. Фазовый анализ нуклон-нуклонного рассеяния при энергии 400 Мэв. Для проведения анализа были взяты ранее полученные в лаборатории экспериментальные данные. В результате использования критерия более жесткого, чем χ^2 -критерий (оценка вероятности ошибки первого рода), было по-

казано, что амплитуда нуклон-нуклонного рассеяния при энергии 400 Мэв определяется однозначно.

4. Установлено существование резонанса Y_0^* , распадающегося на Λ -частицу и γ -квант, на основе обработки 200 тысяч фотографий, полученных при экспонировании метровой пузырьковой пропановой камеры в пучке отрицательных пионов с импульсом 5 Гэв/с от синхрофазотрона.

В распределении эффективных масс:

$\Lambda\gamma$ - комбинаций наблюдалось два пика, один из которых обусловлен рождением известного Σ^0 - гиперона, а второй - рождением нового резонанса Y_0^* (рис. 22).

Масса резонанса Y_0^* получена равной

$M_{\Lambda\gamma} = (1327 \pm 1,5)$ Мэв при экспериментальной ширине резонанса (20 ± 4) Мэв, сечении рождения резонанса - равным (53 ± 14) микробарн. Возможные квантовые числа этого резонанса $1/2^+$ (J^P).

5. Измерение дифференциального сечения квазиупругого рассеяния протонов с энергией 665 Мэв

α -частичными ассоциациями в ядрах ${}^6\text{Li}$, ${}^9\text{Be}$, ${}^{12}\text{C}$ и ${}^{16}\text{O}$ производилось с целью исследования механизма ядерных реакций при высоких энергиях и обнаружения существования в ядре нуклонных ассоциаций. Эксперимент был выполнен на протонном канале с помощью электроники, осуществляющей отбор (по времени пролета, удельным потерям и кинетической энергии α -частиц) актов квазиупругого выбивания α -частиц протонами из ядер. В импульсных спектрах α -частиц (рис. 24), вылетающих под малыми углами к падающему пучку протонов, обнаружен пик, обусловленный квазиупругим рассеянием протонов α -частичными ассоциациями легких ядер при передаваемом импуль-

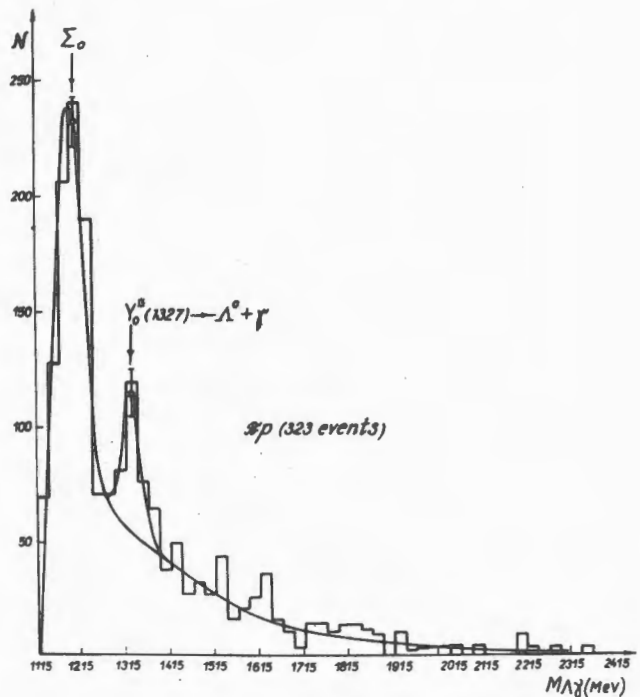
се $0,5$ ферми $^{-1}$. Дифференциальные сечения в с.п.м. оказались равными:

$$\begin{aligned} \frac{d\sigma}{d\Omega} [{}^6\text{Li} (p, p {}^4\text{He}) d] &= \\ &= (3,6 \pm 0,7) \cdot 10^{-31} \text{ см}^2 \text{ стер}^{-1}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{d\sigma}{d\Omega} [{}^9\text{Be} (p, p {}^4\text{He}) {}^5\text{He}] &= \\ &= (5,4 \pm 1,2) \cdot 10^{-31} \text{ см}^2 \text{ стер}^{-1}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{d\sigma}{d\Omega} [{}^{12}\text{C} (p, p {}^4\text{He}) {}^8\text{Be}] &= \\ &= (9,1 \pm 1,5) \cdot 10^{-31} \text{ см}^2 \text{ стер}^{-1}. \end{aligned}$$

Рис. 22. Спектр эффективных масс $\Lambda\gamma$ -комбинаций.



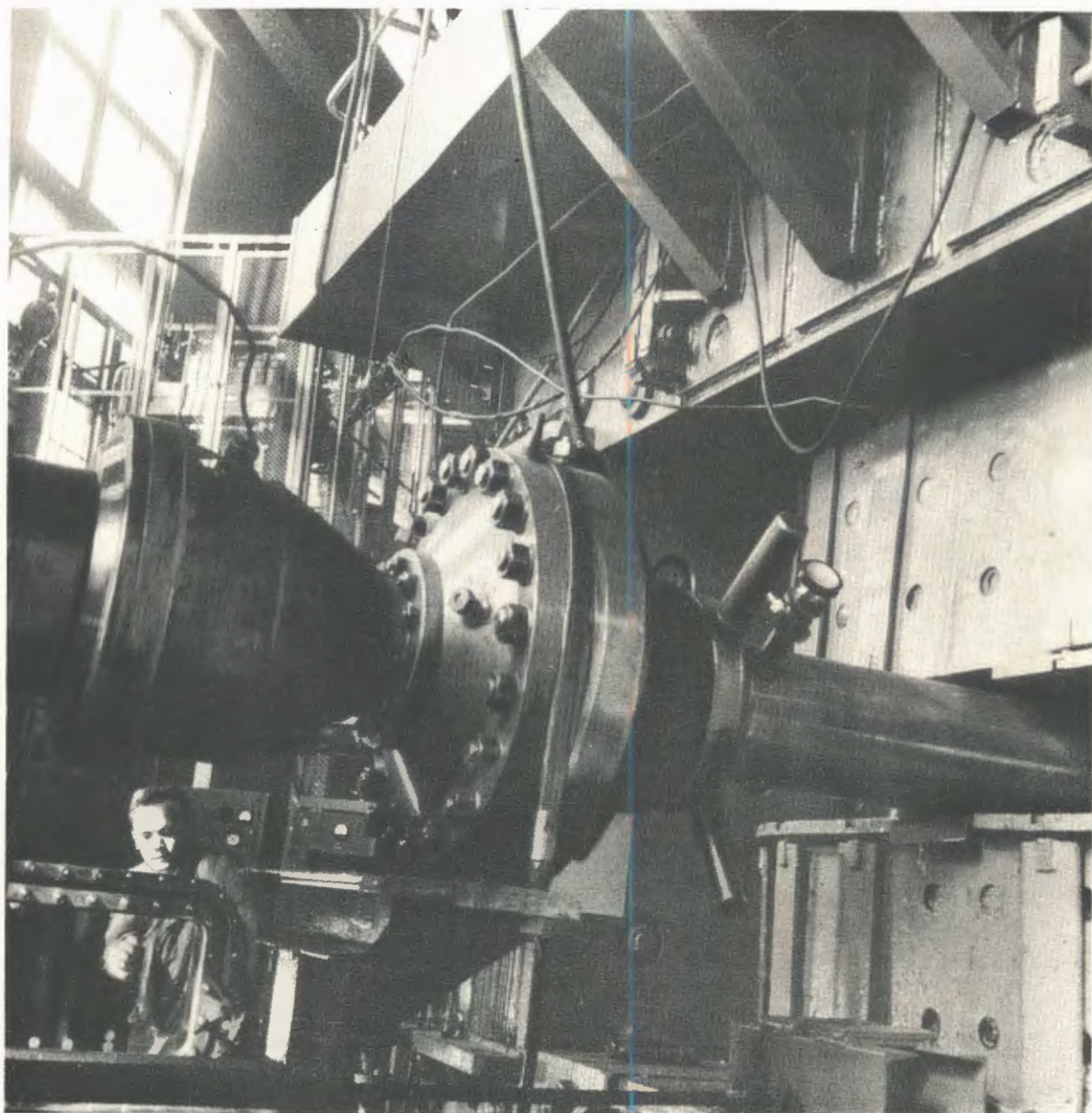


Рис. 23. 1-метровая пропановая камера на пучке π^- -мезонов с импульсом 5 Гэв/с от синхрофазотрона. Вид со стороны расширительной системы.

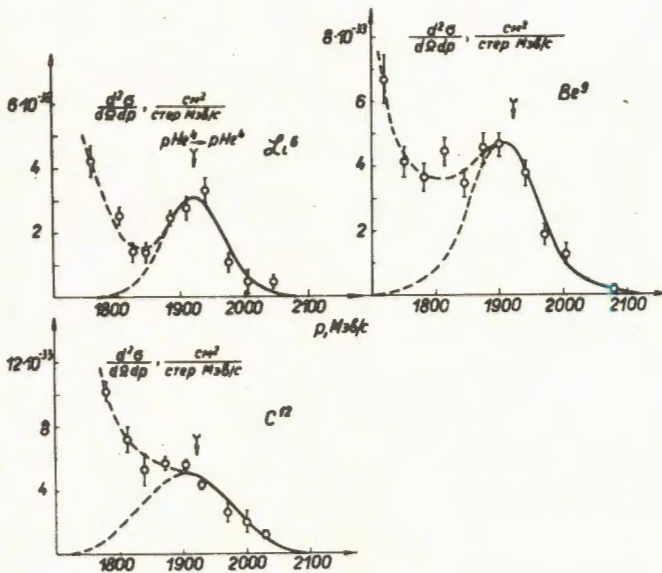


Рис. 24. Импульсный спектр α -частиц, полученный в опытах по изучению квазиупругого рассеяния протонов легкими ядрами.

Из сравнения указанных сечений с сечением упругого рассеяния протонов ядрами гелия при передаваемом импульсе 9,5 ферми⁻¹ было оценено эффективное число α -ассоциаций в ядрах ${}^6\text{Li}$ и ${}^9\text{Be}$ и верхняя граница для ядра ${}^{12}\text{C}$. Полученные значения эффективных чисел находятся в согласии с теоретическими предсказаниями.

6. Оценка эффективного сечения двойной перезарядки π -мезонов на ядрах фотоэмульсии при малых энергиях пионов. Эксперимент выполнен с помощью эмульсионной камеры, экспонированной в пучке π^- -мезонов с энергией 15 Мэв. Сечение этого процесса оказалось близким к 10^{-29} см². На основании этого результата была предпринята попытка наблюдения процесса двойной перезарядки остановившихся π^- -мезонов в ${}^{58}\text{Ni}$, когда ядро остается в связанном состоянии. Верхняя граница вероятности двойной перезарядки π^- -мезонов на ядре ${}^{58}\text{Ni}$ составила

$$W = \frac{N(\pi^- + \text{Ni} \rightarrow \pi^+ + {}^{58}\text{Fe})}{\text{полное число захватов } \pi^- \text{-мезонов в } {}^{58}\text{Ni}} < 3 \cdot 10^{-6}.$$

7. Исследование процесса двойной перезарядки π -мезонов при энергии выше порога мезообразования. С помощью эмульсионных камер, экспонированных в пучке π -мезонов, исследовались процессы $\pi^- + A \rightarrow \pi^+ + A' + \dots$ и $\pi^- + A \rightarrow \pi^+ + \pi^- + A' + \dots$. Измерены сечения этих процессов в интервале энергий 210 + 375 Мэв. На основании анализа зарегистрированных событий показано, что в указанном интервале энергий образование π^+ -мезонов в первом процессе происходит по двум различным каналам: а) через реакцию двойной перезарядки π^- -мезонов и б) в результате образования двух π -мезонов с последующим поглощением отрицательного пиона в том же ядре. В работе определены парциальные вклады этих каналов (рис. 25).

Слабые и электромагнитные взаимодействия с участием мезонов

1. Измерение энергетического спектра нейтронов в процессах захвата мюонов ядрами серы и кальция было предпринято с целью изучения механизма захвата мюонов ядрами и получения данных, необходимых для понимания anomalно большой асимметрии нейтронов и ее энергетической зависимости, обнаруженной ранее физиками лаборатории. С помощью электроники был выполнен эксперимент, в котором были тщательно измерены спектры нейтронов в интервале от 1,5 до 14 Мэв. При достигнутом в опыте разрешении по энергии нейтронов (порядка 0,5 Мэв) в спектре впервые наблюдались отдельные пики. На рис. 26 приведены результаты измерений для ядра серы-32. Наблюдаемые четыре пика при энергиях 4,8; 3,4; 2,5 и 1,9 Мэв можно интерпретировать как результат перехода ядра ${}^{32}\text{P}$ из квазисвязанного состояния (энергия возбуждения 14,5 Мэв) на ос-

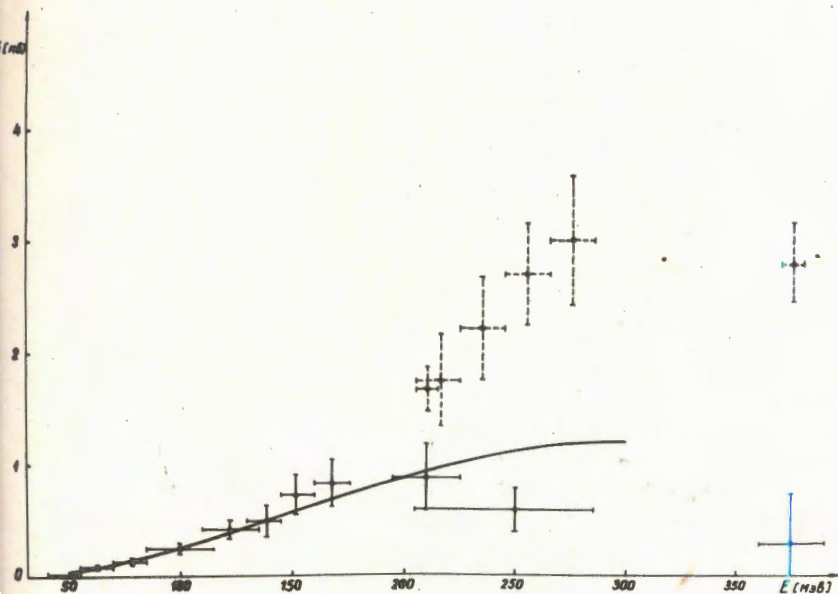


Рис. 25. Энергетическая зависимость сечения двойной перезарядки π -мезонов и процесса рождения мезонов мезонами.

Рис. 27. Энергетический спектр нейтронов, испускаемых в результате захвата отрицательных мюонов ядрами ^{40}Ca .

Рис. 26. Энергетический спектр нейтронов, испускаемых в результате захвата отрицательных мюонов ядрами ^{32}S .

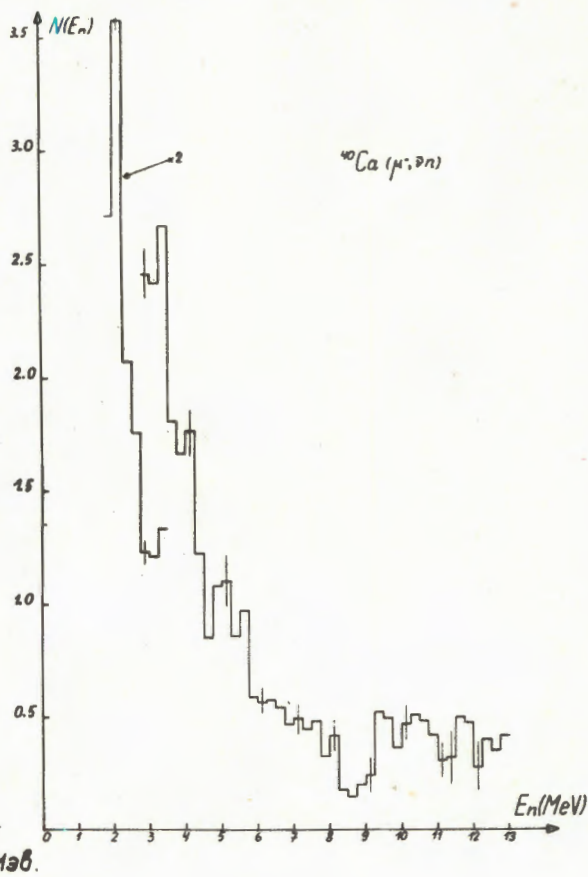
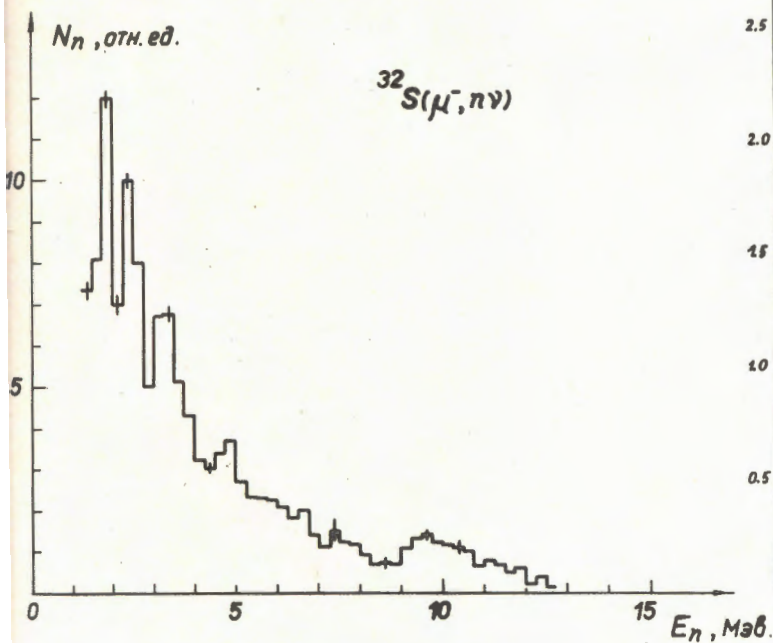




Рис. 28. Участники эксперимента, в котором был установлен предсказанный теоретически резонансный характер процесса ядерного мю-захвата: И.Войтковска, В.Евсеев, Т.Козловски.

новной и возбужденный уровни ядра ^{31}P . Существование пиков предсказывается на основе теории "резонансного" поглощения мюонов ядрами, развиваемой советскими теоретиками. Этот результат открывает новую возможность исследования с помощью μ -захвата природы и свойств высоковозбужденных квазисвязанных состояний ядер, играющих доминирующую роль в протекании большого класса ядерных реакций при высоких энергиях. При этом мю-захват по ряду причин является значительно более эффективным способом извлечения информации об этих состояниях по сравнению с другими способами (фотопоглощение, неупругое рассеяние электронов, радиационный π^- -захват).

2. Завершено изучение процесса $\pi^- + p \rightarrow \pi^- + p + \gamma$, представляющего интерес для определения константы фоторождения

π^- -мезона на π^- -мезоне. Эксперименты были выполнены с помощью 25-сантиметровой жидководородной пузырьковой камеры. На основе анализа импульсного и углового распределений γ -квантов в с.д.м. определена константа процесса $\pi^- \rightarrow \pi^- \pi^0$, оказавшаяся равной

$C^2 = 1,0 \pm 0,2$. Это лучшее по точности измерение значения константы фоторождения пионов на пионах.

3. Оценка сечения процесса обратного электророждения пиона $\pi^- + p \rightarrow p + e^+ + e^-$. Исследование этого процесса на водороде проводится с целью получения сведений о формфакторе π^- -мезона во времениподобной области. Установка, состоящая из жидководородной мишени, искровых камер, ливневых спектрометров, сцинтилляционных и водяных черенковских счётчиков, экспонировалась в пучке π^- -мезонов с энергией 285 Мэв (рис. 29).

В результате анализа статистического материала было идентифицировано 12 событий, принадлежащих изучаемому процессу. Это позволило получить оценку сечения процесса, которое составляет около $2 \cdot 10^{-33}$ см²/стерад. Опыт продолжается.

4. Измерение скорости образования $\mu\mu$ -молекул в газообразном водороде было предпринято в связи с планированием и интерпретацией экспериментов по определению вероятности поглощения мюонов в водороде при низкой его плотности. В опыте использовался метод временного анализа мезорентгеновского излучения, возникающего при перехвате мюонов от μ -атомов к атомам примеси. Скорость образования $\mu\mu$ -молекул в газообразном водороде, приведенная к плотности жидкого водорода, оказалась равной $\Lambda_{\mu\mu} = (2,74 \pm 0,25) \cdot 10^6$ сек⁻¹.

5. Исследование деления плутония под действием мюонов. Для уточнения вклада деления плутония в процесс возбуждения ядра при безрадиационном $2P-1S$ переходе мезоатома был выполнен эксперимент с использованием усовершенствованной аппаратуры и с применением двухмерного анализа. Отношение числа актов деления плутония при безрадиацион-

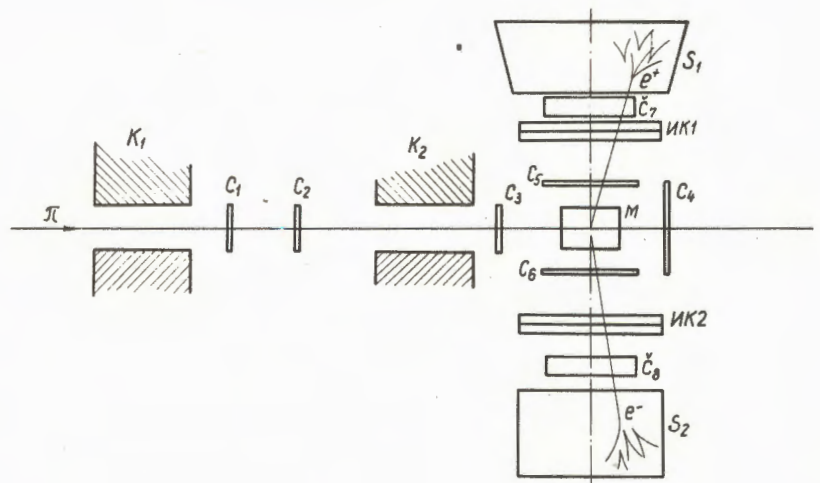
ном переходе мезоатома к числу актов его деления при ядерном захвате мюонов получено равным $0,28 \pm 0,04$. Этот опыт был выполнен при широком сотрудничестве с Институтом физики в Бухаресте.

Теоретические исследования

1. Предложен опыт для решения вопроса, мультипликативно ли одно из лептонных квантовых чисел; изучены возможные следствия предположения о связи сверхслабого взаимодействия с взаимодействием, не сохраняющим лептонный заряд; показано, что несохранение лептонного заряда может приводить лишь к нейтринным осцилляциям типа $\nu_e \leftrightarrow \nu_\mu$. Существование таких осцилляций может быть причиной малой интенсивности солнечных нейтрино, наблюдавшейся в опытах Дэвиса.

2. Показано, что не только сечения, но и все поляризационные явления в тормозном излучении при столкновении адронов выражаются через соответствующие величины упругого рассеяния адронов и их производные по энергии и углу. Рассмотрены эффекты влияния тормозного излучения при столкновении адронов на заключения о T -инвариантности.

Рис. 29. Схема эксперимента по исследованию реакции $\pi^- + p \rightarrow e^+ + e^- + n$. M - жидководородная мишень; ИК-1, ИК-2 - искровые камеры; \check{C}_7, \check{C}_8 - водяные черенковские счётчики; S_1, S_2 - ливневые спектрометры с радиаторами из свинцового стекла; $C_1 - C_6$ - сцинтилляционные счётчики.



Предложены эксперименты с поляризованными фотонами, осуществление которых позволит повысить точность в определении времени жизни π^- - и η^0 -мезонов.

Изучение свойств и квантовых характеристик нейтрондефицитных ядер

Основное содержание работ этого направления составляло изучение высоковозбужденных состояний относительно долгоживущих изотопов в области изотопов от йода до полония, а также исследование короткоживущих изотопов, удаленных от линии стабильности. Наряду с этим проводилась разработка методов выделения радиоактивных изотопов и химии "горячих атомов". Все эти работы выполнялись при широком сотрудничестве с большим количеством экспериментальных групп из различных ядерных институтов стран-участниц.

1. Исследование свойств возбужденных состояний церия-140 проводилось совместно с лабораторией в Орхусе (Дания). Были получены новые данные о природе высоковозбужденных коллективных и двухквazi-

точных состояний этого полумагического ядра.

2. Завершено построение сложной схемы распада изотопа гольмия-158 ($T_{1/2} = 27$ мин). В области 1,5-2,6 Мэв обнаружено значительное число уровней с одинаковыми спинами и четностями 4^+ . При изучении распада гольмия-156 обнаружены уровни бета- и гамма-вибрационных полос в диспрозии-156.

3. При изучении распада тантала-176 идентифицирован двухквaziчастичный уровень типа 2^- . Получено указание на существование уровня 0^+ .

4. Измерение коротких времен жизни возбужденных состояний ядер. С помощью разработанной в лаборатории методики (с применением $e-\gamma$ - совпадений) начаты измерения времен жизни возбужденных состояний ядер. Измерены времена жизни первых 2^+ -состояний в осмии-184 и осмии-186. Они оказались равными $1,2 \cdot 10^{-9}$ сек и $8 \cdot 10^{-10}$ сек, соответственно.

Рис. 30. Установка для исследования захвата мюонов в газообразном водороде, расположенная в низкофоновой лаборатории экспериментального павильона Лаборатории ядерных проблем. На снимке: С.Ю. Пороховой и К.О.Оганесян.

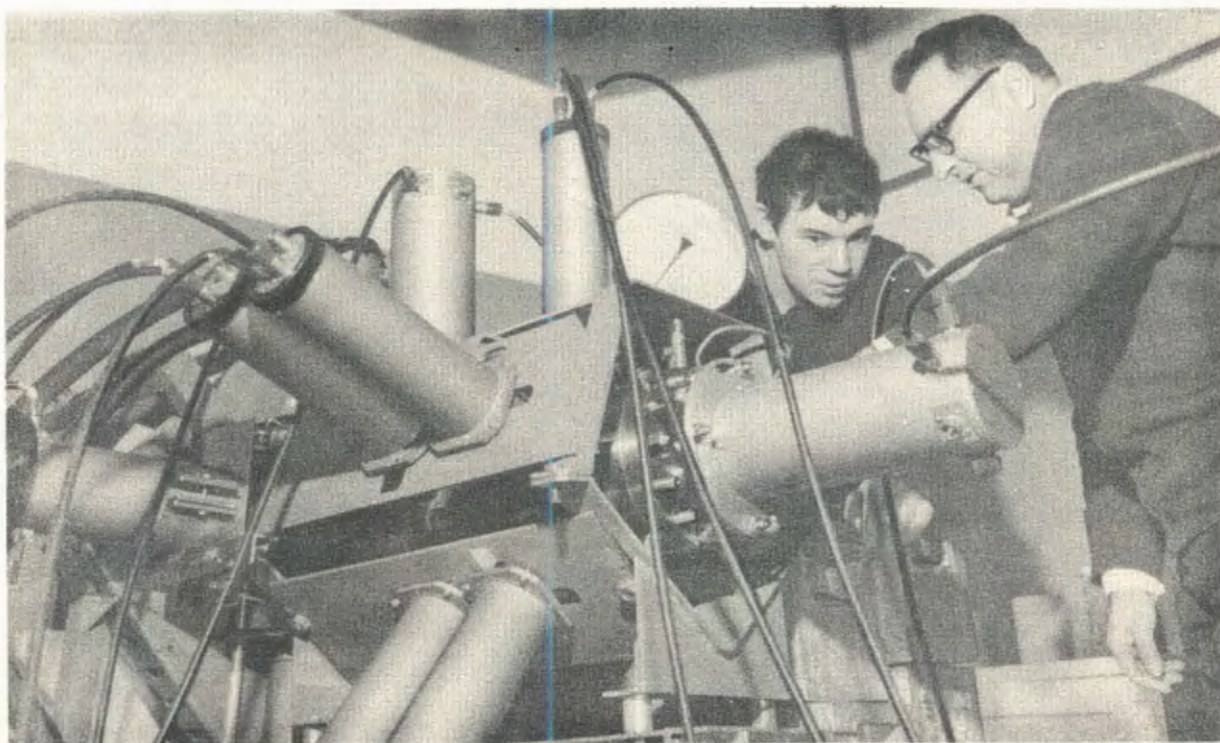
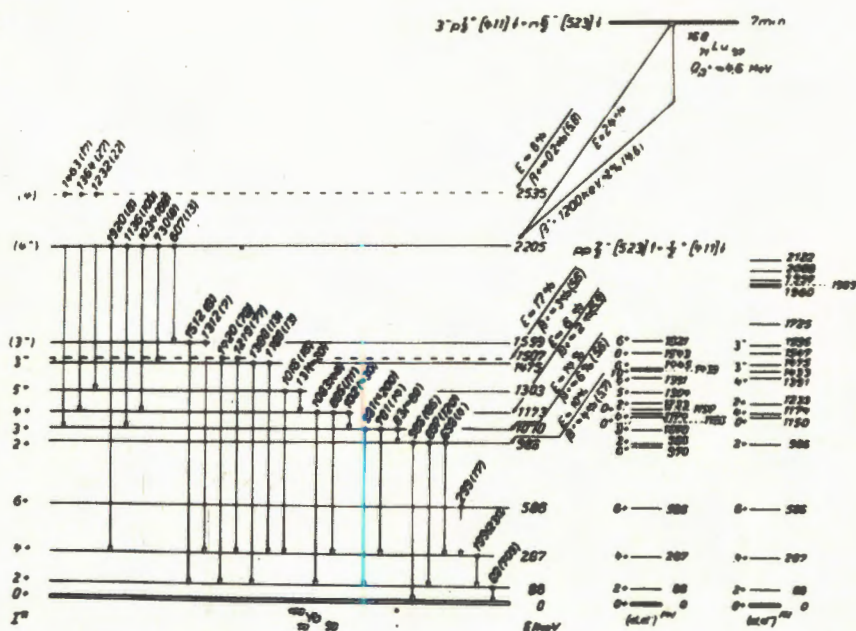


Рис. 31. Установленная схема распада ядра ^{168}Lu .



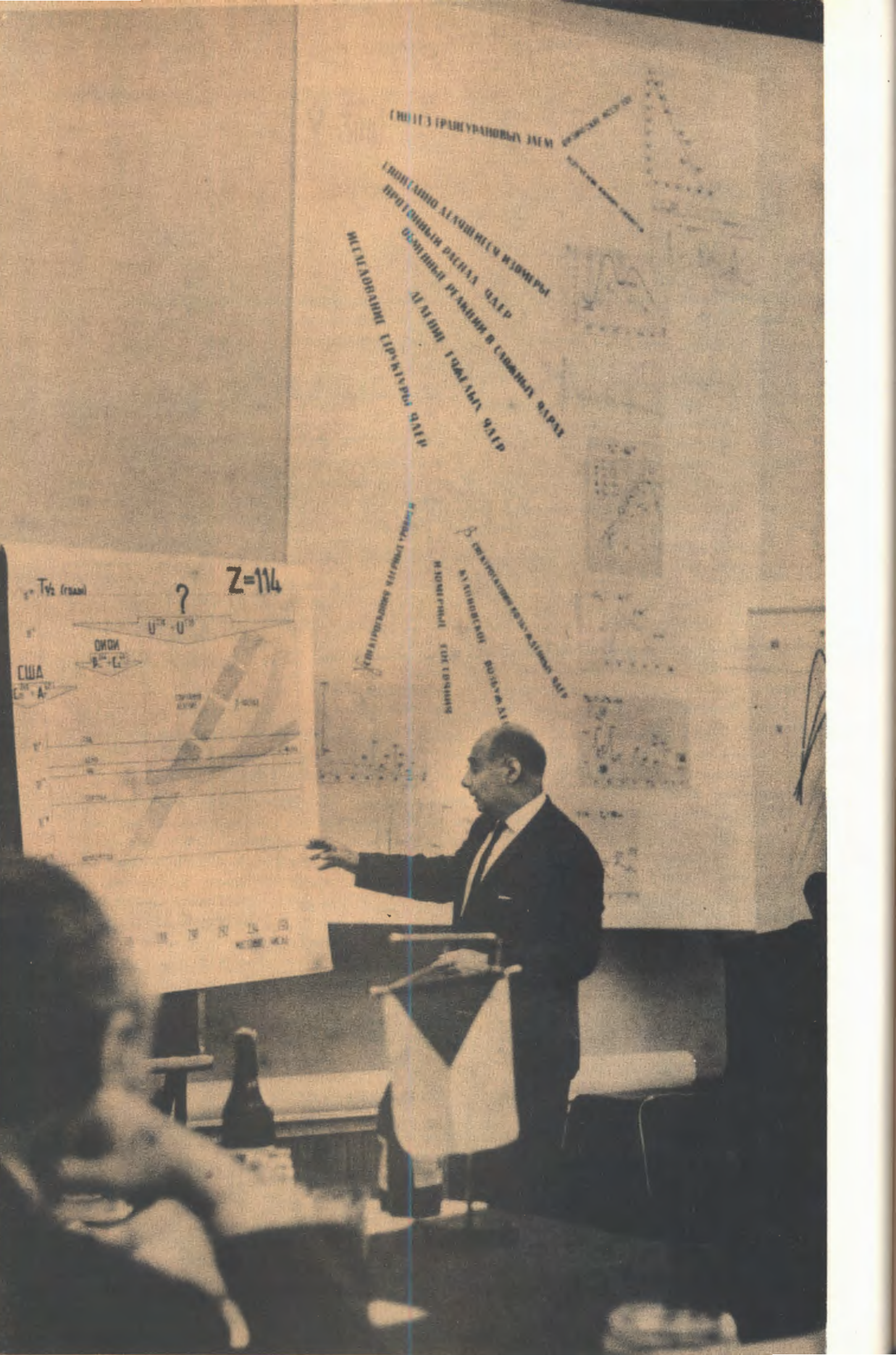
5. Исследования короткоживущих изотопов. На основе созданных ранее методов экспрессного химического выделения изотопов (с использованием пневмопочты для доставки облученных мишеней с пучка синхротрона), методов анализа гамма- и бета-спектров с помощью полупроводниковых спектрометров высокого разрешения и методов анализа спектров в лабораторном центре обработки и накопления информации развернулись исследования короткоживущих ($T_{1/2} = 2-15$ мин) изотопов, получаемых при облучении мишеней на синхротроне.

Открыто более двадцати новых изотопов и изомеров: $^{128}\text{Ce}(5')$, $^{129}\text{Ce}(3,5')$, $^{134}\text{Nd}(8')$, $^{135}\text{Nd}(5,5')$, $^{144}\text{Gd}(4,9')$, $^{159}\text{Tm}(11')$, $^{161m}\text{Tm}(7')$, $^{163m}\text{Tm}(11')$, $^{165m}\text{Tm}(12')$, $^{163}\text{Yb}(13')$, $^{166}\text{Lu}(3,2')$, $^{166}\text{Hf}(6')$, $^{167}\text{Hf}(1,9')$, $^{169}\text{Hf}(3,2')$, $^{167}\text{Ta}(2,6')$, $^{168}\text{Ta}(2,6')$, $^{168}\text{Ta}(2,5')$, $^{169}\text{Ta}(5')$, $^{171}\text{Ta}(26')$, $^{172}\text{W}(6+2')$, $^{176}\text{Os}(3')$, $^{177}\text{Os}(3,5')$. При этом в некоторых случаях была собрана обширная информация о спектрах излучения и построены сложные схемы рас-

пада изотопов лютеция-168 и лютеция-166. На рис. 31 приведена схема распада ^{168}Lu . Получены сведения о существовании нового трехквазичастичного состояния в ядре вольфрама-179.

6. Радиохимические исследования. Разработан экспрессный метод выделения редкоземельных элементов на основе эффекта Сцилларда-Чалмерса. Применение этого метода в значительной степени определило успех работ по обнаружению и изучению короткоживущих изотопов. Кроме того, на основе ранее проведенных исследований по химии астата был разработан эффективный метод выделения этого элемента.

Радиохимическая группа полностью обеспечивает радиоактивными изотопами, полученными на синхротроне, спектрометрические исследования в ОИЯИ и в институтах стран-участниц.



СНОВИЩЕ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДВИЖЕНИЯ

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ КОМПОНЕНТ
СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ
ДВИЖЕНИЯ В СВОБОДНОМ ПОЛЕ
С УЧЕТОМ ПЕРИОДИЧЕСКОГО
ВНЕШНЕГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ
ДВИЖЕНИЯ

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ
ДВИЖЕНИЯ

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ
ДВИЖЕНИЯ

Т₀ (сек) ? Z=114



18 19 20 21 22
НЕКОТОРЫЕ ДАННЫЕ

Лаборатория ядерных реакций

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

- поиск изотопов сверхтяжелых элементов в природных минералах и анализ возможных методов синтеза их на ускорителе тяжелых ионов;
 - синтез трансурановых элементов и исследование свойств их радиоактивного распада;
 - изучение природы аномального спонтанного деления ядер в изомерном состоянии;
 - исследование протонно-радиоактивных ядер;
 - изучение механизма взаимодействия тяжелых ионов с ядрами (деление ядер, реакции передач);
 - ядерная спектроскопия.
- Основные эксперименты лаборатории проводились на ускорителе У-300.

Поиск изотопов сверхтяжелых элементов в природных минералах и возможные методы синтеза их на ускорителе тяжелых ионов

В ряде теоретических работ, в том числе и выполненных в Лаборатории ядерных реакций, было показано, что должна существовать целая область сферических ядер с $Z > 108$ и $N = 184$, устойчивых относительно спонтанного деления. В работах оценивались времена жизни различных изотопов в этой области по отношению к спонтанному делению, α - распаду, β - распаду и электронному захвату: для наиболее стабильных изотопов ядер с $108 \leq Z \leq 116$ времена жизни могут быть весьма значительны: $\tau \approx 10^2 - 10^8$ лет. Это позволяет надеяться обнаружить подобные изотопы в различных природных минералах, либо синтезировать их на ускорителях тяжелых ионов.

В 1968 году группой английских физиков при изучении элементного состава космических лучей были найдены следы тяжелых частиц, ионизирующая способность которых указывает на то, что их заряд $Z > 106-110$. В то же время химические исследования элемента курчатовия ($Z = 104$), проведенные в Лаборатории ядерных реакций, показали, что начиная с $Z = 104$, заполняется внешняя электронная оболочка, т.е. курчатовий оказался аналогом гафния. Поэтому можно предполагать, что изотопы 110-го, 112-го, 114-го и т.д. элементов должны являться

химическими аналогами платины, ртути, свинца и т.д. Тогда можно попытаться обнаружить наиболее долгоживущие среди этих тяжелых ядер ($T_{1/2} \approx 10^8$ лет) в природных минералах.

1. Поиск изотопов в природных минералах. В лаборатории были проведены эксперименты по поиску эффекта спонтанного деления в свинце. Этот эффект может быть обусловлен малыми примесями изотопов сверхтяжелого элемента ($Z = 114$), химического аналога свинца, сопутствующего первозданному свинцу. Слои свинца находились длительное время в контакте с диэлектрическими детекторами (лавсан, стекло). В других опытах свинец являлся составной частью детекторов (хрусталь, свинцовые стекла). Было зарегистрировано ≈ 100 актов "спонтанного деления" свинца, что соответствует кажущемуся периоду "спонтанного деления" свинца $10^{20} - 10^{21}$ лет. Примесь изотопов урана и тория в свинце, хрустале и свинцовых стеклах была незначительной, и эффект спонтанного деления этих изотопов не превосходил 10% от наблюдаемого эффекта. Контрольные опыты показали, что деление свинца космическими лучами также не играло значительной роли. Однако ввиду отсутствия достаточно надежных экспериментальных данных о делении свинца космическими лучами на уровне моря этот эффект в настоящее время полностью исключить нельзя.

Совокупность полученных предварительных данных может быть объяснена в предположении, что наблюдаемый эффект обусловлен спонтанным делением изотопов сверхтяжелого элемента - химического аналога свинца ("эка-свинец"), содержащегося в очень малой примеси в первозданном свинце (10-12 - 10-13) и имеющего период спонтанного деления $10^8 - 10^9$ лет.

2. Анализ возможностей синтеза сверхтяжелых элементов на циклотроне У-300 в реакциях с тяжелыми ионами. Рассматривались два типа реакций: реакции, идущие через составное ядро, и деление ядер тяжелыми ионами (рис. 32). Для синтеза изотопов с $Z = 110-116$ и $N = 184$ можно использовать деление урана, тория

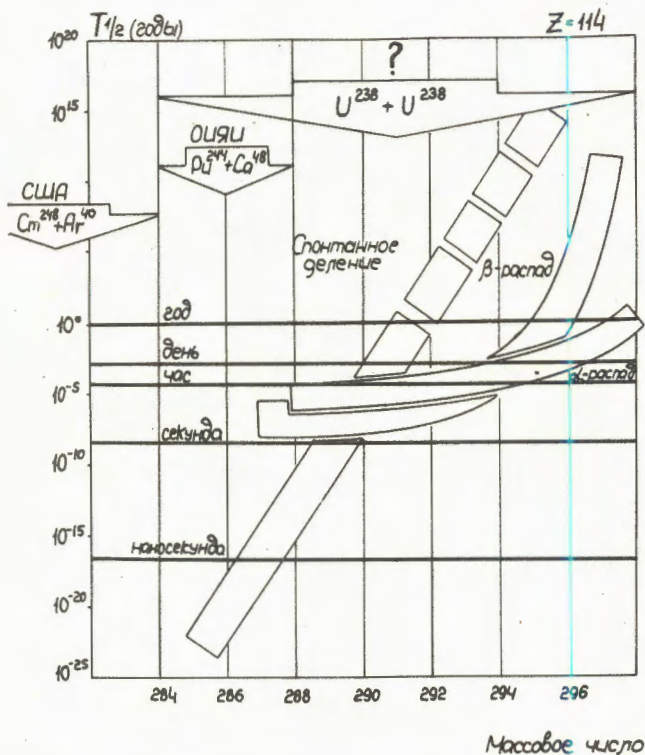
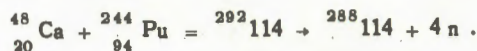
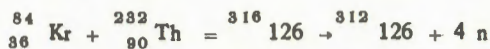
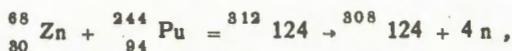


Рис. 32. Возможные методы синтеза изотопов 114-го элемента.

и т.д. ионами тяжелее кryptonа. Так, при делении урана ионами $^{132}_{54}\text{Xe}$ наиболее вероятная масса тяжелого осколка с $Z = 114$ равна $A_f = 305$, а энергия возбуждения будет соответствовать испарению 4-6 нейтронов. В реакциях, идущих через составное ядро, наиболее перспективной в настоящее время выглядит реакция



При переходе к более тяжелым элементам с $Z = 120-126$ легче подобрать необходимую комбинацию мишень-ион для синтеза изотопов с $N = 184$. Для примера укажем

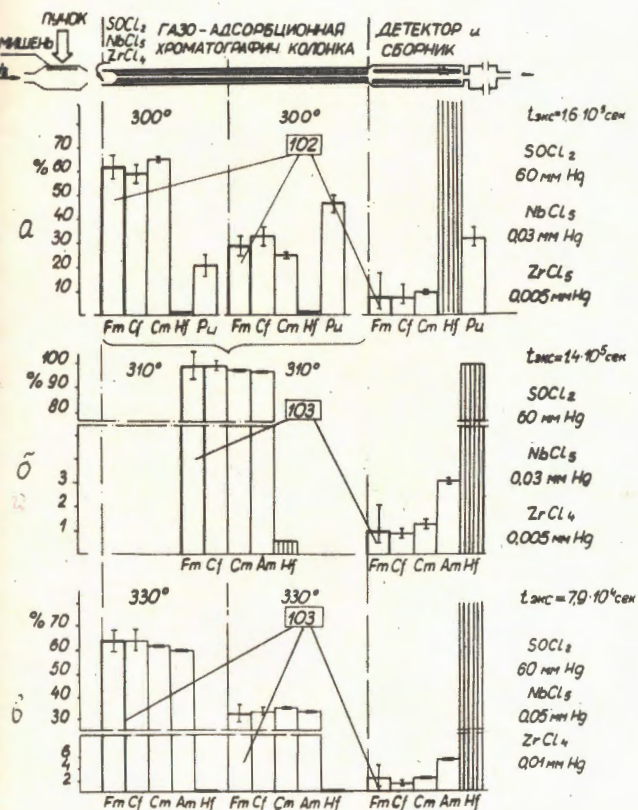


и так далее.

В связи с этим в лаборатории проводилась модификация источника многозарядных ионов для получения многозарядных ионов $+7+8$ ^{40}Ca и $+10$ ^{94}Zn . Отрабатывались два вида источника для получения многозарядных ионов из твердых веществ: с подачей рабочего вещества методом катодного распыления и в виде паров. На циклотроне У-300 ускорялись ионы $+10$ ^{94}Zn (ток внутреннего пучка $\approx 0,01$ мка) и ионы $+7$ ^{40}Ca (ток внутреннего пучка ≈ 1 мка).

Синтез изотопов трансурановых элементов и исследование свойств их радиоактивного распада

1. Элемент 103. Продолжалось изучение химических свойств трансменделеевых элементов. Сравнивалась адсорбируемость хлорида 103-го элемента с адсорбируемостью хлоридов некоторых элементов III-ей и IV-ой групп, в частности изотопов 102-го элемента, курчатовия и гафния. Для изучения был использован изотоп $^{256}_{103}$ ($T_{1/2} = 35$ сек), который идентифицировался по продукту его распада - долгоживущему изотопу $^{262}_{104}\text{Fm}$.



($T_{1/2} = 22$ час). Эксперименты были выполнены на chromatографической установке, применявшейся в опытах с курчатовием, которая работала на выведенном пучке циклотрона многозарядных ионов У-300. Результаты экспериментов приведены на рис. 33. Видно, что поведение 102-го и 103-го элементов, фермия и калифорния, не отличается от поведения юрия, обладающего устойчивой валентностью, равной трем.

На основании опытов, проведенных с 300 атомами 103-го элемента, было показано, что по химическим свойствам атомы 102-го и 103-го элементов резко отличаются от свойств элементов IV -ой и более высоких групп и должны быть отнесены к элементам третьей группы периодической системы.

Вся совокупность опытов с атомами 102-го, 103-го и 104-го элементов свидетель-

Рис. 33. Схема химической установки на выведенном пучке циклотрона У-300 и распределение изотопов ^{252}Fm (элементы 102 и 103), ^{248}Cf , $^{240, 242, 244}\text{Cm}$, $^{241, 243}\text{Am}$, ^{238}Pu и $^{170, 171}\text{Hf}$ по участкам газового тракта. На рисунке указаны условия опытов: продолжительность экспозиции, температура камеры хлорирования и колонки, давление паров носителей SOCl_2 , NbCl_5 , ZrCl_4 .

ствует о том, что эти элементы являются соответственно эка-иттербием, эка-лютецием и эка-гафнием.

2. Элемент 105. В лаборатории продолжались эксперименты по синтезу α -активных изотопов 105-го элемента (на выведенном пучке У-300 с помощью метода адсорбции ядер отдачи из газовой струи). Измерения проводились с помощью кольцевого ($\text{Si} + \text{Au}$) -детектора и многопараметрового анализатора редких событий.

Из полученных данных можно сделать предварительный вывод о том, что в экспериментах наблюдался распад двух изотопов 105-го элемента со следующими характеристиками: $^{261}\text{105}$: $E = 9,4 \pm 0,1$ Мэв, $0,1 \text{ сек} \leq T_{1/2} < 3 \text{ сек}$;

$^{260}\text{105}$: $E = 9,7 \pm 0,1$ Мэв, $T_{1/2} > 0,01 \text{ сек}$.

Одновременно изучался сбор ядер продуктов на фильтры и создавалась высокочувствительная методика для дальнейшего изучения 105-го элемента с использованием фильтров. Созданная аппаратура была испытана на изотопах 102-го и 104-го элементов.

Изучение спонтанно деющихся изомеров

1. Функция возбуждения в реакции $^{248}\text{Am}(\text{p}, \text{n})^{244\text{m}}\text{Am}$ исследовалась в диапазоне энергий нейтронов 0,3-4 Мэв. Работа проводилась на циклотроне Института атомной физики (Бухарест) совместно с группой румынских физиков. Источником нейтронов служила реакция $^7\text{Li}(\text{p}, \text{n})^7\text{Be}$.

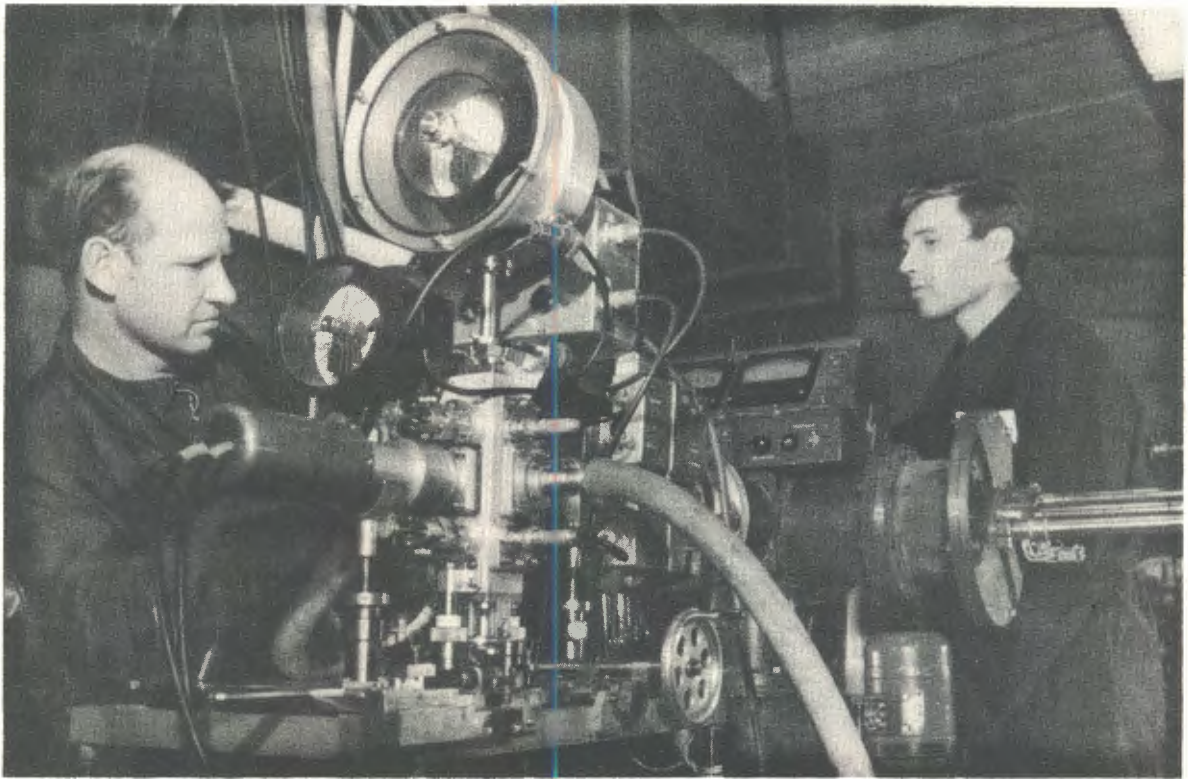


Рис. 34. Установка для исследования короткоживущих α -активных трансураниевых элементов. Продукты ядерных реакций собираются на тонкие фильтры. На снимке: Ю.В.Лобанов и Ю.Б.Полубояринов.

Рис. 35. Схема экспериментальной установки для изучения образования спонтанно делящегося изомера ^{242m}Am при радиационном захвате тепловых нейтронов.

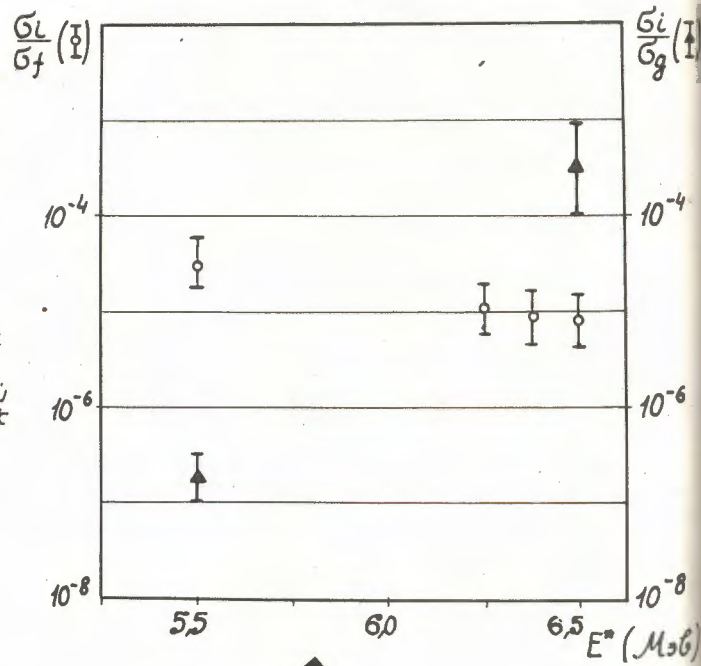
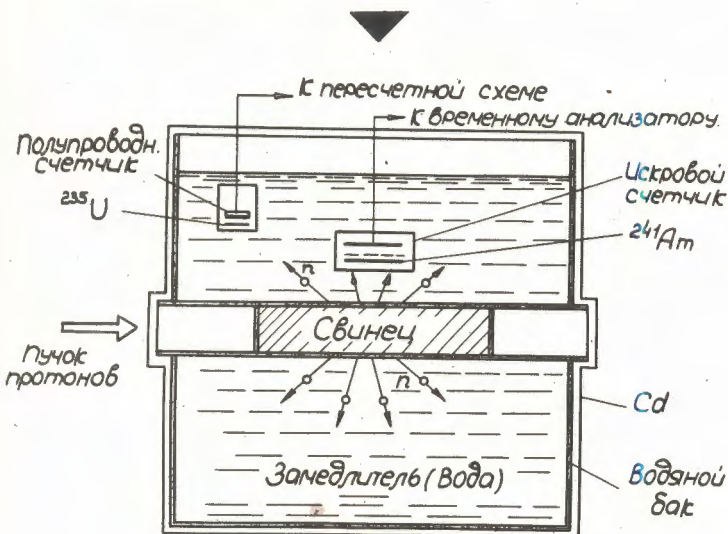


Рис. 36. Зависимость отношений σ_L/σ_f и σ_i/σ_g от энергии возбуждения ядра ^{242}Am .

Для регистрации осколков деления использовался вращающийся диск со слюдяными детекторами. Было найдено, что сечение образования изомера ^{244m}Am имеет максимум ($\approx 2 \cdot 10^{-29} \text{ см}^2$) при энергии нейтронов

$\approx 2 \text{ Мэв}$ и убывает в обе стороны от этого значения энергии. Максимум сдвинут на величину $\approx 0,7 \text{ Мэв}$ по сравнению с максимумом в аналогичной реакции $^{241}Am(n, \gamma)^{242m}Am$.

2. Измерено сечение реакции $^{241}Am(n, \gamma)^{242m}Am$ при радиационном захвате тепловых нейтронов: $\sigma_{\text{mf}} = (1,5) \cdot 10^{-28} \text{ см}^2$.

Пульсирующий пучок тепловых нейтронов был получен при облучении блока свинца протонами с энергией 680 Мэв от синхроциклотрона ЛЯП. Замедление образующихся нейтронов происходило в воде (рис. 35). Регистрация осколков запаздывающего деления производилась при помощи искрового счётчика. Отношение сечений образования изомера к сечению деления оказалось практически одним и тем же ($\approx 10^{-5}$) как для тепловых нейтронов, так и для нейтронов с энергией 1-2 Мэв. В то же время изомерное отношение менялось при этом в 1000 раз (рис. 36). Эти результаты указывают на то, что, возможно, существует единый механизм образования изомерных состояний и подбарьерного деления.

Таблица 1

Экспериментальные данные, полученные при делении урана тяжелыми ионами. Значения σ_A^2 и σ_Z^2 определены для осколков редкоземельной группы элементов от лантана до гадолиния. (*) - в опытах использовалась толстая мишень.

Реакция	Энергия падающего пучка Е ₀ (Мэв)	$\frac{E}{A}$	Энергия возбуждения составного ядра E (Мэв)	σ_A^2	Полное число нейтронов на деление $\bar{\nu}$	σ_Z^2
$U^{235}(C^{12}, f)$	82	38,4	45	11 ± 10	8	$16 \pm 0,15$
$U^{235}(Ne^{20}, f)$	195	40,3	116	$22 \pm 1,0$	13,5	$3,1 \pm 0,15$
	166		90	$20 \pm 1,0$	12,5	$2,8 \pm 0,15$
	141		70	$18,5 \pm 1,0$	10,5	$2,6 \pm 0,15$
	116		50	$16,5 \pm 1,5$	8	$2,3 \pm 0,15$
$U^{235}(Ne^{20}, *)$	173	40,0	75	$18,5 \pm 1,0$	12	$2,6 \pm 0,15$
$U^{235}(Ar^{40}, *)$	270	43,5	70	$20,8 \pm 1,5$	11	$2,85 \pm 0,20$

Изучение механизма взаимодействия тяжелых ионов с ядрами

1. Изучение массовых и зарядовых распределений осколков деления ядер тяжелыми ионами (табл. 1). Получены экспериментальные данные о зависимости ширины массового и зарядового распределения осколков от Z^2/A делящегося ядра и его энергии возбуждения (рис. 37, 38). Одновременно изучалось сильно асимметричное деление и были найдены зависимости дисперсии заряда от асимметрии деления (рис. 39). В этих экспериментах производилось химическое выделение из облученных мишеней

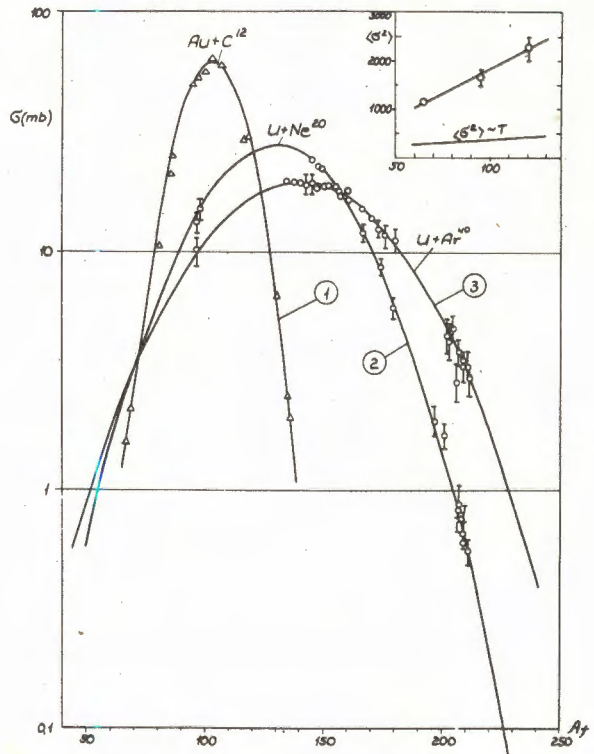


Рис. 37. Массовое распределение осколков деления в реакциях 1) $^{197}Au(^{12}C, f)$; 2) $^{235}U(^{20}Ne, f)$; 3) $^{235}U(^{40}Ar, f)$. На вставке приведена зависимость ширины массового распределения от энергии возбуждения.

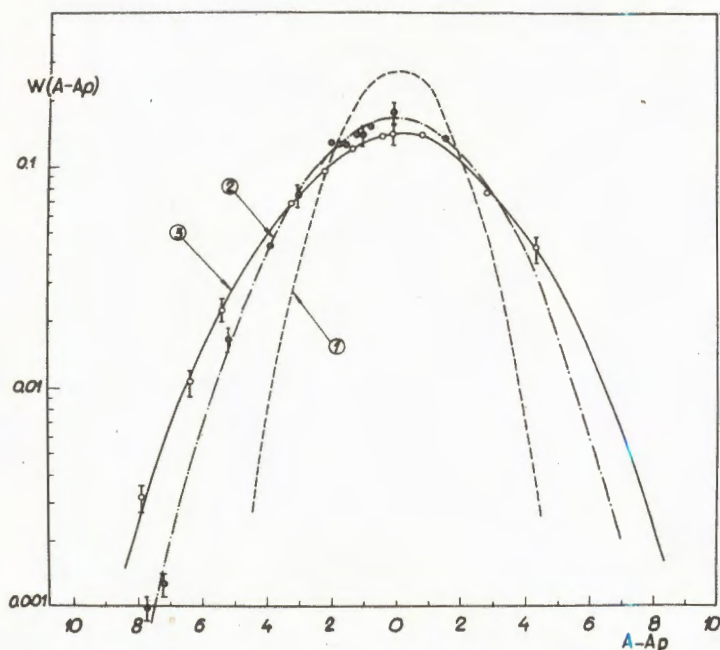


Рис. 38. Изотопные распределения осколков симметричного деления ($A_1/A_2 = 1$) для реакций 1) $^{197}_{79}\text{Au}(\text{}^{12}_6\text{C}, f)$; 2) $^{238}_{92}\text{U}(\text{}^{12}_6\text{C}, f)$; 3) $^{238}_{92}\text{U}(\text{}^{20}_{10}\text{Ne}, f)$.

изотопов различных элементов, которые в дальнейшем изучались с помощью $\text{Ge}(\text{Li})$ -спектрометра. Полученные результаты являются новыми и могут быть существенными для понимания механизма деления возбужденных ядер.

Одновременно проводился анализ возможностей использования деления возбужденных ядер как метода синтеза новых изотопов, изомеров и элементов. Результаты экспериментов свидетельствуют о перспективности использования ускорителей тяжелых ионов для получения изотопов и изомеров ядер, удаленных от полосы стабильности. Проведенный анализ и экстраполяция полученных результатов позволяют сделать предположение о возможности синтеза трансурановых элементов при делении ядер тяжелыми ионами (типа Kr , Xe и т.д.).

2. Выход ядер ^6He измерен при делении ^{238}U и ^{197}Au ионами ^{12}C и ^{22}Ne . Идентификация ^6He производилась по периоду полураспада и граничной энергии β -спектра. Наблюдался рост выхода ядер

^6He с увеличением Z^2/A делящегося ядра. 3. Исследование сечения тройного деления ядер Au , Bi , Th и U под действием ионов Ar с энергией $230 \leq E \leq 380$ Мэв проводилось в геометрии 2π с помощью диэлектрических детекторов. Результаты приведены на рис. 40.

4. Изучение механизма прямых ядерных реакций под действием тяжелых ионов. Исследовался подхват α -частицы при облучении ^{232}Th и ^{197}Au ионами ^{12}C , ^{16}O , ^{18}O . Подхват α -частицы мог идти как в связанное, так и в несвязанное состояние конечного ядра. Во втором случае регистрировался коррелированный вылет α -частицы и иона. α -частицы регистрировались телескопом из тонкого и толстого полупроводниковых детекторов. В экспериментах не удалось обнаружить заметного эффекта подхвата α -частицы. Было высказано предположение о сильном влиянии кулоновского поля тяжелого ядра-мишени, которое может затруднять подхват α -частицы. Проведены эксперименты на более легких ядрах: ^{27}Al , ^{51}V , ^{93}Nb . Во всех случаях наблюдались α -частицы, при этом было отмечено, что сечение реакции быстро падает с ростом Z^2/A .

Работы в области ядерной спектроскопии

Угловая корреляция γ -квантов, возникающих при распаде $^{155}\text{Tb} \rightarrow ^{155}\text{Gd}$, изучалась с помощью неподвижного $\text{Ge}(\text{Li})$ -детектора и подвижного $\text{NaJ}(\text{Tl})$ -детектора. Были установлены следующие значения для спинов возбужденных состояний ядра ^{155}Gd : 86,5 кэв - $5/2$; 105,3 кэв - $3/2$; 135 кэв - $3/2$ ($7/2$); 266,6 кэв - $5/2$; 367,7 кэв - $1/2$ ($5/2$); 427,3 кэв - $3/2$ ($7/2$).

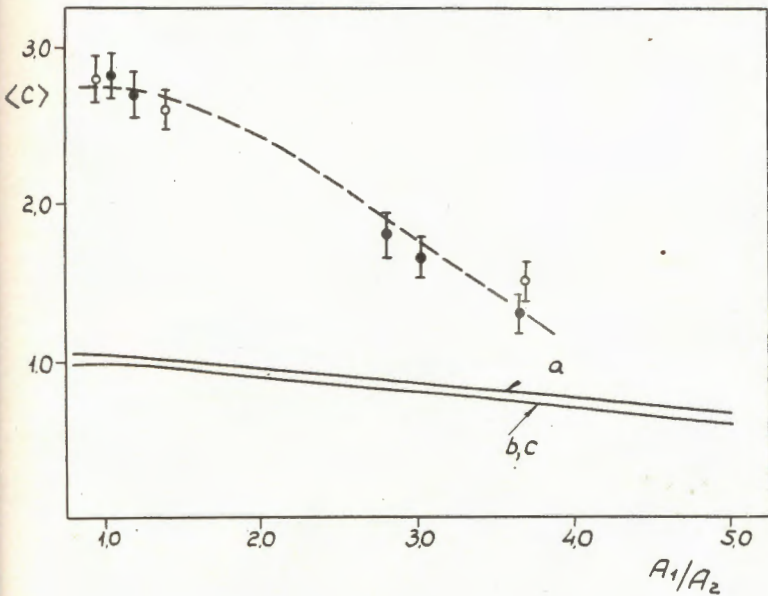


Рис. 39. Зависимость дисперсии заряда осколков от асимметрии деления (A_1/A_2) в реакциях $^{238}\text{U}(^{20}\text{Ne}, f)$ при энергии $^{20}\text{Ne} - 195$ Мэв (светлые точки)

и $^{238}\text{U}(^{40}\text{Ar}, f)$ при энергии $^{40}\text{Ar} - 270$ Мэв (темные точки).

Кривые а, б, с - расчёт по статистической теории с использованием для масс ядер различных формул: а - Камерона, б - Грина, с - Майерса и Святецкого.

Проведено измерение угловых корреляций γ -квантов для следующих переходов в ^{160}Dy : 1178 \rightarrow 87 кэв; 1272 \rightarrow 87 кэв, 1003 \rightarrow 197 кэв, 1115 \rightarrow 197 кэв, 879 \rightarrow 299 кэв, 966 \rightarrow 299 кэв. Результаты подтверждают полученные ранее значения спинов для состояний 1358 и 1264 кэв $I = 2$, для 1286 кэв $I = 3$. Установлен спин состояния 1366 кэв: $I = 4$. Обнаружен переход 872 кэв, абсолютная интенсивность которого равна $0,24 \pm 0,06$. При измерении угловых корреляций γ -квантов и γ -спектров для ядер ^{75}As , $^{82,83}\text{Kr}$ и $^{82,82m, 83}\text{Rb}$ были уточнены значения спинов для ряда переходов, измерены времена жизни ряда уровней, обнаружен ряд новых уровней и переходов.

Изучение короткоживущих активностей

1. Лантан-129. Завершено изучение распада изомерного состояния ядра ^{129}La ($T_{1/2} = 0,56$ сек), образующегося в реакции $^{127}\text{Sb}(^{12}\text{C}, 4n)^{129}\text{La}$ и $^{115}\text{Sn}(^{18}\text{O}, 5n)^{129}\text{La}$. Сняты кривые возбуждения, которые подтвердили идентификацию изотопа. Изучение спектра электронов внутренней конверсии проводилось на безжелезном β -спектрометре, установлен-

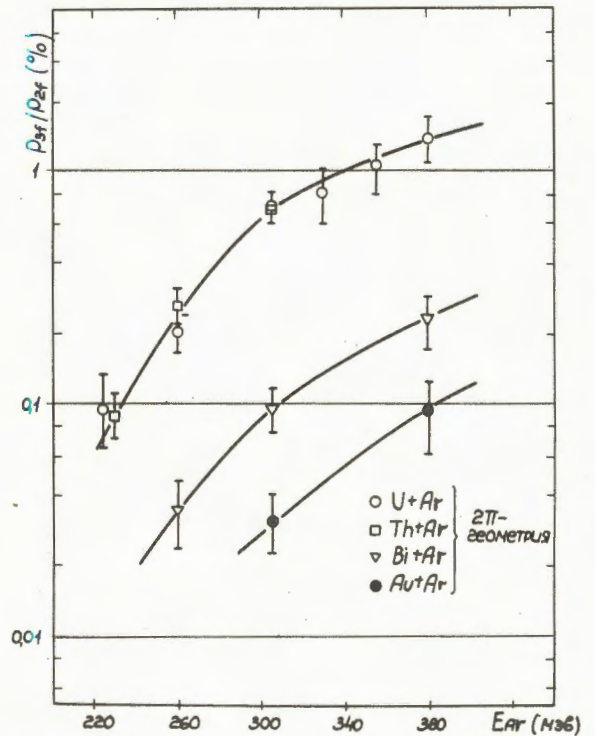


Рис. 40. Зависимость отношения P_{2f}/P_{0f} от энергии ионов Ar.

ном на пучке ионов циклотрона У-300. Были получены мультипольности переходов с энергией 67,5 кэв - М1 и 104 кэв - Е3. Экспериментальные данные подтверждают предсказания теоретической группы ЛТФ об отрицательной деформации ядра ^{129}La (рис. 41).

2. Барий-130. С помощью безжелезного β -спектрометра типа "Апельсин" было установлено, что изомерный переход в $^{130\text{m}}\text{Ba}$ ($T_{1/2} = 8,8$ мсек, $E_{\gamma} = 870$ кэв) имеет мультипольность М2. Этот факт подтверждает К-запрещенность этого перехода и дает основание считать, что ядра ^{130}Ba деформированы.

3. Самарий-143. Найден новый изомер трехчастичного типа в сферическом ядре ^{143}Sm ($T_{1/2} = 35$ мсек), который возбуждался в реакциях типа $\text{Te}(\text{Ne}, \text{xn})$.

С помощью $\text{Ge}(\text{Li})$ - детектора и β -спектрометра удалось выяснить довольно сложную схему распада ядра ^{143}Sm и установить мультипольность изомерного перехода (рис. 42).

4. Церий-135. На β -спектрометре, установленном на пучке циклотрона У-300, исследован изомер $^{135\text{m}}\text{Ce}$ ($T_{1/2} = 20$ сек), полученный в реакции $^{138}\text{Te}(^{13}\text{C}, 5\text{n})^{135}\text{Ce}$ при

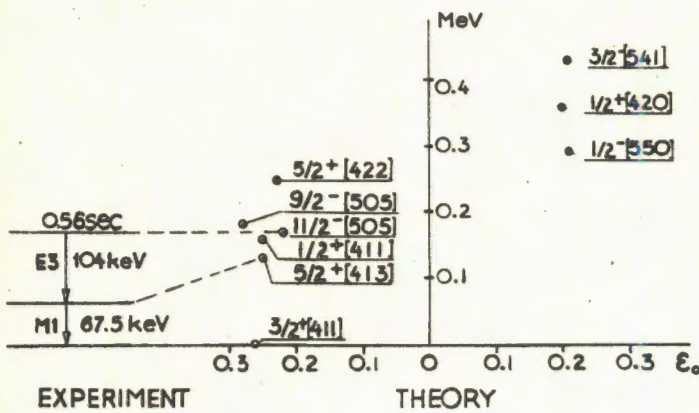


Рис. 41. Схема распада ядра ^{129}La .

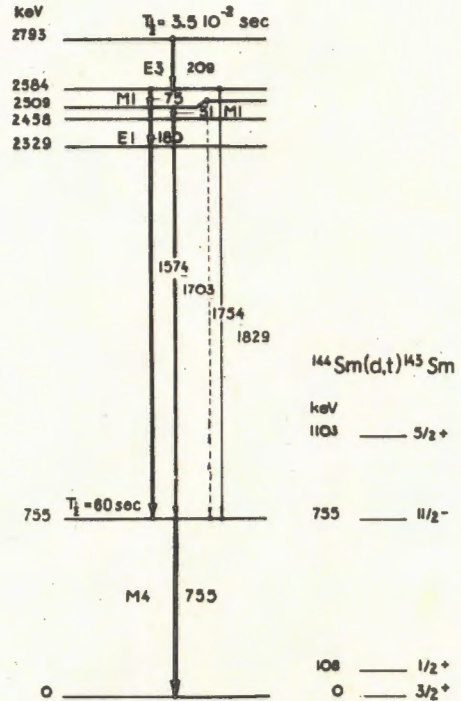
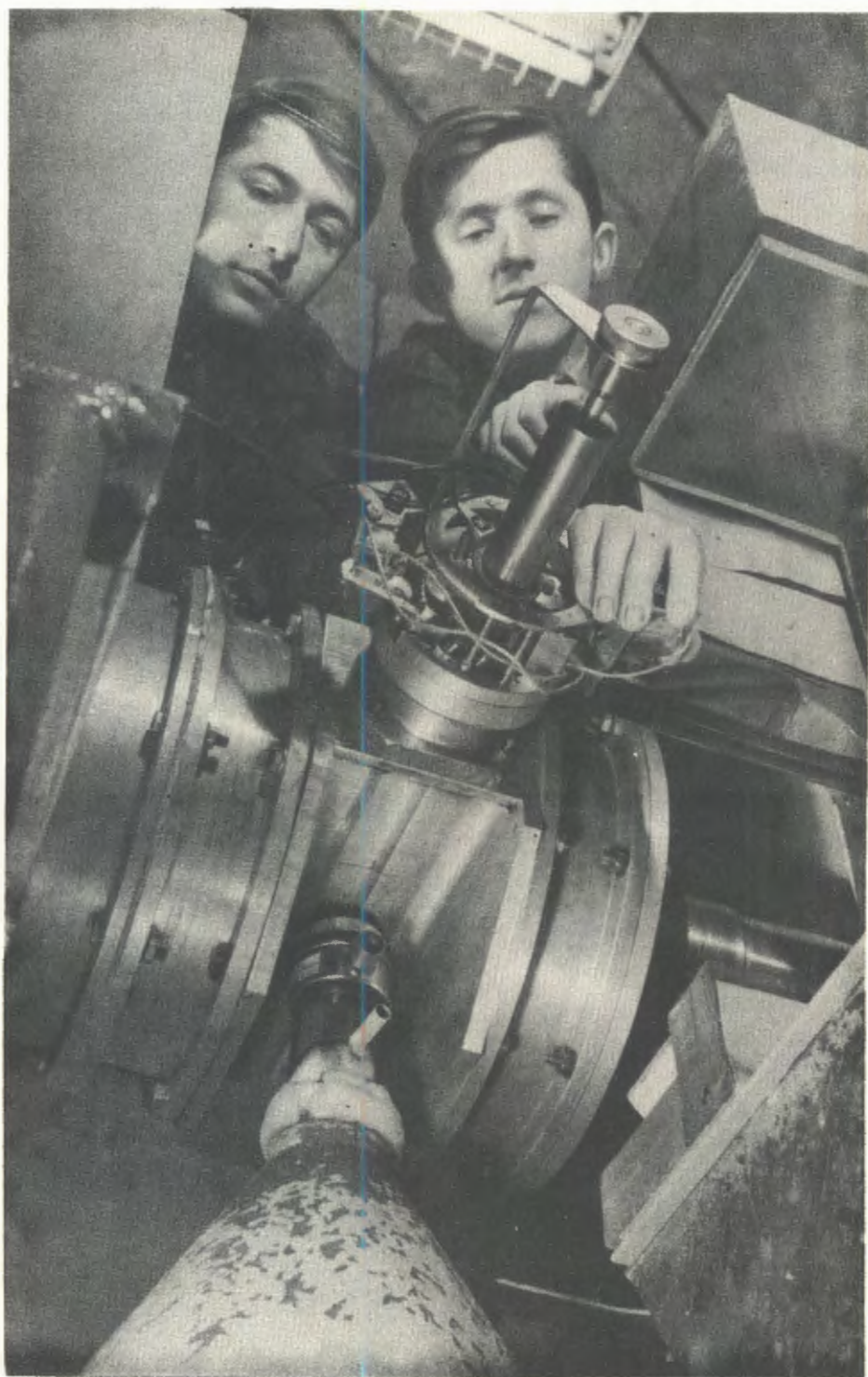


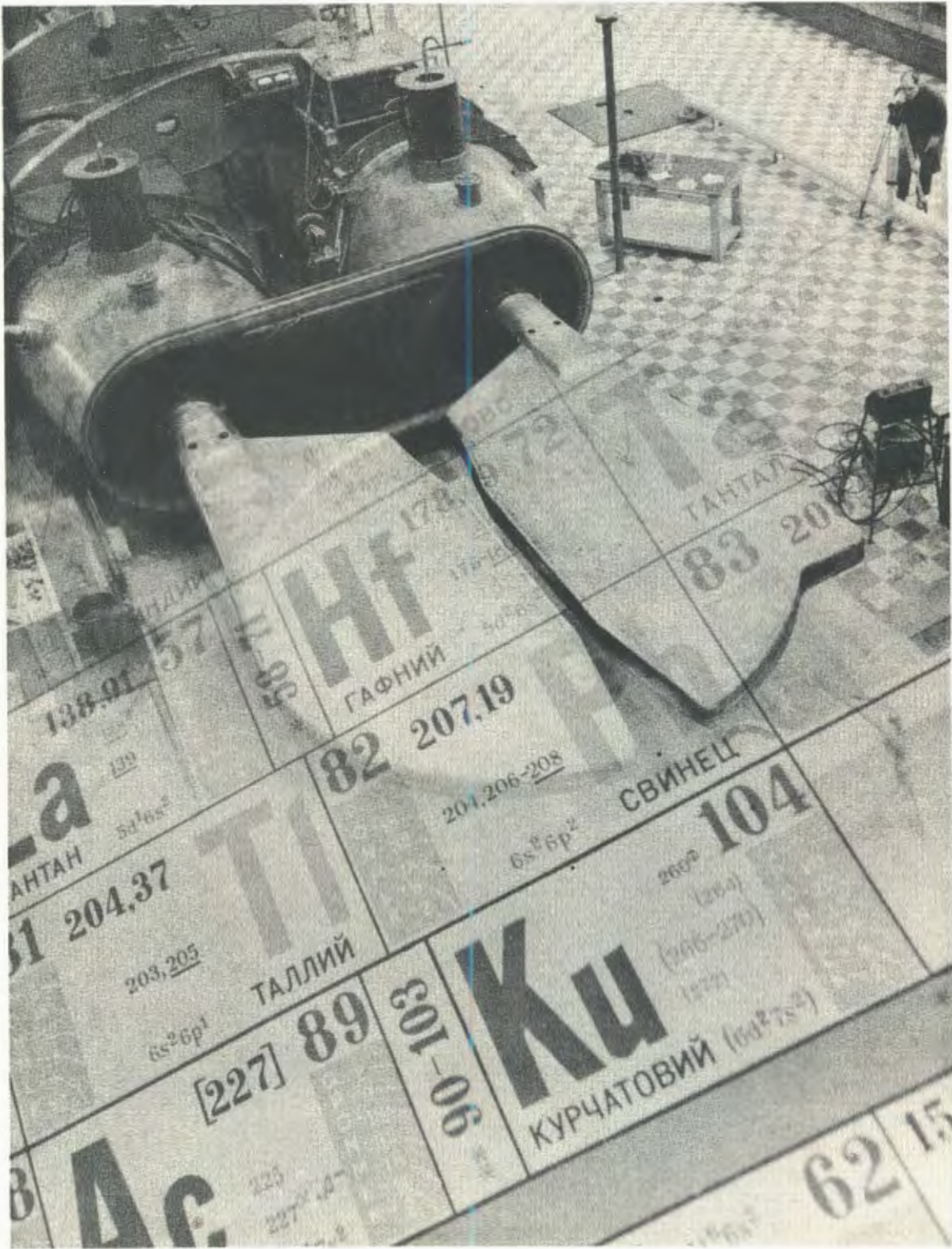
Рис. 42. Схема распада ядра ^{143}Sm .

$E_{\alpha 13} = 82$ Мэв. Для линий 82,5; 150,2; 212,7; 235,2 кэв определены интенсивности электронов внутренней конверсии и соотношение $\frac{K}{L}$. Для перехода 150,2 кэв определена мультипольность Е3.

5. Кулоновское возбуждение уровней ядер изучалось на выведенном пучке ускоренных тяжелых ионов с применением $\text{Ge}(\text{Li})$ -спектрометра γ -лучей. Были измерены относительные вероятности кулоновского возбуждения уровней разделенных изотопов четно-четных деформированных ядер ^{238}U , ^{232}Th , 188 , 190 , ^{192}Os , 182 , 184 , ^{186}W . Для сильнодеформированных ядер ^{238}U и ^{232}Th наблюдались уровни ротационной полосы вплоть до спина $I = 14^+$. На рис. 44 приведен спектр γ -излучения, возникающего при бомбардировке естественного вольфрама ионами ^{40}Ar с энергией 170 Мэв. Совместно с Институтом



*Рис. 43. Спектрометр
гамма-лучей с полупро-
водниковыми детектора-
ми используется для изу-
чения кулоновского воз-
буждения ядер ускорен-
ными тяжелыми ионами.
На снимке: С.Карамян
и В.Каманин.*



138.91

57

Гф

ГАФНИЙ

82 207.19

204,206-208

СВИНЕЦ

104

204,37

203,205

ТАЛЛИЙ

[227] 89

90

Кч

КУРЧАТОВИЙ

62 15

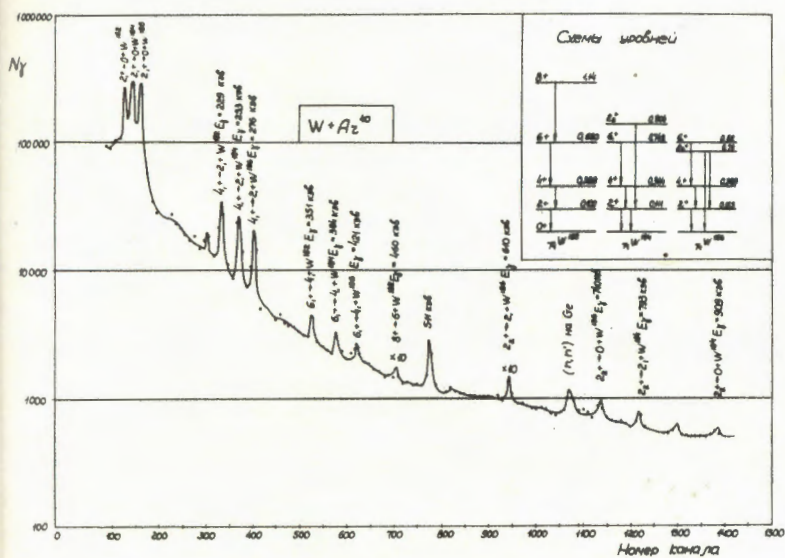
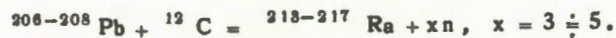


Рис. 44. Спектр мгновенного γ -излучения, возникающего при бомбардировке естественного вольфрама ионами ^{40}Ar с энергией 170 Мэв.

Нильса Бора (Дания) проводится теоретический анализ полученных результатов.

6. Радиоактивный распад Rn, Ra, Bi. С помощью электромагнитного сепаратора на линии с ускорителем У-300 начаты опыты по изучению характеристик радиоактивного распада (энергий α -частиц и периодов полураспада) изотопов радона, радия и висмута. На рис. 45 представлен спектр α -частиц сепарированных изотопов радия и радона, которые получались в реакции



Альфа-распад изотопов Ra приводил к образованию изотопов $^{209-213}\text{Rn}$. Альфа-распад неизвестных изотопов ^{216}Ra и ^{217}Ra наблюдать не удалось, так как периоды полураспада этих ядер оказались значительно короче времени, необходимого для проведения электромагнитной сепарации (≈ 5 мсек).

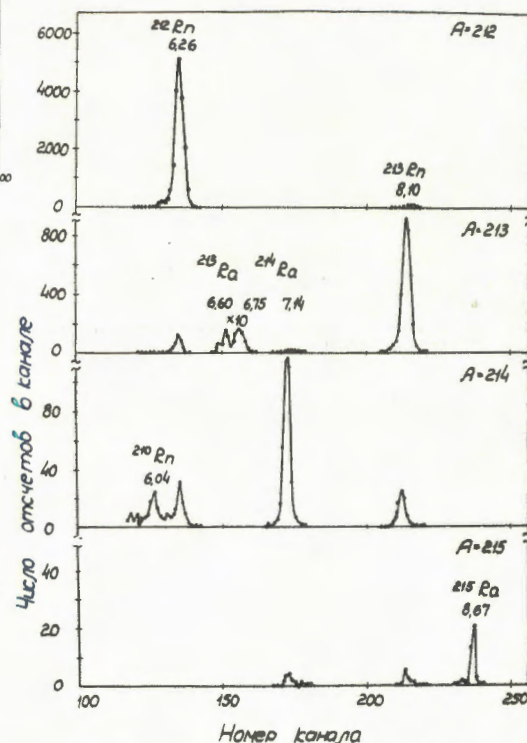
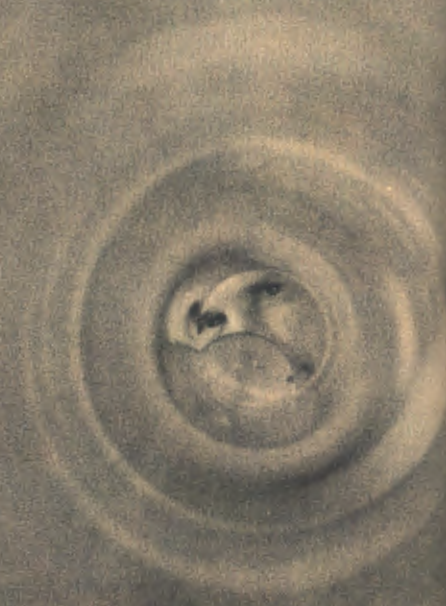


Рис. 45. Спектр энергий α -частиц продуктов ядерных реакций $^{206-208}\text{Pb} + ^{12}\text{C}$ и их дочерних ядер, разделенных на электромагнитном масс-сепараторе в режиме "на линии". В правом углу приведены массовые числа сепарируемых изотопов.

Лаборатория
нейтронной физики



Наиболее существенными результатами научно-исследовательской работы ЛНФ в 1968 году являются:

- успешный эксперимент по наблюдению ультрахолодных нейтронов;
- применение метода дифракции нейтронов по времени пролета для изучения магнитных структур в сильных магнитных полях;
- завершение цикла работ по изучению влияния деформации ядер на плотность нейтронных резонансов;
- успешное опробование нового метода изучения взаимодействия нейтрон-электрон;
- доказательство сохранения изотопического спина по методу угловых распределений в реакции ${}^3\text{He}(T, D){}^4\text{He}$.

Ряд интересных результатов получен по другим темам, входящим в тематический план научно-исследовательских работ лаборатории.

Изучение свойств нейтрона и структуры ядра методами нейтронной спектроскопии

1. Ультрахолодные нейтроны. Впервые осуществлен успешный эксперимент по наблюдению ультрахолодных нейтронов (энергия $\approx 10^{-7}$ эв, скорость около 5 м/сек), которые, как предсказал академик Я.Б.Зельдович, могут храниться в замкнутой полости со стенками из таких веществ, как, например, медь или бериллий. Схема опыта показана на рис. 46. Ультрахолодные нейтроны, вышедшие из замедлителя реактора ИБР, диффундировали внутри изогнутой медной трубы к детектору,

испытывая полное внутреннее отражение при любом угле падения на стенку; вероятность поглощения нейтрона в стенке при отражениях достаточно мала. Эффект состоял в наблюдении изменения скорости счёта детектора (рис. 47) при закрывании его очень тонкой (толщина 2μ) медной шторкой, непрозрачной только для ультрахолодных нейтронов.

Реактор ИБР работал в режиме редких импульсов (1 импульс в 5 секунд), и наблюдение проводилось в промежутке между импульсами (рис. 47). Было измерено время пребывания нейтронов в установке, оказавшееся равным ≈ 200 сек, т.е. по существу было

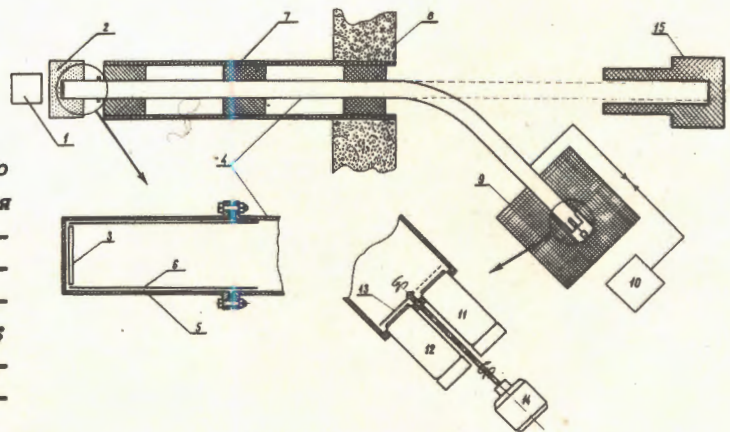


Рис. 46. Схема опыта по обнаружению ультрахолодных нейтронов. Обозначения наиболее существенных деталей: 1 - активная зона реактора ИБР; 2, 3 - замедлитель; 4, 5, 10 - медная труба, изогнутая в горизонтальной плоскости; 11, 12 - детекторы нейтронов; 13 - медная шторка; 14 - мотор для перемещения шторки.

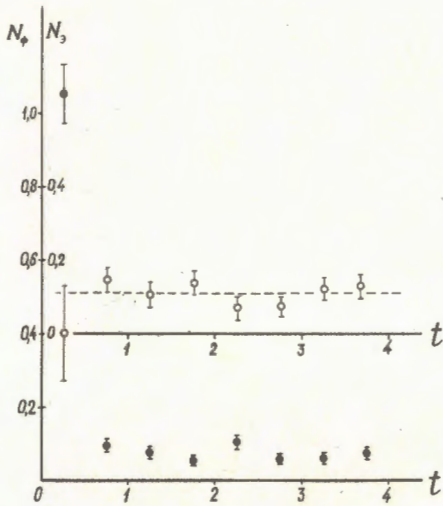


Рис. 47. Зависимость от времени скорости счёта эффекта N_e и фона N_f (чёрные точки) в опыте с ультрахолодными нейтронами. Время отсчитывается от вспышки реактора (в секундах).

реализовано хранение нейтронов (период полураспада свободного нейтрона около 600 сек). Полученные результаты открывают перспективу существенного повышения точности измерения электрического дипольного момента нейтрона и его периода полураспада. Возможны и другие применения ультрахолодных нейтронов, основанные на использовании их малой энергии, способности фокусироваться и других свойств.

2. $(n-e)$ -взаимодействие. В лаборатории был предложен новый метод изучения взаимодействия нейтрон-электрон. Это весьма слабое взаимодействие является важным источником информации о структуре нейтрона. Был изготовлен монокристалл ^{186}W , и на нем и на пластинках из естественного вольфрама проведены измерения дифракции нейтронов; получены значения амплитуд ядерного рассеяния $a_{\text{яд}}$ изотопов вольфрама. Результат для изотопа ^{186}W показан на рис. 49. Малая абсолютная величина длины рассеяния $\approx 5 \cdot 10^{-14}$ (аналогичная величина для других чётных изотопов вольфрама имеет порядок

$1 \cdot 10^{-12}$ см) и ее отрицательный знак обес-
печивают возможность точного измерения

$(n-e)$ -взаимодействия. Такие измерения начаты на монокристалле ^{186}W , имевшем форму шарика. Площади дифракционных пиков, возникающих при рассеянии монохроматических нейтронов под разными углами, пропорциональны величине $(a_{\text{яд}} + f_{\text{э}})^2$, где

$$f = f\left(\frac{\sin \theta}{\lambda}\right) - \text{формфактор электронной}$$

оболочки. Первые результаты показаны на рис. 50, который наглядно демонстрирует проявление $(n-e)$ -взаимодействия.

3. Делящиеся ядра. Важной проблемой физики реакторов на промежуточных нейтронах является проблема величины α -отношения $\sigma_{n\gamma} / \sigma_{nf}$. Неожиданными для специалистов по реакторам оказались высокие значения α для ^{239}Pu в области нескольких кэв, полученные в Англии. В связи с этим в лаборатории были повторены измерения α для ^{239}Pu , которые теперь проводились двумя независимыми методами. Результаты подтверждают данные прежних экспериментов ЛНФ в пределах их ошибки (значения α равны $0,6 \pm 0,8$ при $E_n = 2$ кэв и $\approx 0,4$ при 20 кэв).

Продолжались измерения вариаций ν (среднее число мгновенных нейтронов деления) в резонансах. Эффект для ^{239}Pu показан на рис. 51. Найдено, что резонансы составного ядра $^{239}\text{Pu} + n$ с большим спином имеют больший выход мгновенных нейтронов. Наблюдаемые вариации ν соответствуют разнице в суммарной энергии возбуждения осколков при делении через состояния с различными спинами, равной $1,4 \pm 0,35$ Мэв.

Проведено исследование вариаций суммарной кинетической энергии осколков деления

Рис. 49. Длина ядерного рассеяния вольфрама-186 как функция энергии нейтронов. Точки разной формы обозначают результаты разных серий измерений.

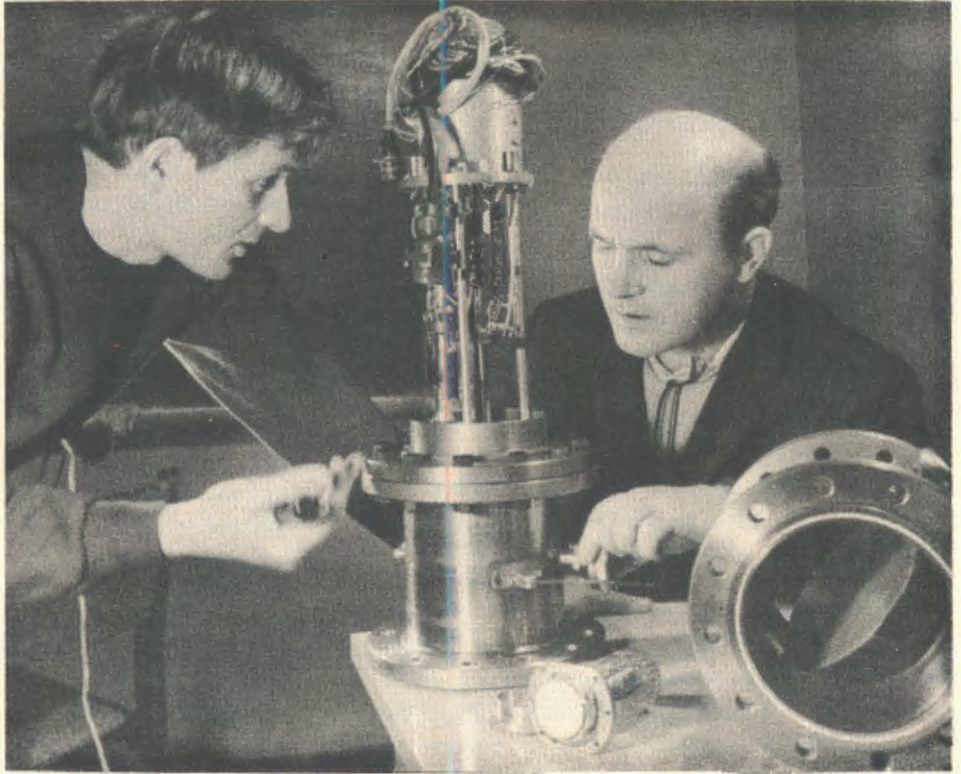
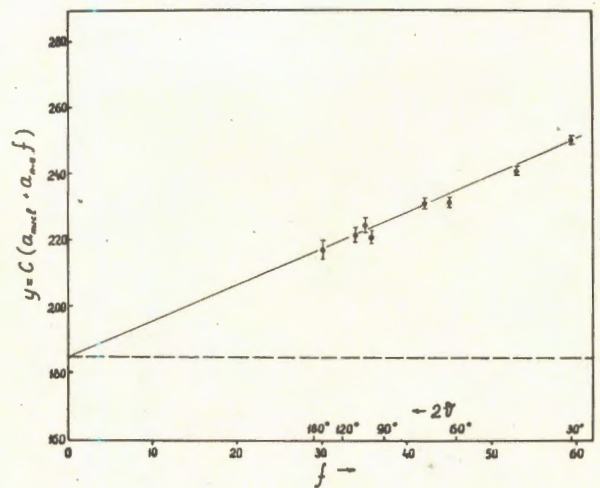
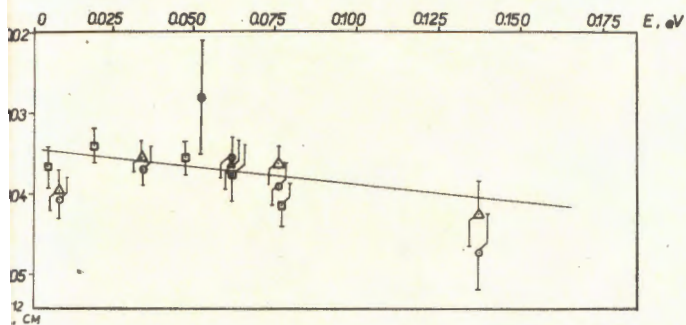


Рис. 48. Участники эксперимента по наблюдению ультрахолодных нейтронов А.В.Стрелков и В.И.Лушиков.

Рис. 50. Интенсивность дифракционных пиков вольфрама-186 как функция формфактора электронной оболочки. Пунктирная линия соответствует отсутствию (в-е) - взаимодействию.



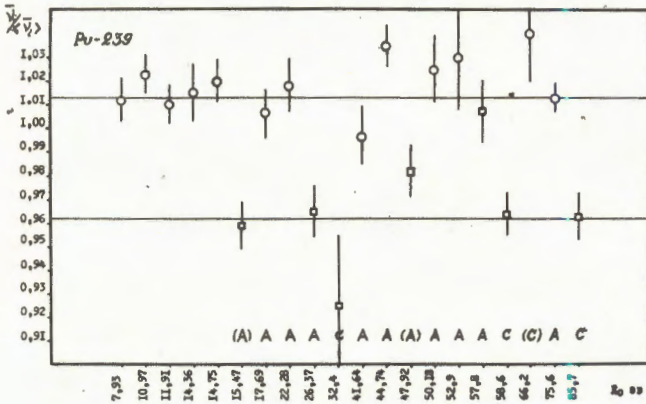


Рис. 51. Относительная величина среднего числа мгновенных нейтронов деления в резонансах плутония-239. $\langle \nu \rangle$ означает усреднение по всей измеренной области энергий.

в низкоэнергетических резонансах ^{235}U (0 + 20 эв). С помощью двойной импульсной ионизационной камеры с сетками измерялся относительный выход осколков из двух тонких мишеней различной толщины и при различных энергетических порогах регистрации. Исследованные резонансы разделялись на две группы, для которых получена оценка разницы в суммарной кинетической энергии осколков деления $0,74 \pm 0,32$ Мэв.

4. Нейтронная спектрометрия неделящихся ядер. Проведены измерения пропускания и радиационного захвата для семи разделенных изотопов гадолиния. Для изотопов самария был измерен радиационный захват. Совокупность полученных в ЛНФ к настоящему времени результатов изучения редкоземельных ядер позволила детально проследить (см. рис. 52) зависимость от A параметра статистической модели a , имеющего смысл усредненной плотности одночастичных состояний вблизи поверхности Ферми.

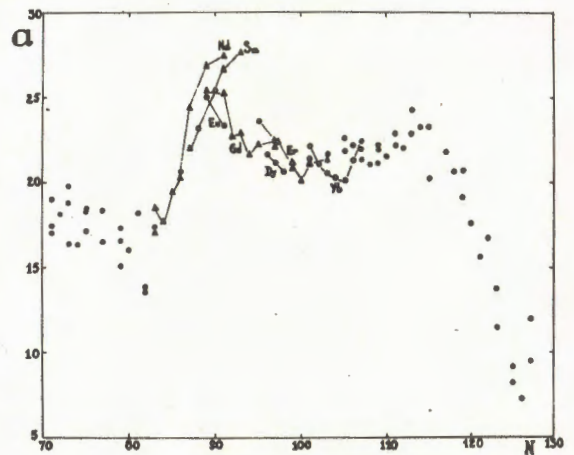
Рис. 52. Экспериментальные значения параметра статистической модели a (1/Мэв) как функция числа нейтронов N в ядре.

Наблюдается максимум величины a в районе $A \approx 150$ (число нейтронов $N = 90$). Такое поведение плотности одночастичных состояний в переходной области от сферических ядер к деформированным подтверждено теоретическим расчётом одночастичных уровней в реальной потенциальной яме типа Вудса-Саксона.

Исследование параметров нейтронных резонансов ядер среднего веса проведено на пяти разделенных изотопах селена и двух - галлия. Получены данные о плотностях уровней, нейтронных и радиационных ширинах, спинах. Результаты опровергают вывод французских учёных о существовании сильной зависимости нейтронной силовой функции от спина для ядер селена и галлия.

Совместно с ФЭИ (г. Обнинск) и ИЯИ (г. Россендорф) велись исследования доплер-эффекта на ^{235}U путем измерения пропускания нейтронов через слои металлического урана толщиной 0,5 - 192 мм при температурах 20°C, 800°C. Ведется обработка данных с целью получения усредненных характеристик эффективных сечений, необходимых для расчётов быстрых реакторов.

5. α -распад нейтронных резонансов ядер. Продолжено изучение изотопов неодима и самария и начаты измерения на разделенных изотопах ^{95}Mo и ^{123}Te (см.



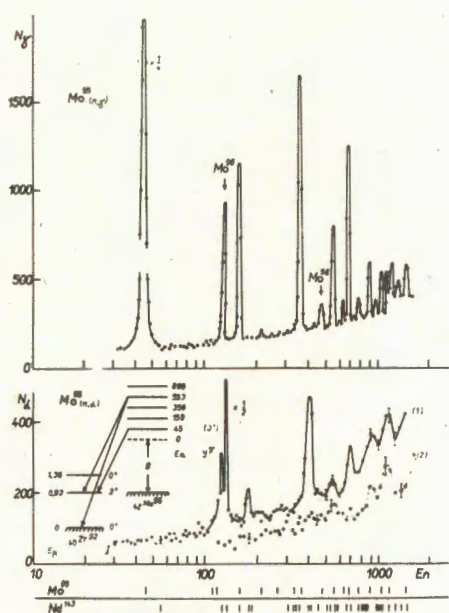


Рис. 53. Нижняя часть рисунка: кривая (1) — счёт альфа-частиц в резонансах от совмещенного образца ^{95}Mo и ^{145}Nd , кривая (2) — от одного образца ^{95}Mo . Верхняя часть рисунка: радиационный захват нейтронов на образце ^{95}Mo (приводится для сравнения).

рис. 53 для молибдена), для которых определены значения α — ширины нескольких резонансов. В приводимой ниже таблице, помимо Γ_α , помещена величина N_α — число зарегистрированных α — частиц в пределах наблюдавшегося резонанса. Для ядер ^{105}Pd , ^{129}Xe , ^{189}Os получены только верхние оценки α — ширины.

Экспериментальные значения средних Γ_α всех изученных к настоящему времени ядер заметно меньше оценок по статистической модели. Возможной причиной такого расхождения является действие эффекта спаривания нейтронов.

Проводились измерения спектров α — частиц из резонанса 4,4 эв ^{145}Nd на новой многослойной ионизационной камере с полезной площадью 10 тыс. см². По предвари-

Рис. 54. Многослойная ионизационная камера с полезной площадью 1 м², с помощью которой измеряются спектры альфа-частиц из резонансов ядер. На снимке: Ю.П.Попов, Р.Ф.Руми и М.Стэмпински.



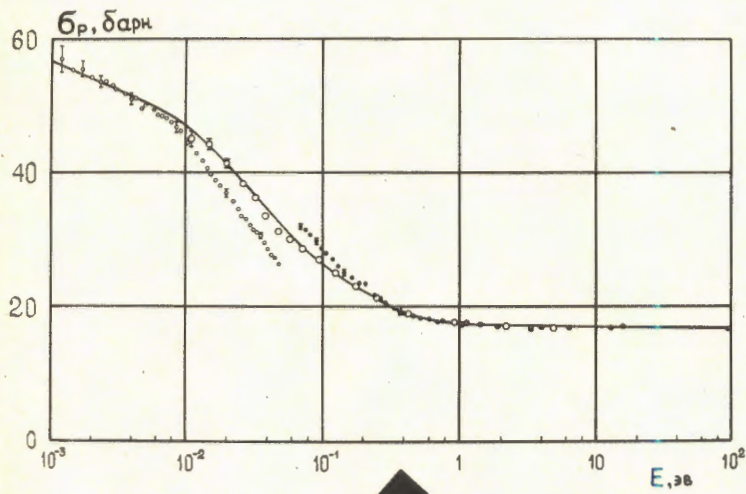
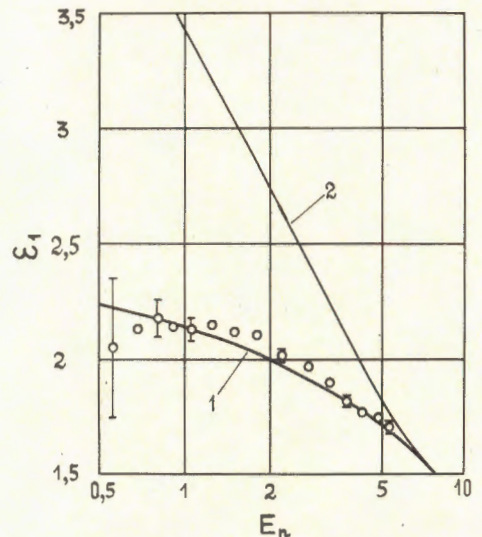


Рис. 55. Ход поляризационного сечения кристалла лантан-магниевого нитрата в зависимости от энергии нейтронов. Неоднозначное представление сечения в интервале 0,01–0,5 эв ликвидировано в результате эксперимента с поляризованным нейтронным пучком и поляризованной мишенью ЛМН.

Рис. 56. Эффект однократного пропускания мишени ЛМН для холодных нейтронов (энергия в миллиэлектронвольтах). Пояснения – в тексте.

тельным данным, в полученном спектре повторяется особенность, наблюдавшаяся ранее в спектре самария, где α – переход в наименее состояние ядра-продукта не являлся доминирующим.

6. Поляризационные эксперименты. Завершено исследование характеристик поляризованной протонной мишени с кристаллом лантан-магниевого нитрата (ЛМН), используемой в ЛНФ в качестве поляризатора нейтронов. Посредством измерения пропускания поля-



Таблица

^{95}Mo			^{123}Te		
E_0 , эВ	N_a	Γ_a , мкэВ	E_0 , эВ	N_a	Γ_a , мкэВ
45,1	-	0,02	96,9	45 \pm 11	3,3 \pm 1,9
158,5	63 \pm 35	4	235,3	44 \pm 14	5,3 \pm 3,8
358,2	41 \pm 32	1,6	275	27 \pm 12	3,4 \pm 2,9
553,9	123 \pm 40	6,3 \pm 3,6			
899	239 \pm 55	20 \pm 12			
266 \pm 59	266 \pm 59	40 \pm 25			

ризованных нейтронов через вторую поляризованную протонную мишень однозначно определен ход поляризационного сечения в промежуточной области $10^{-2} - 5 \cdot 10^{-1}$ эв (рис. 55).

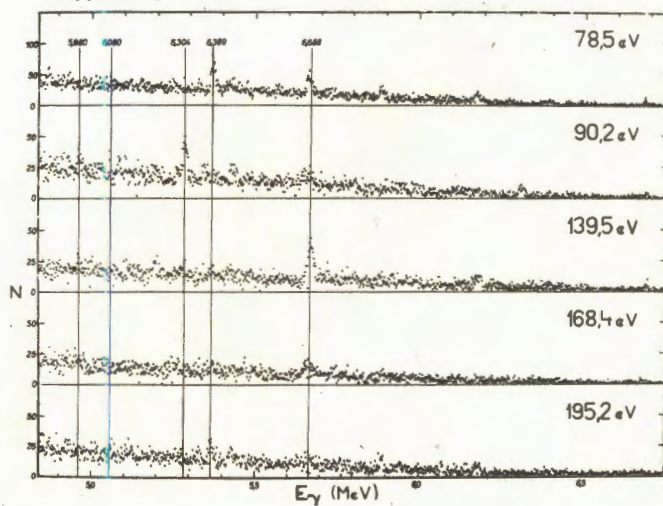
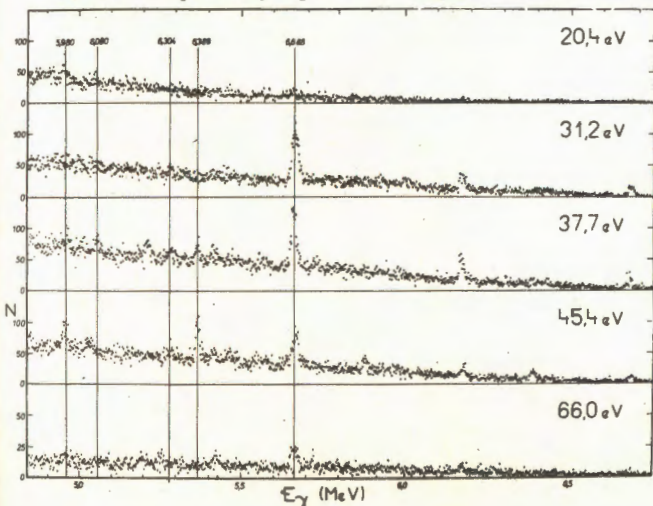
После усовершенствования отдельных узлов установки повторено измерение пропускания поляризованных нейтронов через поляризованную дейтронную мишень в диапазоне энергий 0,01–40 эв. Новый эксперимент проведен в отсутствие поляризации ядер азота, вносящей ранее некоторую поправку в эффект от дейтронов. Полностью подтвержден вывод о том, что квартетная длина рассеяния нейтрона на дейтроне больше дублетной: $a_4 = 6,38$ ферми; $a_2 = 0,7$ ферми. Одновременно была показана возможность исследования поляризационного сечения азота в кристалле ЛМН.

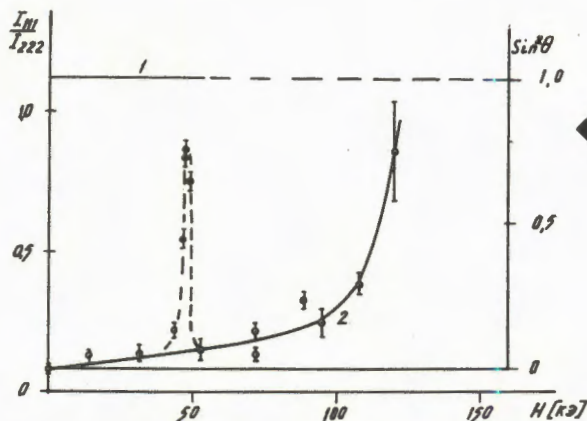
Проведен эксперимент по выяснению свойств парасостояний молекул кристаллизационной воды в кристалле ЛМН. На пучке холодных нейтронов измерен эффект однократного пропускания ϵ_1 мишени ЛМН, т.е. получена относительная разница пропусканий мишени с поляризацией и без нее. Эксперимент однозначно показал, что из двух теоретических вариантов (сплошные кривые 1 и 2 на рис. 56) реализуется один, соответствующий малому времени релаксации для переходов пара- и ортосостояний друг в друга. Таким образом, протоны парамолекул воды

могут принимать участие в динамической поляризации, так что принципиальный предел поляризации протонов в ЛМН должен быть 100%.

7. Гамма-спектроскопия. На спектрометре с $(Ge)Li$ -детектором объемом 33 см^3 получены гамма-спектры десяти резонансов йода-127, показанные на рис. 57. Наблюдается группа переходов в районе энергии 6688 кэв, средняя (по резонансам) интенсивность которой примерно в восемь раз выше средней интенсивности всех остальных переходов в области энергий от 5700 до 6700 кэв. В резонансе 20,4 эв суммарная интенсивность спектра, соответствующая энергии выше 5700 кэв, в три раза меньше усредненной интенсивности спектров остальных резонансов (это наглядно видно по форме подложки спектра). Результаты для йода представляют интерес в свете появляющихся в последнее время фактов об отклонении формы спектров от чисто статистической картины и о влиянии структуры низколежащих уровней на ширины соответствующих первичных переходов.

Рис. 57. Жесткий участок спектра гамма-лучей из отдельных резонансов радиационного захвата нейтронов на йоде-127. Цифры над пиками двойного вылета соответствуют энергии первичных гамма-переходов из составного ядра йод-128.





Продолжались исследования гамма-спектров короткоживущих радиоактивных ядер. В совместной работе с Лабораторией ядерных проблем, Институтом ядерных исследований Чехословакии, Институтом Нильса Бора проведены измерения для изотопов гадолиния-155, галлия-69.

Исследование конденсированных сред ядерными методами

1. Нейтронография магнитных структур в сильных магнитных полях. До последнего времени нейтронографические

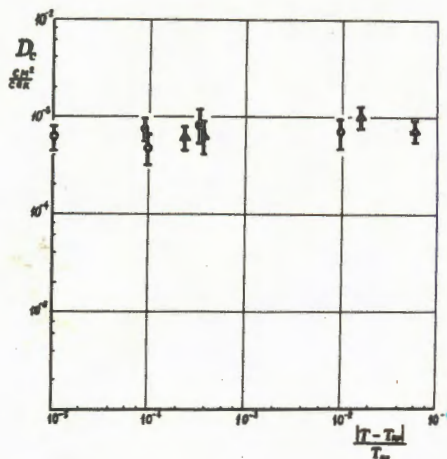


Рис. 59. Поведение коэффициента самодиффузии этана при приближении к критической точке жидкость-пар.

Рис. 58. Зависимость отношения интенсивности магнитного отражения (111) к ядерному (222) от величины магнитного поля, полученная при изучении дифракции нейтронов в гематите. Сплошная плавная кривая соответствует ожидаемой зависимости угла поворота магнитных моментов от внешнего магнитного поля.

исследования магнитной структуры веществ были ограничены полями до 45 кэ, т.к. измерения в сильных постоянных полях связаны с большими техническими трудностями.

На реакторе ИБР при работе в режиме редких импульсов (1 импульс за 5 сек) осуществлен эксперимент по наблюдению дифракции нейтронов в антиферромагнетике гематите ($\alpha - \text{Fe}_2\text{O}_3$) в полях до 120 килоэрстед. Образец находился при 78°K . Были установлены некоторые интересные характеристики поворота магнитных моментов с ростом величины магнитного поля. В частности, при $H = 48$ кэ обнаружено резко выраженное аномальное рассеяние нейтронов (рис. 58), природа которого еще не выяснена. Эксперимент показал большие возможности импульсного реактора при изучении конденсированных сред в сильных магнитных полях.

2. Неупругое и квазиупругое рассеяние нейтронов. а) Завершено исследование коэффициента самодиффузии этана вблизи критической точки жидкость-пар. Образцы этана высокой чистоты помещались в пучок нейтронов. Диффузия молекул этана приводила к уширению пика квазиупругого рассеяния, регистрировавшегося по методу времени пролета, с бериллиевым фильтром перед детектором. Установлено, что приближение к критической температуре T_c вплоть до $(T - T_c)/T_c \sim 10^{-5}$ не влияет на коэффициент самодиффузии (рис. 59). В совокупности с другими экспериментальными данными это означает отсутствие аномалий коэффициента самодиффузии в интервале времен диффузии ($10^4 - 10^{11}$ сек).

б) Выполнен ряд работ по неупругому рассеянию нейтронов с использованием ме-

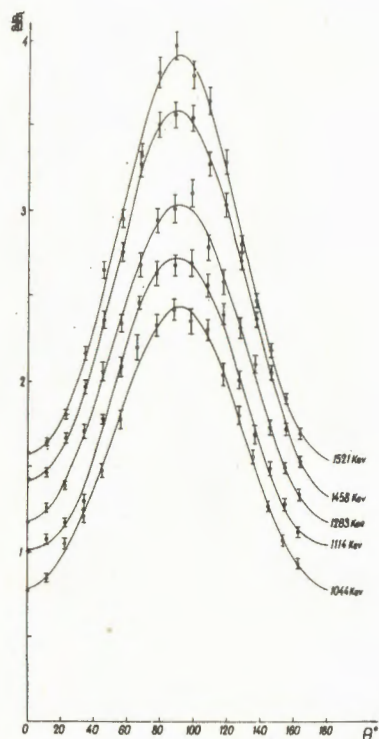


Рис. 60. Угловые распределения дейтронов из реакции ${}^3\text{He}(\text{T},\text{D}){}^4\text{He}$ в интервале энергий трития 1-1,5 Мэв. По оси абсцисс - угол в системе центра масс; по оси ординат - дифференциальное сечение в мб/стер.

тодики времени пролета и анализирующего фильтра перед детектором.

Исследовалась молекулярная динамика метана. Результаты измерения дважды-дифференциального сечения рассеяния газообразного метана не согласуются с существующей теорией рассеяния медленных нейтронов на свободных молекулах. Наблюдаемое отклонение можно рассматривать как результат проявления межмолекулярных взаимодействий в газе.

Изучалось влияние степени натяжения и температуры натуральной резины на рассеяние нейтронов. Существенных изменений в спектре неупругого рассеяния не обнаружено.

Исследовалась динамика молекул воды в гидратах. Определены частоты трансляционных и вращательных колебаний молекул воды для разных типов водородной связи в гидратах.

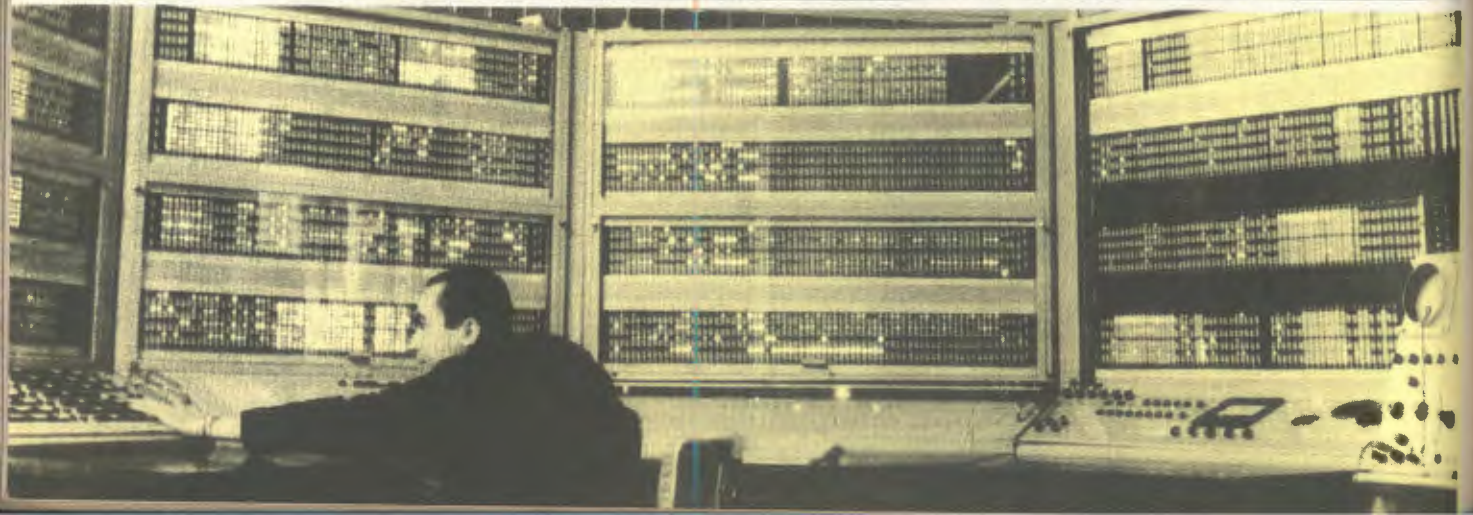
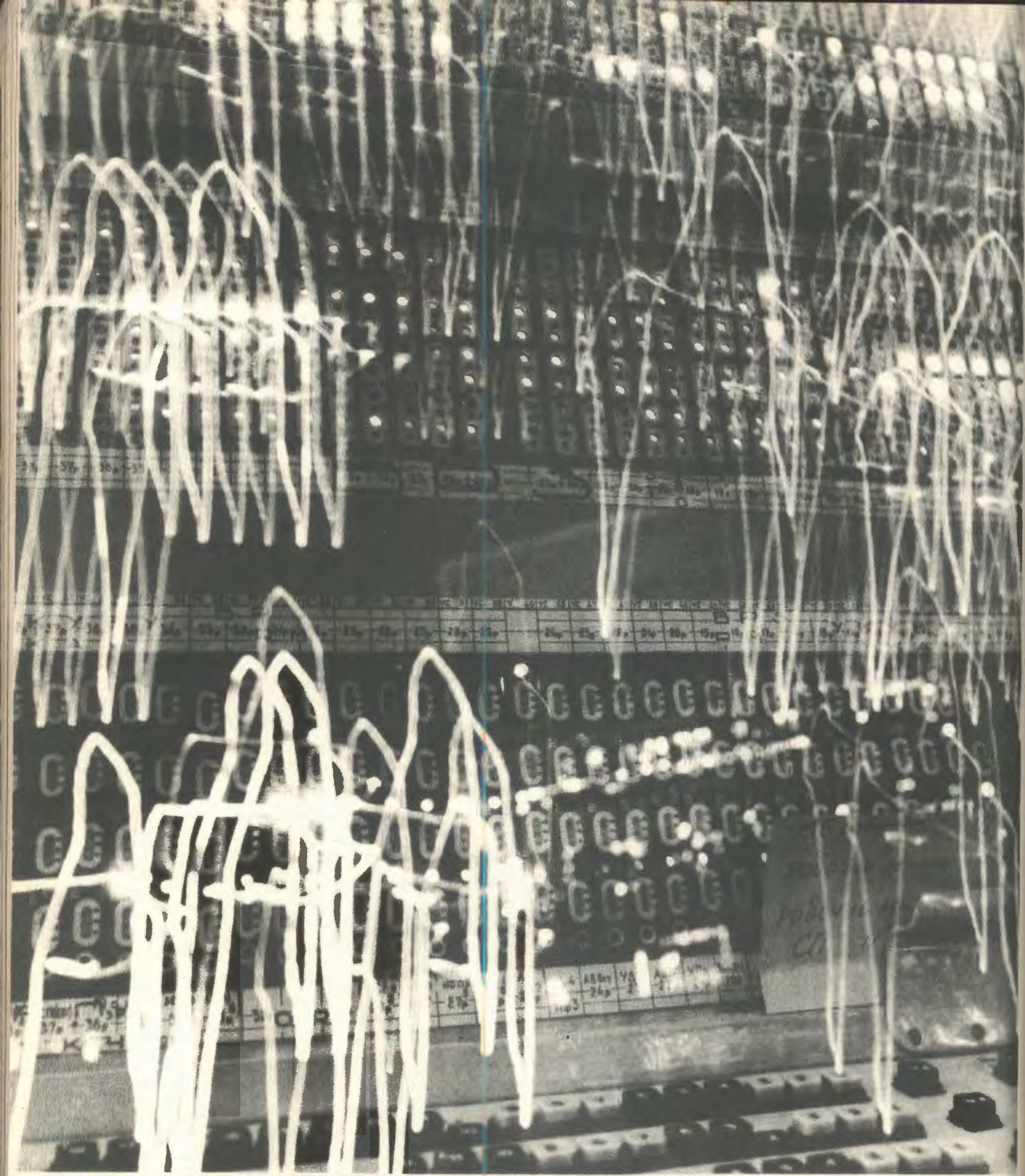
Определены энергии локальных колебаний легких атомов в сплавах Cu-Be, Cu-Mg, Pb-Na, Pb-Mg. Показано, что силовые константы примесных атомов меньше силовых констант атомов матрицы.

Измерены параметры ротационной диффузии в неопрене (результаты обрабатываются).

Ядерные реакции с заряженными частицами

Реакция ${}^3\text{He}(\text{T},\text{D}){}^4\text{He}$. На примере этой реакции была осуществлена проверка метода угловых распределений реакции $\text{A} + \text{B} \rightarrow \text{C} + \text{D}$ как критерия точности сохранения изотопического спина. Если ядра A и B относятся к одному зарядовому мультиплету (гелий-3, тритий), а изоспин частиц C и D равен нулю, то угловые распределения продуктов реакции должны быть симметричны относительно угла 90° в системе центра масс.

Измерения угловых распределений дейтронов в реакции ${}^3\text{He}(\text{T},\text{D}){}^4\text{He}$ были выполнены на газовой мишени с помощью кремниевых полупроводниковых детекторов в диапазоне энергий трития 1-1,5 Мэв. Результаты показаны на рис. 60. В пределах точности $\approx 1\%$ наблюдается симметрия угловых распределений дейтронов относительно угла 90° в системе центра масс, что свидетельствует о том, что отношение нарушающей и сохраняющей изотопспин амплитуд реакции не превышает 2% по модулю.



Лаборатория

вычислительной техники и автоматизации

В 1968 году был завершен первый этап создания измерительно-вычислительного комплекса ОИЯИ – ввод в действие базовых вычислительных машин БЭСМ-6 и CDC-1604A, а также периферийных машин БЭСМ-4 в Лаборатории нейтронной физики и Лаборатории высоких энергий. Была разработана система математического обеспечения БЭСМ-6, завершается ее комплексная отладка.

Введена в эксплуатацию система программ на ФОРТРАНе для обработки снимков с жидководородных пузырьковых камер.

Для проведения экспериментов на линии с ЭВМ были разработаны типовые каналы связи машин БЭСМ-4 с измерительными физическими установками и создана унифицированная система программ обработки спектрометрической информации.

Развивались новые методы и готовились программы расчетов задач физики элементарных частиц, атомного ядра и плазмы.

Создание измерительно-вычислительного комплекса ОИЯИ

Основные усилия лаборатории были направлены на обновление вычислительных средств ОИЯИ. Устанавливались и вводились в эксплуатацию новые более производительные ЭВМ.

Был полностью набран и обучен эксплуатационный персонал для всех вычислительных машин.

В настоящее время ОИЯИ располагает следующими ЭВМ:

БЭСМ-6 (основная машина измерительно-вычислительного комплекса с быстродействием

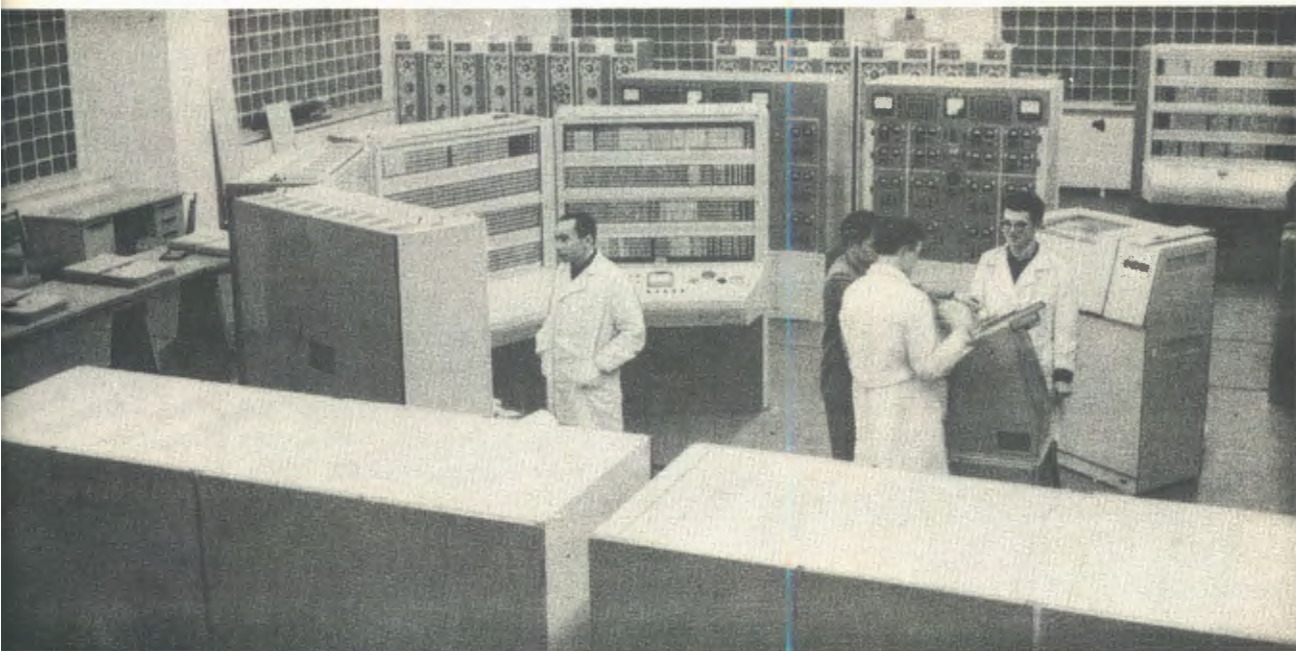


Рис. 61. БЭСМ-6 – основная машина измерительно-вычислительного комплекса ОИЯИ.

1 млн. операций в секунду, память 32 тысячи слов, магнитные ленты, магнитные барабаны и др.).

CDC-1604A (70 тысяч операций в секунду, память 32 тысячи слов, магнитные ленты, транслятор с ФОРТРАНа),

БЭСМ-4 ЛВЭ, БЭСМ-4 ЛНФ, БЭСМ-4 ЛВТА,

БЭСМ-3М в ИФВЭ (Серпухов),

"Минск-22",

"Минск-2" (отдел ядерной спектроскопии и радиохимии ЛЯП).

Все это дает основание считать завершенным первый этап создания измерительно-вычислительного комплекса - ввод в эксплуатацию новых современных ЭВМ.

Проводились работы по созданию системы вычислительных машин. Были разработаны проекты отдельных узлов этой системы: проекты связи машин БЭСМ-6 и БЭСМ-4, связи "Минск-22" с БЭСМ-4 и CDC-1604A. Соединение машин CDC-1604A и "Минск-22" позволило уже в 1968 году организовать обработку камерных снимков на CDC-1604A по новому кольцу программ.

Опробована система двухсторонней связи "Минск-22" с измерительным центром ЛЯП. В настоящее время идет отработка устройства передачи служебной информации с "Минск-22" в ИЦ Лаборатории ядерных проблем. Эта система связи может быть использована также и для других лабораторий ОИЯИ.

В измерительном центре Лаборатории нейтронной физики установлена и запущена в эксплуатацию вычислительная машина БЭСМ-4, которая применялась для счета задач ЛНФ и других лабораторий института. Разработан проект связи измерительного центра ЛНФ с БЭСМ-4, который в настоящее время реализуется.

Математическое обеспечение БЭСМ-6

Математическое обеспечение для БЭСМ-6, создаваемое Лабораторией вычислительной техники и автоматизации совместно

Рис. 62. Зал табуляторов и перфораторов электронно-вычислительной машины БЭСМ-6.

с советскими институтами, а также Институтом физики высоких энергий ГДР и Центральным институтом физических исследований ВНР, предназначено для использования языка ЦЕРН-ФОРТРАН при написании программ обработки экспериментальных данных. Основой системы математического обеспечения является транслятор с языка ФОРТРАН.

В 1968 году сначала на БЭСМ-6 в Вычислительном центре АН СССР, а затем в ОИЯИ была успешно проведена автономная и комплексная отладка блоков транслятора. В течение нескольких месяцев идет опытная эксплуатация транслятора, причём транслируются как тестовые задачи, так и стандартные программы библиотеки общего назначения.

Одновременно с опытной эксплуатацией транслятора проводилась работа над вариантом мониторинг системы для организации пакетной обработки программ на ФОРТРАНе и автокоде, а в последующем - и на САБ-СЕТ-АЛГОЛе. Для мониторинг системы разработаны улучшенный вариант загрузки и новый вариант быстрого транслятора с автокода, составлены программы, обслуживающие библиотеку стандартных программ. Вариант мониторинг системы, обеспечивающей пакетную обработку потока задач, находится в настоящее время в опытной эксплуатации. Система математического обеспечения, созданная в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ, принимается заводом-изготовителем для снабжения ею серийных электронно-вычислительных машин БЭСМ-6.

Рис. 63. Группа сотрудников ЛВТА - участников работ по созданию системы математического обеспечения для БЭСМ-6 с использованием языка ФОРТРАН: И.Н.Силин, В.П.Шириков, В.Ю.Веретенев, В.А.Ростовцев, Н.Н.Говорун.



Развитие методики проведения физических экспериментов на линии с ЭВМ

Совместно с другими лабораториями института ЛВТА развивала методику экспериментов на линии с вычислительной машиной.

В серпуховском научно-экспериментальном отделе ОИЯИ была установлена и введена в эксплуатацию вычислительная машина БЭСМ-3М, которая используется в физических экспериментах ОИЯИ на ускорителе ИФВЭ.

Успешно проводились работы по развитию измерительного центра Лаборатории высоких энергий на базе БЭСМ-4. После установки и запуска этой машины в эксплуатацию началась ее модернизация - создание канала связи с экспериментальным оборудованием, установленным на синхрофазотроне.

Совместно с ЛВЭ на синхрофазотроне ОИЯИ был подготовлен и проведен эксперимент по упругому рассеянию π -мезонов протонами в области кулоновской интерференции с помощью искрового спектрометра на линии с БЭСМ-3М. Выполнялись также работы по созданию программ для экспериментов ЛВЭ с нейтральными K -мезонами на линии с ЭВМ. Составлены программы для магнитного спектрометра ЛВЭ с проволочными искровыми камерами и ферритовой памятью, работающего на линии с ЭВМ типа БЭСМ-4.

В отделе ядерной спектроскопии и радиохимии ЛЯП установлена и вводится в эксплуатацию ЭВМ "Минск-2". Эта машина будет обеспечивать проведение спектрометрических работ. Совместными усилиями сотрудников ЛЯП, ЛВТА и ЛНФ машина "Минск-2" была модернизирована и снабжена дополнительными устройствами специально для задач спектрометрии. Совместно с Лабораторией ядерных проблем разработано устройство ввода в "Минск-2" информации с четырехдорожечного накопителя на узкой магнитной ленте.

Подготовлена и запущена в эксплуатацию система программ для обработки спектрометрической информации на ЭВМ. Математическое обеспечение этой системы дает возможность

принимать данные от различных объектов (ЛНФ, ЛЯР, ЛЯП) и вести одновременно обработку этих данных, позволяя физикам в ходе эксперимента контролировать качество его проведения. Большим преимуществом системы является возможность использования в ней осциллографа со "световым карандашом".

Создание систем программ обработки экспериментальных данных

Проведена большая работа по созданию систем программ обработки экспериментальных данных. Особенно важным результатом является введение в эксплуатацию системы с языком ФОРТРАН, позволяющей эффективно использовать вычислительные машины ОИЯИ широкому кругу физиков института.

Совместно с Институтом физики высоких энергий ГДР завершаются работы по подготовке системы обработки данных с водородных камер на языке ФОРТРАН для ЭВМ CDC-1604А, соединенной с машиной "Минск-22". Система программ обработки включает в себя адаптированные для нужд ОИЯИ программы ЦЕРНа (ТРЭШ, ГРАЙНД, СЛАЙС, САМКС), а также программы, обеспечивающие связь ЭВМ CDC-1604А с "Минск-22" и перекодирование экспериментальной информации из кода машины "Минск-22" в формат, необходимый для ТРЭШ.

Проводились тестовые испытания и улучшение алгоритмов системы программ обработки данных для пропановых пузырьковых камер ОИЯИ на ЭВМ БЭСМ-4. В геометрической программе этой системы производится учёт торможения, многократного рассеяния, неоднородности магнитного поля, а также зависимости траектории от массы частиц.

Производилась подготовка системы программ обработки данных на ФОРТРАНе для электронно-вычислительной машины БЭСМ-6. Составлены и отлажены на БЭСМ-6 19 программ для обработки экспериментальных данных. Закончены комплектование и подготов-

Рис. 64. Электронно-вычислительная машина БЭСМ-3М, установленная в экспериментальном зале ускорителя ИФВЭ на 76 Гэв для обслуживания физических опытов ОИЯИ.

ка к трансляции материалов библиотеки стандартных программ ЦЕРН-ФОРТРАН. На CDC-1604А транслированы и использовались для счёта 15 программ, а на БЭСМ-6 - 11 программ. Заканчиваются работы по адаптации программ ТРЭШ и ГРАЙНД для БЭСМ-6.

Совместно с физиками Лаборатории ядерных проблем написана программа двумерного графика и статистической обработки, используемая для обработки данных с 1-метровой пропановой камеры ЛЯП. Проведены работы по приспособлению единой геометрической программы "1-6" для больших пузырьковых камер к обработке фотографий с этой камеры.

В сотрудничестве с ЛНФ создана система программ обработки экспериментальной информации ЛНФ, разработаны и реализованы на ЭВМ типа БЭСМ-4 методы "формы" и площадей для определения параметров нейтронных резонансов с учётом интерференции между потенциальным и резонансным рассеяниями.

Развитие математических методов применительно к задачам ядерной физики и физики плазмы

Продолжались работы по развитию новых математических методов и созданию алгоритмов решения задач ядерной физики. Полученные результаты имеют как обшематематическое, так и прикладное значение.

1. Методы решения нелинейных задач путем введения параметра. Совместно с институтами АН СССР проведено исследование возможности решения разностным методом нелинейной граничной задачи для дифференциального уравнения, в которой введен дополнительный параметр. Показано, что рассмотренная разностная схема позволяет решать исходную "непрерывную"



задачу при любом соотношении между шагами по пространственной и временной переменным.

Выполнено исследование возможности решения задачи Дирихле для нелинейного эллиптического уравнения путем введения дополнительного параметра. Полученный результат обосновывает такой метод решения задачи Дирихле.

Метод введения дополнительного параметра был применен к решению обратной задачи теории рассеяния. Он оказался весьма эффективным и позволил с большей точностью находить искомый потенциал по известной предельной фазе рассеяния. При решении этой задачи был применен также метод регуляризации по А.Н.Тихонову. В настоящее время

метод применяется к расчёту вывода пучка из ускорителя в ИФВЭ.

2. Расчёты ускорителей. Велись расчёты траекторий заряженных частиц, выводимых из ускорителя Института физики высоких энергий СССР. Совместно с Лабораторией высоких энергий составлена программа и произведен расчёт траекторий протонов из синхрофазотрона ЛВЭ в выводном магните-дефлекторе, поле

в котором задано таблицами. В сотрудничестве с Лабораторией ядерных проблем написаны и усовершенствованы программы, связанные с изучением движения заряженных частиц в центральной области синхроциклотрона. Разрабатывалась теория фазового движения и влияния пространственного заряда. Изучалась зависимость формы пучка ускоряемых в синхроциклотроне ионов от параметров ускорителя.

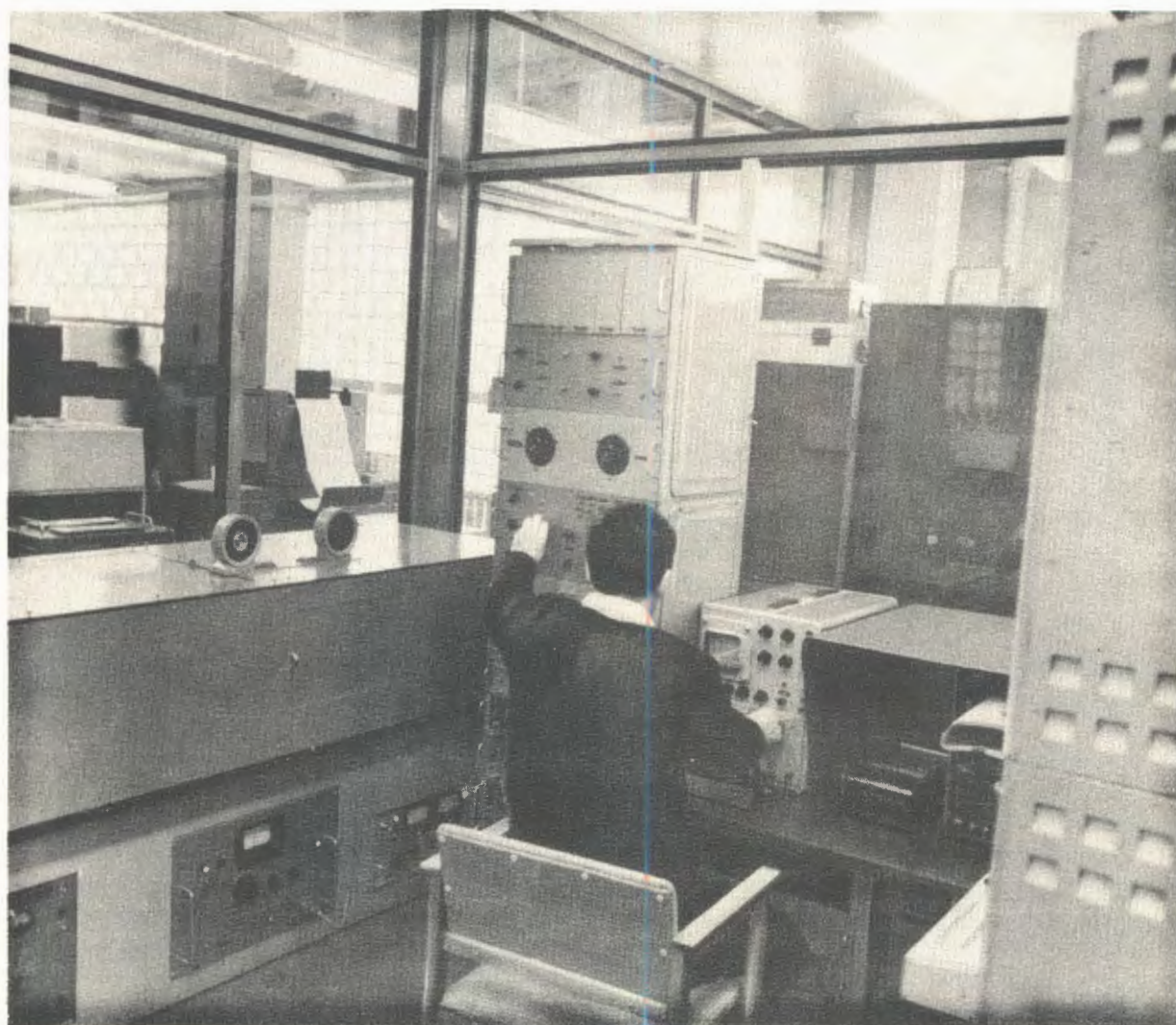


Рис. 65. Один из залов электронно-вычислительных машин ЛВТА. На заднем плане - ЭВМ CDC -1604A и БЭСМ-4. На втором плане - стойки связи ЭВМ со сканирующим автоматом НРД и группой измерительных полуавтоматов. Справа - автомат на электронно-лучевой трубке и стойка связи его с ЭВМ.

3. Расчёты ядерных реакторов. Разработаны математические методы, подготовлены программы и выполнены расчёты, связанные с проектированием в Лаборатории нейтронной физики реактора ИБР-2. Методом Монте-Карло проведен совместно с ЛНФ трехмерный многогрупповой расчёт импульсного реактора с подвижным отражателем, создана программа расчёта теплового режима в цилинд-

рическом реакторе конечной длины (уравнение Пуассона) и произведены соответствующие расчёты на ЭВМ.

4. Статистические методы. Разработан новый метод моделирования случайных величин на ЭВМ. Предложен и обоснован информационный тест для проверки независимости членов случайных последователь-



ностей. Для БЭСМ-6 составлена программа-генератор случайных чисел с равномерным распределением и ряд программ на ФОРТРАНе для произвольных распределений. Выполнен расчёт искажения амплитудного спектра вследствие наложения импульсов.

5. Решение задач физики атомного ядра и теоретической физики. Совместно с ЛТФ продолжалась разработка комплекса программ для расчёта свойств деформированных атомных ядер. Создаваемый вариант комплекса состоит из программ для а) расчёта собственных значений и волновых функций для сферических ядер; б) расчёта собственных значений и волновых функций для деформированных ядер; в) вычисления матричных элементов мультипольного взаимодействия; г) расчёта коллективных состояний.

Закончена работа по программе п.а) на языке ФОРТРАН, п. в) – на языке АЛГОЛ. Первая часть комплекса программ может использоваться на БЭСМ-6 и CDC-1604A, а третья – на CDC-1604A.

6. Расчёты по физике плазмы. Разработанные в ЛВТА математические методы решения нелинейных дифференциальных и интегральных уравнений оказались весьма эффективными при решении различных задач нелинейной теории плазмы и подготовке программ для численного решения задач этой теории. В лаборатории решался большой круг задач, касающихся этой проблемы.

Физические исследования

1. Изучение неупругих pp -соударений. Закончено исследование с помощью искровых камер поляризационных эффектов в неупругих pp -соударениях при 669 Мэв. Впервые наблюдался эффект поляризации вторичных протонов в этих соударениях. Эти эксперименты позволили провести проверку предсказаний однобозонной обменной модели одиночного образования пионов в нуклон-нук-

лонных соударениях. Вторичные протоны с энергией около 380 Мэв выделялись с помощью магнитного спектрометра. Обработка результатов измерений проводилась на ЭВМ "Минск-22" методом максимума правдоподобия. Найденное в этих опытах значение вертикальной компоненты поляризации, усредненное по всем угловым интервалам, составляет $0,24 \pm 0,04$.

2. Исследования на пузырьковых камерах. При изучении (совместно с ЛВЭ) взаимодействий нейтронов со средним импульсом 7–8 Гэв/с с ядрами углерода на 55-сантиметровой пропановой камере обнаружено сильное взаимодействие Λ -гиперонов с протонами в конечном состоянии. Разработаны достаточно надежные методы разделения каналов ядерных реакций при облучении пропановой пузырьковой камеры нейтронами с энергией от 2 до 10 Гэв. Эти методы позволяют также оценить наиболее вероятный импульс нейтрона, вызвавшего данное взаимодействие.

В сотрудничестве с Лабораторией высоких энергий ОИЯИ и Институтом физики высоких энергий ГДР продолжалась работа по исследованию неупругих взаимодействий отрицательных пионов с протонами при 5 Гэв/с. Выполнен просмотр 72 тыс. снимков с метровой водородной камеры ЛВЭ.

Составлен при участии ЛВЭ новый вариант программы для вычисления некоторых кинематических характеристик частиц и резонансов в реакциях, содержащих в конечном состоянии от 2 до 5 частиц. Создана программа розыгрыша случайных комбинаций нескольких гамма-квантов.

Метод максимума правдоподобия применен для нахождения параметров заряженной частицы, движущейся в неоднородном магнитном поле в трековой камере. Решение задачи получено с учётом флуктуации тормозного излучения, многократного рассеяния и ионизационных потерь. Теоретические результаты работы проверены на тестовых треках.

3. Теоретические расчёты. При участии Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ и Радиового института АН СССР проведен анализ периферической модели процесса образования одного положительного пиона в pp -соударении в области энергий 0,5–1 Гэв. Составлены программы и проведены расчёты поляризационных эффектов при неупругом нуклон-дейтронном рассеянии. Проведен (совместно с ЛЯП) фазовый анализ нуклон-нуклонного рассеяния при энергиях, близких к 20 Мэв, с применением разработанного в ЛВТА нового метода для устранения неоднозначности результатов анализа.

Обработка фильмовой информации

На измерительной и просмотровой аппаратуре ЛВТА в течение 1968 года для лабораторий института измерено свыше 377 тысяч следов частиц и просмотрено 330 тысяч снимков с водородных, пропановых, искровых и др. камер.

Работа электронных вычислительных машин

В 1968 году на машине БЭСМ-4 Лаборатории вычислительной техники и автоматизации выдано 6428 часов полезного машинного времени, на БЭСМ-4 Лаборатории нейтронной физики - 3344 часа (с 12 мая), БЭСМ-4 Лаборатории высоких энергий - 1468 часов, БЭСМ-6 - 1667 часов, CDC-1604A - 1317 часов, на "Минск-22" - 4481 час, М-20 - 3612 часов (до 1 августа), "Минск-2" - 1238 часов (до 27 февраля).

Служба математической информации и документации

Служба математической информации в течение всего года обеспечивала математиков и физиков ОИЯИ документацией по эксплуатации вычислительных машин и описанием математического обеспечения ЭВМ.

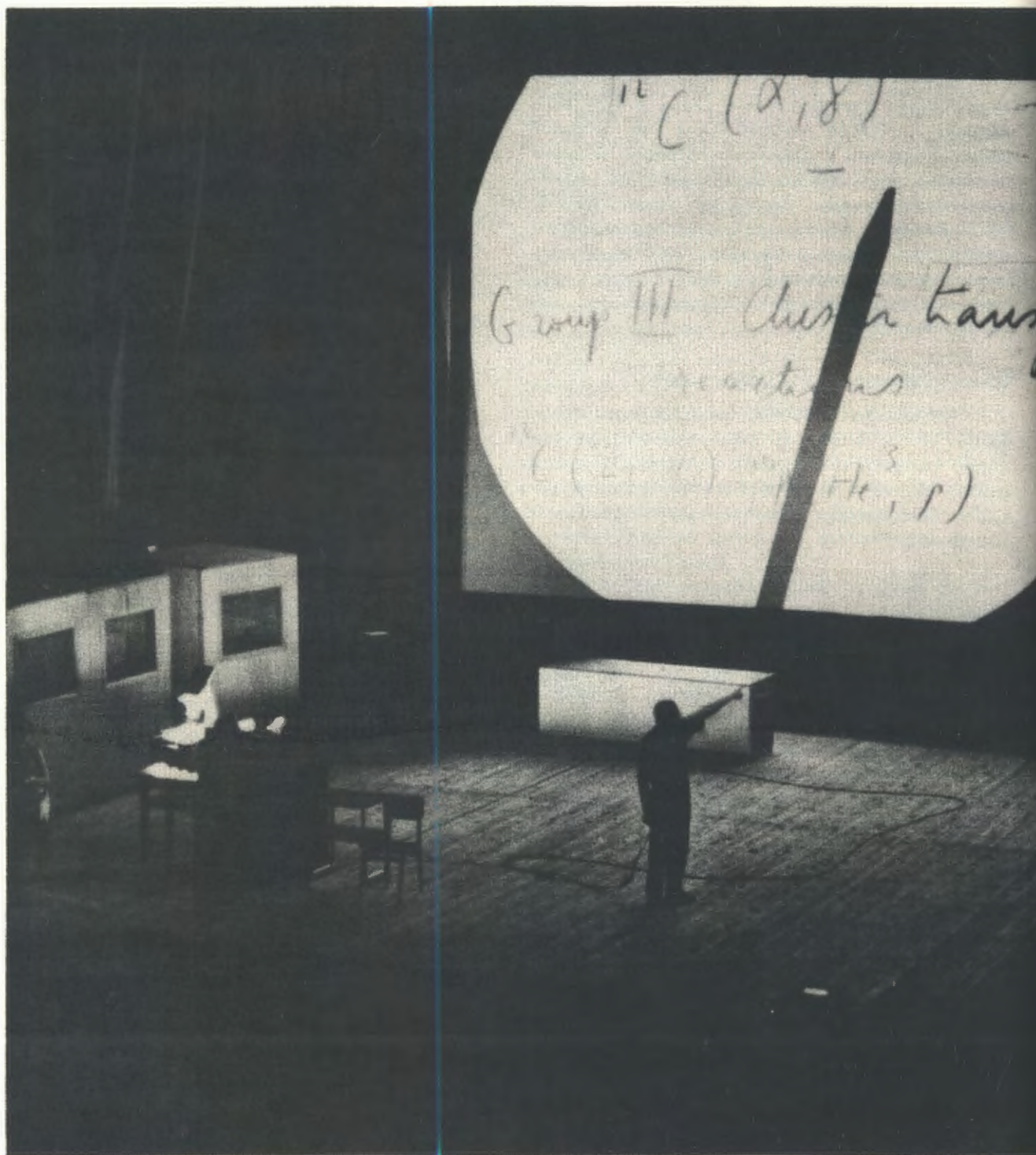
Службой подготовлены материалы по описаниям математического обеспечения ЭВМ, методам вычислительной математики, вновь введенным в работу программам, по сделанным изменениям и усовершенствованиям в ЭВМ и их устройствах.

Выпущены описания систем альфа-транслятора, АЛЬГИБРА и транслятора "Сигнал" для БЭСМ-4. Подготовлена математическая документация для CDC-1604A, выпущены таблицы кодов БЭСМ-6.

Обеспечивались необходимым и материалами математического характера (перфокарты, перфоленты, описания, инструкции) страны-участницы ОИЯИ. В КНДР были посланы новые материалы по обеспечению машины "Минск" и материалы по обработке экспериментальных данных на ней. В ДРВ были отправлены материалы с описанием модернизированной системы МИС-1, описания ФОРТРАНА. Служба ЛВТА вела обмен математической информацией с учреждениями Советского Союза. Пользовались ее информационными материалами и другие страны-участницы ОИЯИ.

Расширялась библиотека описаний программ для электронно-вычислительных машин ЛВТА, создана библиотека программ на перфораторах.

Лаборатория
теоретической физики



Свойства симметрии элементарных частиц

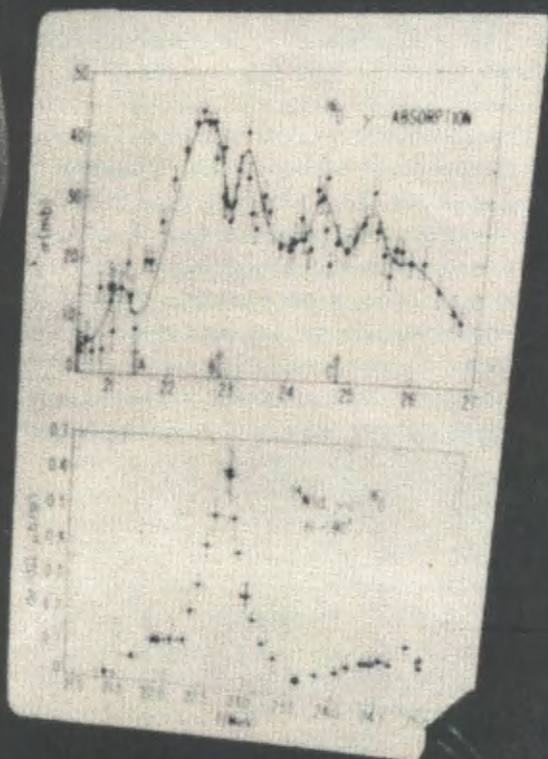
В 1968 году учёными ЛТФ исследовалась проблема построения локальных токов составных частиц и связанных состояний в рамках квантовой теории поля. Было показано, что алгебра полей приводит к некомпактной группе симметрии $SU(2) \times SU(3) \times T_{24}$, из которой следуют результаты, получаемые также на основе свёрхсходящихся дисперсионных правил сумм. На основе квазипотенциального уравнения в рамках модели кварков был описан спектр мезонных резонансов. В модели элементарных частиц, состоящих из квазинезависимых кварков, для ренорм-констант были воспроизведены результаты, полученные другими методами. Рассмотрена также модель с кварками неравной массы на основе уравнения типа уравнения Бете-Солпитера.

Существующие экспериментальные данные не позволяют однозначно утверждать, что $X_0(960)$ - мезон есть псевдоскалярная частица. В связи с этим предложен метод однозначного определения спина и чётности этой частицы (на основании сравнения ширины распада $X_0 \rightarrow 2\pi$ с шириной в эффекте Примакова).

Намечена программа экспериментальных работ по радиационным распадам мезонов (в частности $X_0 \rightarrow 2\gamma$). Исследованы лептонные распады векторных мезонов (ρ, ω, ϕ).

Структура теории поля

Построена нелокальная унитарная теория квантованного скалярного поля без ультрафиолетовых расходимостей. Эта работа отмечена как весьма интересная на Венской конференции. Предложена унитарная процедура построения функций Грина в локальных и нелокальных теориях с неперенормируемым взаимодействием. Развита метод построения "почти локальной" матрицы рассеяния. В ряде работ рассмотрена модель нелинейной квантовой теории поля и создана квантовая теория скалярного поля в пространстве де Ситтера.



В неперенормируемых теориях поля, обладающих частичной симметрией, предложен общий метод вычисления высших приближений. Этот метод применялся к простейшим моделям и к вычислению поправок к амплитудам некоторых наблюдаемых процессов вида $\pi^0 \rightarrow 2\gamma$, $\omega \rightarrow \rho\pi$ и т.п.

При исследовании общих свойств формфактора π -мезонов, вытекающих из аналитичности, получены следствия, которые могут быть проверены в опыте со встречными пучками и в опыте по пион-электронному рассеянию на ускорителе ИФВЭ. На основе аналитичности и унитарности амплитуды рассеяния показано, что при больших энергиях амплитуда не может убывать быстрее, чем в теории полюсов Редже.

На основе аналитичности амплитуд для неупругих процессов вида $2 \rightarrow \pi$ получены оценка верхней границы дифференциального сечения рассеяния под нулевым углом и оценка нижней границы для ширины дифракционного пика. В работах, выполненных совместно с ИФВЭ, было предложено определение радиуса взаимодействия адронов и показано, что радиус зависит от ближайшей особенности в $\cos\theta$ -плоскости. Оценено поведение сечений рассеяния вперед и назад. Найдена нижняя граница убывания формфактора при $-t \rightarrow \infty$ и нижняя граница убывания дифференциальных сечений упругих процессов в области больших углов,

Методы сильных взаимодействий

На основе квазипотенциального уравнения исследовалось поведение упругого рассеяния на малые и большие углы при высоких энергиях. Было показано, что

а) гладкий квазипотенциал гауссовского типа хорошо описывает нынешнюю ситуацию в экспериментальной физике;

б) представление Глаубера для амплитуды рассеяния следует из квазипотенциального уравнения при высоких энергиях, если потенциал является гладким;

г) квазиклассическое приближение эффек-

тивно для описания упругих процессов при высоких энергиях.

Исследование показало, что квазипотенциальное уравнение в квантовой теории поля может быть обобщено релятивистски-ковариантным образом для двух и для N частиц. Получены новые результаты по релятивистским квазипотенциальным уравнениям для двух частиц и новый вид решения уравнений типа уравнений Чу-Лоу, который имеет резонансный характер. На основе дисперсионных правил сумм выведен ряд массовых формул и дан вывод соотношений Кабиббо-Радикали и Адлера-Вайсбергера на основе обобщенных дисперсионных правил сумм.

Совместно с болгарскими теоретиками учёными ЛТФ исследован метод построения амплитуды упругого рассеяния, удовлетворяющий точным условиям кроссинг-симметрии, аналитичности и двухчастичной унитарности вблизи порога. Проведено полное исследование низкоэнергетического упругого взаимодействия K - и π -мезонов. Результаты согласуются с экспериментальными данными по π - K -рассеянию. В рамках гипотезы векторной доминантности электромагнитных взаимодействий выведены соотношения между сечениями высокоэнергетического фоторождения ρ -, ω - и ϕ -мезонов на нуклонах и правила сумм, связывающие полные сечения фотон-нуклонного и мезон-нуклонного взаимодействий.

Рассмотрено рассеяние пионов на поляризованных электронах и показано, что поляризация определяется формфактором пиона. Предложена новая постановка опытов по определению параметров поворота спина в пион-нуклонных столкновениях на поляризованной мишени. Получены формулы, демонстрирующие появление особенностей типа Редже в релятивистских разложениях. Выяснены условия появления полюсов и их характер.

СРТ - теорема, слабые взаимодействия

Рассмотрены опыты по проверке T и CPT в $p\bar{p}$ - и pN -рассеянии, а также феномено-

логические вопросы нарушения CP в распадах

K^0 -мезонов. Указано на желательность проведения опытов по изучению распада K^0 -мезонов с точки зрения CP-проблемы. При рассмотрении влияния излучения мягких фотонов на распады K^0 -мезонов найден пример, когда излучение имитирует нарушение CP в лептонных распадах. Сформулированы правила сумм для сечений взаимодействия нейтрино и антинейтрино с нуклоном.

Для слабоэлектромагнитных взаимодействий построен новый класс моделей нарушения CP-инвариантности и проведено детальное обсуждение их экспериментального обнаружения.

Взаимодействия с ядрами при высоких энергиях

Созданы эффективные программы расчётов на электронно-вычислительных машинах внутриядерных каскадов, процессов испарения и деления высоковозбужденных атомных ядер. Анализ экспериментальных данных, выполненный с помощью этих программ, показал, что общепринятый механизм каскадных взаимодействий частиц с ядрами существенно изменяется в области энергий 4-6 Гэв и 20-40 Гэв. Изменение механизма при 20-40 Гэв обусловлено большим вкладом многочастичных взаимодействий элементарных частиц, когда с одним нуклоном внутри ядра взаимодействуют сразу 2,3 или большее число частиц. Выше ускорительных энергий вклад таких взаимодействий составляет несколько десятков процентов.

Теория квазичастичных и фононных возбуждений сложных ядер и ядерных реакций с потенциалом с размытым краем

Совместно с ЛВТА продолжалась разработка метода расчётов и составление комплекса программ для электронно-вычислительной машины. Получены энергии и волновые функции для ядер в области $150 < A < 190$ и первый грубый вариант для ядер в области $A > 228$.

Структура деформированных ядер

Проведены расчёты однофононных состояний (квадрупольные и октупольные вибрации) в области ядер редкоземельных элементов и исследованы эффекты ангармоничности однофононных состояний. Продолжалось изучение распадных свойств монополюльных возбуждений в деформированных ядрах. Исследованы эффекты спиновой поляризации в нечётных деформированных ядрах и начато изучение свойств высоковозбужденных состояний.

Полученные волновые функции потенциала Саксона-Вудса применены к исследованию бета-распада, гамма-переходов, магнитных моментов, взаимодействия одночастичного и вращательного движений в нечётных ядрах. Предложен новый метод диагонализации потенциала типа Саксона-Вудса с помощью электронно-вычислительной машины. Продолжались теоретические исследования проблем многих тел. Предложен вариационный способ вычисления матричных элементов эффективного взаимодействия на основе данных об основных свойствах ядер. Проведен анализ эффективных сил в методе случайной фазы.

Равновесные деформации

При исследовании равновесных деформаций основных и возбужденных состояний ядер в области $50 < Z, N < 82$ показано, что эти ядра обладают следующими свойствами: а) являются мягкими по γ -деформациям, б) энергии минимумов для $\gamma = 0$ при $\beta > 0$ близки к энергиям при $\beta < 0$. Ряд ядер этой области может иметь форму сплюснутого эллипсоида вращения, возможно существование изомеров формы. Эти выводы следует проверить на опыте. Исследованы стабильность ядер по отношению к гамма-деформации, равновесные деформации квазичастичных состояний в областях $150 < A < 190$ и $A > 228$, а также поведение полной энергии при больших деформациях и в сверхтяжелых ядрах. Проводится изучение гексадекапольной деформации.

Ядерные реакции

Развит удобный метод рассмотрения упругих и неупругих процессов рассеяния электронов на ядрах. Анализ экспериментальных данных на основе этого метода дает новые сведения о структуре ядер. Продолжалось изучение реакций срыва на деформированных ядрах, развит дифракционный подход и показан многоступенчатый характер такого процесса. Составляется программа вычисления сечений однонуклонных передач на деформированных ядрах.

Проведено исследование реакции двухнуклонных передач на легких ядрах и рассмотрена точно решаемая модель резонансного рассеяния. Разработаны методы описания многоканальных реакций в рамках обобщенной теории ядерных реакций. Конкретно решен ряд задач, связанных с рассеянием частиц на малонуклонных системах.

Кластерная структура ядер

Исследована структура ${}^6\text{Li}$ и ${}^6\text{He}$ по данным из различных ядерных реакций при высоких энергиях. Проведено совместно с учеными из Россендорфа (ГДР) исследование

структуры ядер $1p$ - оболочки. Продолжались работы по развитию мезонной теории ядерных сил.

Теория твердого тела и статистическая физика

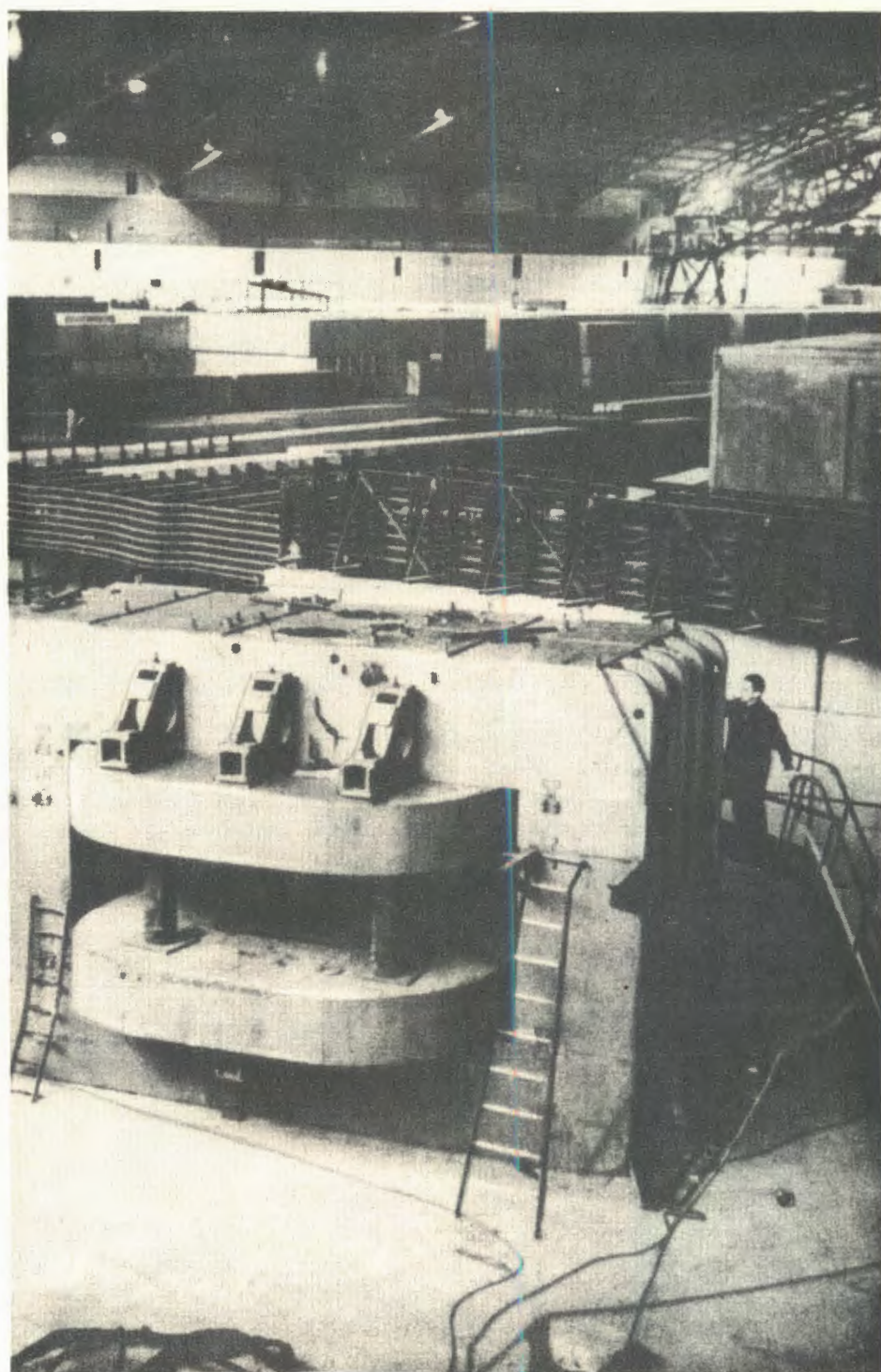
Рассмотрено влияние ангармонизма на физические свойства кристаллов, и получены условия устойчивости ангармонических кристаллов. Для ЛНФ проведен расчёт частот локальных колебаний примесных атомов в решетке меди. Определен спектр элементарных возбуждений и средний дополнительный момент сегнетоэлектрика с водородной связью. Развитый метод применен к исследованию свойств одноосных ферромагнетиков. Разработан новый подход к изучению спин-фононного взаимодействия в ферромагнетиках и рассмотрено влияние спин-фононного взаимодействия на время жизни магнитных возбуждений. Рассмотрены свойства сверхпроводников второго рода в сильных магнитных полях. Изучены некоторые характеристики перехода порядок-беспорядок в твердом ортоводороде. Получен ряд экстраполяционных формул для намагниченности ферромагнетиков.



3

СОЗДАНИЕ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ
АППАРАТУРЫ
И РАБОТА
ОСНОВНЫХ УСТАНОВОК
В 1968 ГОДУ

Лаборатория
высоких энергий



*Рис. 66. 2-метровая
пузырьковая пропановая
камера монтируется на
пучке ускорителя ИФВЭ на
76 Гэв.*

Искровые камеры и электроника

В лаборатории продолжалось развитие методики бесфильмовых искровых камер. Разработан новый метод съема информации с искровых камер, в котором используется статическое запоминающее устройство на магнитострикционных линиях.

Пузырьковые камеры

1. Двухметровая пропановая камера перевезена в ИФВЭ, где монтируется на пучке π^- -мезонов с энергией 40 Гэв.

2. Двухметровая жидководородная пузырьковая камера. Завершено изготовление габаритных узлов. Начаты комплексные испытания камеры при азотной температуре. На рис. 67 показан ее общий вид.

Мишени

1. Струйная газовая водородная мишень для исследования упругого pp -рассеяния на ускорителе 76 Гэв смонтирована в ИФВЭ, произведена ее наладка. Состоялся успешный пуск установки совместно с ускорителем и всей экспериментальной аппаратурой. На рис. 69 показан общий вид струйной газовой водородной мишени.

2. 3-метровая жидководородная мишень для экспериментов по регенерации K_0^- -мезонов на ускорителе в ИФВЭ спроектирована и изготавливается криогенным отделом лаборатории.

Работа синхрофазотрона

Работа ускорителя по плану - 4889 часов. 78,5% этого времени составила работа для физических экспериментов со средней интенсивностью $5,5 \cdot 10^{10}$ протонов за цикл.

В пучке π^- -мезонов с импульсом 5 Гэв/с были проведены экспозиции пузырьковых камер

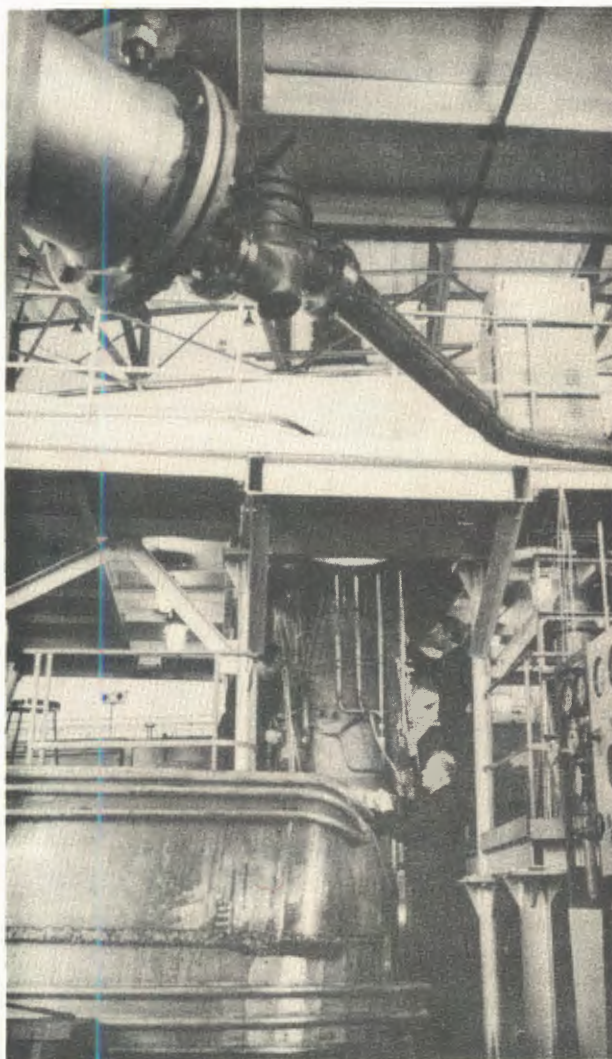


Рис. 67. Общий вид 2-метровой водородной камеры перед азотными испытаниями.

а) однометровой жидководородной (220 тыс. фотографий);

б) однометровой пропановой (около 26,7 тыс. фотографий).

В пучке K^+ -мезонов с импульсом 0,6 Гэв/с получено около 104 тыс. фотографий на 55-сантиметровой ксеноновой камере.

Новые каналы пучков вторичных частиц

1. Введен в действие пучок отрицательных частиц с импульсом около 400 Мэв/с.

2. Подготовлен к эксплуатации пучок отрицательных частиц с импульсом 4 Гэв/с и интенсивностью 12,6 тыс. частиц на 10^{10} ускоренных протонов.

3. Подготовлен к эксплуатации пучок отрицательных частиц с импульсами в районе от 3 до 7 Гэв/с, расходимостью 0,5 мрад. и интенсивностью около 3 тыс. частиц на 10^{10} ускоренных протонов.

Усовершенствование синхрофазотрона

1. Быстрый вывод пучка протонов. Продолжались работы по усовершенствованию различных узлов быстрого вывода протонного пучка. Эффективность вывода поднята до 80%.

Проведены исследовательские конструкторские работы, которые позволили изготовить надежно работающую обмотку возбуждения отклоняющего магнита. Изготовлены два поворотных магнита для канала транспортировки пучка (рис. 70). Для контроля интенсивности выведенного пучка заряженных частиц освоен новый метод, основанный на эффекте вторичной эмиссии металлической пластинки, помещенной в пучок.

2. Работы по увеличению интенсивности пучка синхрофазотрона велись в основном по двум направлениям:

а) усовершенствование работающего инжектора;

б) создание нового линейного ускорителя на 20 Мэв с жесткой фокусировкой, для которого изготовлена ускоряюще-фокусирующая система (рис. 71).



Рис. 88. Строительство нового корпуса для испытания пузырьковых камер и других криогенных работ.

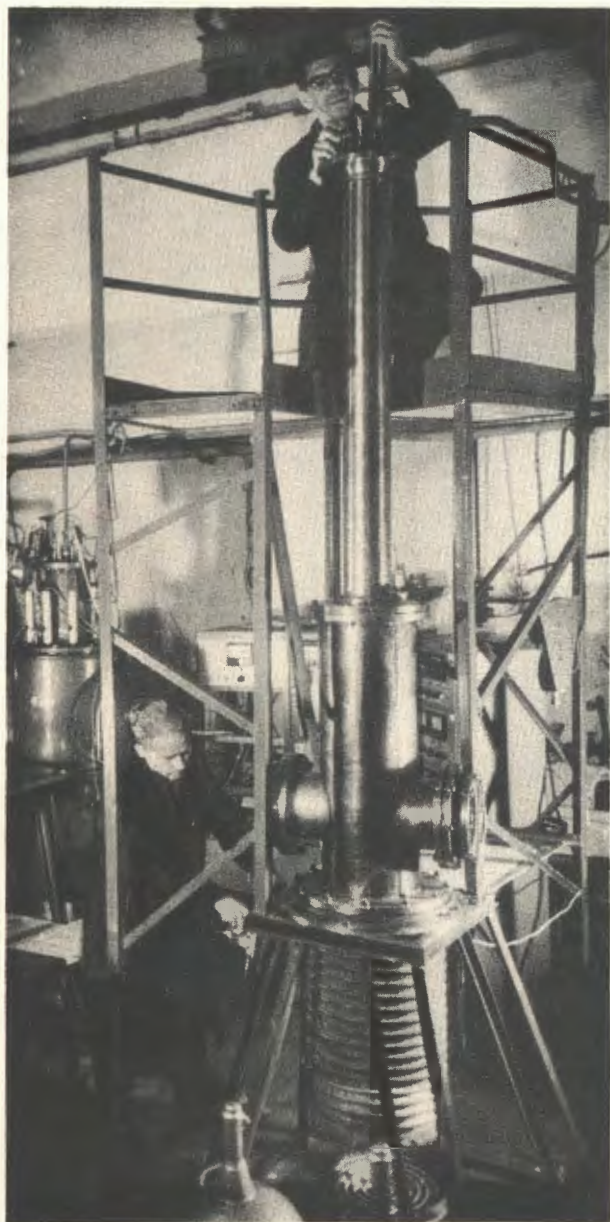


Рис. 69. Общий вид установки струйной газовой водородной мишени для исследования упругого pp -рассеяния на малые углы.

Рис. 71. Строящийся линейный ускоритель на 20 Мэв - инжектор синхрофазотрона.

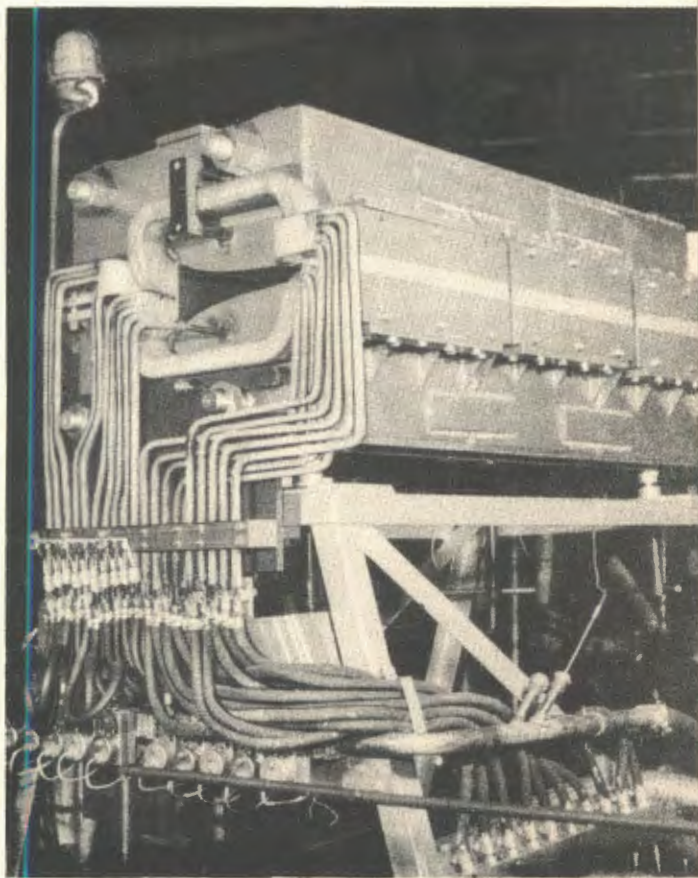


Рис. 70. Поворотный магнит для канала транспортировки выведенного пучка протонов из синхрофазотрона.



Лаборатория
ядерных проблем

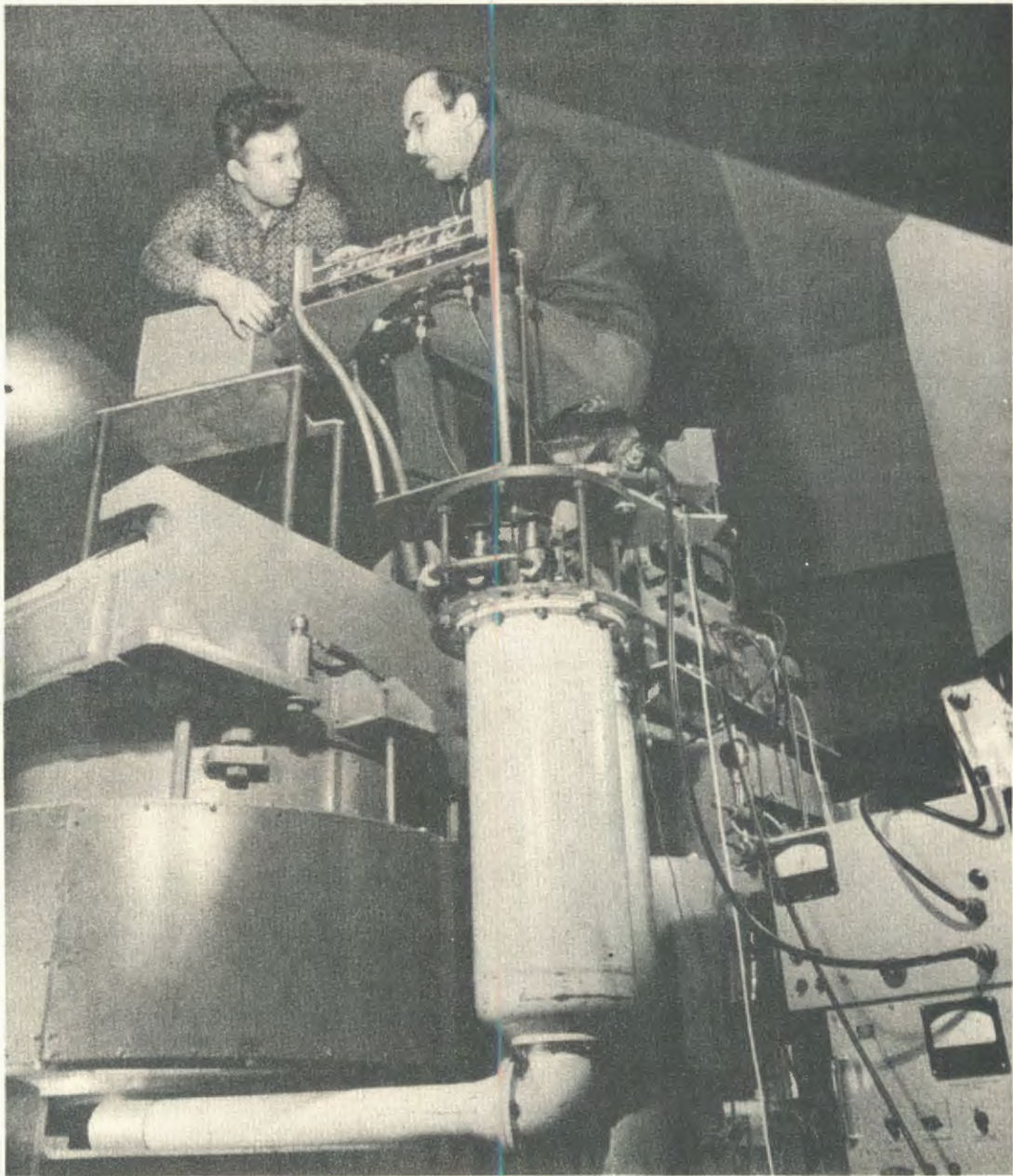


Рис. 72. Поляризованная водородная мишень. В кристалле лантан-магниевого нитрата достигнута поляризация протонов около 70%. В мишени осуществляется быстрый реверс направления поляризации, измерение поляризации ведется специально разработанным новым устройством. На снимке: О.Н.Шавелев и Л.Б.Парфенов.

Развитие новых методов исследования, электроника, автоматизация

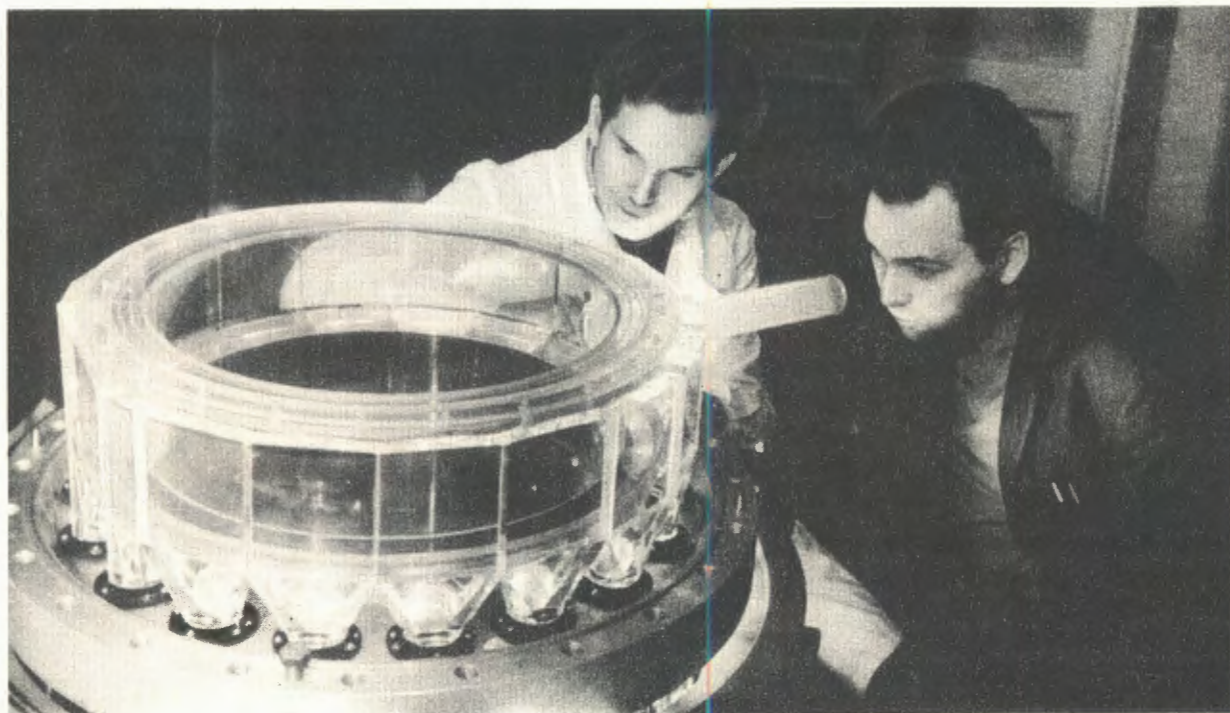
1. Получение сверхнизких температур путем непрерывного растворения гелия-3 в гелии-4. Благодаря улучшению характеристик оригинального теплообменника, в имеющейся холодильной установке достигнута стационарная температура около $0,008^{\circ}\text{K}$ при скорости растворения гелия-3, равной $1,8 \cdot 10^{-4}$ моль/сек. В разовом режиме растворения достигнута температура $0,006^{\circ}\text{K}$. Как по уровню достигнутой температуры охлаждения, так и по холодопроизводительности эти результаты являются лучшими. Лаборатория оказывает помощь ряду институтов стран-участниц в создании установок для получения сверхнизких температур.

2. Новый метод измерения степени поляризации разработан и введен в прак-

тику на действующей в лаборатории поляризованной протонной мишени на основе кристалла двойного лантан-магниевого нитрата. Метод отличается высокой чувствительностью и стабильностью (рис. 72).

3. Успешно продолжалось развитие техники стримерных искровых камер. Установлено, что стримерный режим может быть реализован не только в инертных газах, но и в смесях гелий-метан (до 20%) и гелий-водород (до 20%). Треки имеют высокую яркость и хорошую локализацию. Изготовлены основные узлы и ведется наладка стримерной камеры высокого давления со сцинтилляционным годоскопом.

Рис. 73. Подготовка сцинтилляционного годоскопа для нового прибора, созданного в Лаборатории ядерных проблем, - искровой стримерной камеры высокого давления. На снимке: Н.В.Лебедев, Ю.А.Щербаков.



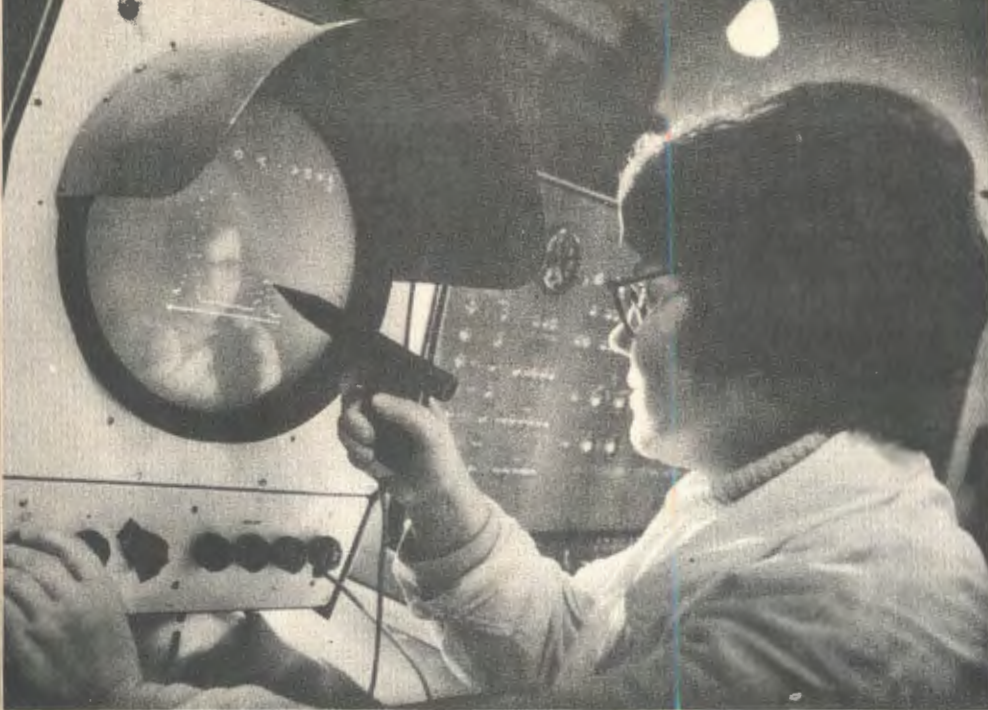


Рис. 74. Осциллограф со световым карандашом в спектрометрическом центре Лаборатории ядерных проблем. На снимке: М.И.Фоминых.

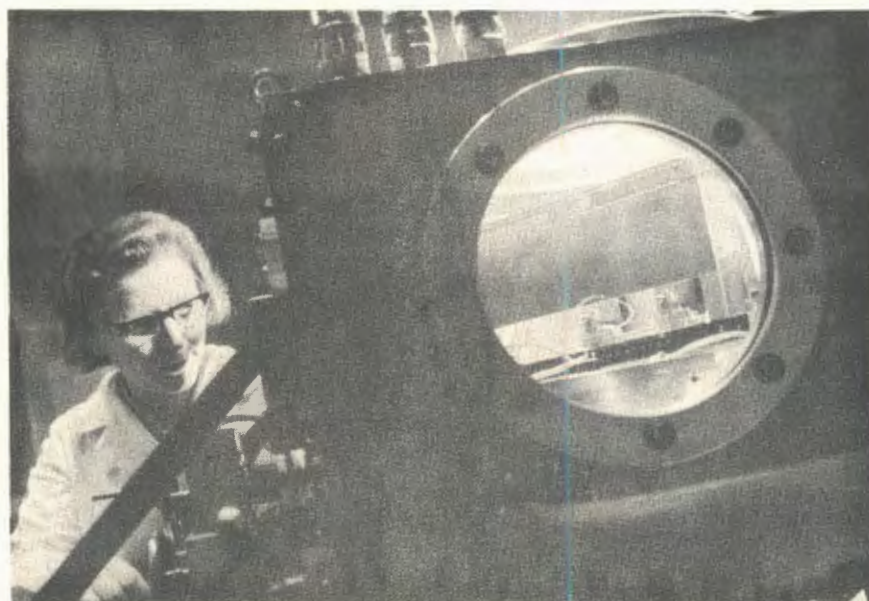
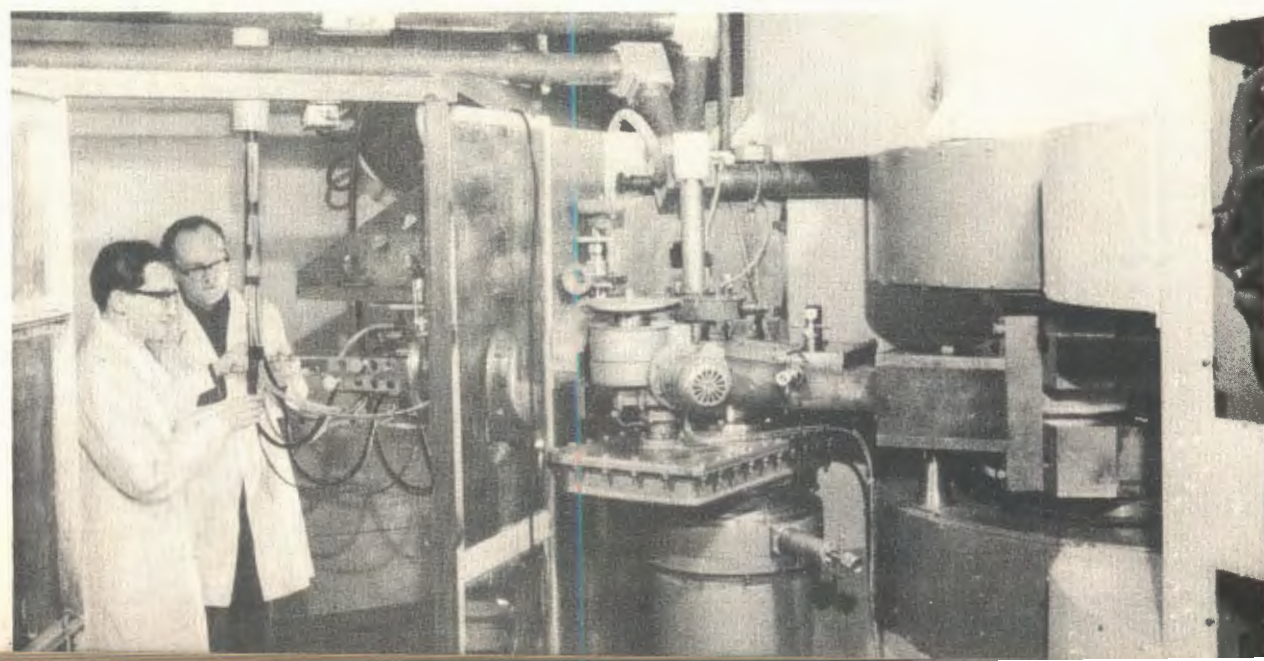
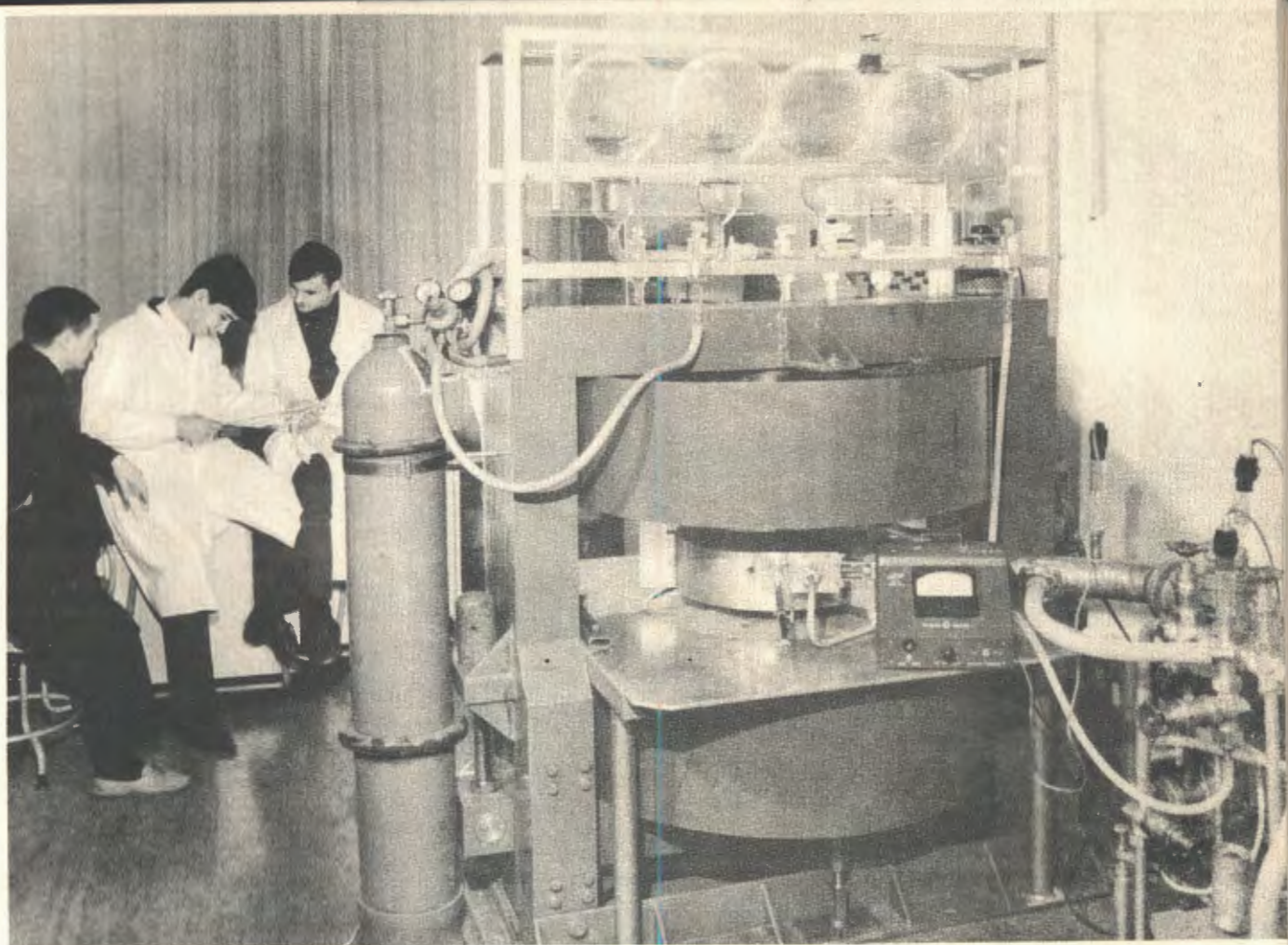


Рис. 75. Электромагнитный масс-сепаратор для разделения долгоживущих радиоактивных изотопов. На снимках: М.Я.Кузнецова, Ю.Поморски и В.Райко.





▲
Рис. 76. Бета-спектрометр с двойной двукратной фокусировкой.

Рис. 77. Блок высоковольтных генераторов для питания искровых камер пятиметрового магнитного искрового спектрометра. ▶



4. Система двухсторонней связи группы из пяти полуавтоматов с вычислительной машиной "Минск-22" введена в постоянную эксплуатацию (работа сделана совместно с ЛВТА).

5. Развитие центра накопления и обработки физической информации. Успешно начато использование в физическом эксперименте с акустической искровой камерой системы непосредственной передачи информации по кабелю из центра в ЭВМ "Минск-22" (совместно с ЛВТА). Введена в действие автоматическая система непрерывной регистрации большого числа амплитудных спектров. Созданы устройства, позволяющие направлять информацию от любой экспериментальной установки на любое из семи накопительных устройств центра. Разработан и эксплуатируется ряд устройств для амплитудного анализатора импульсов.

6. Изготовлена спектрометрическая аппаратура для исследований короткоживущих изотопов на выведенном из синхротрона пучке протонов, включающая полупроводниковые бета- и гамма-спектрометры с разрешением 3,5 кэв.

7. Спектрометрический измерительный комплекс на базе ЭВМ "Минск-2" создан в сотрудничестве с ЛВТА и ЛНФ. Он включает в себя такие высокоэффективные приборы, как осциллограф со световым карандашом, блок для двумерного анализа спектров, двумерный анализатор гамма-гамма-совпадений с полупроводниковыми детекторами и накопителями и др. Разработана и введена в действие установка для измерения времени жизни возбужденных состояний ядер до 10^{-10} сек, работающая по принципу $e-\gamma$ -совпадений, с высоким временным разрешением.

8. Сооружение большого электромагнитного масс-сепаратора для разделения долгоживущих радиоактивных изотопов завершено, осуществлен его физический пуск (общий вид сепаратора дан на рис. 75).

9. Новый бета-спектрометр с двойной двукратной фокусировкой изготовлен для Физического института БАН (рис. 76).

Создание крупных экспериментальных установок для исследований на ускорителе ИВФЭ (70 Гэв)

1. Магнитный искровой спектрометр. Создан однометровый блок модулей искровых камер, ведется его комплексная отладка. На рис. 77 представлен один из мощных высоковольтных импульсных генераторов питания камер. Испытывается образец управляющих спектрометром искровых камер со съемом информации на ферритовых сердечниках (32000 ячеек).

Разработаны проект системы очистки газа в искровых камерах и способ точного контроля разрядных свойств газовой смеси, оптическая система спектрометра, система для измерения напряженности магнитного поля в разных точках рабочего объема спектрометра.

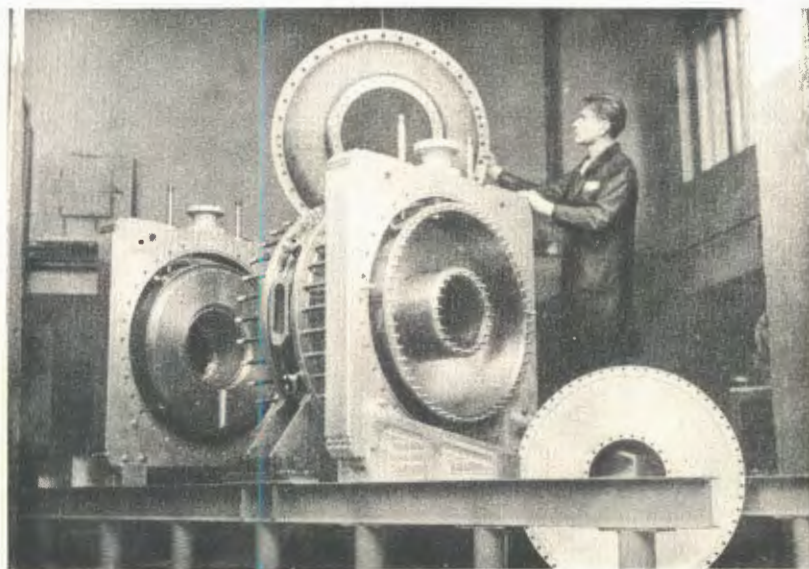
2. Проект многокубовой жидководородной пузырьковой камеры. Продолжались разработка и моделирование основных узлов многокубовой жидководородной камеры: сверхпроводящего магнита-соленоида, светооптической системы камеры и расширительного устройства. Составлен сметно-финансовый расчет проекта камеры в пятиметровом варианте и начато рассмотрение четырехметрового варианта.

Выполнен ряд работ по планированию экспериментов с камерой на ускорителе ИВФЭ, рассмотрены вопросы регистрации нейтральных мезонов в камере, сформулированы требования, предъявляемые при обработке полученных на ней фотографий.

Велось проектирование модели камеры диаметром 80 см. Завершено изготовление установки с соленоидом из сверхпроводника, рассчитанной на получение напряженности магнитного поля в 50 килогаусс и представляю-

Рис. 78. Монтаж жидководородной пузырьковой камеры в соленоиде из сверхпроводника. ▶

Рис. 79. Ведутся подготовительные работы по поиску монополя Дирака на ускорителе ИФВЭ на 76 Гэв. На снимке: изучение фоновых условий эксперимента ведут М.Мусин, П.Павлович, Д.Коллар. ▼



шей собою модель магнитной системы многокубовой жидководородной камеры (рис. 78). Для снятия рабочих характеристик сверхпроводника создан комплекс измерительной аппаратуры.

3. Подготовка эксперимента по поиску тяжелых частиц и антиядер. В основном закончено изготовление всей электронной аппаратуры для этого опыта. Заключается изготовление четырех пороговых черенковских счётчиков, а также (в ГДР) четы-

рех дифференциальных черенковских счётчиков. Началась предварительная отладка аппаратуры на одном из наладочных пучков ускорителя ИФВЭ.

4. Подготовка эксперимента по поиску монополя Дирака. Завершается проектирование установки для поиска монополя методами электроники. Начато изготовление аппаратуры в ОИЯИ. Заказ на оптические элементы установки выполняется в ЧССР. На ус-



Рис. 80. Общий вид модели магнитной системы сильноточного фазотрона со спиральными шиммами. На снимке: В.П.Левин, С.Б.Ворожцов и Н.Л.Заплатин.

Рис. 81. Схема моноэнергетического циклотрона.

Рис. 82. План здания моноэнергетического циклотрона с разводкой пучков.

корителе 70 Гэв в ИФВЭ ведется эксперимент для выяснения фоновых условий.

5. Подготовка эксперимента по измерению поляризации и параметров A и R в $\pi\pi$ -рассеянии при энергии 60 Гэв. Опыт проводится комплексной группой сотрудников трех институтов: ОИЯИ, ИФВЭ и ИТЭФ. Физики Объединенного института работают над созданием поляризованной мишени с большим содержанием водорода (магнит из сверхпроводника) и составлением программы обработки опытных данных.

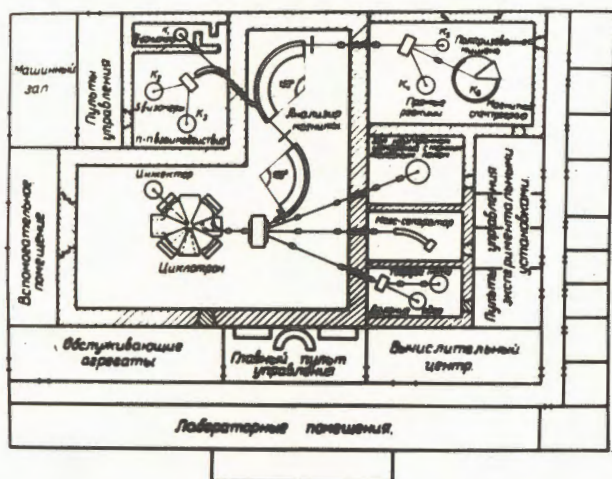
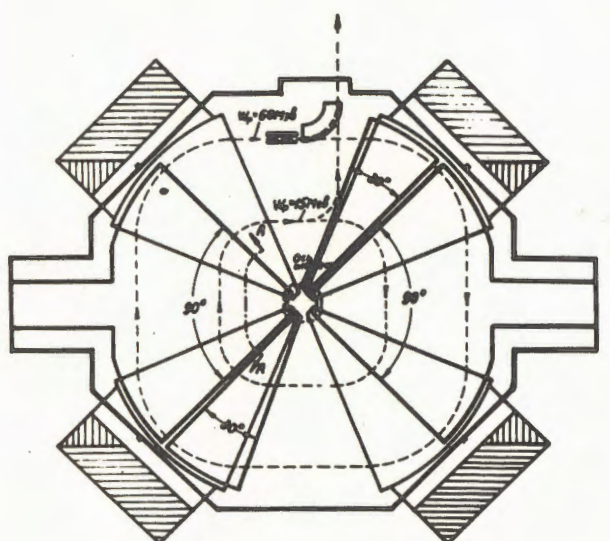
Разработки в области ускорителей

1. Сильноточный фазотрон на 700 Мэв. Проводилось сооружение на базе существующего синхроциклотрона (680 Мэв) сильноточного фазотрона на 700 Мэв со средним током внутреннего пучка до $50 \text{ мка} = 3 \cdot 10^{14}$ прот/сек и в 100–200 раз более интенсивными выведенными пучками мезонов и протонов, чем имеющиеся в настоящее время. Выполнена большая исследовательская и проектная работа.

На основании разработанных лабораторией физического обоснования и задания на проектирование проектными институтами подготовлен технический проект реконструкции ускорителя и всего комплекса строительных работ по созданию установки "Ф". Сделаны рабочие чертежи на реконструкцию электромагнита и возведение вспомогательного здания для изготовления обмоток, и начато строительство последнего.

В лаборатории осуществлены теоретические и расчетные работы, связанные с проблемой вывода пучка из ускорителя и динамикой движения частиц в центральной его области.

Закончено моделирование высокочастотной системы ускорителя. Завершен первый этап (на уровне технического проектирования) моделирования магнитного поля в масштабе



1:5. Общий вид магнитной системы со спиральными шиммами приведен на рис. 80.

2. Универсальная электронная модель кольцевого релятивистского циклотрона с жесткой фокусировкой – ускорителя нового типа, предложенного учёными лаборатории в 1962 г., – введена в действие. Запуском модели и полученными результатами впервые подтверждена возможность использования принципа жесткой фокусировки в циклотронах, что очень важно с точки зрения создания ускорителей частиц с большими токами на энергии в сотни Мэв. Как показывают расчёты, интенсивность в таких ускорителях должна в сотни раз превышать интенсивности действующих в настоящее время циклотронов и достигать величины $6 \cdot 10^{17}$ р/сек в непрерывном режиме.

3. Предложен циклотрон нового типа (моноэнергетический циклотрон), который, как показали расчёты, по своим возможностям может превзойти существующие ускорители типа Ван-де-Граафа. Он позволит получать пучки протонов, дейтронов, тритонов, альфа-час-

тиц и ядер лития с той же моноэнергетичностью (10^{-4}), что и от ускорителей Ван-де-Граафа, причём обеспечит большие энергии (например, до 80 Мэв для протонов) и большие токи пучков (до 100 микроампер). Циклотрон даст возможность выводить частицы в широком диапазоне энергий от 20 до 80 Мэв. В лаборатории выполнены теоретические расчёты этого нового ускорителя. Составлено предварительное физическое обоснование, показывающее перспективность циклотрона для физики атомного ядра. На рис. 81 и 82 даны общая схема моноэнергетического циклотрона и вариант плана здания с разводкой пучков.

4. Ускорение отрицательных ионов дейтерия до энергии 12 Мэв при токе до 20 мка осуществлено на работающем в лаборатории изохронном циклотроне. При помощи механизма перезарядки ионов на тонкой мишени пучок выводится из ускорителя с эффективностью 100%. Результаты этих работ могут представлять значительный интерес для циклотронных лабораторий стран-участниц.

Эксплуатация и усовершенствование синхроциклотрона

1. Показатели работы синхроциклотрона в 1968 году

Показатели	Часы	%
1. Запланированное время работы, в том числе:		
а) время работы на экспериментальные исследования по физике	5313	83
б) время работы по повышению эффективности ускорителя	264	4,1
в) затраты времени на подготовку к работе физической аппаратуры и на технологическую подготовку ускорителя	782	12
г) эксплуатационные простои	51	0,9
2. Время работы мезонного тракта	1761	
3. Время работы системы растяжки пучка	1536	
4. Средняя интенсивность	2,3 мка ($1,4 \cdot 10^{13}$ р/сек)	

2. Обнаружена новая возможность использования синхроциклотрона как импульсного источника медленных нейтронов, тепловых нейтронов и нейтронов с энергиями в несколько десятков эв. Это оказалось важным, например, для исследований недавно открытых в ЛЯР короткоживущих спонтанно делящихся изомеров трансурановых элементов. При этом основным преимуществом циклотрона по сравнению с ядерным реактором является отсутствие мешающих опытам запаздывающих нейтронов. Группа физиков ЛЯР выполнила на синхроциклотроне первую серию измерений сечения образования спонтанно

делящегося изомера америция-242 при захвате тепловых нейтронов изотопом америция-241.

3. Разработан и испытан сеточный модулятор, позволяющий корректировать амплитудно-частотную характеристику ВЧ системы и тем самым способствующий увеличению интенсивности пучка ускорителя (примерно на 12-18%).

4. Завершены работы, приведшие к увеличению интенсивности пучков мезонного канала в среднем в три раза.

Лаборатория ядерных реакций

Электромагнитный масс-сепаратор на пучке тяжелых ионов

Проводилось совершенствование конструкции быстродействующего газоразрядного ионного источника инверсо-магнетронного типа для электромагнитного масс-сепаратора, работающего на линии с циклотроном У-300 (схематический чертеж ионного источника приведен на рис. 83). В результате был создан ионный источник, достаточно надежный в работе: срок непрерывного действия его в режиме на линии более 20 часов. Источник обладает высокой эффективностью при работе с элементами, имеющими высокую летучесть (ионизация атомов радона составляет 40-60%). При этом обеспечивается необходимая быстрота действия (время от момента образования ядра в реакции и введения его в источник до момента прихода на приемник масс-сепаратора составляет $\approx 0,005$ сек).

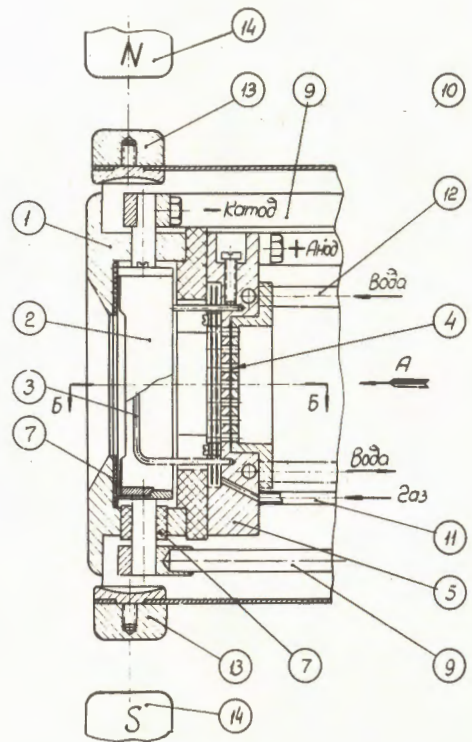


Рис. 83. Схематический чертеж ионного источника для электромагнитного масс-сепаратора на линии с циклотроном тяжелых ионов. 1 - разрядная камера, 2 - катод, 3 - анод, 4 - мишень, 5 - держатель мишени и анода, 6 - тепловые экраны, 7 - электрические изоляторы катода, 8 - электрический изолятор анода, 9 - токовые шины катода, 10 - токовая шина анода, 11 - трубка подачи газа, 12 - трубка подачи воды, 13 - промежуточные полюсные наконечники, 14 - электромагнит.

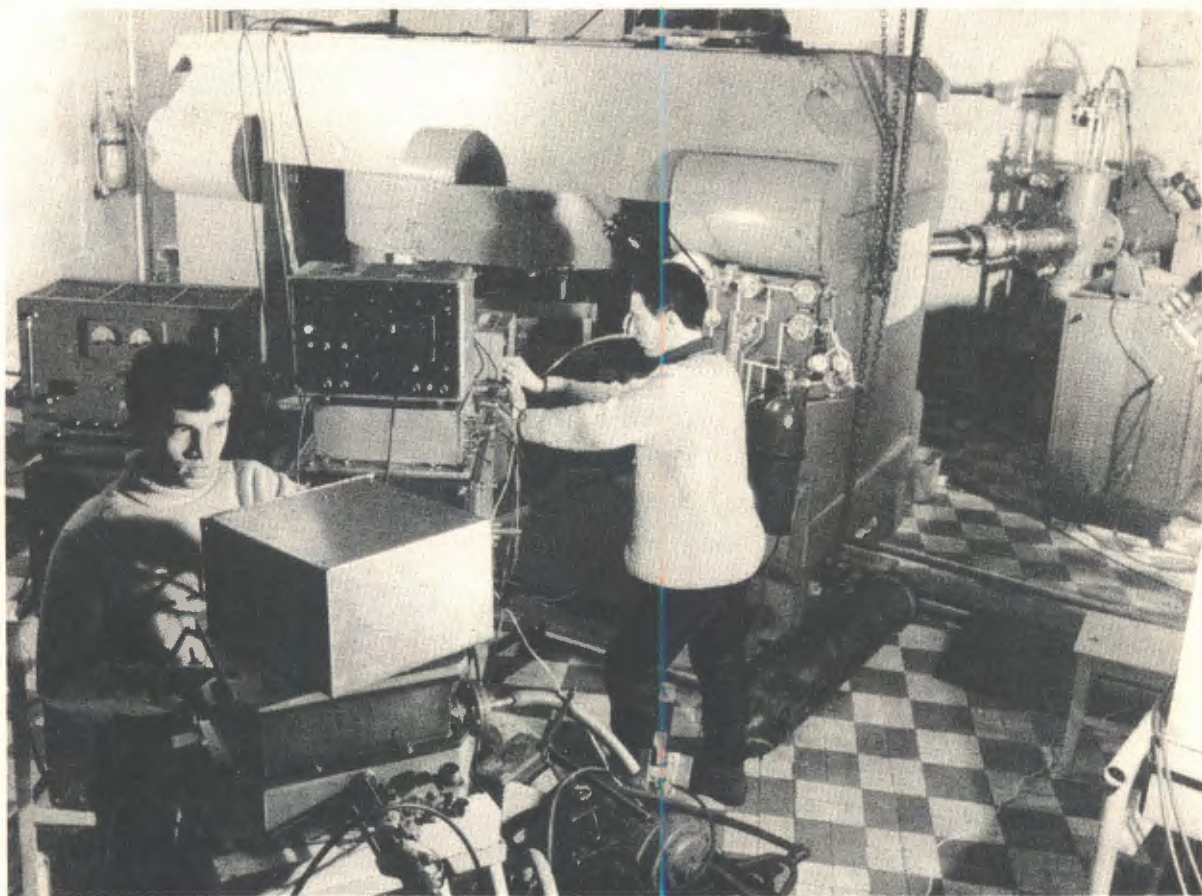


Рис. 84. Быстродействующий газонаполненный масс-сепаратор (БЭМС), работающий на пучке циклотрона У-300. На снимках: Г.М.Тер-Акопян и В.А.Карнаухов; Д.Д.Богданов и Л.А.Петров.

Быстродействующий масс-сепаратор ядер отдачи (БЭМС)

Завершены работы по созданию быстродействующего газонаполненного масс-сепаратора (БЭМС) на пучке циклотрона У-300. В установке имеется магнитооптическая система (секторное магнитное поле) с двойной фокусировкой, заполненная гелием при давлении несколько мм рт. столба. На месте источника этой системы расположена мишень, облучаемая выведенным пучком тяжелых ионов. Продукты ядерных реакций вылетают из мишени со значительным импульсом и попадают в магнитную систему в виде ионов. По мере движения ионы испытывают соударения

с газом и статистическим образом меняют свой заряд. Усредненный радиус кривизны траектории $R \approx A$. Время пролета ионов от мишени до детектора составляет 10^{-6} сек; это позволяет изучать ядра, живущие более 10^{-6} сек. Разрешение по массе $\Delta A/A = 3\%$. Эффективность сбора ядер, вылетающих из мишени на фокальную плоскость, составляет 15-20%. Проведенные измерения позволили построить зависимость $N\rho = f(Z, A)$ (рис. 85, 86). При наладке прибора была обнаружена аномалия равновесного заряда для атомов редкоземельных элементов: равновесный заряд для них на 15-20% ниже, чем это следует из общих закономерностей.



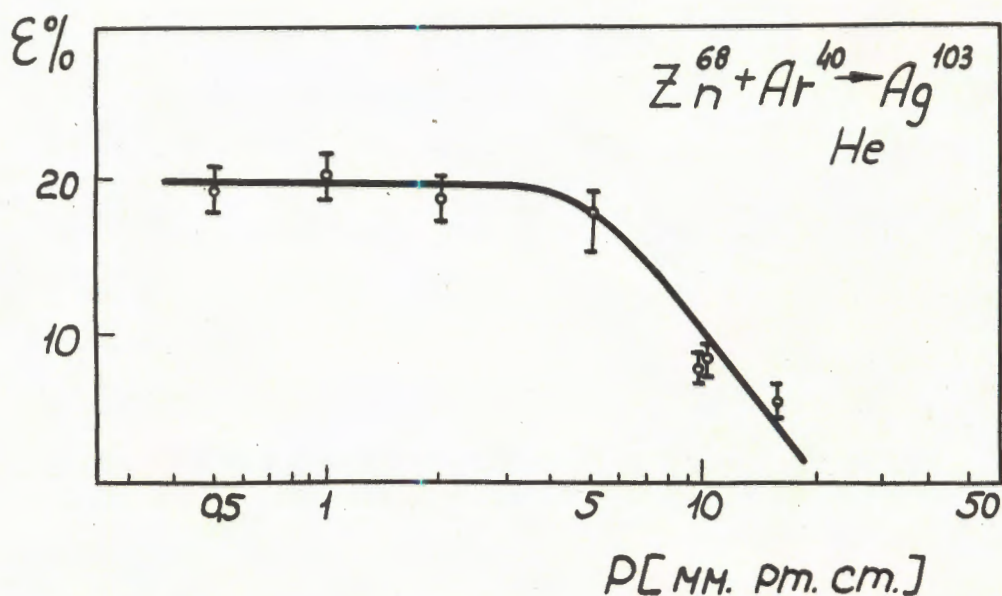


Рис. 85. Зависимость разрешения газонаполненного масс-сепаратора для ядер отдачи ^{103}Ag от давления He.

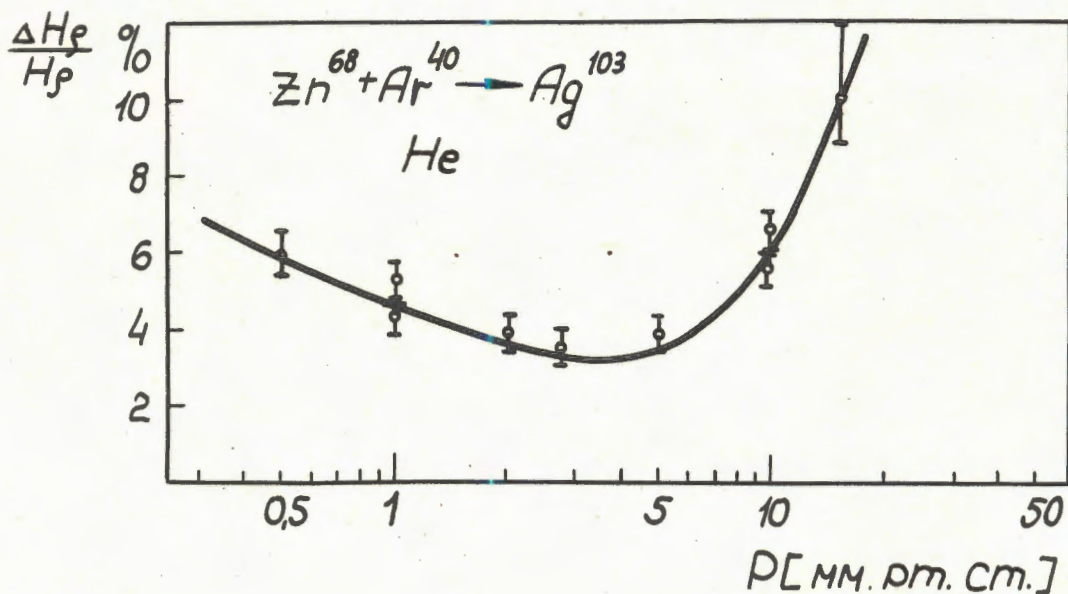


Рис. 86. Эффективность сбора на фокальную плоскость газонаполненного масс-сепаратора ядер отдачи ^{103}Ag как функция давления He.

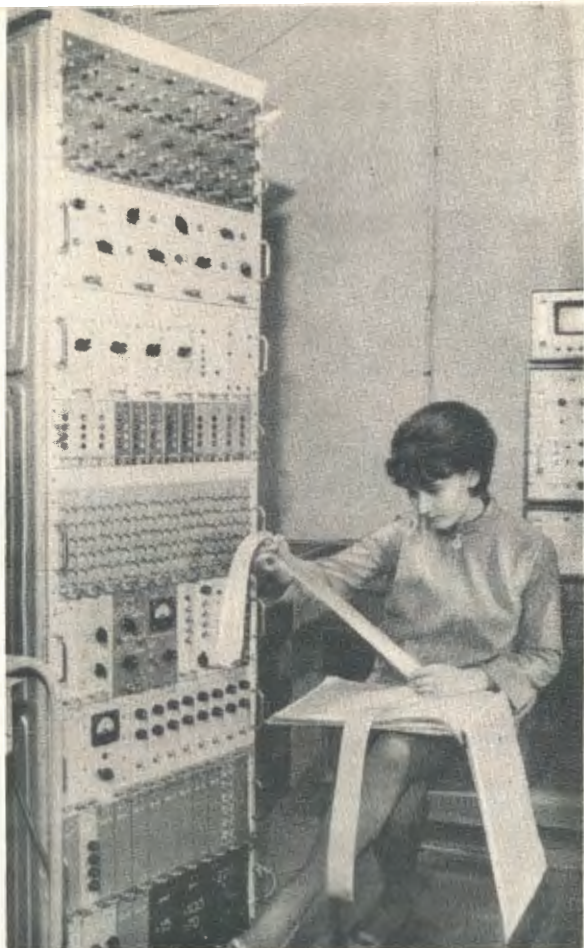


Рис. 87. Многомерный анализатор редких событий (Марс-10), созданный в Лаборатории ядерных реакций. Используется в экспериментах по поиску и идентификации короткоживущих α - активных трансфермиевых элементов.

Рис. 88. Двухметровый изохронный циклотрон (У-200).

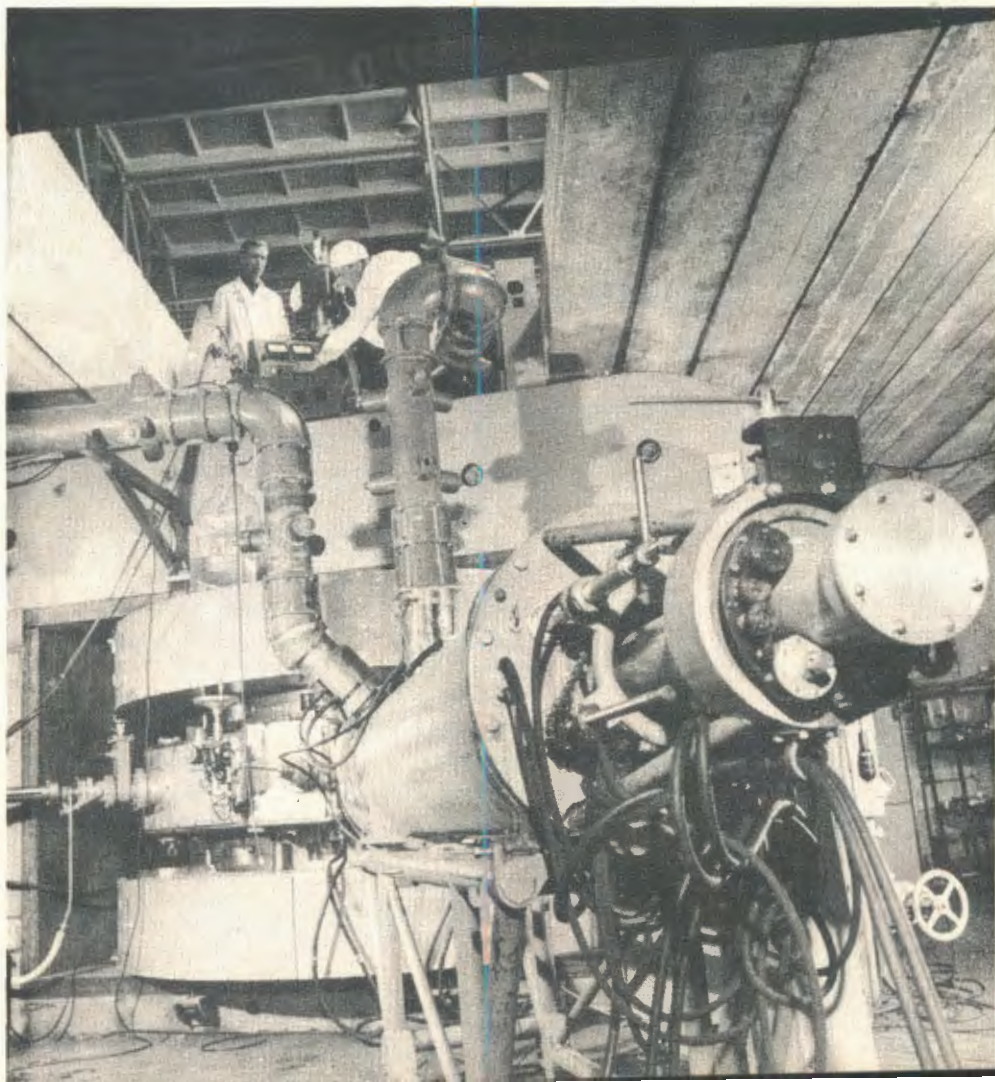
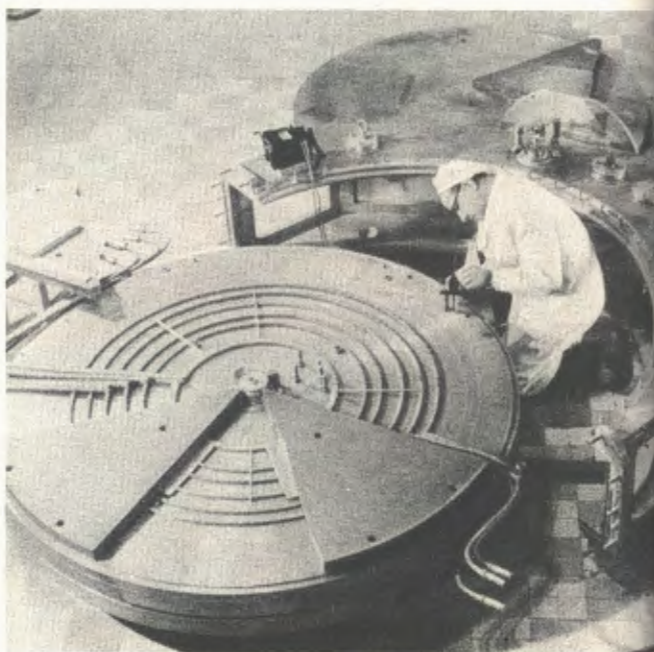




Рис. 88. Пульта управления циклотрона У-200.

Рис. 89. Сборка циклотрона У-200.



Разработка электронной аппаратуры

При разработке электронной аппаратуры основное внимание уделялось специальной аппаратуре для идентификации далеких трансрановых элементов.

Завершена работа по созданию многопараметрового анализатора редких событий (МАРС-8), предназначенного для опытов по 105-му элементу. Анализатор имеет 4 спектрметрических тракта с полупроводниковыми детекторами, систему стабилизации усилительно-преобразовательных трактов, 2 таймера для идентификации времени появления материн-

ских и дочерних продуктов, систему исключения регистрации помех и блоки автоматики для управления механикой эксперимента.

Производилось усовершенствование измерительного центра. Велась работа по повышению эксплуатационных характеристик многоканальных анализаторов. Был введен в эксплуатацию пульт управления для централизованного вывода информации на цифропечать, перфоленду, графикопостроитель и большой телевизионный экран.

Изготовлено около 150 поверхностно-барьерных детекторов и около 30 (p-i-n)-детекторов, что обеспечило потребности фи-

зических групп лаборатории. Часть детекторов передана в различные лаборатории стран-участниц, а также в лаборатории ОИЯИ.

Работа и усовершенствование ускорителей тяжелых ионов

В 1968 году все физические эксперименты ЛЯР велись на ускорителе У-300, время работы которого на физические исследования составило 7000 часов.

Была закончена реконструкция ускорителя У-150 в У-200. Двухметровый изохронный циклотрон предназначен для ускорения ионов с отношением массы к заряду $A/Z > 2,8$ на фиксированном уровне магнитного поля ≈ 20 кэ. В результате реконструкции энергия ионов увеличена с $63Z^2/A$ до $156Z^2/A$ Мэв, что позволяет ускорять ионы до энергии выше кулоновского барьера тяжелых ядер при отношении A/Z до 4,2. Ионы ускоряются на второй гармонике высокочастотного напря-

жения (совершая при этом более 270 оборотов), что обуславливает жесткие требования к точности формирования магнитного поля. Магнитное поле ускорителя, сформированное только с помощью железных масс, обеспечило устойчивое изохронное ускорение ионов с отношением A/Z в указанной области.

Был произведен физический запуск ускорителя, ускорялись легкие ионы ^1He , ^4He . Пучок ионов проходит от центра У-200 до конечного радиуса с эффективностью $\approx 50\%$. Вывод пучка осуществлялся методом перезарядки ионов при прохождении через твердую мишень, установленную на конечном радиусе; коэффициент вывода близок к 100%. Этот метод был предложен и разработан сотрудниками Лаборатории ядерных реакций. К концу 1968 года был изготовлен и установлен источник для получения тяжелых ионов. Закончено проектирование и изготавливается электростатическая система для вывода пучка.

Лаборатория
нейтронной физики

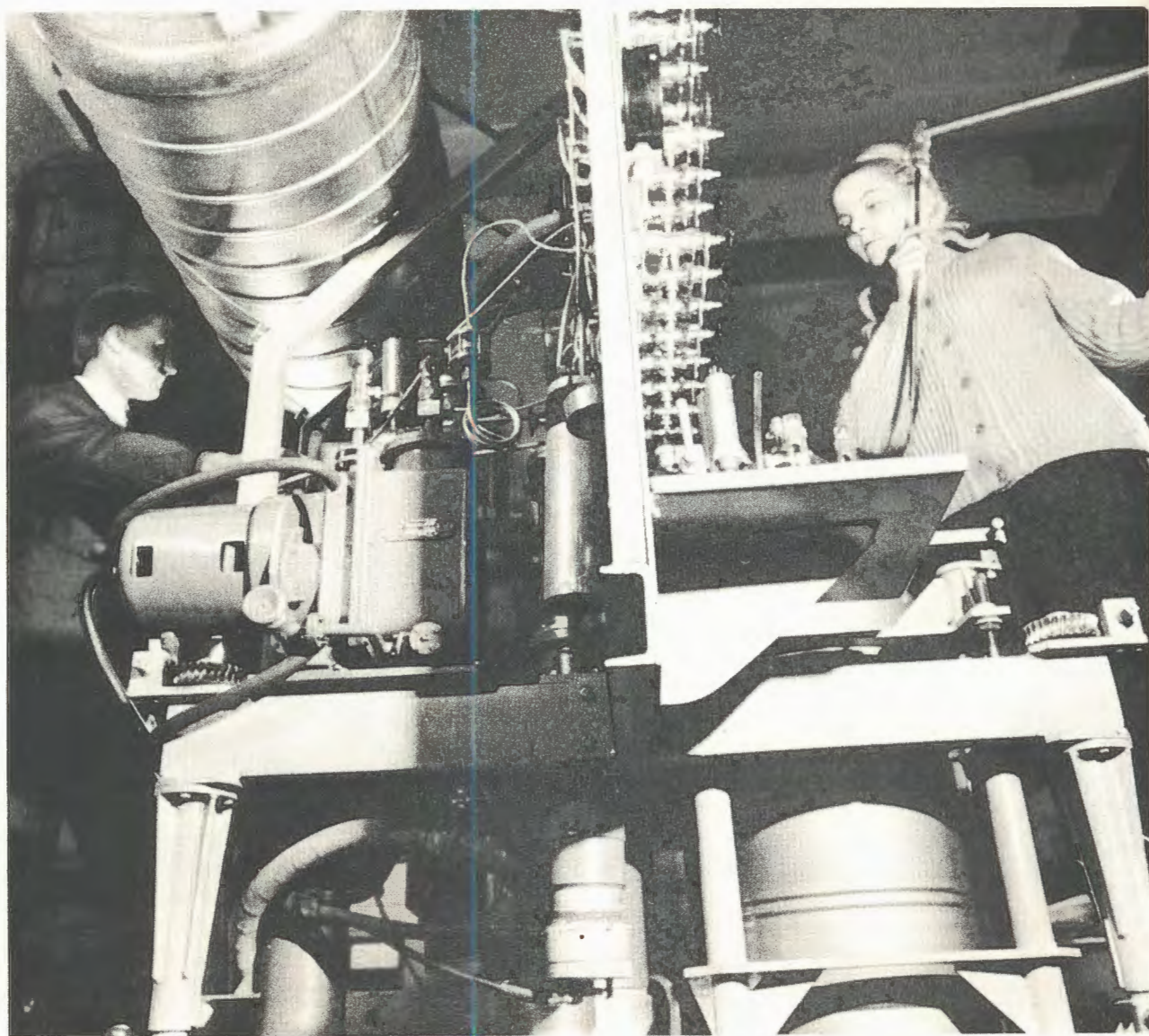


Рис. 91. Криостат для поляризованных мишеней, действие которого основано на растворении жидкого гелия-3 в гелии-4. На снимке: О.Овчинников и Н.Квиткова.

Новая физическая аппаратура

1. Получение низких температур. Запущен криостат с растворением гелия-3 в гелии-4. Установка позволяет получать в непрерывном режиме и с большой холодопроизводительностью температуру $0,05^{\circ}\text{K}$ и предназначена для создания поляризованных ядерных мишеней (метод "грубой силы").

2. Смонтирована и налажена установка для получения импульсных магнитных полей путем разряда батареи конденсаторов на токовую катушку. Установка использована при изучении магнитной структуры гематита ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) методом дифракции нейтронов по времени пролета.

3. Криостат для Ge(Li)-детекторов. Создан криостат с хладопроводом и сорбентом,

оснащенный отсекающим устройством, позволяющим получить вакуум в детекторной камере криостата $\approx 1 \cdot 10^{-7}$ тор и поддерживать рабочий вакуум в нем в течение нескольких лет. Отсекающее устройство перекрывает тренированный сорбент во время напуска воздуха в камеру при установке детектора.

4. Многослойная ионизационная камера с центральным коллектором. Разработана ионизационная камера, рабочая площадь которой может достигать $3,5 \text{ м}^2$, при этом электрическая емкость коллектора ≈ 300 пф, что в 20 раз меньше емкости ионизационной камеры с сеткой при той же рабочей площади. Рабочим газом является смесь $\text{Ar} + \text{CO}_2$ при давлении 2 атм. Установка предназначена для изучения реакции (n, α) на резонансных нейтронах.

Рис. 92. Высоковакуумный криостат для германиево-литиевых детекторов, в котором могут поддерживаться рабочие условия в течение нескольких лет. На снимке: А.М.Говоров.



Измерительный центр

Осуществлялись эксплуатация и совершенствование аппаратуры измерительного центра лаборатории. Разработаны амплитудные кодировщики на 8000 каналов и кодировщик на 8000 каналов с кусочно-линейной шкалой, эквивалентный по динамическому диапазону обычному кодировщику на 16 тыс. каналов.

Продолжалось совершенствование методов использования осциллографа со световым карандашом. Разработана программная структура специализированного микроязыка для взаимодействия оператора с ЭВМ при обработке спектрометрической информации. Создана и испытана схема подключения и программа для нескольких осциллографов со световым карандашом применительно к ЭВМ типа "Минск-2" и БЭСМ-4.

В новом корпусе лаборатории установлена и запущена электронная вычислительная машина БЭСМ-4, которая применялась для счета по задачам ЛНФ и других лабораторий. Для использования БЭСМ-4 непосредственно в экспериментах ЛНФ разработан проект связи измерительного центра лаборатории с БЭСМ-4. Разработан проект устройства автоматической обработки информации, записанной на магнитной ленте и переданной в БЭСМ-4.

Работа основных установок

1. Реактор ЛНФ работал до августа 1968 года, после чего в связи с окончанием сроков работы ТВЭЛов был демонтирован. За неполный год отработано на эксперимент при мощности 3 квт 2567 часов плюс 665 часов в режиме умножения нейтронов, получаемых с помощью внешнего инжектора-микротрона.

Наряду с обычной эксплуатацией реактора после соответствующей подготовки был осуществлен режим редких импульсов с час-

тотой 1 имп/5 сек. Мгновенное значение мощности в максимуме импульсов составляло 700 Мвт, при этом средняя мощность реактора была 6 квт. Был обнаружен эффект сокращения длительности импульса (36 мксек против обычных 56 мксек, см. рис. 93), свидетельствующий о большом отрицательном коэффициенте реактивности, что может быть результатом конструктивных особенностей активной зоны. Обнаруженный эффект стабилизирует работу реактора при больших мощностях.

2. Электростатические ускорители Ускоритель ЭГ-2 полностью обеспечивал потребности физического эксперимента. Ускоритель ЭГ-5 работал 1950 час, из них 800 час при энергии от 3 до 3,7 Мэв.

3. Реконструкция реактора и ускорителя. С целью увеличения мощности установки примерно в десять раз реактор ИБР и ускоритель-микротрон демонтированы и будут заменены на более мощный реактор ИБР-30 и на линейный ускоритель электронов. Тепловыделяющие элементы и машина реактора уже изготовлены и находятся в ОИЯИ.

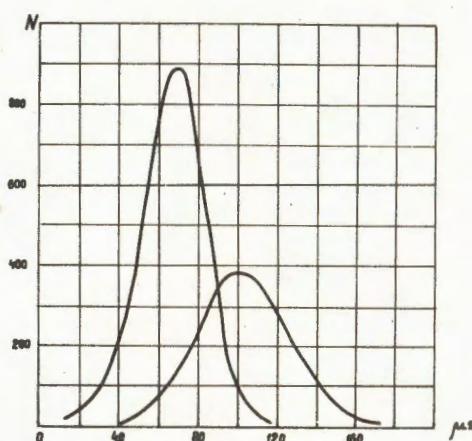


Рис. 93. Форма импульса мощности реактора в режиме редких импульсов (слева) и в обычном режиме.

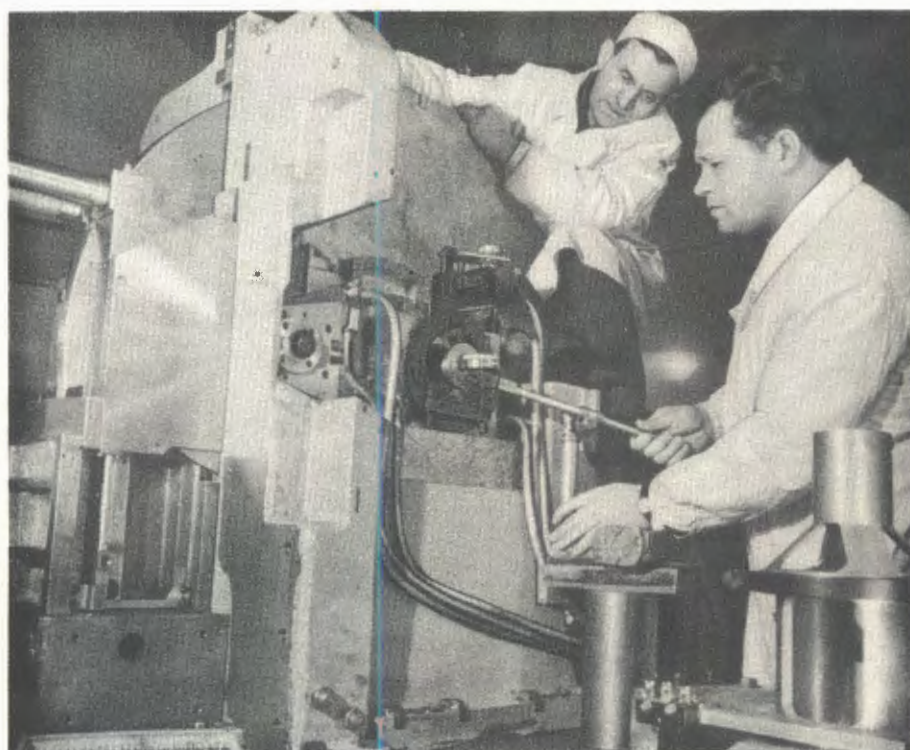


Рис. 94. В испытательном павильоне Лаборатории нейтронной физики ведется сборка импульсного реактора ИБР-30.

Проект ИБР-II

В прошедшем году осуществлялось техническое проектирование ИБР-II - мощного импульсного реактора на быстрых нейтронах периодического действия с жидкометаллическим охлаждением. Реактор будет иметь следующие основные параметры:

средняя тепловая мощность - 4 Мвт,
 мощность в импульсе при частоте
 50 имп/сек - 700 Мвт,
 объем активной зоны - 18 л,
 длительность импульса - 90 мксек,
 средний выход нейтронов - $1,7 \cdot 10^{17}$ 1/сек.

Реактор будет способен работать также в режиме умножения нейтронов от внешнего ин-

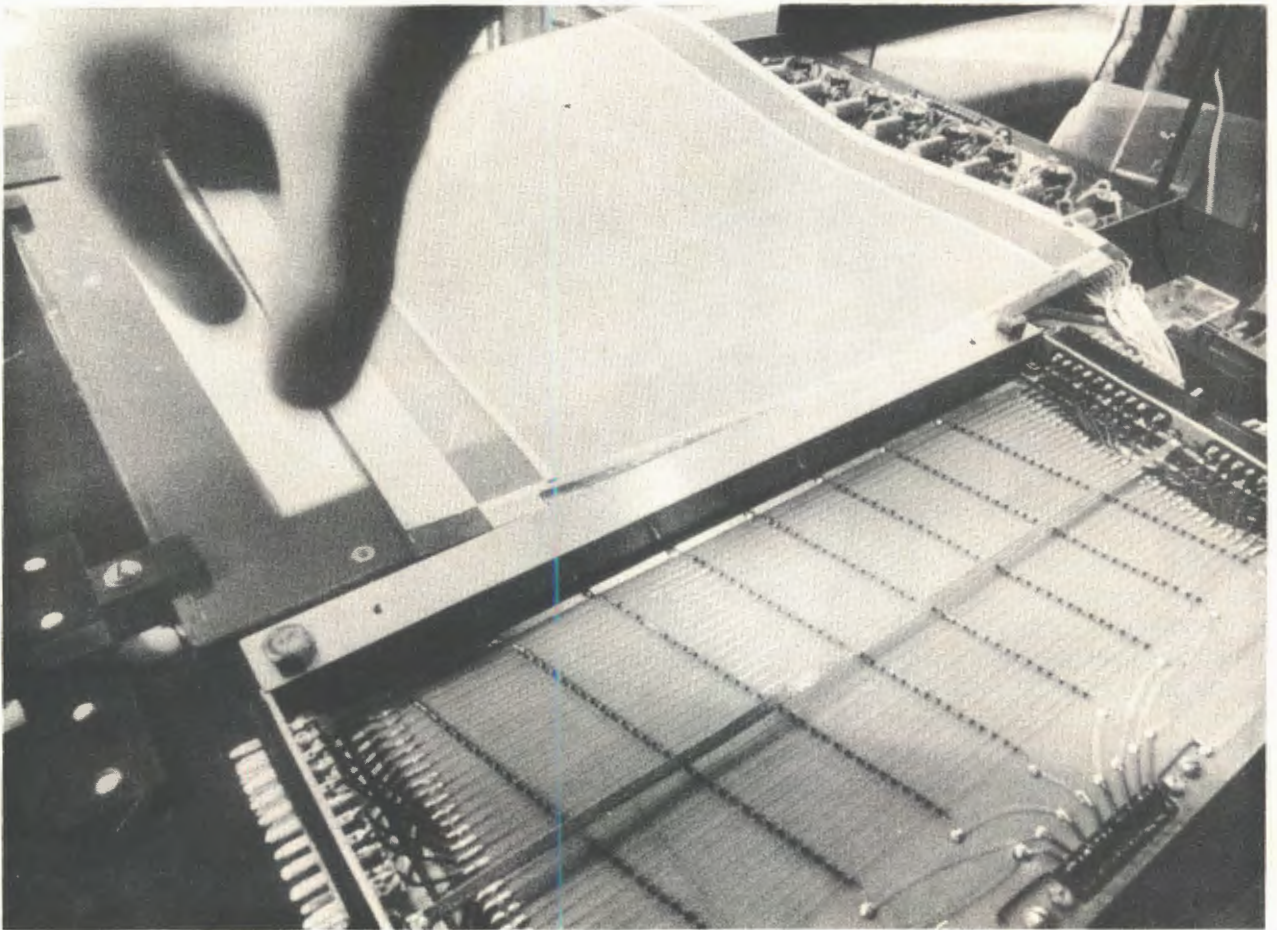
жектора - линейного ускорителя электронов с параметрами:

энергия электронов - 30 Мэв,
 ток в импульсе - 250 ампер,
 частота импульсов - 50 1/сек,
 длительность импульса - 0,5 мксек.

Наряду с техническим и отчасти рабочим проектированием в 1968 году были проведены следующие работы по обоснованию проекта:

- осуществлена критическая сборка активной зоны реактора на стенде;
- проводились эксперименты по оптимизации замедлителей;
- начаты испытания отдельных узлов модулятора для проектируемого высокоточного ускорителя.

**Лаборатория
вычислительной техники и автоматизации**



Научно-методические работы

Совместно с Лабораторией высоких энергий проведены расчёты и первые эксперименты по исследованию возможности ускорения дейтронов и альфа-частиц в синхрофазотроне ЛВЭ. Показано, что ускорить эти ионы в синхрофазотроне можно при некоторых переделках в линейном ускорителе. Разработана схема ускорения.

В сотрудничестве с ЛВЭ продолжалась разработка и создание систем питания и контроля большой стримерной камеры для исследования распадов долгоживущих K^0 -мезонов

на ускорителе ИФВЭ СССР. Предложена система газообеспечения БСК.

Создание автоматической и полуавтоматической измерительной аппаратуры для обработки фильмовой информации

1. Сканирующий автомат НРД. Сканирующий автомат с механическим "бегущим лучом" (НРД) проходил комплексную наладку и тестовые испытания совместно с вычислительной машиной CDC-1804А. Проведено проверочное сканирование фотографий с пузырьковых и искровых камер. Получены распечатки на АЦПУ сканируемых фотографий. Продолжа-

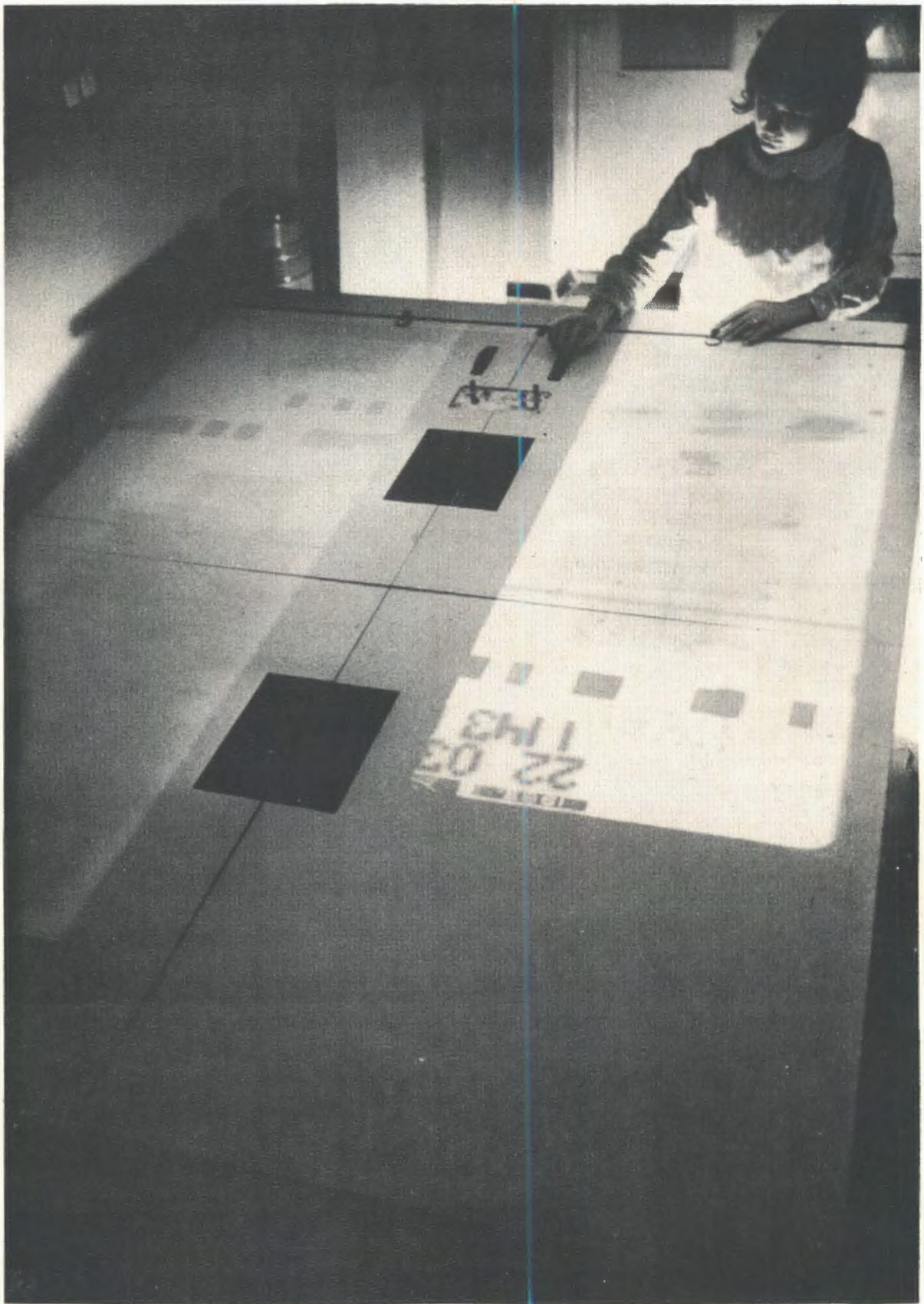


Рис. 95. Большой просмотрный стол для обработки снимков с больших пузырьковых камер.

лись работы по повышению разрешающей способности и точности прибора.

Автомат обеспечивается телетайпной связью с ЭВМ. Вводится осциллограф с запоминанием для получения изображения фотографий при сканировании, а также для вывода на него данных измерения из ЭВМ. Предполагается введение обратной связи для улучшения работы программы фильтрации.

2. ПУОСы на линии с ЭВМ. Продолжались работы над системой связи измерительных полуавтоматов ПУОС с машиной БЭСМ-4 для обработки снимков с пузырьковых камер. Успешно проведена опытная эксплуатация системы из 5 полуавтоматов, связанных с БЭСМ-3М. Система программ позволяет вести контроль информации по критериям в плоскости кадров, контроль возможен также в режиме совместной работы с геометрическими программами. Заканчивается монтаж системы ввода данных в машину БЭСМ-4. Проведена опытная эксплуатация группы полуавтоматов на линии с ЭВМ "Минск-22".

3. Автомат на ЭЛТ. Проведено комплексное опробование совместно с ЭВМ БЭСМ-3М автомата на электроннолучевой трубке для обработки снимков с искровых камер, которое показало устойчивость работы основных

узлов автомата и требуемую точность отсчетной системы (10 мкм). Произведено подключение автомата к ЭВМ БЭСМ-4.

Велись работы по созданию сканирующего автомата на ЭЛТ для обработки снимков с большого магнитного искрового спектрометра ОИЯИ.

4. Просмотровое-измерительное оборудование. Вводится в эксплуатацию первый образец большого просмотрового стола БПС-1. Закончены изготовление и настройка оптико-механической части. Предварительные испытания отсчетной системы БПС-1 показали, что она обеспечивает точность не хуже 25 мкм. Заканчивается монтаж второго БПС-1.

Сканирующий автомат "Спиральный измеритель"

В сотрудничестве с рядом институтов СССР и с ИФВЭ ГДР велась разработка технической документации на прибор типа "Спиральный измеритель". Создавалось математическое обеспечение для этого автомата.

Лазерный сканирующий автомат

Разрабатывался принципиальный проект лазерного сканирующего автомата для обработки снимков с искровых камер (совместно с физическими институтами ГДР и ПНР).

4 ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ РУКОВОДЯЩИХ
И КОНСУЛЬТАТИВНЫХ ОРГАНОВ

5 ПРЕМИИ ОИЯИ ЗА 1967 ГОД

6 МЕЖДУНАРОДНЫЕ СВЯЗИ
И НАУЧНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

7 РАДИАЦИОННАЯ
БЕЗОПАСНОСТЬ

8 ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ОТДЕЛ

9 НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ
БИБЛИОТЕКА

10 СОВЕТ ПО РАДИОЭЛЕКТРОНИКЕ

11 ИЗОБРЕТАТЕЛЬСТВО
И РАЦИОНАЛИЗАЦИЯ

12 АДМИНИСТРАТИВНО-ХОЗЯЙСТ-
ВЕННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ



Деятельность руководящих и консультативных органов

9-12 января 1968 года состоялась XXIII сессия Учёного совета Объединенного института ядерных исследований. Совет обсудил отчёты о деятельности института в 1967 году, планы научных исследований на 1968 год, а также доклад о ходе подготовки экспериментов на ускорителе ИФВЭ. Был утвержден план международного сотрудничества на 1968 год, положение о порядке реализации проектов крупных физических установок и сооружений в ОИЯИ, а также положения о секциях Учёного совета.

Комитет Полномочных представителей на совещании 15-17 января 1968 года одобрил и утвердил принятые XXIII сессией Учёного совета решения и заслушал отчёт дирекции об ожидаемом исполнении бюджета за 1967 год, о проектах бюджета, штатной численности и плане капитального строительства, а также о международном сотрудничестве на 1968 год. Был утвержден новый текст "Положения о персонале Объединенного института ядерных исследований". Комитет единогласно избрал на новый срок на пост директора института академика Н.Н.Боголюбова. В связи с истечением срока полномочий вице-директора ОИЯИ профессора А.Хрынкевича Комитет избрал на очередной срок на эту должность академика Х.Христова.

4-7 июня 1968 года состоялась XXIV сессия Учёного совета ОИЯИ, на которой рассматривались предложения дирекции института по пятилетнему (1971-1975 г.г.) плану развития ОИЯИ. Были утверждены решения учёных советов по физике высоких и низких энергий. Учёный совет присудил премии ОИЯИ за лучшие научно-исследовательские и научно-методические работы 1967 года.

В прошедшем году были проведены две сессии Учёного совета по физике высоких энергий. На майской сессии рассматривались тематические планы научно-исследовательских работ института, состоящие из подготовки экспериментов ОИЯИ на ус-

корителе ИФВЭ, а также были вновь избраны рабочие органы комитетов по физике высоких энергий. На декабрьской сессии Учёного совета были заслушаны доклады о перспективном плане развития Лаборатории высоких энергий, о плане исследований по коллективному методу ускорения и мероприятиях по его реализации, о состоянии работ по проектированию многокубовой жидководородной пузырьковой камеры.

Учёный совет по физике низких энергий провел в 1968 году две сессии. Были заслушаны отчёты о работе комитетов по нейтронной и ядерной физике и научные доклады по работам, проводимым в отделе ядерной спектроскопии Лаборатории ядерных проблем и в Лаборатории нейтронной физики. Избраны рабочие органы комитетов по физике низких энергий. На обеих сессиях обсуждался вопрос о необходимости сооружения в ОИЯИ моноэнергетического циклотрона. Были рассмотрены проблемные планы научных исследований ОИЯИ по физике низких энергий на 1969 год и планы международного сотрудничества.

В 1968 году состоялись три заседания Камерного комитета, на которых рассматривалась программа исследований на пузырьковых камерах, в том числе на 2-метровой пропановой пузырьковой камере ОИЯИ в ИФВЭ. Были заслушаны сообщения об установлении сотрудничества с Резерфордской лабораторией и лабораторией в Орсе, с Институтом ФВЭ Австрийской академии наук и с физиками Финляндии.

Одновременно проходили заседания Фотоэмульсионного комитета, на которых рассматривались планы облучения эмульсий на ускорителях ОИЯИ и ИФВЭ, а также вопросы совместных с 16 институтами стран-участниц ОИЯИ исследований в обработке фотоэмульсий, облученных на ускорителе Института физики высоких энергий.

Состоялось также первое заседание ор-



Рис. 96. *Вице-директор института профессор Н.Содном выступает на заседании Учёного совета.*



Рис. 97. *Учёный совет отметил 72-летие со дня рождения старейшего члена Совета академика Г.Наджакова. На снимке: вице-директор ОИЯИ академик Х.Христов от имени Учёного совета поздравляет юбиляра.*

ганизованного в 1968 году Электронного комитета, который заслушал информацию лабораторий о проводимых электронных работах и планируемых методических разработках. Комитет обсудил вопрос подготовки первоочередных экспериментов на ускорителе ИФВЭ и развития измерительного центра Объединенного института в ИФВЭ. Одобрены проводимые в ЛВТА работы по созданию измерительно-вычислительного комплекса ОИЯИ.

В 1968 году было два заседания Комитета по нейтронной физике, на которых обсуждались предложения стран-участниц ин-

ститута о проектировании установок для экспериментов на ИБР-2, а также состояние работ по реконструкции существующего реактора ИБР и меры обеспечения быстрого пуска ИБР-30.

Комитет по ядерной физике провел два совещания, весеннее совещание состоялось в Россендорфе (ГДР). Рассматривались работы по созданию масс-сепараторов и перспективы исследований структуры ядра с помощью монохроматических пучков частиц. Обсуждались также предложения по пятилетнему плану на 1971-1975 г.г.

Премии

Объединенного института ядерных исследований за 1967 год

На соискание премий Объединенного института ядерных исследований за 1967 год было представлено 10 лучших научно-исследовательских и научно-методических работ, выполненных сотрудниками института.

Решением Ученого совета ОИЯИ от 7 июня 1968 года были присуждены премии за следующие работы:

Первая премия ОИЯИ за научно-исследовательскую работу "Предложение и разработка нового метода измерения эффективной массы резонансов с помощью двухканальной системы совместно работающих пленочных искровых камер и черенковских γ -спектрометров и обнаружение электрон-позитронных распадов векторных мезонов",

Авторы: М.А.Азимов, А.М.Балдин, Я.Гладки, Л.В.Голованов, В.Т.Матюшин, Б.Л.Зеленов, Л.Г.Макаров, А.Т.Матюшин, В.С.Пантуев, Р.Фирковский, М.С.Хвастунов, М.Н.Хачатурян, И.В.Чувило, Л.Н.Штарков.

Две вторые премии ОИЯИ за научно-исследовательские работы

1. "Некоторые задачи квантовой теории поля и их точное решение",

авторы: Н.А.Черников, Б.М.Барбашов;

2. "Совокупность работ по исследованию упругого π^+p -рассеяния назад",

авторы: А.С.Вовенко, Б.Н.Гуськов, Т.Добровольский, М.Ф.Лихачев, А.Л.Любимов, И.А.Савин, В.С.Ставинский, Ю.А.Матуленко.

Первая премия ОИЯИ за научно-методическую работу "Методика бесфильмовых искровых камер, работающих на линии с ЭВМ", авторы: Л.С.Барабаш, Н.Н.Говорун, И.А.Голутвин, А.Г.Грачев, Ю.В.Заневский, И.М.Иванченко, Г.М.Кадыков, С.С.Кирилов, Ю.Г.Кирюшин, В.П.Пугачевич, Г.Г.Тахтамышев, Э.Н.Цыганов.

Вторая премия была присуждена за работу "Аппаратура для прецизионных измерений и стабилизации магнитных полей с большими градиентами",

авторы: Д.П.Василевская, Л.В.Васильев, Ю.Н.Денисов, С.А.Ивашкевич, В.В.Калиниченко, А.Г.Комиссаров, В.М.Лачинов, В.И.Прилипко, Ю.И.Сусов, П.Т.Шишлянников.

Международные связи и научное сотрудничество

Сотрудничество и связи Объединенного института ядерных исследований с другими научными центрами развивались в 1968 году в тех же направлениях, что и в прошлые годы. Этими направлениями являются:

1. Проведение работ совместно с научно-исследовательскими организациями стран-участниц ОИЯИ.
2. Организация научных и методических совещаний ОИЯИ.
3. Сотрудничество и связи с научными центрами стран, не являющихся участниками института.
4. Участие Объединенного института в международных и национальных конференциях.

Научное сотрудничество ОИЯИ с национальными институтами стран-участниц является основой деятельности ОИЯИ в области развития международных связей. Такое сотрудничество содействует выполнению научных и технических задач, стоящих перед институтом, и, с другой стороны, оказывает влияние на развитие ядерных исследований в национальных физических центрах этих стран.

Сотрудничество лабораторий института с научно-исследовательскими организациями стран-участниц

В 1968 году количество работ, выполняемых совместно с институтами стран-участниц, возросло до 210. Ниже следует перечень лишь некоторых из них, иллюстрирующий широкие масштабы и актуальность тематики совместных исследований.

Необходимо отметить, в первую очередь, комплекс экспериментов, готовящихся и осуществляемых ОИЯИ на ускорителе Института физики высоких энергий (на 76 ГэВ). Получены первые научные результаты в исследовании упругого pp -рассеяния на малые углы при энергии от 12 до 70 ГэВ (руководитель В.А.Никитин). В этой работе участ-

вуют учёные НРБ, ДРВ, ПНР, СССР. Сделано несколько облучений фотоэмульсий в пучке отрицательных пионов с импульсами от 40 до 60 ГэВ/с (руководитель К.Д.Толстов). Материал распределен между лабораториями стран-участниц НРБ, ВНР, МНР, ПНР, СРР, СССР, ЧССР. Группами камерного отдела ЛВЭ вместе с институтами НРБ, ВНР, ГДР и ПНР выполнен большой объем методических работ по определению оптических констант 2-метровой пропановой пузырьковой камеры и созданию цикла программ для об-счёта событий. С научно-исследовательскими организациями стран-участниц ведется разработка крупных физических установок для проведения экспериментов на ускорителе ИФВЭ: магнитного искрового спектрометра (отдел А.А.Тяпкина совместно с институтами ВНР, ГДР, ПНР, СССР, ЧССР), проекта многоку-бовой камеры (отделы Г.И.Селиванова, и А.Г.Зельдовича совместно с институтами ГДР, СССР и ЧССР), двухметровой водородной пузырьковой камеры (отдел Н.М.Вирысова совместно с ЧССР и ИФВЭ, Серпухов), спек-трометра по времени пролета для поиска тя-желых частиц и антиядер (группа З.Цисека совместно с ГДР, ПНР и ИФВЭ, Серпухов), установки для поляризационных экспериментов при энергии 60 ГэВ (группа Ю.М.Казаринова и Б.С.Неганова при участии институтов СССР и ЧССР).

В Лаборатории высоких энергий группа М.Н.Хачатуряна сотрудничает с науч-ными центрами ЧССР и ПНР в экспериментах по электромагнитным распадам векторных мезонов. Группа Л.Н.Струнова вместе с физиками Польши и ГДР проводит эксперимент по пион-нуклонному рассеянию на малые уг-лы методикой бесфильмовых искровых камер на линии с ЭВМ.

Новые результаты по распаду бозонных резонансов на π^0 -мезоны и гамма-кванты получены группой З.Стругальского, сотруднича-ющей с Центральным институтом физических

исследований ВАН и ядерными центрами в Варшаве и Кракове.

Большую работу ведут группы М.Д.Шафранова в обработке снимков с 40-сантиметровой водородной камеры (вместе с институтами НРБ) и Р.М.Лебедева в обработке материалов 1-метровой камеры (с ГДР, МНР, СРР и ЧССР).

Лаборатория ядерных проблем. Здесь группами Ю.М.Казаринова и Б.С.Неганова совместно с группой В.Пресперина (Институт ядерных исследований ЧСАН) и И.Быстрицким (Институт вычислительной техники ЧСАН) выполнен первый эксперимент по двойному рассеянию протонов с использованием поляризованной мишени.

Ведется изучение процесса двойной перезарядки π -мезонов на ядре (руководитель В.М.Сидоров) при участии группы С.Ионице (Ясский университет СРР) и группы Д.Тувендоржа (Институт физики и математики МАН, Улан-Батор).

На реакторе Физического института БАН продолжается исследование реакции образования пар e^+e^- с помощью диффузионной камеры Лаборатории ядерных проблем, проводимое группой Ю.А.Шербакова вместе с группой В.Христова. Группой В.Б.Флягина совместно с группой Э.Феньвеша (Центральный институт физических исследований ВАН) и И.Тучека (Университет в Кошице, ЧССР) на пучке π -мезонов с импульсом 5 Гэв/с выполняется эксперимент на пропановой пузырьковой камере по поиску радиационных распадов резонансов с участием странных частиц.

Отделом новых научных разработок совместно с группой М.Петрашку (из Института атомной физики, Бухарест) создана аппаратура для экспериментов по захвату отрицательных мюонов тяжелыми ядрами, при участии группы Г. Тумбева (Физический институт БАН) разработана и в настоящее время вывезена в Болгарию аппаратура для изучения $(\gamma-\gamma)$ - угловых корреляций.

В сотрудничестве со странами-участниками института проводятся широкие исследования в области ядерной спектроскопии и радиохимии. Для этих опытов по общей программе производятся поставки изотопов в Варшаву, Ленинград, Ржеж (ЧССР), в Москву и т.д. Продолжаются методические работы по масс-сепараторам, в которых принимают участие ГДР (разработка источников ионов), ИАЭ им. И.В.Курчатова (высоковольтная аппаратура) и др.

Ученые Лаборатории теоретической физики поддерживали тесные научные связи с теоретиками стран-участниц. В частности, В.Лукьяновым и И.Петковым вместе с О.Думитреску (Бухарестский университет) выполнена работа по изучению реакций срыва, Н.И.Пятовым совместно с О.Думитреску, А.Сандулеску и М.Кристу (ИАФ, Бухарест) - по исследованию альфа-распада,

И.Н.Михайловым и Э.Наджаковым (Физический институт БАН) - по теории вращательных спектров. Продолжается изучение структуры легких ядер при участии Центрального института ядерных исследований (Россендорф), проблемы многих тел - совместно с Институтом ядерной физики (Краков) и Вроцлавским университетом, структуры сложных ядер, ядерных реакций и свойств ангармонических кристаллов - с ИЯИ (Варшава) и ИЯФ (Краков).

Лаборатория ядерных реакций успешно продолжала сотрудничество с ГДР и Румынией в изучении спонтанно делящихся ядер. К участию в этих работах ведут подготовку физики МНР. Совместные исследования в области ядерной спектроскопии проводились в ПНР и ГДР. Работающие в ЛЯРе ученые из этих стран получают большую помощь от своих институтов в осуществлении экспериментов и подготовке аппаратуры (группы А.Хрынкевича, З.Вильгельми, К.Александера).

Весьма плодотворным был и научный контакт группы радиоэлектроники с



Рис. 98. Международный симпозиум по структуре ядра (Дубна).



*Международный симпозиум по структуре
ядра (Дубна).*



ЦИФИ ВАН при создании программы автоматизации экспериментов. Группой Д. Матэ (ИЯИ ВАН, Дебрецен) разработан транзисторный дискриминатор частиц по форме импульса для исследования в Лаборатории ядерных реакций протонных излучателей.

Специалисты из Румынии, ЧССР и Венгрии участвовали в крупной работе по реконструкции У-150 в 2-метровый изохронный циклотрон.

Лаборатория нейтронной физики развивала сотрудничество с физиками ЧССР в исследовании на ИБРе гамма-спектров из реакции (p, n) на резонансных нейтронах (научный руководитель Я. Урбанец, Институт ядерных исследований ЧСАН), полученные результаты обрабатывались в Дубне и Ржеже. Практическое значение для реакторной техники имеют результаты измерений, подготовленных и проводимых на ИБРе группой из ЦИЯИ (Россендорф) и ФЭИ (Обнинск), по изучению влияния доплер-эффекта на пропускание нейтронов ураном-238.

В Физическом институте ВАН подготовлена аппаратура, и на ИБРе проведено изучение вариации кинетической энергии осколков деления урана-235 из разных резонансов, в результате чего обнаружено различие в энергии осколков.

Группой проф. Е. Яника (ИЯФ, Краков) проводились исследования динамики примесных атомов в сплавах металлов и динамики кристаллов с молекулярными группами, а также разрабатывался многоканальный нейтронный спектрометр для ИБР-30.

Совместно с группой проф. Б. Бураса (ПНР) проведен большой цикл исследований ($p-e$) - взаимодействия методом дифракции нейтронов на монокристаллах вольфрама.

Лабораторией вычислительной техники и автоматизации научные контакты осуществлялись по следующим основным направлениям:

- ввод в эксплуатацию машин измерительно-вычислительного комплекса института и расширение внешних устройств ЭВМ (с ГДР);

- создание системы математического обеспечения БЭСМ-6 с транслятором с языка ФОРТРАН и математического обеспечения системы машин (с СССР, ГДР и ВНР);

- разработка и изготовление просмотрового оборудования для НРД (с ИФВЭ, Серпухов);

- подготовка и запуск на CDC-1604A системы программ обработки камерных снимков, в частности, с 1-метровой жидководородной камеры (с ГДР).

Специалисты стран-участниц во время командировок в ЛВТА принимали участие в эксплуатации машин лаборатории, составлении и отладке программ, разработке и испытании автоматов.

Продолжалось сотрудничество отдела радиационной безопасности с ФИ ВАН в исследовании эффективности дозиметра в потоке тепловых нейтронов реактора ИРТ-1000 в Софии; с ЦИЯИ (Россендорф) в измерениях зависимости эффективности регистрации детектора в шаровых полиэтиленовых замедлителях от энергии нейтронов на ИБРе ОИЯИ; с Институтом ядерных исследований (Сверк) по исследованию дозных характеристик протонов в тканеэквивалентном фантоме на пучке синхротронного Лаборатории ядерных проблем.

Научные командировки

В течение года в ОИЯИ побывало 676 специалистов из стран-участниц (не считая советских учёных), 300 из них - для выполнения научных работ и научно-технических разработок, обсуждения результатов совместных исследований, обмена опытом и консультаций и 229 учёных - для участия в конференциях и симпозиумах. 146 человек приезжали на сессии учёных советов по физике высоких энергий, физике низких энергий, теоретической физике, а также на совещания специализированных комитетов.

В истекшем году ОИЯИ направил в страны-участницы (не считая СССР) 258 человек. 29 из них приняли участие в научных совеща-

ниях, организованных институтом, 45 - в научных совещаниях и конференциях, организованных странами-участницами. Для совместной работы, обмена опытом и чтения лекций, а также для решений вопросов, связанных с поставкой оборудования и приборов, выехало 170 человек.

Средняя продолжительность командировок составляла 8-14 дней. В связи с решением XXI сессии Учёного совета часть специалистов ОИЯИ была командирована в страны-участницы на более длительные сроки (1-3 месяца): В.Б.Любимов - в ЧССР, А.А.Плеве и С.П.Третьякова - в Румынию, Б.Н.Марков и Г.Байер - в ГДР.

Проведение научных совещаний

Объединенный институт ядерных исследований в 1968 году организовал 23 совещания: 7 совещаний по физике высоких и низких энергий и методическим вопросам и 16 научно-организационных совещаний (заседания специализированных комитетов и сессий учёных советов по физике высоких энергий и физике низких энергий, Учёного совета по теоретической физике).

В июле в Дубне состоялся Международный симпозиум по структуре ядра, организованный при поддержке Международного союза чистой и прикладной физики и Международного агентства по атомной энергии. В работе симпозиума участвовали 447 учёных из 26 стран, в том числе многие выдающиеся физики мира.

В мае Объединенный институт ядерных исследований совместно с Болгарской академией наук провел в Варне Международный семинар по теории элементарных частиц, на котором присутствовало более 100 учёных из 15 стран.

В Алуште 2 недели работала Международная школа по применению электронно-вычислительных машин в задачах экспериментальной физики и состоялся V симпозиум

ОИЯИ по радиоэлектронике. Тематика школы вызвала большой интерес со стороны многих физических институтов стран-участниц. В качестве лекторов были приглашены ведущие учёные ОИЯИ и стран-участниц, а также специалисты из ЦЕРНа и Сакле.

Успешно прошли в Дубне совещания по пион-нуклонному и нуклон-нуклонному взаимодействию, по быстрым радиохимическим методам в исследованиях на ускорителях, по электромагнитным сепараторам и их применению в ядерной физике.

Участие в научных совещаниях, проведенных другими научными центрами

Для участия в научных совещаниях, конференциях, симпозиумах, проходивших в странах-участницах (ВНР, ГДР, ПНР, СССР, ЧССР) ОИЯИ командировал 231 сотрудника. Специалисты института внесли свой вклад в работу Международной конференции по электронному захвату в Венгрии, Краковско-Россендорфского совещания физиков в ГДР, Международной конференции по физике и технике исследовательских реакторов в Польше, КVIII ежегодной конференции по ядерной спектроскопии и Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц в СССР, Международной радиоаналитической конференции в ЧССР и др. (всего 27 научных совещаний).

На международные и национальные конференции, проведенные в странах-неучастницах, выезжали 86 учёных института. Они участвовали в XIV Международной конференции по физике высоких энергий в Австрии, Международном симпозиуме по ядерной электронике во Франции, Международном семинаре по перспективам физики высоких энергий в Австрии, Международном симпозиуме по теоретической физике в Италии и др., всего в 21 научном совещании.

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

Связи Объединенного института с научными центрами стран-неучастниц продолжа-



Рис. 99. Алушта (Крым). Международная школа по применению ЭВМ в задачах экспериментальной физики. V симпозиум ОИЯИ по радиоэлектронике.

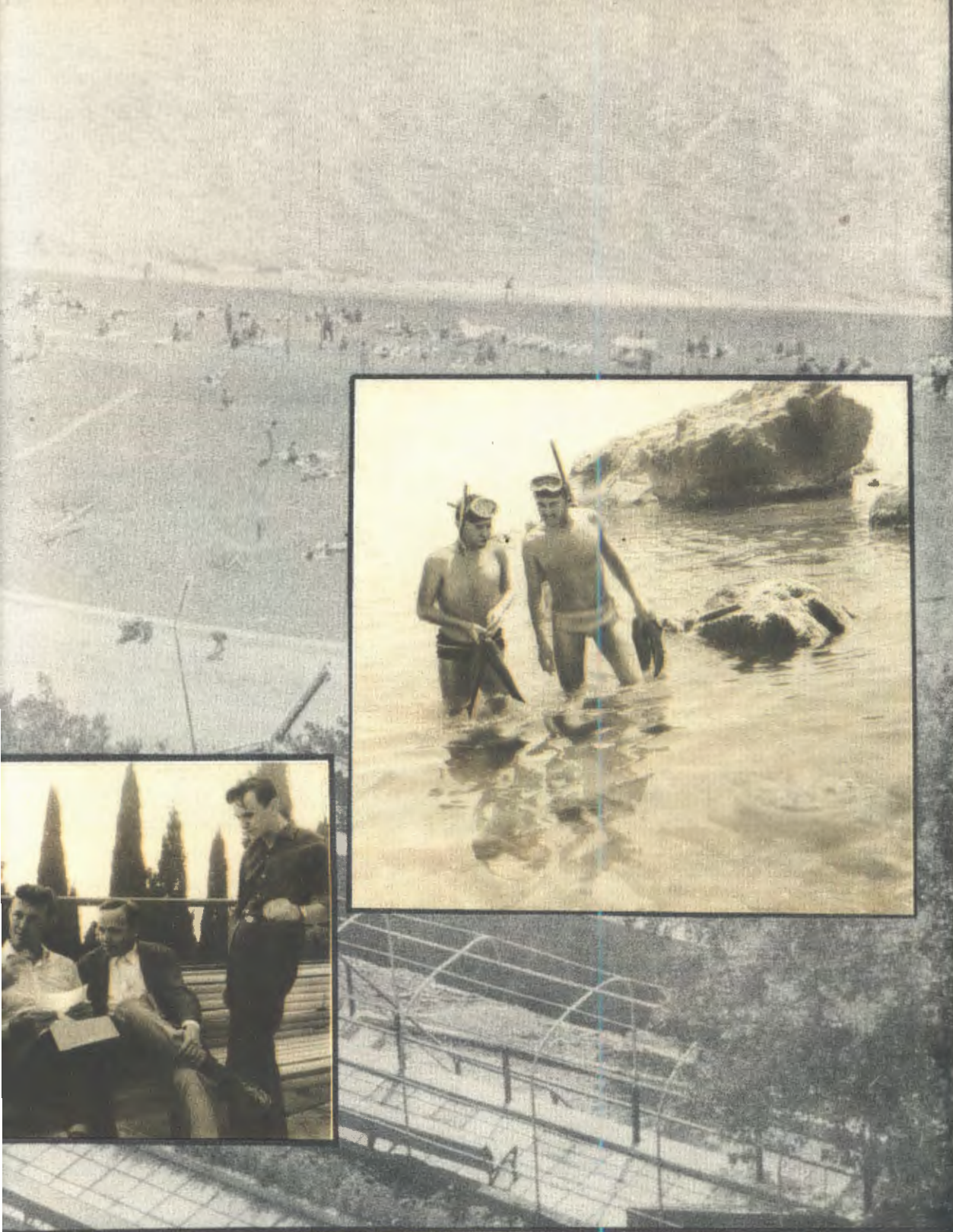




Рис. 100. Институт посетил Посол Демократической Республики Вьетнам в СССР Нгуен Тхо Тян. На снимке: директор ОИЯИ академик Н.Н.Боголюбов встречает гостей.

ют развиваться. В ЦЕРНе в прошедшем году работали длительное время (от 3-х месяцев до года и более) 11 сотрудников, с краткосрочными визитами выезжали 6 человек. Наши специалисты проводили там физические исследования, знакомились с постановкой обработки камерных снимков, системами математического обеспечения и т.д.

Продолжалось также сотрудничество с Институтом Н.Бора в Копенгагене (Дания), где длительное время работали 5 учёных и с краткосрочными визитами побывали 6 человек. Физики ОИЯИ М.Фингер, В.А.Друин, С.М.Поликанов и др. участвовали в работах по проекту "Изольда" и поисках спонтанно делящихся изомеров.

В научных центрах Франции в длительных командировках были 3 человека и в краткосрочных - 4 человека.

В 1968 году был налажен контакт с лабораторией Г.Хайсена (Университет в Орхусе,

Дания) и с научным центром в Харуэлле (Англия).

Всего в научных командировках в странах-неучастницах института (не считая участников конференций) побывали 43 человека.

В 1968 году Объединенный институт ядерных исследований пригласил 49 учёных из стран-неучастниц института на совещания и семинары, для обсуждения научных проблем и чтения лекций, для работы в порядке обмена учёными. Более 20 приглашенных специалистов участвовали в работе Школы по применению электронно-вычислительных машин в Алуште, Международного семинара по теории элементарных частиц в Варне, Совещания по нуклон-нуклонным и пион-нуклонным взаимодействиям.

Профессора Дж. Сударшан (Индия), К.Франчинетти (Италия), Л.Коварский (Франция) и др. читали в лабораториях Института

лекции о последних достижениях в области обработки экспериментальных данных, по теоретической физике и по другим темам.

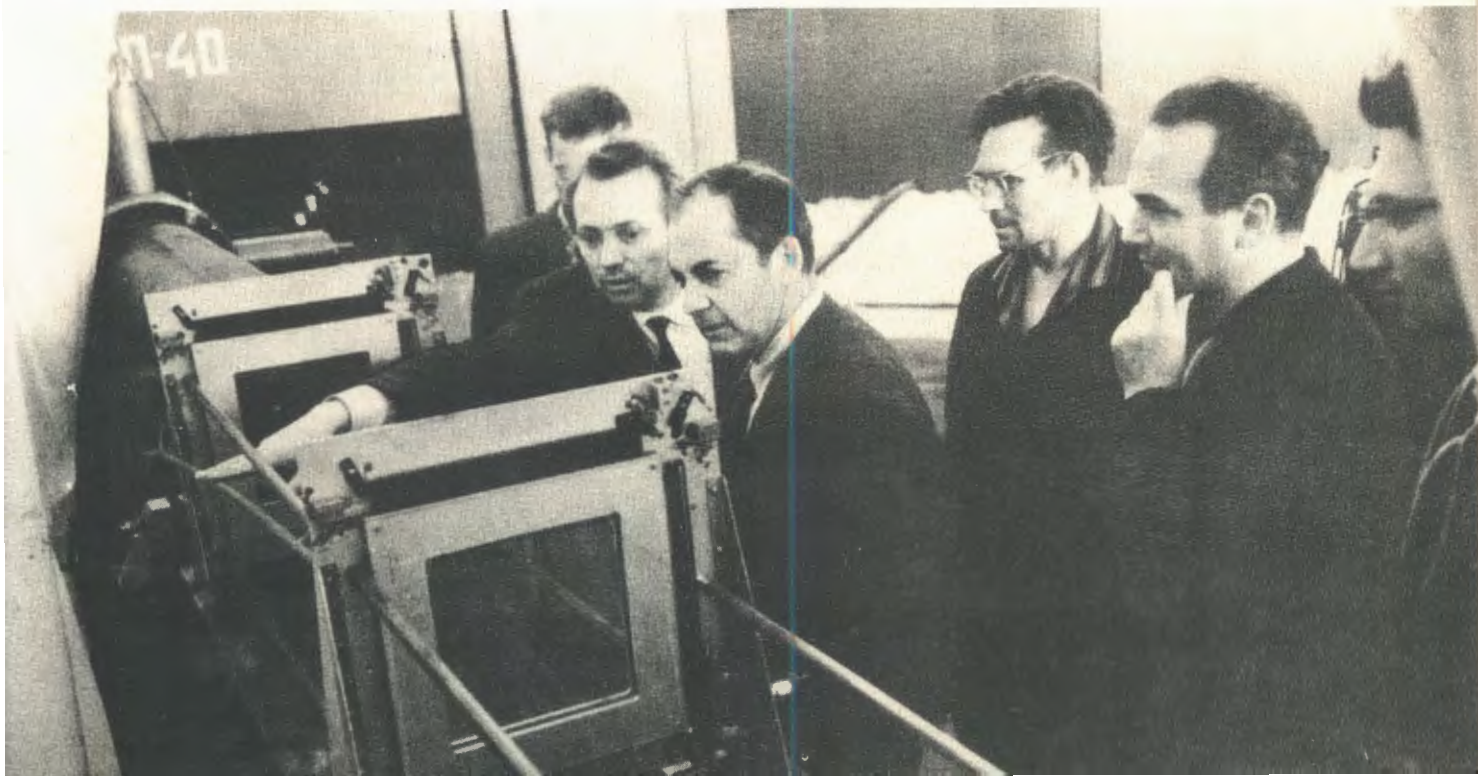
В порядке обмена учёными в Дубне работали Ш.Гольдштейн и Ф.Гере (Франция), Г.Липс (ЦЕРН), Г.Пираджино (Италия) и др.

Стипендиатами ОИЯИ в 1968 году были 7 физиков из ОАР, Югославии, от Национального фронта освобождения Южного Вьетнама и других стран.

Рис. 101. Индийский учёный профессор Дж.Сударшан в Дубне.



Рис. 102. По приглашению дирекции института в Дубну приезжал американский учёный профессор Г.Андерсен. На снимке: учёные ЛВЭ знакомят Г.Андерсена с физическими установками в экспериментальном павильоне лаборатории.



С П Р А В К А

о развитии международного сотрудничества и связей Объединенного института ядерных исследований за период 1963-1968 г.г.

№№ пп	Вид сотрудничества	1963	1964	1965	1966	1967	1968
1.	Количество совместных работ	47	70	104	153	203	210
2.	Количество командировок специалистов из стран-участниц в Дубну (без совещаний)	120	148	203	252	307	301
3.	Количество командировок специалистов ОИЯИ в страны-участницы	128	147	162	210	252	258
4.	Количество научных, методических и научно-организационных совещаний	9	18	19	28	28	23
5.	Количество командировок на международные конференции и в научные центры стран-неучастниц	34	40	69	78	102	129
6.	Количество приездов учёных из стран-неучастниц	10	7	18	52	67	49
7.	Количество стипендиатов ОИЯИ	-	-	-	1	6	7

П Е Р Е Ч Е Н Ь

научных совещаний, проведенных Объединенным институтом ядерных исследований в 1968 году

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

А. Совещания по физике высоких энергий

1.	Международный семинар по теории элементарных частиц	6-19 мая	Варна, НРБ	112
2.	Совещание по пион-нуклонному и нуклон-нуклонному взаимодействиям	11-15 июня	Дубна	100

Б. Совещания по физике низких энергий

3.	Международный симпозиум по структуре ядра	4-11 июля	Дубна	447
----	-------------------------------------------	-----------	-------	-----

В. Совещания по методическим вопросам

4.	Школа по применению электронно-вычислительных машин в задачах экспериментальной физики	5-19 мая	Алушта, СССР	217
----	----------------------------------------------------------------------------------------	----------	--------------	-----

1	2	3	4	5
5.	V симпозиум ОИЯИ по радио-электронике	20-25 мая	Алушта, СССР	184
6.	Совещание по быстрым радиохи-мическим методам в исследова-ниях на ускорителях	29 октября - - 1 ноября	Дубна	75
7.	Совещание по электромагнит-ным сепараторам и их применению в ядерной физике	29 октября - 1 ноября	Дубна	45
Г. Научно-организационные совещания				
8.	Сессии Учёного совета по физике высоких энергий ОИЯИ	21-24 мая 9-13 декабря	Дубна Дубна	15 18
9.	Сессии Учёного совета по физике низких энергий ОИЯИ	14-18 мая 9-13 декабря	Дубна Дубна	33 52
10.	Сессия Учёного совета по теоре-тической физике ОИЯИ	2-4 декабря	Дубна	17
11.	Совещания Камерного комитета ОИЯИ	5-7 марта 14-18 мая 2-4 декабря	Дубна Алушта, СССР Дубна	27 44 34
12.	Совещания Фотоэмульсионного Совещания ОИЯИ	5-7 марта 5-12 мая 2-4 декабря	Дубна Алушта, СССР Дубна	43 49 38
13.	Совещание Электронного коми-тета ОИЯИ	2-4 декабря	Дубна	15
14.	Совещания Комитета по ядерной физике ОИЯИ	16-20 апреля 2-4 декабря	Россендорф, ГДР Дубна	26 24
15.	Совещания Комитета по нейтронной физике ОИЯИ	25-29 июня 2-4 декабря	Дубна Дубна	45 37

П Е Р Е Ч Е Н Ь

Международных и национальных конференций, симпозиумов, семинаров, совещаний и школ, в которых принимали участие специалисты Объединенного института ядерных исследований в 1968 году

№№ пп	Наименование	Время проведения	Место проведения	Фамилии (количество) участников
1	2	3	4	5
<u>А. В странах-участниках института</u>				
1.	XVIII ежегодная конференция по ядерной спектроскопии	25 января - 2 февраля	Рига, СССР	53 чел.
2.	VI школа по проблемам структуры атомного ядра	7-21 февраля	Краков, ПНР	Стычень Я. (ПНР) Валюсь В. (ПНР)
3.	Заседание Математического общества ГДР	9-16 февраля	Берлин, ГДР	Ласснер Г. (ГДР)
4.	Зимняя школа по ядерной физике	12-25 февраля	Берлин, ГДР	Роттер И. (ГДР) Вибики Х. (ГДР)
5.	Зимняя школа Вроцлавского университета по теоретической физике	16 февраля - 3 марта	Карпач, ПНР	Ефремов А.В. (СССР) Филиппов А.Т. (СССР) Ласснер Г. (ГДР)
6.	Коллоквиум по теоретической реакторной физике	25 марта - 1 апреля	Яхимов, ЧССР	Лелек В. (ЧССР)
7.	Заседание Физического общества ГДР	20-26 апреля	Берлин, ГДР	Джелепов В.П. (СССР) Франк И.М. (СССР) Флеров Г.Н. (СССР) Невов Н. (НРБ) Веллер В. (ГДР)
8.	Международная радиоаналитическая конференция	22-29 апреля	Старый Смоковец, ЧССР	Норсеев Ю.В. (СССР) Чубурков Ю.Т. (СССР) Короткин Ю.С. (СССР) Малек З. (ЧССР) Райчев Х. (НРБ)

1	2	3	4	5
9.	Симпозиум по управлению, планированию и организации научных исследований	23-25 мая	Москва, СССР	Содном Н. (МНР) Шербаков Ю.А. (СССР) Париш Д. (ВНР) Желев Ж. (НРБ)
10.	Летняя школа по теоретической физике	10-24 июня	Закопане, ПНР	Борелевски З. (ПНР)
11.	V летняя школа по ядерной физике	15-28 июня	Будапешт, ВНР	Реваи Я. (ВНР) Ловаш И. (ВНР)
12.	Семинар по детекторам ядерных излучений	24-28 июня	Москва, СССР	Тяпкин А.А. (СССР) Осипенко Б.П. (СССР) Писарев А.Ф. (СССР) Рындина Э.З. (СССР)
13.	Международная конференция по электронному захвату	14-22 июля	Дебрецен, ВНР	Эрамжян Р.А. (СССР) Конин А.Д. (СССР) Малов Л.А. (СССР) Петров Л.А. (СССР) Роганов В.С. (СССР) Звольска В. (ЧССР) Нойберт В. (ГДР)
14.	IX Международная конференция по физике полупроводников	23-29 июля	Москва, СССР	Плакида Н.М. (СССР) Шиклош Т. (ВНР) Рындина Э.З. (СССР)
15.	Летняя школа по исследованию структуры ядра	30 августа - 15 сентября	Варшава, ПНР	Вильчински Я. (ПНР) Морэк Т. (ПНР) Хойнацки С. (ПНР)
16.	XV Всесоюзная школа по ядерной физике	1-19 сентября	Киев, СССР	11 чел.
17.	Международный симпозиум по адронной спектроскопии	6-12 сентября	Кестхейд, ВНР	Нири Ю. (ВНР) Мельникова Н.Н. (СССР) Любимов А.Л. (СССР)
18.	Совещание по нейтронной физике и астрофизике	9-13 сентября	Москва, СССР	Понтекорво Б.М. (СССР) Лapidус Л.И. (СССР) Мухин А.И. (СССР) Головин Б.М. (СССР) Петрухин В.И. (СССР) Коренченко С.М. (СССР) Василевский И.М. (СССР) Зулькарнеев Р.Я. (СССР)

1	2	3	4	5
19.	Краковско-Россендорфское совещание физиков	12-26 сентября	Россендорф, ГДР	Александр К. (ГДР) Музиоль Г. (ГДР) Элер Г. (ГДР) Роттер И. (ГДР)
20.	Школа по динамике кристаллических решеток и спиновым волнам	16 сентября - 1 октября	Модлици, ПНР	Холас А. (ПНР)
21.	Конференция по магнетизму твердого тела	23 сентября - 2 октября	Эгер, ВНР	Шиклош Т. (ВНР) Бата Л. (ВНР)
22.	VII Всесоюзная конференция по теории элементарных частиц	2-8 октября	Ужгород, СССР	16 чел.
23.	XV Всесоюзное совещание по физике низких температур	7-12 октября	Тбилиси, СССР	Зельдович А.Г. (СССР) Васильев В.А. (СССР) Гончаров И.Н. (СССР) Хухарева И.С. (СССР) Васильев Б.В. (СССР) Алфименков В.П. (СССР) Неганов Б.С. (СССР)
24.	VII совещание по координации научно-исследовательских работ, выполняемых с использованием ядерных реакторов	7-12 октября	Минск, СССР	Руденко В.Т. (СССР) Язвицкий Ю.С. (СССР) Далхсурэн Б. (МНР) О Хи Ен (КНДР) Ли Сан Гын (КНДР)
25.	Всесоюзное совещание по ускорителям заряженных частиц	8-17 октября	Москва, СССР	66 чел.
26.	Всесоюзная конференция по программированию	22-24 октября	Киев, СССР	Мешеряков М.Г. (СССР) Говорун Н.Н. (СССР) Веретенев В.Ю. (СССР) Загинайко В.А. (СССР) Федорова Р.Н. (СССР) Карл Д. (ГДР) Шириков В.П. (СССР) Силин И.Н. (СССР) Ростовцев В.А. (СССР)
27.	Международная конференция по физике и технике исследовательских реакторов	14-23 декабря	Варшава, ПНР	Ананьев В.Д. (СССР) Бунин Б.Н. (СССР) Навроцки А. (ПНР)

1	2	3	4	5
Б. В странах-неучастниках института				
28.	Курсы по подготовке специалистов для машины CDC -1604A	1 января - 15 марта	Франкфурт-на- Майне, ФРГ	Ососков Г.А. (СССР) Миролюбов В.П. (СССР) Карлов А.А. (СССР)
29.	Совещание специалистов по конструкции магнитных бетеспектрометров	13-20 января	Белград, Югославия	Адам И. (ЧССР)
30.	Конференция по столкновениям сильновзаимодействующих частиц при высоких энергиях	13-20 января	ЦЕРН, Швейцария	Липидус Л.И. (СССР) Никитин В.А. (СССР) Седлак Я. (ЧССР) Нгуен Ван Хъеу (ДРВ)
31.	Заседание Фотоэмульсионного комитета ЦЕРНа	15-30 января	ЦЕРН, Швейцария	Жданов Г.Б. (СССР)
32.	Заседание Учёного совета Международного центра теоретической физики	21 января - 2 февраля	Триест, Италия	Соловьев В.Г. (СССР)
33.	Симпозиум по исследованиям антинидных элементов	30 марта - 14 апреля	Сан-Франциско, США	Звара И. (ЧССР)
34.	Конференция по криогенной технике	6-16 мая	Брайтон, Англия	Пилипенко Ю.К. (СССР)
35.	Симпозиум по теории элементарных частиц	19-25 мая	Гётеборг, Швеция	Тодоров И. (НРБ)
36.	Заседание Комитета по ядерным данным	13-19 мая	Вена, Австрия	Янева Н. (НРБ)
37.	Симпозиум по неупругому рассеянию нейтронов	18-29 мая	Копенгаген, Дания	Голиков В.В. (СССР) Холас А. (ПНР) Малишевски Э. (ПНР)
38.	Летняя школа по физике нейтронов	24 мая - 17 июля	Герцег-Нови, Югославия	Бата Л. (ВНР)
39.	Международный симпозиум по теоретической физике	12-26 июня	Триест, Италия	Тодоров И. (НРБ) Кадышевский В.Г. (СССР) Михайлов И.Н. (СССР)

1	2	3	4	5
40.	Семинар по вопросу расчёта статических магнитных полей	4-27 июля	Орсе, Франция	Ианович М. (СРР)
41.	IV Международная школа по теоретической физике	28 июля- 7 августа	Липери, Финляндия	Фаустов Р.Н. Винтерниц П. (СССР) (ЧССР)
42.	XIV Международная конференция по физике высоких энергий	26 августа - 6 сентября	Вена, Австрия	31 чел.
43.	Международный семинар по перспективам физики высоких энергий	7-13 сентября	Семмеринг, Австрия	Блохинцев Д.И. Тавхелидзе А.Н. Нгуен Ван Хъеу Балдин А.М. Чувило И.В. Джелелов В.П. Мещеряков М.Г. Христов Х. Шербаков Ю.А. (СССР) (СССР) (ДРВ) (СССР) (СССР) (СССР) (СССР) (НРБ) (СССР)
44.	Международный симпозиум по ядерной электронике	9-17 сентября	Версаль, Франция	15 чел.
45.	Международный симпозиум по аналоговым и гибридным вычислительным машинам	16-20 сентября	Версаль, Франция	Забиякин Г.И. (СССР)
46.	Международная школа физиков	21 сентября - 9 октября	Герцег-Нови, Югославия	Мурадян Р.М. Матвеев В.А. Фильченков В.В. (СССР) (СССР) (СССР)
47.	Генеральная конференция МАГАТЭ	24 сентября - 3 октября	Вена, Австрия	Содном Н. (МНР)
48.	Конференция по вопросам программирования для сканирующих устройств	28 октября - 8 ноября	Аргонн, США	Говорун Н.Н. Шигаев В.Н. (СССР) (СССР)

Радиационная безопасность

Контроль уровней излучений и правил безопасной работы осуществлялся вблизи действующих ускорительных установок, импульсного реактора и в помещениях, где проводились исследования с открытыми радиоактивными веществами и ампулированными источниками. Контролируемыми видами радиации являются бета-, альфа-, гамма-излучения, релятивистские заряженные частицы, а также нейтроны широкого энергетического диапазона. Степень облучения всех работающих в полях ионизирующих излучений контролировалась индивидуально.

Данные дозиметрических измерений были оформлены в виде картограмм полей ионизирующих излучений вблизи установок, а также занесены в индивидуальные карты каждого контролируемого лица. Было установлено, что сотрудники института работают в условиях, в которых вероятность воздействия радиации в количествах, превышающих предельно допустимые, сведена к минимуму. Так, например, в 1968 году степень облучения 98,8% сотрудников Лаборатории высоких энергий, 70,2% сотрудников Лаборатории ядерных проблем, 87% сотрудников Лаборатории нейтрон-

ной физики, 97% сотрудников Лаборатории ядерных реакций не превышала 1 бэр (одной пятой от годовой предельно допустимой дозы).

Специалисты отдела радиационной безопасности участвовали в разработке физического обоснования на реконструкцию синхротрона (выполнили расчёт защиты от излучений и провели экспертизу проектного задания на комплекс сооружений, связанных с выводом интенсивного пучка протонов из камеры синхрофазотрона). Был пересмотрен ряд инструкций, регламентирующих порядок проведения работ в полях ионизирующих излучений, в них внесены необходимые изменения.

В соответствии с перспективой развития основных установок института и повышением надежности и достоверности результатов дозиметрического контроля сотрудники отдела радиационной безопасности выполнили ряд научно-методических работ. Совместно с коллегами из отдела радиационной защиты Института ядерных исследований ПНР и Лаборатории по дозиметрии БАН в отделе были продолжены исследования по дозиметрии частиц высоких энергий и медленных нейтронов.

Издательский отдел

В 1968 году выпущено 540 наименований препринтов Объединенного института ядерных исследований (в 1967 году - 516). Общий объем всех изданий составил около 766 учётно-издательских листов^{х/} (в 1967 году - 718,6).

Издательский отдел отпечатал ряд сборников большого объема, содержащих главным образом материалы рабочих совещаний и конференций. В числе сборников, оказавшихся наиболее популярными, были: "Вопросы теории элементарных частиц", "Материалы симпозиума по наносекундной электронике", "Структура нуклонов", "Материалы V симпозиума по ядерной электронике", "Fortran".

В течение года в редакции научных журналов направлено 462 статьи сотрудников института, содержащих отчёты о научных и научно-методических исследованиях. В том числе в научные журналы Советского Союза было направлено 280 статей и в журналы других стран - 182 (Болгария, Венгрия, Польша, ГДР, Дания, США, Франция).

Препринты Объединенного института ядерных исследований рассылались институтам, университетам, библиотекам и отдельным учёным 44 стран - в порядке обмена (в 1967 году - 39 стран). По отдельным запросам было выслано 2056 препринтов (в 1967 году - 2000 препринтов). Кроме того, около 15000 брошюр было разослано в порядке внутринститутского распределения.

Общее число оттисков, отпечатанных полиграфической бригадой издательского отдела за год, - 5 722 860 (в 1967 году - 4 893 810).

Наряду с выпуском в свет препринтов и сборников были выполнены многочисленные заказы на печатание служебных материалов и бланков (в том числе и для обработки экспериментальных данных), программ для работы на ЭВМ и пр.

Другие работы, выполненные издательским отделом, характеризуются следующими данными:

Изготовлено ксерокопий	108582
микрофильмов	4290 кадров
негативов для травления	
монтажных плат электронных устройств	1400
	(в 1967 году - 912)
Переплетено	5635 единиц.

За реализацию сборников и изготовление ксерокопий институтом получено 20579 руб. 91 коп. (в 1967 году - около 6000 руб.).

Продолжалось внедрение в производство новой техники. Освоено печатание на ротатрипте с бумажных форм. Изготовление на ксероксе такой формы, полностью готовой к печати, занимает у одного работника всего 9 секунд, в то время как изготовление формы на фольге требует около 2 часов работы 3 человек. За год методом ксерокс-ротатрипте было отпечатано около 1000 форм. Трехтомный сборник "Вена 1968", содержащий доклады раппортеров на XIV международной конференции по физике высоких энергий, был отпечатан в течение четырех дней.

^{х/} Учётно-издательский лист-40000 печатных знаков.

Научно-техническая библиотека

В 1968 году библиотека обслужила 4486 человек, в том числе 775 прибывших в ОИЯИ в командировки. По сравнению с 1967 годом число читателей увеличилось на 609. Ежедневно библиотеку посещают и работают в ее читальных залах около 200 человек. Количество выданной за год литературы превысило 130 тысяч печатных единиц.

Число передвижных библиотек, организованных в отделах института в целях экономии времени научных сотрудников, было увеличено до 40.

По заказам читателей книги и журналы, которых нет в фондах библиотеки, привозились из Москвы. Всего получено по междубиблиотечному абонементу (МБА) 2749 экземпляров. В свою очередь, библиотека Объединенного института обслуживала по МБА 50 библиотек Советского Союза.

По всем источникам комплектования в 1968 году в ОИЯИ поступило свыше 17 тысяч печатных единиц. Было получено 570 названий периодических изданий. В порядке обмена поступило более 8 тысяч препринтов, 172 книги и 79 названий журналов. В фонде

имеется 348 диссертаций. На 31 декабря 1968 года библиотечный фонд насчитывал 260 тысяч печатных единиц.

Вся поступившая литература своевременно обрабатывалась и отражалась в каталогах. В библиотеке имеются алфавитные каталоги на русском и иностранных языках, систематический каталог книг, каталог периодических изданий, картотека авторефератов и диссертаций, тематические картотеки журнальных статей и препринтов по разделам теоретической и ядерной физики. Ведется картотека публикаций учёных Объединенного института.

О новых книгах, журналах и препринтах читателей информировала выставка, книжный раздел которой менялся еженедельно, журналы и препринты выставлялись по мере их поступления. 7 тематических выставок литературы было организовано к совещаниям и конференциям, проходившим в институте.

Библиографический отдел вел большую информационную работу. Два раза в месяц выпускался тематический "Информационный



Рис. 105. В читальном зале научно-технической библиотеки.



Рис. 106. В книгохранилище.

бюллетень". Ежедневно печатались списки новых поступлений. Был издан "Указатель работ сотрудников ОИЯИ за 1967 год". В обслуживании читателей большое место занимала справочно-библиографическая работа. Библиографический отдел дал большое количество устных справок, а также письменных справок по запросам учёных.

Распределение по странам научной информации, поступившей в ОИЯИ в 1968 году
(в количестве брошюр)

СССР	923
Венгрия	74
ГДР	93
Польша	227
Румыния	37
Чехословакия	42
Югославия	83
Австралия	25
Австрия	10
Бельгия	151

Бразилия	31
Финляндия	60
ФРГ	577
Франция	577
Швейцария	19
Великобритания	278
Голландия	22
Дания	184
Израиль	82
Индия	93
Ирландия	2
Италия	822
Канада	100
Норвегия	9
Пакистан	19
США	1822
Швеция	66
Прочие страны	19
Япония	370
ЦЕРН	1242

Всего : 8047

Совет по радиоэлектронике

Организация международных научно-технических совещаний и выставок

Советом по радиоэлектронике был подготовлен и успешно проведен в Адуште очередной V-ый симпозиум ОИЯИ по ядерной электронике "Электронные приборы ядерной спектрометрии". В его работе приняли участие около 200 специалистов из стран-участниц Объединенного института, которые обсудили более 50 работ. Материалы симпозиума подготовлены оргкомитетом к публикации и изданы издательским отделом ОИЯИ.

Советом по радиоэлектронике определена тематика Международного семинара ОИЯИ по ядерной электронике, который намечено провести в Народной Республике Болгарии в 1969 году, и начата подготовка к нему.

Была подготовлена и проведена в Дубне выставка "Электронная аппаратура для ядерной физики фирмы САИФ и CRC (Франция)", на которой был организован семинар, привлечший внимание многих специалистов из ОИЯИ, а также из некоторых организаций Советского Союза.

Стандартизация

Советом рассматривались и рекомендовались предложения по разработке технической документации на серийную нормализованную в ОИЯИ аппаратуру для производства в Центральных экспериментальных мастерских.

Выполнены работы по корректировке и обновлению номенклатур на радиодетали общего применения в 1969 году.

Текущие работы

С целью их координации рассматривались планы работ по радиоэлектронике лабораторий и подразделений ОИЯИ.

Выносились рекомендации по приобретению и распределению дефицитных радиоматериалов, измерительных радиоприборов и т.д.

Обсуждались и согласовывались квартальные планы по выпуску электронных изделий в Центральных экспериментальных мастерских (совместно с дирекцией ОИЯИ и руководством мастерских).

Изобретательство, рационализация и патентная служба

В прошедшем году сотрудниками ОИЯИ подано 80 заявок на предполагаемые изобретения и 3 заявки на открытия, получено 25 положительных решений по заявкам на изобретения.

Внедрено 19 изобретений и 367 рационализаторских предложений. Экономический эффект от внедрения 3 изобретений и 28 рационализаторских предложений составил 92,4 тыс. рублей.

По данным за 1956-1968 г.г. число изобретений работников Объединенного института достигло 155, число внедренных изобретений - 64, число открытий - 5.

Все заявки на изобретения от сотрудников института предварительно рассматривались на патентном совете ОИЯИ. Квалификация рационализаторских предложений, рекомендации о внедрении и определении размера авторского вознаграждения за изобретения и рационализаторские предложения - входили в функции технического совета БРИЗа Объединенного института ядерных исследований.

В мае 1968 года в Дубне состоялось Совещание экспертов-патентоведов стран-участниц ОИЯИ, которое подготовило проект "Положения об открытиях, сделанных в ОИЯИ".



Рис. 107. Заседание технического совета БРИЗа ОИЯИ.

Административно-хозяйственная деятельность

Кадры

На 31 декабря 1968 года в штате Объединенного института ядерных исследований числилось 4813 человек, в том числе в лабораториях и управлении 3385, в производственных и других подразделениях - 1428.

Распределение сотрудников ОИЯИ по категориям показывает таблица.

Число работающих в Дубне специалистов из стран-участниц ОИЯИ (кроме СССР) составляло 314, среди них: 188 - научные сотрудники, 62 - инженеры, 64 - техники, лаборанты и служащие.

В Объединенном институте ядерных исследований работают 6 академиков (Н.Н.Боголюбов, М.А.Марков, Б.М.Понтекорво, Г.Н.Флеров, И.М.Франк, Х.Христов); 6 членов-корреспондентов (Д.И.Блохинцев, В.П.Джелепов, М.Г.Мещеряков, Н.Содном, И.Тодоров, Ф.Л.Шапиро); 47 докторов наук; 232 кандидата наук.

В течение 1968 года в Объединенный институт ядерных исследований принято 511 человек, в том числе 365 советских сот-

рудников и 146 специалистов из других стран-участниц института. Из этого числа

научных сотрудников	- 106
инженеров	- 92
техников и мастеров	- 34
рабочих	- 186
учеников	- 41
младшего обслуживающего персонала	- 11
служащих	- 31

Уволено из ОИЯИ за тот же период в связи с окончанием срока работы и по другим причинам 381 человек.

В течение года учёными советами и научно-техническими советами лабораторий избраны на должности на новые сроки 105 научных сотрудников. Присвоены учёные звания младшего научного сотрудника 49 и звание старшего научного сотрудника 20 физикам.

В 1968 году 30 сотрудников ОИЯИ защитили кандидатские диссертации и 7 - докторские.

В Объединенном институте в течение года работало 15 национальных научных групп из стран-участниц (кроме СССР).

Категория работников	Ч и с л е н н о с т ь		
	В лабораториях и управлении	В производственных подразделениях и др.	Всего
Научные сотрудники	596	13	609
Инженеры	715	98	813
Техники и мастера	336	110	446
Рабочие	1362	999	2361
Младший обслуживающий персонал	148	94	242
Служащие	219	82	301
Ученики	9	32	41
Всего:	3385	1428	4813

Финансовая деятельность

Для проведения научно-исследовательских работ и капитального строительства научно-исследовательских и других объектов Комитет Полномочных представителей государств-членов Объединенного института ядерных иссле-

дований утвердил на 1968 год бюджет института в сумме 22576, 8 тыс. руб.

Фактические расходы за 1968 год составили 21555,5 тыс. руб. (или 95,5% по отношению к годовым ассигнованиям), которые по разделам бюджета распределялись следующим образом:

Наименование разделов	Годовые ассигнования	Фактические расходы	В %% к плану
Раздел I На научно-исследовательскую деятельность и хозяйственные нужды	15800,8	15203,2	95,7
Раздел II На приобретение оборудования, требуемого для проведения научно-исследовательских работ	1700,0	1600,3	94,1
Раздел III На капитальное строительство научно-исследовательских и других объектов	5076,0	4752,0	93,6
Итого	22576,8	21555,5	95,5

В ОИЯИ продолжалась работа по выявлению излишних материальных ценностей (аппаратуры, оборудования, приборов и др.) и их реализации на сторону. В результате проведенных мероприятий реализовано материалов и оборудования на сумму 446,0 тыс.руб.

Капитальное строительство

Затраты по плану капитального строительства на 1968 год предусматривались в размере 5076 тыс. рублей, фактические затраты составили 4752,0 тыс. руб. , или 93,6%. По отдельным статьям капитального строительства выполнение плана характеризуется следующими цифрами:

Структура капитальных вложений	План	Фактически выполнено	%% выполнения
Всего капитальных вложений	5076	4752	93,6
В том числе:			
1. Строительно-монтажные работы	1353	1246	92,0
2. Оборудование и монтаж	3249	2469	76,0
3. Проектно-изыскательские работы и прочие затраты	474	1037	218,8
4. Ввод основных фондов	2148	2440	113,6

Недовыполнение плана капитального строительства объясняется неполной поставкой нестандартного оборудования, а также несвоевременностью поступления проектно-сметной документации на некоторые объекты строительства.

В отчётном году введены в эксплуатацию объекты и оборудование на сумму 2148,0 тыс. руб., в том числе:

1. Оборудование Лаборатории вычислительной техники и автоматизации (электронно-вычислительная машина CDC-1604A и комплектующее оборудование для электронно-счётных машин БЭСМ-4 и БЭСМ-6) - 971,8 тыс. руб.

2. Здание, пристроенное к Лаборатории нейтронной физики. Электронно-вычислительная машина БЭСМ-4 - 561,2 тыс. руб.

3. Оборудование в здании 201 Лаборатории высоких энергий (включая электронно-вычислительную машину БЭСМ-4).

Производственные подразделения института

Производственно-финансовая деятельность производственных подразделений за 1968 год характеризуется следующими основными показателями:

Показатели	План	Фактически выполнено	% выполнения
1. Объем готовой продукции, выполненных работ и оказанных услуг, в тыс. руб.	4925	5353	108,7
2. Результат деятельности (прибыль), в тыс. руб., в %% к выполненному объему	373,9	619,6	165,7
3. Затраты на 1 рубль реализованной продукции, в копейках	0-92,4	0-88,4	
4. Среднесписочная численность работающих	1238	1222	98,7
5. Выработка на одного работающего, в рублях	3978	4380	110,1



Рис. 109. В Централь-
ных экспериментальных
мастерских.

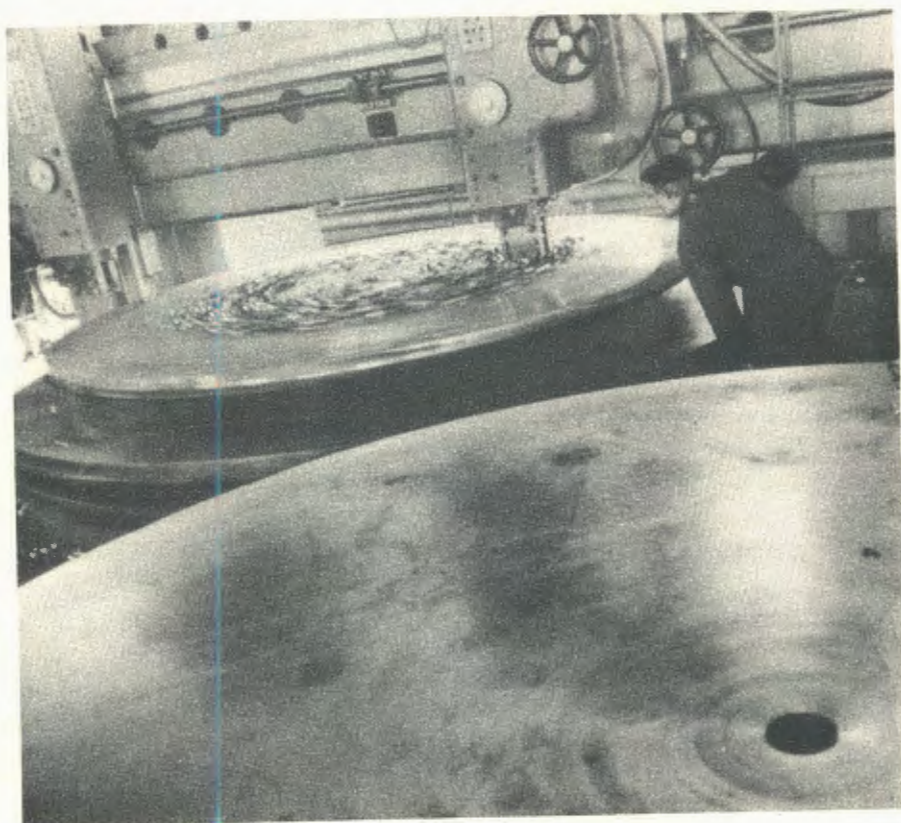
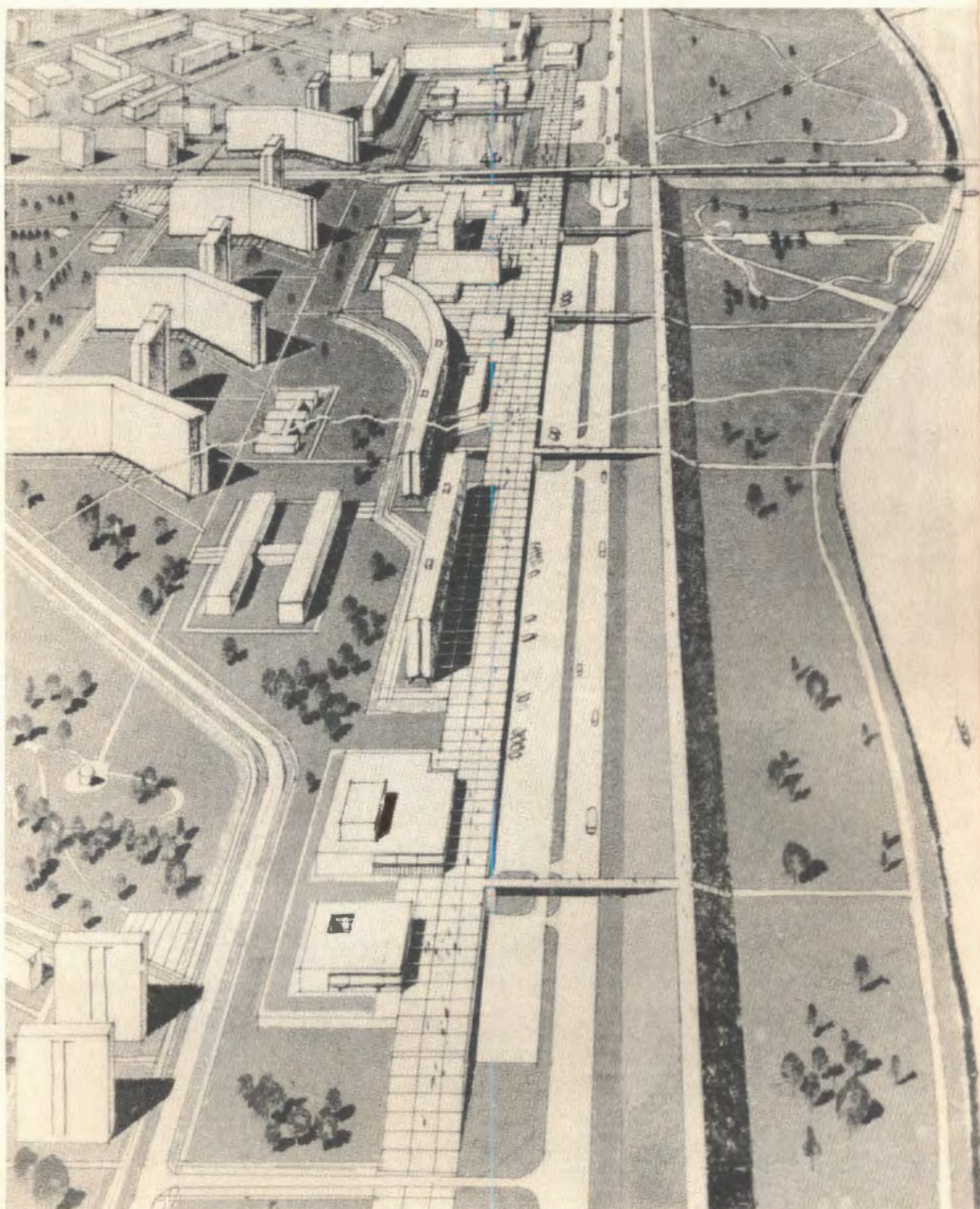


Рис. 110. Перспективный план строи-
тельства города Дубны (центр города).



Дирекция ОИЯИ на протяжении года изыскивала пути увеличения выпуска продукции производственных подразделений, улучшения ее качества, повышения производительности труда и роста прибыли. В результате проделанной работы все основные технико-экономические показатели производственными подразделениями выполнены.

Охрана труда, техника безопасности и производственная санитария

В 1988 году был проведен ряд организационно-технических мероприятий, направлен-

ных на улучшение условий труда и безопасности работ. Между дирекцией и профсоюзным комитетом института были заключены соглашения о проведении мероприятий по охране труда, технике безопасности и производственной санитарии на 1988 год, которые выполнены в установленные сроки.

На выполнение мероприятий израсходовано 35730 руб., в том числе:

- | | |
|----------------------------------|--------------|
| а) на технику безопасности | - 22460 руб, |
| б) на вентиляцию | - 1875 руб, |
| в) на санбытустройства | - 1300 руб, |
| г) на производственную санитарию | - 10095 руб. |

Р

СТРУКТУРА ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

